Christan Neitzel · Karsten Ladehof *Hrsg.*

Taktische Medizin

Notfallmedizin und Einsatzmedizin

2. Auflage

Springer

Taktische Medizin

Notfallmedizin und Einsatzmedizin

Christian Neitzel
Karsten Ladehof
(Hrsg.)

Taktische Medizin

Notfallmedizin und Einsatzmedizin

2., überarbeitete Auflage

Mit 278 größtenteils farbigen Abbildungen

Springer

Herausgeber

Christian Neitzel
Calw, Deutschland
taktischemedizin@email.de

Karsten Ladehof
Calw, Deutschland
ladehof@tacmed.de

ISBN 978-3-642-39688-5 978-3-642-39689-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 2015
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Karsten Ladehof
Grafiken: Martina Neitzel, Calw

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer-Verlag ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Unseren gefallenen Kameraden

Vorwort zur 2. Auflage

»This is not an easy environment, so nothing is easy. It's all meant to make it easier, not easy.« (Die Rahmenbedingungen sind nicht einfach, also kann nichts einfach sein. Alles dient dazu, es einfacher zu machen, aber nicht einfach.)

Diese beiläufige Äußerung eines Sanitätsoffiziers einer israelischen Spezialeinheit trifft den Nagel auf den Kopf: Die Bedingungen, unter denen die Helfer in einer taktischen Lage arbeiten müssen, sind äußerst herausfordernd. Neben der enorm anspruchsvollen notfallmedizinischen Versorgung Schwerstverletzter kommt im Gegensatz zum zivilen Rettungsdienst hinzu, dass sie in der Regel unter permanenter Bedrohung nicht nur des Helfers, sondern auch seines Patienten erfolgt. Mit oftmals einfachsten Mitteln und unter hoher körperlicher Belastung muss nicht nur die Behandlung, sondern auch die medizinische ebenso wie die militärische bzw. polizeiliche Einsatztaktik professionell beherrscht werden. Erschwerend kommt hinzu, dass Bedrohungslagen immer komplexer werden, da der Täter oder Gegner zunehmend schwerer zu identifizieren ist und er entweder primär Zivilpersonen angreift oder ihre Schädigung zumindest billigend in Kauf nimmt. Mit den durch islamkritische Karikaturen ausgelösten Anschlagsserien in Frankreich und Dänemark ist diese Realität endgültig auch im Herzen Europas angekommen. Aber selbst bei einem militärischen Einsatz reicht das Spektrum möglicher Szenarien im gleichen Einsatzgebiet von humanitärer Hilfe für ein Flüchtlingslager oder der Versorgung des Herzinfarktes eines Dorfältesten über die Versorgung eines Verkehrsunfalls bis hin zu offenen, schweren Kampfhandlungen mit zahlreichen Verwundeten – und das oftmals nur wenige Straßenzüge voneinander entfernt (»three block war«).

Das heißt auch, dass in vielen Fällen das Ergebnis trotz optimaler Planung und Vorbereitung leider **nicht** wie im Heimatland sein wird. Damit besteht aber unbedingt auch die Verpflichtung, dass alles getan wird, damit dies möglichst selten der Fall ist.

Die »verhinderbaren Todesursachen« beginnen bereits bei der Prävention und bei guter personeller und materieller Ausstattung. Bei entsprechend deutlicher Beratung durch den medizinischen Einsatzplaner ist in diesem Zusammenhang die klare Aussage eines Stabes, einer Einsatzleitung oder auch des verantwortlichen Ingenieurs, wann ein Einsatz oder ein Projekt mit einem **zu** hohen Risiko verbunden ist, noch wichtiger.

Nach einem Ereignis die Einsatzgrundsätze zu ändern, die Ausstattung zu verbessern, das Budget zu erhöhen oder die PTSD-Behandlungsmöglichkeiten auszubauen ist generell und vor allem für die »auslösenden« betroffenen Kameraden sicher nur die zweitbeste Lösung.

Jedem, der sich der verantwortungsvollen Aufgabe der Versorgung in diesem Umfeld stellt, gebührt unser aller Dank!

Auch wenn uns bewusst war, dass unser Buch dazu beitragen würde, eine deutliche Lücke auf dem Markt der Fachliteratur zu schließen, hat uns die ausgesprochen positive Resonanz natürlich sehr gefreut, die dieses Buch erfahren hat. Als der Springer-Verlag mit der Planung einer 2. Auflage an uns herangetreten ist, haben wir dies aber nicht nur als Lob verstanden,

sondern insbesondere auch als Chance begriffen, Anregungen und Wünsche unserer Leser einfließen lassen zu können. Viele Kapitel sind daher in Details überarbeitet und das enthaltene Wissen aktualisiert worden. Neue Kapitel sind hinzugekommen, die weitere relevante Aspekte im Bereich der taktischen Medizin abdecken. Dabei haben wir verstärkt versucht, die Gemeinsamkeiten zwischen einem militärischen Einsatz, einer polizeilichen Lage und einem Rettungsdiensteinsatz z. B. nach einem Anschlag aufzuzeigen. Wir hoffen, dass wir damit den Ansprüchen und Erwartungen unserer Leser noch besser gerecht werden können.

Christian Neitzel und Karsten Ladehof
Calw, im Frühjahr 2015

Vorwort zur 1. Auflage

Mit der immer weiter steigenden Intensität der Kampfhandlungen im Auslandseinsatz gewinnt die Bundeswehr zunehmend Erfahrung in der Versorgung von Verwundeten unter Einsatzbedingungen. Erfahrungen, die verbündete Nationen in noch größerem Umfang bereits vor Jahren gemacht und in ein klar strukturiertes Konzept umgesetzt haben: Tactical Combat Casualty Care (TCCC). Es berücksichtigt nicht nur die spezifischen Verletzungsmuster, sondern auch die Besonderheiten einer Versorgung unter Gefechtsbedingungen. Dadurch rettet das Konzept der »Taktischen Verwundetenversorgung« seit über einem Jahrzehnt insbesondere im Irak- und Afghanistankrieg nahezu täglich das Leben von verwundeten Soldaten verschiedenster Nationen.

Die Notwendigkeit eines angepassten Konzeptes zur Versorgung unter Bedrohung ist für das Militär offensichtlich. Bei der Polizei haben sich diese modifizierten, notfallmedizinischen Vorgehensweisen als »Tactical Emergency Medical Support« bisher vor allem im Bereich ihrer Spezialeinheiten etabliert. Ausschreitungen bei Großveranstaltungen oder Demonstrationen, Gewalt im häuslichen Umfeld, die Einsatzkonzepte für die aktive Reaktion auf eine Amoklage, verletzte oder getötete Beamte bei Einsätzen gegen organisierte Kriminalität und leider zahlreiche weitere Beispiele zeigen deutlich, dass auch für andere Polizeikräfte die Adaption dieses Vorgehens sinnvoll ist.

Bei polizeilichen Lagen liegt im Gefahrenbereich der Einsatzstelle die Verantwortlichkeit für die Versorgung aller Verletzter – oder eben nur ihre unversorgte Rettung – bei der Einsatzleitung der Polizei.

Die Häufigkeit von Anschlägen steigt konstant und sie erreichen mittlerweile Länder, in denen sie bisher undenkbar schienen. Auch instabile Verhältnisse nach Naturkatastrophen oder politischen Unruhen mit Übergriffen auf Hilfskräfte sind traurige Beispiele, die verdeutlichen, dass der Kreis der Rettungskräfte, die von »Taktischer Medizin« profitieren können, deutlich über Polizei und Militär hinausgeht.

Notfallmedizinische Ausbildung muss proaktiv verbessert werden. Es darf nicht darauf gewartet werden, dass Todesfälle auftreten, die bei adäquater Ausbildung hätten vermieden werden können.

Die von den US-Streitkräften maßgeblich geprägten TCCC-Leitlinien basieren naturgemäß auf amerikanischen Therapiegrundsätzen und Gegebenheiten. Sie sind daher nicht ohne weiteres auf europäische Verhältnisse übertragbar. Die »Tactical Rescue and Emergency Medicine Association (TREMA) e. V.« hat es sich zur Aufgabe gemacht, die TCCC-Leitlinien an die aktuellen europäischen Forschungsergebnisse und Versorgungsstandards anzupassen und so das Beste aus der alten und der neuen Welt zu vereinen. Wir sind daher dankbar, dass der TREMA-Algorithmus im Rahmen dieses Buches als Grundgerüst der »Leitlinien zur Verwundetenversorgung« in Kap. 7 genutzt werden konnte. »Taktische Medizin – Notfallmedizin und Einsatzmedizin« soll diesen europäischen Blickwinkel all jenen zugänglich machen, deren Handeln für den Patienten oftmals den Unterschied zwischen Leben und Tod bedeutet. Daher wendet es sich im Schwerpunkt an die notfallmedizinisch

ausgebildeten Einsatzkräfte von Militär und Polizei, seien es Ersthelfer, »Medics«, Sanitäter oder Ärzte.

Auch wenn dieses Buch auf den ersten Blick die Themen überwiegend in militärischen und polizeilichen Lagen betrachtet, sind die Grundsätze auf die Patientenversorgung unter schwierigen Rahmenbedingungen übertragbar. Das Buch kann daher Angehörigen von Rettungsdiensten, Hilfsorganisationen und Feuerwehren nicht nur Einblicke in das Vorgehen von Militär und Polizei in Gefahrensituationen geben, sondern auch wertvolle Grundlagen für das eigene Handeln unter ähnlichen Umständen liefern - seien es Unfälle im laufenden Verkehr, Brandeinsätze, häusliche Streitigkeiten oder z. B. die Höhenrettung von einer Windenergieanlage. Insbesondere für Leser aus dem Bereich der humanitären Hilfe und Katastrophenmedizin sind nahezu alle Vorgehensweisen auf ihren Tätigkeitsbereich übertragbar.

Das Spektrum der behandelten Themen ist bewusst breit gewählt worden, um auch außerhalb des Kernbereiches der Notfallmedizin die einsatzrelevanten Aspekte wichtiger Fachgebiete praxisorientiert in einem Werk gemeinsam darzustellen.

Wir bitten unsere Leser ausdrücklich darum, mit uns Kontakt aufzunehmen und freuen uns auf fachliche Diskussionen. Für Kritik, Verbesserungsvorschläge und Lob sind wir offen und dankbar für jeden Hinweis der uns hilft, das Buch weiter zu verbessern. Die kontinuierliche Anpassung an aktuelle Erfahrungen und Entwicklungen ist die Voraussetzung dafür, auch in Zukunft einen Beitrag zur optimalen notfallmedizinischen Versorgung unserer Kameraden und Kollegen leisten zu können.

Christian Neitzel und Karsten Ladehof
Calw, im November 2011

Herausgeber

Oberstabsarzt Dr. med. Christian Neitzel

Oberstabsarzt Dr. med. Christian Neitzel befindet sich in der Weiterbildung zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. Nach dem Eintritt in die Bundeswehr 1996 und dem Studium der Humanmedizin durchlief er klinische Weiterbildungsabschnitte in allgemeiner Chirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Hamm und in Unfallchirurgie und Verbrennungsintensivmedizin am Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz. Promotion im Bereich der Tauchmedizin. Von 2008–2012 wurde er als Einsatzarzt in einem luftbeweglichen Arzttrupp der Division Spezielle Operationen (DSO) eingesetzt. Im Anschluss durchlief er weitere klinische Weiterbildungsabschnitte in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin sowie seit 2013 der Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Westerstede.
Dr. Neitzel verfügt über die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin und langjährige aktive Erfahrung im Rettungsdienst. Er durchlief zahlreiche nationale und internationale Ausbildungen in Traumaversorgung, taktischer Verwundetenversorgung, Höhenmedizin, Tauchmedizin und Klimazonenausbildungen in Wüste, Arktis und Tropen. Er ist seit vielen Jahren in der Aus- und Weiterbildung von Rettungsfachpersonal und Notärzten tätig und vermittelt Kenntnisse in der taktischen Verwundetenversorgung innerhalb der Bundeswehr. Dr. Neitzel war bis 2012 verantwortlich für die taucherärztliche Betreuung der Spezialkräfte des Heeres. Er ist Schießlehrer der Bundeswehr und Waffensachverständiger. Er sammelte Erfahrungen in mehreren Auslandseinsätzen der Bundeswehr als Notarzt und Leitender Sanitätsoffizier, unter anderem in Afghanistan.

Oberfeldarzt d. R. Karsten Ladehof

Oberfeldarzt d. R. Ladehof war von 1987–2007 Soldat, davon 9 Jahre als Einsatz- bzw. Kommandoarzt beim Kommando Spezialkräfte. Auslandseinsätze führten ihn u. a. nach Afghanistan, auf den Balkan und in den Nahen Osten. Seit 2007 konzentriert er sich auf die Tätigkeit als Ausbilder, Berater und Notarzt.
Er ist Facharzt für Allgemeinmedizin und verfügt über die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin sowie langjährige Erfahrung und weitere Qualifikationen in diesem Bereich (u. a. LNA, Schmerztherapie, Intensivtransport, technische Rettung). Außerdem absolvierte er Lehrgänge bzw. Weiterbildungsabschnitte in den Gebieten Tropen-, Arbeits-, Flug- und Höhenmedizin und ist ausgebildeter Höhenretter und Pyrotechniker.
Er war mehrere Jahre ärztlicher Leiter der EXOP GmbH in Konstanz, wo er die Beratung von Unternehmen und staatlichen Institutionen hinsichtlich sicherheitsrelevanter und medizinischer Risiken unter anderem durch den Aufbau einer reisemedizinischen Datenbank und Assessments weltweit, insbesondere in Krisenregionen, unterstützt hat.
Einen weiteren Schwerpunkt hat er in der Katastrophenmedizin. Er ist Dozent an der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz des BBK, zertifizierter MACSIM-Instructor und war bzw. ist an Forschungsprojekten der Universität Bonn und anderer Institutionen beteiligt.
Er ist Gründungsmitglied und derzeitiger Präsident der TREMA e.V.

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1 Einleitung . . . 3
C. Neitzel
1.1 Taktische Verwundetenversorgung . . . 4
1.2 Ausbildungsaspekte . . . 6
1.3 Geschichte der taktischen Verwundetenversorgung . . . 7
Literatur . . . 9

2 Medizinische Einsatzplanung (»medical planning«) . . . 11
K. Ladehof, C. Neitzel
2.1 Entwicklung eines Einsatzplanes . . . 13
2.2 Auftrag . . . 15
2.3 Lagefeststellung (Umgebungsfaktoren) . . . 16
2.4 Feindlage – negative Faktoren für den Einsatz (Versorgungsbedarf) . . . 17
2.5 Eigene Lage – Kräfte für den Einsatz (Versorgungsangebot) . . . 20
2.6 Abwägung der Möglichkeiten und resultierender Plan für den Einsatz . . . 25
Literatur . . . 27

3 Spezielle Ausrüstung . . . 29
S. Schöndube, C. Neitzel, C. Gartmayr, P. Siegert
3.1 Einführung . . . 31
3.2 Blutungskontrolle . . . 31
3.3 Atemwegsmanagement . . . 39
3.4 Thoraxverletzungen . . . 41
3.5 Kreislaufmanagement . . . 43
3.6 Wärmeerhalt . . . 45
3.7 Immobilisation . . . 46
3.8 Monitoring . . . 47
3.9 Rucksäcke und Taschen . . . 49
Literatur . . . 52

4 Versorgungsebenen und Evakuierung von Verwundeten . . . 53
J. Bickelmayer, S. Hauschild
4.1 Grundlagen und Ebenen der Versorgung . . . 54
4.2 Verwundetentransport . . . 58
4.3 MEDEVAC-Anforderung . . . 60
4.4 Koordinierung der »medical evacuation« . . . 62
4.5 Schlussbemerkung . . . 62
Literatur . . . 62

5 Rettung von Verwundeten 63
J. Vogt, S. Schöndube, K. Ladehof
5.1 Grundsätzliches 64
5.2 Einteilung der Rettungsmittel 65

6 Technische Rettung und Bergung 73
S. Börner
6.1 Technische Rettung im Kontext taktischer Lagen 74
6.2 Einsatztechnik 75

7 Ausbildung 87
K. Ladehof
7.1 Ausbildungsbedarf 89
7.2 Ausbildungskonzepte 92
7.3 Ausbildungsverfahren 98
Literatur 107

II Taktische Verwundetenversorgung

8 Grundlagen TCCC 111
K. Ladehof
8.1 Hintergründe und Prinzipien – Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst 112
8.2 Phasen und Zonen der Versorgung 115
8.3 Verletzungen und Todesursachen im Bereich TCCC 118
8.4 Vorgehensweise: SICK 121
Literatur 125

9 Leitlinien zur Verwundetenversorgung 127
C. Neitzel, K. Ladehof, F. Josse
9.1 Lagebeurteilung 128
9.2 Care under fire 128
9.3 »Tactical Field Care« 134
9.4 Tactical Evacuation Care 196
9.5 Prolonged Field Care 203
Literatur 210

10 Analgesie im Einsatz 213
F. Josse, F. Spies
10.1 Bedeutung einer frühen und effektiven Schmerzbekämpfung 214
10.2 Morphin – ein alter Weggefährte 214
10.3 Multiplayer Fentanyl 216
10.4 Esketamin (Ketanest S) – ein guter Spieler mit speziellem Einsatzspektrum 217
10.5 Durch niedrig-potente Analgetika Kampfkraft erhalten 218
Literatur 219

11 Triage und MASCAL/MANV 221
K. Ladehof
11.1 Hintergründe und Prinzipien 222
11.2 Triage 230
11.3 Vorgehensweise bei MASCAL/MANV: SICK + SICK² 239
Literatur 247

III Spezielle Verletzungsmuster und Notfälle

12 Schussverletzungen 251
C. Neitzel, E. Kollig
12.1 Grundlagen 252
12.2 Einführung in die Wundballistik 254
12.3 Geschosskonstruktionen 257
12.4 Spezifische Wundballistik 264
12.5 Letalität von Schussverletzungen 267
Literatur 268

13 Explosionsverletzungen 269
M. Di Micoli, D. Bieler
13.1 Grundlagen 270
13.2 Verletzungsformen 271
13.3 Therapie von Sprengverletzungen 274
13.4 Taktische Besonderheiten 278
Literatur 280

14 Bissverletzungen 281
S. Hentsch, J. Sahm
14.1 Einführung 282
14.2 Ätiologie 282
14.3 Versorgung im Rahmen der taktischen Medizin 282
14.4 Impfschutz und Antisereneinsatz 284
Literatur 285

15 Verbrennungen 287
M. Di Micoli, S. Hentsch
15.1 Definition, Grundlagen, Ursache 288
15.2 Beurteilung der Verbrennungsschwere 288
15.3 Inhalationstrauma 289
15.4 Therapie 291
15.5 Besonderheiten beim Kind 293
15.6 Besonderheiten bei Stromverletzungen 294
15.7 Bekleidung 294
Literatur 294

16 Augennotfälle . . . 295
H. Gümbel
16.1 Einleitung . . . 296
16.2 Analgesie und Erstversorgung . . . 296
16.3 Augenprellung (Contusio bulbi) . . . 298
16.4 Arterielles Retrobulbärhämatom (arterielle Blutung in die Augenhöhle) . . . 298
16.5 Oberflächliche Hornhautverletzungen . . . 299
16.6 Penetrierende Verletzung . . . 299
16.7 Laserlichtexposition . . . 299
16.8 Kampfgasexposition . . . 300
16.9 Maßnahmen vor Rückführung in die klinische Versorgung . . . 300
Literatur . . . 300

17 Akustisches Trauma . . . 301
F. Hohenstein
17.1 Einführung . . . 302
17.2 Krankheitsformen . . . 302
17.3 Innenohrschema . . . 305
17.4 Empfehlungen bei asymmetrischer Hörstörung . . . 307
Literatur . . . 307

18 Schädel-Hirn-Trauma (SHT) . . . 309
M. Di Micoli
18.1 Definitionen . . . 310
18.2 Klinische Klassifikation . . . 310
18.3 Pathophysiologie . . . 311
18.4 Klinik und Diagnostik . . . 311
18.5 Therapie . . . 311
18.6 Taktische Besonderheiten . . . 312
Literatur . . . 314

19 Hängetrauma . . . 315
R. Lechner, T. Lobensteiner
19.1 Einführung . . . 316
19.2 Pathophysiologie . . . 316
19.3 Bergungstod . . . 317
19.4 Behandlung . . . 319
19.5 Prävention . . . 320
Literatur . . . 321

20 Versorgung unter Nachtsichtbedingungen . . . 323
C. Neitzel, J. Gessner
20.1 Restlichtverstärker . . . 324
20.2 Wärmebildgeräte . . . 324
20.3 Patientenversorgung mit Restlichtverstärkern . . . 324
20.4 Versorgung mit sichtbarem Licht . . . 327

21 Zahnärztliche Notfälle 329
W. Kretschmar
21.1 Zielsetzung 330
21.2 Allgemeines 330
21.3 Einzelschritte der zahnärztlichen Notfalltherapie 330
21.4 Überblick über die zahnärztlichen Krankheitsbilder »Zahntrauma« und »Entzündungen in der Mundhöhle« 333
Literatur 334

22 Psychotraumatologie 335
J. Ungerer, P. Zimmermann
22.1 Einführung 336
22.2 Historie und Epidemiologie 336
22.3 Traumatischer Stress 337
22.4 Psychologische Krisenintervention 339
22.5 Zusammenfassung und Ausblick 344
Literatur 344

23 Versorgung von Diensthunden 345
K. Riedel
23.1 Verhaltensregeln im Umgang mit dem Diensthund 346
23.2 Untersuchungsgang und Vitalfunktionen 346
23.3 Tactical Combat Casualty Care nach MARCH/CABC 349
23.4 Ein Diensthundenotfall: die Magendrehung 354
23.5 Dosierungsempfehlungen für Notfallmedikamente 355
Literatur 358

IV Polizei

24 BOS 363
R. Bohnen
24.1 Einführung 364
24.2 Feuerwehr 364
24.3 Rettungsdienst 364
24.4 Polizei 365
24.5 Medizinische Ausbildung 366
24.6 Absperrmaßnahmen 367

25 Erstversorgung im Polizeieinsatz 371
R. Bohnen

26 Schnittstellenproblematik 375
R. Bohnen
26.1 Rechtliche Situation 376
26.2 Eigenschutz 377
26.3 Problemfelder bei gemeinsamen Einsatzlagen 377

27 TEMS 379
R. Bohnen
27.1 Historie 380
27.2 Inhalte von TEMS 380
27.3 Voraussetzungen 381
27.4 Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst 381
27.5 Vorteile des TEMS-Konzeptes 382
27.6 Prävention 383
27.7 Medizinische Grundversorgung 383
27.8 Einsatzplanung 384
27.9 Medizinische Erstversorgung 384
27.10 Ausbildung 385
27.11 Fazit 386
Literatur 387

28 Personalaspekte 389
R. Bohnen
28.1 Einführung 390
28.2 TEMS-Konzept 390
28.3 Rettungskräfte 391
28.4 Fazit 395
Literatur 396

29 Materialressourcen 397
R. Bohnen

30 Notkompetenz 401
R. Bohnen
30.1 Rechtsgrundlage 402
30.2 Delegation und Notkompetenz 403
30.3 Fazit 404

31 Internationaler Vergleich und Ausblicke 407
R. Bohnen, J. Höfner

32 Besondere Einsatzlagen – Amok 413
J. Höfner, K. Ladehof, J. Stocker
32.1 Einleitung 414
32.2 Grundsätze 414
32.3 Erstversorgung und Rettung 415
32.4 Taktisch-operative Einsatzleitung 422
32.5 (Strategisch-)planerische Vorbereitungen 422
32.6 Zusammenfassung 423
32.7 Beispiel für ein BOS-übergreifendes Trainings- und Einsatzkonzept 424
Literatur 431

V Besondere Umgebungen

33 Militärischer Einsatz in großer Höhe 435
M. Tannheimer
33.1 Einführung 436
33.2 Physiologische Grundlagen und Einteilung in Höhenstufen 437
33.3 Formen der Höhenkrankheit und deren Therapie 440
33.4 Quantifizierung der Höhenkrankheit 442
33.5 Therapie der Höhenkrankheit 443
33.6 Aktuelle Problemfelder und Lösungsansätze 446
33.7 Tipps und Tricks 449
Literatur 450

34 Flugmedizin 451
G. Röper, J. Stier, J. Schwietring
34.1 Einführung 452
34.2 Organisation des luftgebundenen Verwundetentransportes 452
34.3 Personal und Sicherheit 455
34.4 Arztgespräch, Patientenaufnahme, Patientenübergabe 459
34.5 Physikalische und psychische Einflüsse auf Patient und Personal 461
34.6 AE im Rahmen von Personal-Recovery-Operationen 470
Literatur 471

35 Tauchmedizin 473
C. Neitzel, N. Vortkamp
35.1 Gasgesetze 474
35.2 Gefahren der Kompressionsphase 475
35.3 Gefahren der Isopressionsphase 475
35.4 Gefahren der Dekompressionsphase 477
35.5 Therapie 481
35.6 Ertrinken 483
35.7 Weitere Aspekte 484
Literatur 484

36 Warme Klimazonen 485
C. Neitzel, I. Ostfeld
36.1 Allgemeine Aspekte 486
36.2 Physiologie warmer Klimazonen 488
36.3 Hitzeschäden im militärischen Bereich 490
Literatur 500

37 Vergiftungen durch Tiere 503
R. Lechner, F. Spies
37.1 Einführung 504
37.2 Giftarten 505
37.3 Spezies und ihre Identifizierung 507
37.4 Therapie 510
37.5 Zusammenfassung 519
Literatur 519

38 Kalte Klimazonen 521
U. Unkelbach, C. Neitzel, T. Schuck, E. Meister
38.1 Einführung 522
38.2 Wärmegleichgewicht des Körpers 522
38.3 Risikofaktoren in kalten Klimazonen 523
38.4 Prophylaxe von Kälteschäden 525
38.5 Kälteschäden 527
38.6 Versorgung in kalten Klimazonen 540
Literatur 543

VI Waffenwirkung

39 Atomare Bedrohung (A-Bedrohung) 547
W. Kirchinger
39.1 Einführung 548
39.2 Szenarien 549
39.3 Schutzmaßnahmen 555
Literatur 558

40 Biologische Bedrohung 559
D. Frangoulidis
40.1 Einführung 560
40.2 Erreger bzw. Erkrankungen 560
40.3 Aspekte für Einsatzkräfte vor Ort 561
40.4 Hygiene-/Dekontaminationshinweise 565
Literatur 566

41 Chemische Bedrohung 569
K. Kehe, D. Steinritz, H. Thiermann
41.1 Einführung 570
41.2 Indikatoren für den Einsatz chemischer Kampfstoffe 570
41.3 Physikalisch-chemische Eigenschaften 571
41.4 Allgemeine Schutzmaßnahmen und Erstreaktion 572
41.5 Behandlung von Vergiftungen 574
41.6 Gefahr der Therapiefehler 580
Literatur 580

42 Aufbau und Einsatz von Sprengfallen 581
T. Enke
42.1 Begriffserklärung 582
42.2 Aufbau eines IED 582
42.3 Mögliche Ziele eines Anschlags 584
42.4 Verbringung eines IED 584
42.5 Durchführung eines Anschlags 585
42.6 Sonderformen des IED 585
42.7 Weitere Gefahren nach einem Anschlag bzw. Unfall mit Munition oder Explosivstoffen 586

42.8 Bevor man zu einem Einsatz fährt! 586
42.9 Eigenschutz am Vorfallsort 587

43 Konventionelle Bedrohung und Schutzausrüstung 589
P. Früh
43.1 Wirkung 590
43.2 Kinetische Energie – Handwaffengeschosse 590
43.3 Schutz 596
43.4 Feldlager 600
Literatur 601

Serviceteil 603
Stichwortverzeichnis 604

Autorenverzeichnis

Oberstabsarzt Jens Bickelmayer

Oberstabsarzt Jens Bickelmayer war vier Jahre als SanStOffz Arzt in der LLBrig 31 tätig, darunter 3 Jahre als KpChef der 4./LLUstgBtl 272 (LLSanKp SpezEins). Er hat neue Ausbildungskonzepte in der taktischen Medizin implementiert und einen Ausbildungsverbund von Sanitäts- und Nichtsanitätspersonal der DSO geschaffen. Einsatzerfahrung hat er als LBAT in Afghanistan und als KpChef SanKp Kunduz.

Oberfeldarzt Dr. med. Dan Bieler

Oberfeldarzt Dr. med. Dan Bieler ist seit 2004 in der Weiterbildung zum Unfallchirurgen am Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz und aktuell tätig in der Abt XIV - Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Wiederherstellungs-, Hand- und Plastische Chirurgie, Verbrennungsmedizin. Er ist Mitglied der Task Group HFM-234 »Environmental Toxicology of Blast Exposures: Injury Metrics, Modeling, Methods and Standards« der Science and Technology Organization der NATO. Einsatzerfahrungen sammelte er vielfach in Afghanistan (ISAF: Kabul, Feyzabad und Kunduz) und Georgien (UNOMIG).

Medizinaloberrätin Dr. med. Renate Bohnen

Medizinaloberrätin Dr. med. Renate Bohnen ist Leiterin des Polizeiärztlichen Dienstes der GSG 9 der Bundespolizei. Nach ihrer Weiterbildung zur Fachärztin für Allgemeinmedizin und Arbeitsmedizin begleitet sie seit 2004 die GSG 9 der Bundespolizei bei Einsätzen und Übungen im In- und Ausland. Sie ist maßgeblich für die Etablierung der taktischen Notfallmedizin und des TEMS-Programms bei der GSG 9 verantwortlich.

Brandamtmann Sören Börner

Brandamtmann Sören Börner ist ehemaliger Zeitsoldat und Berufsfeuerwehrmann beim Zentrum Brandschutz der Bundeswehr, der Direktion für die Bundeswehrfeuerwehr. Von 2006–2009 war er Ausbilder an der Zentralen Ausbildungsstätte für den Brandschutz der Bw (Schwerpunkt Technische Rettung und Psychosoziale Notfallversorgung). Von 2009–2012 erfolgte die Ausbildung zum gehobenen feuerwehrtechnischen Dienst. Von 2012–2014 war er zuständig für die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, seit 2014 für die Koordination Aus- und Fortbildung des Zentrums Brandschutz der Bw. Erfahrungen aus Auslandseinsätzen 1999/2000 (KFOR) und 2005 (ISAF) ermöglichen die Vernetzung der technischen und medizinischen Rettung mit den Erfordernissen militärischer Einsatzsituationen.

Oberfeldarzt d. R. Mario Di Micoli

Oberfeldarzt d. R. Mario Di Micoli ist Facharzt für Chirurgie, Orthopädie und Unfallchirurgie mit den Zusatzbezeichnungen Spezielle Unfallchirurgie, Handchirurgie und Notfallmedizin. Von 2006–2013 (Zeitsoldat und Vertragsarzt) war er als Oberarzt in der Abteilung XIV – Unfallchirurgie und Orthopädie, Wiederherstellungs-, Hand- und Plastische Chirurgie, Verbrennungsmedizin im Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz tätig. Seit Ende 2013 Oberarzt und Bereichsleiter Handchirurgie im Krankenhaus Agatharied in der Abteilung Unfall-, Schulter- und Handchirurgie. ISAF-Einsätze als Chirurg in Kunduz. Reserveoffizier der DSK mit in- und ausländischen Wehrübungen.

Oberstleutnant Dipl. Ing. Thomas Enke
Oberstleutnant Dipl. Ing. Thomas Enke ist zur Zeit Berater für Kampfmittelbeseitigung (EOD) und für Abwehrmaßnahmen gegen Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen (C-IED) bei den Vereinten Nationen in New York. Er ist seit 1982 ausnahmslos in der Munitionstechnik auf wechselnden Dienstposten tätig und hat im Rahmen der Kampfmittelbeseitigung an 7 Einsätzen in verschiedenen Einsatzländern teilgenommen. Zusätzliche Erfahrung in der Aufarbeitung von Anschlägen sammelte er als Unfalluntersucher im Bereich der Besonderen Vorkommnisse an und mit Waffen sowie Munition.

Oberfeldarzt Dr. med. Dimitrios Frangoulidis
Oberfeldarzt Dr. med. Dimitrios Frangoulidis ist Facharzt für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsmedizin und als stellvertretender Leiter der Laborabteilung 040 Hochsicherheitslabor und Spezialdiagnostik am Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr in München beschäftigt. Er ist in dieser Funktion mitverantwortlich für die biologische Sicherheit, den Betrieb der Expertenlabore für Q-Fieber und Tularämie und die Bereitstellung von fachlicher Expertise im nationalen und internationalen Rahmen (z. B. in fachlichen Beratungsgremien der NATO). Als Leiter der Rettungsleitstelle in Rajlovac, während des SFOR-Einsatzes (1997) und als Leiter des mikrobiologischen Feldlabors im KFOR-Einsatz (2001) wurden detaillierte Erfahrungen im Bereich der einsatzbezogenen Notfall- und Rettungsmedizin und auch über die Besonderheiten von Infektionsgeschehnissen innerhalb einer Ausbruchssituation erworben (CCHF-Ausbruch unter der Zivilbevölkerung im Kosovo 2001).

Patrick Früh
Patrick Früh hat während seiner Dienstzeit als Offizier an der Universität der Bundeswehr in Hamburg Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Wehrtechnik studiert. Seit dem Ende der Dienstzeit ist er als Ingenieur tätig.

Christian Gartmayr
Christian Gartmayr ist seit über 20 Jahren im Rettungsdienst tätig, unter anderem in diversen administrativen wie auch taktisch-operativen Führungspositionen. Im Rahmen seiner derzeitigen Tätigkeit als Lehrer und Dozent an einer Berufsfachschule für den Rettungsdienst bildet er neben Rettungsassistenten auch Personal für paramedizinische Rettungsdienstsysteme im Ausland aus. Seine Magisterarbeit an der Ludwig-Maximilians-Universität München über Rettungsdienstsysteme in den USA beleuchtet als einen der Schwerpunkte Tactical EMS und Wilderness EMS. Er berät Rettungsdienste in den USA und im nahen Osten.

Hauptfeldwebel Jens Gessner
HFw Jens Gessner trat als ausgebildeter Rettungsassistent und Lehrrettungsassistent 2004 in die Bundeswehr ein. Seit 2006 wird er in einem luftbeweglichen Arzttrupp der Division Spezielle Operationen (DSO) bzw. Division Schnelle Kräfte (DSK) eingesetzt. Er durchlief verschiedene nationale und internationale Ausbildungen in taktischer Verwundetenversorgung und nahm an Auslandseinsätzen der Bundeswehr teil, u. a. in Afghanistan.

Flottenarzt Prof. Dr. med. Hermann O. C. Gümbel
Prof. Dr. med. Hermann O. C. Gümbel, Flottenarzt, tätig als Abteilungsleiter am Bundeswehrkrankenhaus Ulm im Fach Augenheilkunde. Nach Wehrdienst 1977/78 als Sanitäter in den Standorten Wetzlar und Kusel, Wiedereintritt in die Bundeswehr im Jahr 2000 und Aufbau der Abteilung IV mit moderner Vorder- und Hinterabschnittschirurgie. Einsatzerfahrung in

den Jahren 2001 (Bosnien), 2007 (Kosovo), 2008/2010 (Afghanistan) als Augenfacharzt und Konsiliargruppenleiter. Etablierung des »Partnering« mit afghanischem Vertragsarzt in Mazar e Sharif. Aktuell einziger Abteilungsleiter für das Fach Augenheilkunde in der Bundeswehr.

Oberfeldarzt d. R. Dr. med. Sven W. Hauschild

Oberfeldarzt d. R. Dr. med. Sven W. Hauschild ist als Facharzt für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Notfallmedizin als Stationsarzt auf einer der operativen Intensivstationen der Universitätsmedizin Rostock tätig. Ferner ist er seit 2005 Vertragsarzt am Luftrettungszentrum des Bundeswehrkrankenhauses in Hamburg (Christoph 29). Nach seiner aktiven Dienstzeit als Reserveoffizieranwärter im PzGrenBtl 182 und der dort folgenden Verwendung als PzGrenOffz d. R. war er nach Abschluss des Medizinstudiums und Wechsel der Truppengattung von 2003–2011 als Arzt eines Luftbeweglichen Arzttrupps (LBAT) in die 4./LLUstgBtl 272 beordert. In dieser Zeit unterstützte er mehrfach bei der Combat First Responder-Ausbildung am Ausbildungszentrum Spezielle Operationen in Pfullendorf. Seit 2011 steht er der Division Schnelle Kräfte (früher Division Spezielle Operationen) als Einsatzarzt zur Verfügung. Er nahm an diversen Auslandseinsätzen als Arzt eines (L)BAT teil (Kosovo 2001, 7-mal ISAF von 2007–2014).

Oberfeldarzt Dr. med. Sebastian Hentsch

Oberfeldarzt Dr. med. Sebastian Hentsch ist Leitender Oberarzt in der Abteilung XIV – Unfallchirurgie und Orthopädie, Wiederherstellungs-, Hand- und Plastische Chirurgie, Verbrennungsmedizin im Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz seit 2003. Ausbildung zum Facharzt für Chirurgie, Orthopädie und Unfallchirurgie, Rettungsmedizin und Spezielle Unfallchirurgie an der Uni Bochum und BG Klinik Berlin Marzahn. Einsatzerfahrung in 7 ISAF-Einsätzen als klinischer Direktor der PRT Kunduz und Faizabad. Mitglied der Sektion NIS (Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung) der DGU und AK Einsatzregister BW.

Polizeihauptkommissar Jürgen Höfner

Polizeihauptkommissar Jürgen Höfner ist Gruppenführer beim SEK Nordbayern. Er wurde 1987 bei der Bayer. Polizei eingestellt und gehört dem SEK Nordbayern seit 1995 an. Jürgen Höfner war u. a. als Polizeitaucher, Präzisionsschütze, Höheninterventionsausbilder und Schießausbilder beim SEK tätig. 1997 gründete er das MEDIC-Wesen beim SEK Nordbayern und war 15 Jahre Mastermedic. Seit 2011 ist er SEK-Gruppenführer. Seit 1985 ist er im Rettungsdienst beim ASB und seit 1994 Rettungsassistent. An den ASB-Schulen Bayern ist er als Referent tätig. Behörden im In- und Ausland wurden von ihm bereits in taktischer Medizin ausgebildet. Er ist Generalsekretär der TREMA e.V.

Flotillenarzt d. R. Dr. med. Felix Hohenstein

Dr. med. Felix Hohenstein hat nach seinem zivilen Studium in Kiel und Tübingen sein AiP in der Neurochirurgie in der Universitätsklinik Köln und seine Facharztausbildung in Heilbronn absolviert. Bereits während der Facharztausbildung hat er Wehrübungen geleistet und war von 2006–2011 als Oberstabsarzt in der HNO-Abteilung des BwZK Koblenz tätig. Erfahrungen in Auslandseinsätzen sammelte er im KFOR-Einsatz 2007 und im ISAF-Einsatz 2009 und 2010 jeweils als HNO-Arzt. 2011 wurde er zum Flottillenarzt d. R. befördert. Seit dem 01.05.2011 ist er niedergelassener HNO-Arzt in Herrenberg.

Oberfeldarzt Florent Josse

Oberfeldarzt Florent Josse ist Facharzt für Anästhesie mit der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin und Tauchmedizin. Er ist in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin des Bundeswehrkrankenhauses Ulm tätig. 2005–2007 war er als LehrStabsOffz San für die Ausbildung und Konzeption der Medic/CFR-Ausbildung am AusbZSpezlOp in Pfullendorf zuständig. Dort initiierte er das jährlich stattfindende TCCC-Symposium. Auslandseinsätze in Afghanistan ISAF (Kabul 2004, Kunduz 2010) und Mali EUTM (2013). Er ist Gründungsmitglied und seitdem Vizepräsident der TREMA e.V. und engagiert sich seit 2003 für die taktische Verwundetenversorgung.

Oberfeldarzt Priv.-Doz. Dr. med. Kai Kehe

Oberfeldarzt Priv. Doz. Dr. med. Kai Kehe ist Leiter des Dezernats Forschung und Wissenschaftliche Studien im Sanitätsamt der Bundeswehr. Er war 1996–2010 als Leiter der Teileinheit Toxikologische Epidemiologie, Risikoanalyse und Begutachtung am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr. Als Experte für den Medizinischen C-Schutz ist er Mitglied in verschiedenen Gremien des Katastrophenschutzes.

Dr. med. Werner Kirchinger

Dr. med. Werner Kirchinger ist Leiter des Regionalen Strahlenschutzzentrums Neuherberg und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Strahlenschutz des Helmholtz Zentrums München. Er ist in seiner Funktion als Feuerwehrarzt und Ermächtigter Arzt im Strahlenschutz als Ausbilder für Strahlenschutzeinsätze von Sondereinsatzkräften der Bayerischen Polizei und der Berufsfeuerwehren tätig. Er ist Mitglied des Ausschusses A2 der Deutschen Strahlenschutzkommission.

Oberstarzt Priv.-Doz. Dr. med. Erwin Kollig

OTA Priv.-Doz. Dr. Erwin Kollig leitet die Abtlg. Orthopädie/Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie/Verbrennungsmedizin am Bundeswehrzentralkrankenhaus in Koblenz seit 2003. Mehrjährige Tätigkeit in ltd. OA-Funktion in der Traumatologie der BG-Kliniken Bergmannsheil in Bochum. Habilitation und venia legendi an der Ruhr-Universität Bochum. Spezifische Erfahrungen mit schweren Verletzungsmustern des »asymmetric warfare« durch mehrfache ISAF-Einsätze und kontinuierliche Behandlung der einsatzverletzten BW-Angehörigen am BWZK Koblenz. Mehrere Veröffentlichungen und Buchbeiträge aus der klinischen Praxis zu Schussverletzungen.

Oberstabsarzt d. R. Dr. med. dent. Wolfram Kretschmar

Oberstabsarzt d. R. Dr. med. dent. Wolfram Kretschmar war von 2005–2010 Leiter der Zahnarztgruppe im Kommando Spezialkräfte in Calw. In dieser Zeit war er u. a. als Ansprechpartner und Ausbilder der Medics für die zahnärztliche Notfallversorgung unter Einsatzbedingungen zuständig. Er ist jetzt als niedergelassener Zahnarzt in Ludwigsburg tätig.

Oberfeldarzt d. R. Karsten Ladehof

Oberfeldarzt d. R. Ladehof war von 1987–2007 Soldat, davon 9 Jahre als Einsatz- bzw. Kommandoarzt beim Kommando Spezialkräfte. Auslandseinsätze führten ihn u. a. nach Afghanistan, auf den Balkan und in den Nahen Osten. Seit 2007 konzentriert er sich auf die Tätigkeit als Ausbilder, Berater und Notarzt.

Er ist Facharzt für Allgemeinmedizin und verfügt über die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin sowie langjährige Erfahrung und weitere Qualifikationen in diesem Bereich (u. a. LNA,

Schmerztherapie, Intensivtransport, technische Rettung). Außerdem absolvierte er Lehrgänge bzw. Weiterbildungsabschnitte in den Gebieten Tropen-, Arbeits-, Flug- und Höhenmedizin und ist ausgebildeter Höhenretter und Pyrotechniker.

Er war mehrere Jahre ärztlicher Leiter der EXOP GmbH in Konstanz, wo er die Beratung von Unternehmen und staatlichen Institutionen hinsichtlich sicherheitsrelevanter und medizinischer Risiken unter anderem durch den Aufbau einer reisemedizinischen Datenbank und Assessments weltweit, insbesondere in Krisenregionen, unterstützt hat.

Einen weiteren Schwerpunkt hat er in der Katastrophenmedizin. Er ist Dozent an der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz des BBK, zertifizierter MACSIM-Instructor und war bzw. ist an Forschungsprojekten der Universität Bonn und anderer Institutionen beteiligt. Er ist Gründungsmitglied und derzeitiger Präsident der TREMA e.V.

Oberfeldarzt Dr. med. Raimund Lechner

Oberfeldarzt Dr. med. Raimund Lechner absolvierte von 2009–2011 seinen ersten klinischen Weiterbildungsabschnitt im Zentrum für Chirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Ulm. Seit 2011 war bzw. ist er auf verschiedenen Dienstposten in der DSO/DSK und der GebJgBrig 23 eingesetzt. Er ist Heeresbergführer.

Thomas Lobensteiner

Thomas Lobensteiner ist Leiter des Trainingszentrums der Bundespolizei in Berchtesgaden. Er war von 1983–1988 Angehöriger der GSG 9. Er ist staatlich geprüfter Polizeibergführer; Bereitschafts- und Einsatzleiter in der Bergwacht Bayern; Vorstandsmitglied im Europäischen Bergführerverband der Exekutive und zahlreiche Auslandsaufenthalte führten ihn u. a. nach Afghanistan, in den Libanon sowie nach Russland und China. Zu seinen Fachthemen gibt es mehrere Veröffentlichungen von ihm.

Oberstabsarzt Dr. med. Eva Meister

Dr. med. Eva Meister ist als Einsatzärztin in der Division Spezielle Operationen (DSO) tätig. Vorher durchlief sie Weiterbildungsabschnitte am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Abteilung für Innere Medizin.

Oberstabsarzt Dr. med. Christian Neitzel

Oberstabsarzt Dr. med. Christian Neitzel befindet sich in der Weiterbildung zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. Nach dem Eintritt in die Bundeswehr 1996 und dem Studium der Humanmedizin durchlief er klinische Weiterbildungsabschnitte in allgemeiner Chirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Hamm und in Unfallchirurgie und Verbrennungsintensivmedizin am Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz. Promotion im Bereich der Tauchmedizin. Von 2008–2012 wurde er als Einsatzarzt in einem luftbeweglichen Arzttrupp der Division Spezielle Operationen (DSO) eingesetzt. Im Anschluss durchlief er weitere klinische Weiterbildungsabschnitte in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin sowie seit 2013 der Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Westerstede.

Dr. Neitzel verfügt über die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin und langjährige aktive Erfahrung im Rettungsdienst. Er durchlief zahlreiche nationale und internationale Ausbildungen in Traumaversorgung, taktischer Verwundetenversorgung, Höhenmedizin, Tauchmedizin und Klimazonenausbildungen in Wüste, Arktis und Tropen. Er ist seit vielen Jahren in der Aus- und Weiterbildung von Rettungsfachpersonal und Notärzten tätig und vermittelt Kennt-

nisse in der taktischen Verwundetenversorgung innerhalb der Bundeswehr. Dr. Neitzel war bis 2012 verantwortlich für die taucherärztliche Betreuung der Spezialkräfte des Heeres. Er ist Schießlehrer der Bundeswehr und Waffensachverständiger. Er sammelte Erfahrungen in mehreren Auslandseinsätzen der Bundeswehr als Notarzt und Leitender Sanitätsoffizier, unter anderem in Afghanistan.

Colonel Dr. Ishay Ostfeld

Colonel Dr. Ishay Ostfeld ist Facharzt für Herz- und Thoraxchirurgie und öffentlichen Gesundheitsdienst und dient im Sanitätsdienst der israelischen Streitkräfte. Dr. Ostfeld veröffentlicht Artikel und hält Vorlesungen vor allem im Bereich Herzchirurgie, Trauma und Militärmedizin. Er verfügt über langjährige Erfahrungen mit der Diagnostik, Behandlung und Prävention von hitzebedingten Erkrankungen.

Oberstabsveterinär Dr. med. vet. Katja Riedel

Oberstabsveterinär Dr. med. vet. Katja Riedel, MSc Small Animal Science und Fachtierärztin für Zahnheilkunde der Kleintiere, ist Dezernentin für Diensthundewesen in der Abteilung III Veterinärwesen der Überwachungsstelle für öffentlich-rechtliche Aufgaben des Sanitätsdienstes der Bundeswehr West. Von 2007–2010 war sie Leiterin der Inneren Medizin und Ambulanz der Diensthundeklinik der Schule für Diensthundewesen der Bundeswehr. Auslandseinsätze als Leitender Veterinär und Leiter des Veterinärmedizinischen Einsatzlabors in Bosnien-Herzegowina, Kosovo, Afghanistan und Mali.

Oberfeldarzt Dr. med. Gerhard Röper

Oberfeldarzt Dr. med. Gerhard Röper war von 2000–2004 an verschiedenen Standorten als Truppenarzt tätig. Von 2004–2007 wirkte er als zweiter Fliegerarzt beim mTrspHubschrRgt 25 in Laupheim (CH-53/Bo105) und war dann von 2007–2010 zum Leiter des Sanitätszentrums KSK in Calw bestellt. Seit 2011 ist er hauptamtlicher Fliegerarzt des HSG 64 in Laupheim (CH53/EC645T2). Er nahm an multinationalen Übungen als realversorgender Rettungsmediziner im luftgebundenen Verwundetentransport teil und sammelte Auslandserfahrung als Flieger- und Kommandoarzt bei Einsätzen in Termez, in Afrika, auf dem Balkan und in Afghanistan. Er leitet die einsatzvorbereitende Ausbildung für CH53 AirMedEvac Personal und war als Medical Director (MD) im taktischen Verwundetentransport sowie als Aeromedical Evacuation Coordination Officer (AECO) eingesetzt.

Oberfeldarzt Joachim Sahm

Oberfeldarzt Joachim Sahm ist Assistenzarzt in der Abteilung für Allgemein-, Visceral- und Thoraxchirurgie des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz. Nach der ersten klinischen Verwendung war er als Lehrstabsoffizier San am Ausbildungszentrum Spezielle Operationen in Pfullendorf eingesetzt. Erfahrungen in Auslandseinsätzen sammelte er in Bosnien-Herzegowina und in Afghanistan.

Stabsfeldwebel Silvio Schöndube

Stabsfeldwebel Silvio Schöndube ist seit 2001 bei der Bundeswehr als Combat First Responder Charlie (CFR C) eingesetzt und hat die Prüfung zum Rettungsassistenten bestanden. Ferner hat er die Ausbildungen zum Combat Medic (2006), Special Operation Independent Duty Corpsman (18D, 2007) und Flight Medic (2009) der US Streitkräfte erfolgreich abgeschlossen. Durch die Teilnahme an zahlreichen Fort- und Weiterbildungen sowie Übungen, im In- und Ausland, konnte er seine Fähigkeiten in der präklinischen Traumaversorgung konsequent

erweitern. In seiner langjährigen Tätigkeit als Verantwortlicher CFR C seiner Einheit (Master-Medic) hat er an mehreren Auslandeinsätzen teilgenommen und war dabei mehrfach als Medic über unterschiedlich lange Zeiträume eigenständig für die notfallmedizinische Versorgung von Verwundeten verantwortlich

Major-Arzt Dr. Thomas Schuck

Major-Arzt Dr. Thomas Schuck ist seit 2008 beim österreichischen Jagdkommando als Brigadearzt tätig. Auslandserfahrungen konnte er 2008 und 2009 im Tschad im Rahmen von EUFOR Tchad/RCA sammeln.

Oberfeldarzt Jens Schwietring

Oberfeldarzt Jens Schwietring ist seit 2006 als Facharzt für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Palliativmedizin im Bundeswehrzentralkrankenhaus Koblenz tätig. In dieser Zeit absolvierte er fünf Auslandseinsätze ISAF in verschiedensten Funktionen, u. a. als Facharzt im taktischen Lufttransport, sowie einen Einsatz in KFOR. Am Standort Koblenz ist er neben den Tätigkeiten als Klinikarzt im Rahmen der Realversorgung im Schwerpunkt als Leitender RTH Arzt des Christoph 23 rettungsmedizinisch verantwortlich. Ebenfalls erfolgt eine regelmäßige Beteiligung an der Durchführung des strategischen Verwundetentransport. Ausbildung und Vortragsaktivitäten aus dem Bereich der Notfallmedizin sind weitere Schwerpunkte. Gemeinsame Einsätze und Fortbildungen mit dem SEK Koblenz bieten die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch in der Taktischen Medizin

M. Sc. Patrick Siegert

Patrick Siegert ist seit über 10 Jahren Inhaber und Geschäftsführer der »Security & Rescue Guard – SRG«, einem Sicherheitsunternehmen mit den Schwerpunkten Personenschutz und notfallmedizinische Versorgung. Er studierte Sicherheitsmanagement und verfasste seine Seminararbeit im Kontaktstudium zum Sicherheitsfachwirt (FH) über die Relevanz der qualifizierten notfallmedizinischen Versorgung im Personenschutz. Im anschließenden Studium zum Master of Science (Security and Safety Management) (MSc) schrieb er seine Master Thesis über Notfallmedizin bei deutschen Spezialeinsatzkommandos der Bundespolizei und der Länderpolizeien. Er ist Rettungsassistent, Organisatorischer Leiter, Einsatzleiter Rettungsdienst, Einsatzleiter Wasserrettungsdienst, Tactical Medic (International School of Tactical Medicine) und Ausbilder für Taktische Medizin für die Firma »Tactical Medicine Training«.

Oberstabsarzt Dr. med. Fabian Spies

Dr. med. Fabian Spies ist Weiterbildungsassistent der Abt. X (Anästhesiologie und Intensivmedizin) des Bundeswehrkrankenhauses Ulm. Er weist eine zweijährige Verwendung als Einsatzarzt in der DSO auf. Er besitzt die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin, die Qualifikation Taucherarzt und wird als Instruktor für verschiedene zertifizierte Kurssysteme, die sich mit der prä- und innerklinischen Versorgung von Traumata und internistischen/neurologischen Krankheitsbilder befassen, eingesetzt.

Oberstabsarzt Dr. med. Dirk Steinritz

Oberstabsarzt Dr. med. Dirk Steinritz ist am Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr tätig. Nach Eintritt in die Bundeswehr 1998 studierte er Medizin in Köln. Er leitete die Sanitätsstaffel des Fliegerhorstes Erding (01/2007–12/2007) und war in der medizinischen Grundversorgung der Bundeswehr tätig (01/2009–12/2009). Seit 08/2010 leitet er die Teileinheit Toxikologische Epidemiologie, Risikoanalyse und Begutachtung. Als Experte für

den medizinischen C-Schutz ist er Truppführer der Task Force medizinischer C-Schutz der Bundeswehr.

Oberfeldarzt Dr. med. Jan Ulrich Stier

Oberfeldarzt Dr. med. Jan Ulrich Stier studierte nach aktiver Dienstzeit als Fallschirmjäger (Ausbildung zum Reserveoffizier der Infanterie) Medizin und wurde 2003 in den Sanitätsdienst übernommen. Das Spektrum seiner Verwendungen umfasst zusätzlich zur klinischen Patientenversorgung die Tätigkeit als Truppen- und Fliegerarzt in verschiedenen Verbänden unterschiedlicher Waffensysteme (Jet, Transport- und Kampfhubschrauber). Außerdem war er in der Weiterentwicklung der präklinischen taktischen und notfallmedizinischen Ausbildung an der Sanitätsakademie der Bundeswehr tätig. In diversen Auslandseinsätzen (Afghanistan, Kosovo und Afrika) fungierte er als Fliegerarzt bzw. Medical Director sowie als Kompaniechef mobiler Sanitätseinheiten in Afghanistan. Neben der Anästhesie besitzt er die Facharztqualifikation für Allgemeinmedizin und ist Instructor für ATLS und PHTLS. Seit 2013 ist er Leiter des Sanitätszentrums Schönewalde (Flugplatz Holzdorf).

Johannes Stocker

Johannes Stocker hat ein Studium zum Sozialbetriebswirt absolviert und ist Leiter des Rettungsdienstes und stv. Geschäftsführer beim DRK-Kreisverband Rems-Murr in Waiblingen. Er ist seit 1981 hauptberuflich beim DRK tätig und konnte in dieser Zeit Erfahrungen im bodengebundenen Rettungsdienst sowie in der Luftrettung sammeln. Er ist freier Dozent in der Erwachsenenbildung und wirkt an der Erstellung und Durchführung von verschiedenen Lehrgangs- und Ausbildungskonzepten für Einsatz- und Führungskräfte mit. Er ist für Behörden und Organisationen als Fachberater tätig. Nach dem Amoklauf von Winnenden im Jahr 2009 erarbeitete er zusammen mit der Polizei verschiedene Konzepte für Rettungsdienst und Polizei zur Bewältigung von so genannten »Sonderlagen«.

Oberfeldarzt Dr. med. Markus Tannheimer

OFA d.R. Dr. med. Markus Tannheimer war als SaZ 23 Oberarzt im BwKrHs Ulm und jedes Jahr als Chirurg bei ISAF eingesetzt. Er ist Heeresbergführer und etablierte den Lehrgang »Höhenmedizin für Sanitätspersonal« fachlich. Neben zahlreichen internationalen Veröffentlichungen auf höhenmedizinischem Gebiet hat er vielfach Preise für seine wissenschaftliche Arbeit erhalten. Er hat an vielen Expeditionen teilgenommen und dabei mehrere erfolgreiche Erstbesteigungen durchgeführt, darunter das 6304 m hohe und klettertechnisch anspruchsvolle Shimshal Whitehorn im Norden Pakistans. Seit seinem Ausscheiden aus der Bundeswehr ist er Leitender Oberarzt der Visceralchirurgie Klink Blaubeuren und hält Vorlesungen an der Universität Ulm im Wahlfach Expeditionsmedizin.

Oberstarzt Priv.-Doz. Dr. med. Horst Thiermann

Oberstarzt Priv. Doz. Dr. med. Horst Thiermann ist Leiter des Institutes für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr. Drei Jahre seiner Facharztausbildung zum Pharmakologen und Toxikologen absolvierte er in dem Walther-Straub-Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Ludwig Maximilians Universität München und zwei Jahre seiner Facharztausbildung zum Klinischen Pharmakologen verbrachte er bei MDS-Pharma Services in Höhenkirchen Siegertsbrunn.

Oberstleutnant d. R. Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Psych. Jörn Ungerer
Regierungsdirektor Jörn Ungerer ist Leiter des Psychologischen Dienstes der Bundeswehr Calw. Er war von 2010–2014 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Zentrums für Psychiatrie und Psychotraumatologie (Psychotraumazentrum) am Bundeswehrkrankenhaus Berlin. Er ist ausgebildeter Truppenpsychologe der Bundeswehr und Notfallpsychologe des Berufsverbandes Deutscher Psychologen (BDP). Von 2004–2010 war Truppenpsychologe des Kommando Spezialkräfte (KSK) und begleitete in dieser Zeit auch mehrfach Auslandseinsätze des Verbandes.

Oberfeldarzt Dr. med. Uwe Unkelbach
Dr. med. Uwe Unkelbach, Chirurg, Facharztausbildung in Bad Zwischenahn, Koblenz und Berlin. Verschiedene Verwendungen im Bereich der DSO mit Einsatzerfahrung in Afghanistan. Derzeit Verwendung als Facharzt für Chirurgie in der Weiterbildung zum Facharzt für Gefäßchirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg.

Hauptfeldwebel Jörg Vogt
Jörg Vogt ist Berufssoldat und Ausbildungsfeldwebel am Ausbildungszentrum Steilfeuer/STF der Bundeswehr. Er ist ausgebildeter Gebirgsjäger und war dort in den Spezialbereichen Aufklärung und Beobachter für luft- und bodenbasierte Feuerunterstützung tätig. In dieser Verwendung nahm er 2010 als Teil der QRF am Einsatz in Afghanistan teil. Er wurde 2005 am AusbZSpezlOp zum CFR ausgebildet. Seit 2010 engagiert er sich im Rahmen der TREMA e.V. für die taktische Verwundetenversorgung und unterstützt im Rahmen der Ausbildung anderer Behörden und im Bereich der Weiterentwicklung/Rüstung. Zudem war er langjährig im Technischen Hilfswerk tätig.

Oberstabsarzt Neele Vortkamp
Oberstabsarzt Neele Vortkamp ist Assistenzärztin am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg und in der Weiterbildung zum Facharzt für Chirurgie. Von 2008–2010 war sie als Taucherärztin im Verband der Spezialisierten Einsatzkräfte Marine in Eckernförde tätig. 2009 konnte sie als Staff Medical Officer sowie als Geschwaderarzt der Maritime Task Group im Rahmen des UNIFIL-Einsatzes weitere Erfahrungen sammeln.

Oberstarzt Dr. med. Peter Zimmermann
Oberstarzt Dr. med. Peter Zimmermann ist Leiter des Zentrums für Psychiatrie und Psychotraumatologie (Psychotraumazentrum) am Bundeswehrkrankenhaus Berlin. 2007 hat er die Anerkennung »Spezielle Psychotraumatologie« der Deutschen Gesellschaft für Psychotraumatologie erhalten. Erfahrung in Auslandseinsätzen sammelte er in Bosnien-Herzegowina, im Kosovo und in Afghanistan.

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
A.	Arteria
AAO	Polizei: Allgemeine Aufbauorganisation; Feuerwehr & Rettungsdienst: Alarm- und Ausrückeordnung
ABC	atomar, biologisch, chemisch
ABCDE	»Airway Breathing Circulation Disability Exposure/Environmental control«
ABC-Gefahren	Atomare, biologische und chemische Gefahren
A-Bedrohung	Atomare Bedrohung
ABR	Akute Belastungsreaktion
AC	Wechselstrom
AChE	Acetylcholinesterase
ACLS	»Advanced Cardiac Life Support«
ACM	»Additional Crew Member«, medizinisches Besatzungsmitglied von militärischen Luftfahrzeugen
ACRM	»Aeromedical Crew Ressource Management«, ► CRM Schulung zur Reduzierung menschlichen Versagens bei Luftfahrzeugbesatzungen, insbesondere durch Verbesserung der Kommunikation
ADMA	Asymmetrisches Dimethylarginin
AE	»Aeromedical Evacuation«, luftgebundene Evakuierung Verwundeter
AED	Automatischer externer Defibrillator
AGE	Arterielle Gasembolie
AIS	»Abbreviated Injury Scale«
AJP	»Allied Joint Publication«
AJP-4.10(A)	»Allied Jt Med Support Doctrine«
ALARA	»As low as reasonable achievable«
ALI	»Acute Lung Injury«
ALP/AXP	»Ambulance Loading/Exchange Point«
AMedP	»Allied Medical Publication«
AMEDP-13(B)	»NATO Glossary of Medical Terms and Definitions«
AMLS	»Advanced Medical Life Support«
AMS	»Acute Mountain Sickness« (akute Bergkrankheit)
AMV	Atemminutenvolumen
ANUG	Akute nekrotisierende ulzeröse Gingivitis
ANUP	Akute nekrotisierende ulzeröse Parodontitis
AO	»Area of Operations«
ARDS	»Acute Respiratory Distress Syndrome« (Schocklunge)
ASB	Assistierte Spontanatmung, »Assisted Spontaneous Breathing«
ACS	»Asherman Chest Seal«
ATF	Allschutz-Transport-Fahrzeug
ATLS	»Advanced Trauma Life Support«
AVPU	»Alert« (wach), »verbal« (antwortet), »pain« (Schmerzreaktion) und »unresponsive« (keine Reaktion)
B.I.G.	»Bone Injection Gun«
BAO	Besondere Aufbauorganisation
BAT	Beweglicher Arzttrupp
BBG	Bundesbeamtengesetz
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BCS	»Bolin Chest Seal«
BFE	Beweissicherungs- und Festnahmeeinheiten
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGS	Bundesgrenzschutz
BHP	Behandlungsplatz
BHS	Belastungsinduzierter Hitzschlag
BIPAP	»Biphasic Positive Airway Pressure«
BiV	Bildverstärker
BKA	Bundeskriminalamt
BKZ	Bodenkontaktzeit
B-Kampfstoff	Biologischer Kampfstoff
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BPOL	Bundespolizei
BPolG	Bundespolizeigesetz
Bq	Bequerel
BR	Belastungsbedingte Rhabdomyolyse
BR	Bereitstellungsraum
Bw	Bundeswehr
BwZK	Bundeswehrzentralkrankenhaus
°C	Grad Celsius
<C>ABCDE	»Critical Bleeding, Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure/Environmental Control«
CAM	»Chemical Agent Monitor«
CAS	»Close Air Support«
CASEVAC	»Casualty Evacuation«

CAT	»Combat Application Tourniquet«
CBRN	»Chemical, biological and radio-nuclear« (chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear)
CBRN(E)	Chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear und explosive (Gefährdung)
CCATT	»Critical Care Air Transport Team«
CCP	»Casualty Collection Points«
CCS	»Casualty Clearing Station«
CDC	»Center for Disease Control and Prevention«
CFR	»Combat First Responder« (Ausbildungsstufen A, B oder C)
CHX	Chlorhexidindigluconat
CK	Kreatinkinase
C-Kampfstoff	Chemischer Kampfstoff
CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
COA	»Courses of Action«
COHb	Mit Kohlenmonoxid besetztes Hämoglobin
CONTOMS	»Counter Narcotics Tactical Operations Medical Support Course«
COPD	»Chronic Obstructive Pulmonary Disease« (chronisch-obstruktive Lungenerkrankung)
CoTCCC	»Committee on Tactical Combat Casualty Care«
COX	Cyclooxygenase: Enzym, das Schmerzbotenstoffe bildet
CPP	»Cerebral Perfusion Pressure« (zerebraler Perfusionsdruck)
CPR	»Cardio Pulmonary Resuscitation« (Herz-Lungen-Wiederbelebung)
Cps	»Counts Per Second«
CQB	»Close Quarter Battle«
CRE	»Casualty Rate Estimates«
CRI	»Continuous Rate of Infusion«
CRM	»Crew Ressource Management«, Schulung zur Reduzierung menschlichen Versagens bei Luftfahrzeugbesatzungen, insbesondere durch Verbesserung der Kommunikation
CSA	Chemikalienschutzanzug
CT	Computertomographie
CuF	»Care under Fire«
CWVP	»Chest Wall Velocity Predictor«
DC	Gleichstrom
DCS	»Damage Control Surgery«
DCS	»Decompression Sickness« (Dekompressionskrankheit)
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DIC	Disseminierte intravasale Gerinnung
DLE	»Duration of Limited Exposure«
4-DMAP	4-Dimethylaminophenol
DMPS	Dimercaptopropansulfonat
DOW	»Died of wounds«
DU-Geschosse	»Depleted uranium« (abgereichertes Uran)
EA	Einsatzabschnitte
EBW	»Enhanced-Blast-Weapons« (explosionsverstärkende Waffen)
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
ED	Effektive Dosis
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEH	Einsatz-Ersthelfer
EFP	»Explosively Formed Penetrator«
EGV	Einsatzgruppenversorger
EHA	Einsatzersthelfer A
EHB	Einsatzersthelfer B
EHEC	Enterohämorrhagische Escherichia coli
EHS	»Exertional Heatstroke«
EKG	Elektrokardiogramm
EL	Einsatzleiter
ELISA	»Enzyme Linked Immunosorbent Assay«
ELW	Einsatzleitwagen
EMDR	»Eye Movement Desensitization and Reprocessing«
EMT	»Emergency & Military Tourniquet«
EMT-I	»Emergency Medical Technician intermediate« (entspricht Rettungssanitäter)
EOD	»Explosive Ordnance Disposal« (Kampfmittelbeseitigung)
EPD	Elektronisches Personendosimeter
ESBL	»Extended-Spectrum Beta-Laktamase«
ESG	Einscheibensicherheitsglas
ETC	»European Trauma Course«
EU	Europäische Union
°F	Grad Fahrenheit
FAME	»Forward AirMedEvac«, Lufttransport des Verwundeten vom Ort der Verwundung oder Erstversorgung zur ersten medizinischen Behandlungseinrichtung (zivil: Primärtransport)

FAST	»First Access for Shock and Trauma«
FCI	»Freezing Cold Injuries« (erfrierungsbedingte Kälteverletzungen
FFP	»Fresh Frozen Plasma«
FFP	Partikelfiltrierende Halbmaske (»filtering face piece«)
FiO_2	Fraktion (Anteil) des reinen Sauerstoffes bei der Beatmung (z. B. FiO_2 0,4 entsprechen 40% O_2)
FOB	»Forward Operating Base«
FST	»Forward Surgical Team«
ft	»Feet« (= 30,48 cm)
FTS	»Field Triage Score«
FW	»Fixed wing« (Starrflügler, Flächenflugzeug)
Fw	Feuerwehr
FwDV	Feuerwehrdienstvorschrift
G	Gauge
GCS	Glasgow-Coma-Scale
GE	Gifteffekt
GEL	Gesamteinsatzleiter
Ground MedEvac	Bodengebundener Verwundetentransport
GSG 9	Grenzschutzgruppe 9
h	Stunde
HACE	»High Altitude Cerebral Edema« (Höhenhirnödem)
HAPE	»High Altitude Pulmonary Edema« (Höhenlungenödem)
HCM	»Helicopter Crew Member«, medizinisches Besatzungsmitglied von zivilen Luftrettungsfahrzeugen
HCV	Hepatitis-C-Virus
HDI	»Heat Discomfort Index«
HE	»High Order Explosives«
HeilprG	Heilpraktikergesetz
HEMS	»Helicopter Emergency Medical Service«
HES	Hydroxyethylstärke
HF	Herzfrequenz
HIV	»Human Immunodeficiency Virus«(Humanes Immundefizienz-Virus)
HLS	»Helicopter Landing Site«
HLZ	Hubschrauberlandezone
HME	»Homemade Explosives«
HMV	Herzminutenvolumen
HMW	»High molecular weight«
HNS	»Host Nation Support«
HRST	Herz-Rhythmus-Störungen
HT	Hypothermie
HTT	Hitzetoleranztest
HWS	Halswirbelsäule
HWZ	Halbwertszeit
Hz	Hertz
i.m.	Intramuskulär
i.o.	Intraossär
i.v.	intravenös
ICAO	»International Civil Aviation Organization« (ICAO) (Internationale Zivilluftfahrt-Organisation
ICAR MedCom	»International Commission for Alpine Rescue« – Subkommission für Alpine Notfallmedizin (Mountain Emergency Medicine)
ICD-10	»International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems«
ICP	»Intracranial Pressure« (intrakranieller Druck)
ICR	Intercostalraum
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission
IDF	»Israeli Defence Forces«
IDKO	Identifizierungskommission
IED	»Improvised Explosive Device«
IFAK	»Individual First-Aid Kit«
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IHE	Intermittierende Hypoxie
IHT	Inhalationstrauma
I-KTW	Infektionskrankentransportwagen
ILCOR	»International Liaison Committee on Resuscitation«
IND	»Improvised Nuclear Device«
INF	Intranasales Fentanyl
INR	»International Normalized Ratio«
IPM	Internationale Polizeimissionen
IR	Infrarot
ISS	»Injury Severity Score«
ITH	Intensivtransporthubschrauber
ITLS	»International Trauma Life Support«
JAR-OPS 3	Betriebsvorschriften für den gewerblichen Verkehr mit Helikoptern
JOA	»Joint Operations Area«
Kap.	Kapitel
KB	Keine Beschränkung
KED	Kendrick-Extrication-Device
KEV	Kontrolliertes einzeitiges Verfahren
KFS	Kooperatives Führungssystem
KFZ	Kapilläre Wiederauffüllungszeit
Kfz	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm

KG	Körpergewicht
kg KG	Kilogramm Körpergewicht
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH
KIA	»Killed in action«
KKT	Körperkerntemperatur
KKW	Kernkraftwerk
kN	Kilonewton
KOF	Körperoberfläche
KPB	Kreispolizeibehörden
KRI-Bw	Kölner Risikoindex-Bundeswehr
KSK	Kommando Spezialkräfte
kt/kn	Knoten/knots (1,852 km/h)
KTW	Krankentransportwagen
KZV	Kontrolliertes zweizeitiges Verfahren
l	Liter
LBAT	Luftbeweglicher Arzttrupp
LE	»Low order explosives«
LfU	Landesamt für Umwelt
LFZ	Luftfahrzeug
LKW	Lastkraftwagen
LLRS SpezEins	Luftlanderettungsstation Spezialeinsatz
LLRS	Luftlanderettungsstation
LLRZ	Luftlanderettungszentrum
LMW	»Low molecular weight«
LNA	Leitender Notarzt
LOC	»Level of Consciousness«
LSE	Luftbewegliche Sanitätseinrichtung
LSS	»Life Span Study«
LVE	Lagevortrag zur Entscheidung
LZ	Landezone
MACE	»Military Acute Concussion Evaluation«
MAD	»Mucosal Atomization Device« (Medikamentenvernebler zur intranasalen Applikation)
MANV	Massenanfall von Verwundeten/Verletzten
MAP	»Mean Arterial Pressure« (mittlerer arterieller Druck)
MASCAL	»Mass Casualty« (MANV)
MCL	Medioklavikularlinie
MEDEVAC	»Medical Evacuation«
MEK	Mobiles Einsatzkommando
MERZ	Marineeinsatzrettungszentrum
MfS	Ministerium für Staatssicherheit
mg	Milligramm
MIK NRW	Landesministerium für Inneres und Kommunales NRW
MilFhr	Militärischer Führer
min	Minute
MIO	»Medical Incident Officer«
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule, Torr
MMS	»Medical Mission Statement«
MMW	»Medium Molecular Weight«
MOI	»Kinematics/Mechanism of Injury«
MOUT	»Military Operations in Urban Terrain«
MPG	Medizinproduktegesetz
MRSA	Methicilin-resistenter Staphylococcus aureus
MRT	Magnetresonanztomographie
MSE	Modulare Sanitätseinrichtung
mSv	Millisievert
mTBI	»Mild Traumatic Brain Injury«
MTF	»Medical Treatment Facility« (medizinische Behandlungseinrichtung, z. B. Feldlazarett, Rettungszentrum)
N.	Nervus
NaCl	Natriumchlorid
NATO-SOP	»North Atlantic Treaty Organization – Standard Operating Procedure«
NAW	Notarztwagen
NBR	»Natural Background Rejection«
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NFCI	»Non-Freezing Cold Injuries« (nichterfrierungsbedingte Kälteverletzungen)
NFS	Notfallstation
NGA	Nukleare Gefahrenabwehrkräfte
NGO	»Non-Government Organisations«
N-Lost	Stickstofflost
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
NPA	Nasopharyngealtubus
NRW	Nordrhein-Westfalen
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
NTOA	»National Tactical Officers Association«
NVA	Nationale Volksarmee
NVD	»Night Vision Device«, Nachtsichtgerät
NVG	»Night Vision Goggles«, Nachtsichtbrille
O_2	Sauerstoff
OAE	Otoakustische Emission
ODL-Messgerät	Ortsdosisleistungsmessgerät
OEF	»Operation Enduring Freedom«
OIF	»Operation Iraqi Freedom«
OP	Operation, auch Operationssaal
OPA	Oropharyngealtubus
ORGL	Organisatorischer Leiter
ORS	»Oral Rehydration Solution« oder »Oral Rehydration Salts«

OSZE	Organisation für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa
OTFC	Orales transmukosales Fentanylcitrat
p.o.	per os
PA	Patientenablage
PAR	»Population at risk«
PCK	»Portex Cricothyroidotomy Kit«
PDV	Polizeidienstvorschrift
PECC	»Patient Evacuation Coordination Center« (Rettungsleitstelle)
PEEP	»Positive Endexspiratory Pressure«
PEH	Psychologische Erste Hilfe
PEP	Postexpositionsprophylaxe
PERRLA	Pupillenbefund (Dokumentationsmöglichkeit): »Pupils Equal, Round, React to Light, Accommodate« (= Pupillen gleich, rund, lichtreagibel, akkommodierend)
PF	Polizeiführer
PFO	Persistierendes Foramen ovale
PHTLS	»Prehospital Trauma Life Support«
PKW	Personenkraftwagen
PMR	»Patient Movement Request«
POI	»Point of Injury«
POW	»Prisoners of War«
PPE	»Personal Protective Equipment«
PR	»Personal Recovery«, Verfahren zur Rückführung von Personal aus dem Gebiet hinter der feindlichen Linie
PRT	»Provincial Reconstruction Team«
PSA	Persönliche Schutzausstattung
PSNV	Psychosoziale Notfallversorgung
PTBS	Posttraumatische Belastungsstörung
PTE	Patiententransporteinheit
QRF	»Quick-Reaction-Force«
RAF	Rote Armee Fraktion
RCC	»Rescue Coordination Center«
RDD	»Radioactive Dispersion Devices«
RettAPO	Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Rettungssanitäter und Rettungshelfer
RettTrp	Rettungstrupp
RFI	»Request for Information«
RG	Rasselgeräusch
RKI	Robert Koch-Institut
ROE	»Rules of Engagement«
ROLE	NATO-Terminologie für medizinische Behandlungsebenen. 1 = ATLS-Standard, 2 = notfallchirurgische Versorgung, 3 = definitive chirurgische Versorgung, 4 = Maximalversorgung und Rehabilitation
ROSC	»Return of Spontaneous Circulation«
RR	Riva-Rocci (Blutdruck)
RRsys	Systolischer Blutdruck (Riva-Rocci)
RSDL	»Reactive Skin Decontaminant Lotion«
RSZ	Regionales Strahlenschutzzentrum
RTH	Rettungstransporthubschrauber
RTW	Rettungstransportwagen, kurz Rettungswagen
RVP	»Rendezvous point«
RW	»Rotary wing« (Drehflügler, Hubschrauber)
RZ le	Rettungszentrum leicht
RZ	Rettungszentrum
s	Sekunde
s.c.	Subkutan
SAEMT	»Special Agent Emergency Medical Technician«
SanEL	Sanitätseinsatzleitung
SanKr	Sanitätsdienstliche Kräfte
SARS	Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom
Sdt	Soldatinnen und Soldaten
SEG	Schnelleinsatzgruppen
SEK	Spezialeinsatzkommando
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SK	Sichtungskategorie
SK1	Sichtungskategorie 1 (T 1 oder »immediate«)
S-Lost	Schwefellost
SOFTT	»Special Operations Forces Tactical Tourniquet«
SOMA	»Special Operations Medical Association«
SOP	»Standard Operating Procedere«
SpO_2	Periphere Sauerstoffsättigung
SSK	Strahlenschutzkommission
STANAG	»Standardization Agreement«
StGB	Strafgesetzbuch
Sv	Sievert
SWAT	»Special Weapons and Tactics«
Tab.	Tabelle
TACEVAC	»Tactical evacuation«, gemeinsamer Terminus für CASEVAC und MEDEVAC
TBI	»Traumatic Brain Injury«

TBq	Terabequerel
TCCC	»Tactical Combat Casualty Care«
TEC	»Tactical Evacuation Care«
TEL	Technischer Einsatzleiter
TEMS	»Tactical Emergency Medical Support«
TFC	»Tactical Field Care«
TL	Technische Lieferbedingung
TNT	Trinitrotoluol
TOC	»Tactical Operation Centre« oder »Tactical Operations Command"
TREMA	Tactical Rescue & Emergency Medicine Association e. V.
TrspOrg	Transportorganisation
TTP	»Tactics, Techniques and Procedures«
TTS	Transdermales therapeutisches System
UA	Unterabschnitt
UN	»United Nations«
USBV	Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung
USBV-A	Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung mit radioaktiver Beiladung
USSOCOM	»US Special Operations Command«
UUA	Unter-Unterabschnitte
UV	Unkontrolliertes Verfahren
UZwG	Gesetz über den unmittelbaren Zwang bei Ausübung öffentlicher Gewalt durch Vollzugsbeamte des Bundes
V	Veterinärspezifisches Medikament
V.	Vena
V.a.	Verdacht auf
VN	Vereinte Nationen
VSG	Verbundsicherheitsglas
VwuSP	Verwundetensammelpunkt
W	Watt
WALK	»Warrior Aid & Litter Kit«
WBGT	»Wet Bulb Globe Temperature«
WFV	Wehrfliegerverwendungsfähigkeit
WHO	»World Health Organization«
ZUB	Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes
ZVD	Zentraler Venendruck
ZVK	Zentraler Venenkatheter

Grundlagen

Kapitel 1 **Einleitung – 3**
C. Neitzel

Kapitel 2 **Medizinische Einsatzplanung (»medical planning«) – 11**
K. Ladehof, C. Neitzel

Kapitel 3 **Spezielle Ausrüstung – 29**
S. Schöndube, C. Neitzel, C. Gartmayr, P. Siegert

Kapitel 4 **Versorgungsebenen und Evakuierung von Verwundeten – 53**
J. Bickelmayer, S. Hauschild

Kapitel 5 **Rettung von Verwundeten – 63**
J. Vogt, S. Schöndube, K. Ladehof

Kapitel 6 **Technische Rettung und Bergung – 73**
S. Börner

Kapitel 7 **Ausbildung – 87**
K. Ladehof

Einleitung

C. Neitzel

1.1 Taktische Verwundetenversorgung – 4

1.2 Ausbildungsaspekte – 6

1.3 Geschichte der taktischen Verwundetenversorgung – 7

Literatur – 9

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

» »Der Soldat soll im Kriege jeden Augenblick bereit sein, Gesundheit und Leben zum Opfer zu bringen. Er hat deshalb gerechte Ansprüche auf schleunige Hilfe, sobald er verwundet wird.«
F. von Esmarch

1.1 Taktische Verwundetenversorgung

Das Gefechtsfeld als »notfallmedizinischer Arbeitsplatz« ist von einer hohen Bedrohung für Helfer und Patienten sowie Dreck, Chaos und Unübersichtlichkeit gekennzeichnet (Abb. 1.1). Die verfügbaren Ressourcen an Material, Ausrüstung und Personal sind meist stark begrenzt. Regelmäßig müssen mehrere Patienten gleichzeitig von wenigen Helfern mit dem wenigen Material versorgt werden, das im Rucksack am Mann getragen werden kann. Die Verwundungen sind im Vergleich zum üblichen Spektrum des zivilen Rettungsdienstes häufig schwer, akut lebensbedrohlich und eher von penetrierendem Trauma, Explosionsverletzungen und Verbrennungen geprägt.

In der militärischen Terminologie wird eine durch Einwirkungen des Gegners hervorgerufene Verletzung als Verwundung bezeichnet, in zivilen (also auch polizeilichen) Lagen als Verletzung. Beide Begriffe werden im Buch synonym verwendet.

Aufgrund von Gefechten oder isoliert durchgeführten Operationen kann eine Evakuierung oft erst nach größeren Verzögerungen erfolgen; auch die Transportzeiten und -entfernungen sind im Regelfall länger und weiter als in Deutschland. Aus diesen Gründen kommt der präklinischen Versorgung eine wesentliche Bedeutung für die Prognose des Patienten zu. Gerade bei Aufträgen, die fernab von medizinischen Behandlungseinrichtungen durchgeführt werden, sind medizinische »Bagatellprobleme« oftmals von hoher Relevanz. Beispielsweise können akute Zahnschmerzen oder ein erlittenes akustisches Trauma die Auftragserfüllung massiv gefährden. Auch Aspekte wie die technische Rettung aus Fahrzeugen, die Versorgung eines verletzten Diensthundes oder die psychische Erste Hilfe bei akuten Belastungsreaktionen zeigen das breite und anspruchsvolle Spektrum, das in der taktischen Medizin beherrscht werden muss.

Moderne Konflikte sind durch eine enorme Bandbreite der Intensität von Gefechtshandlungen gekennzeichnet, die gleichzeitig und möglicherweise in unmittelbarer Nachbarschaft vorkommen können. Die »Frontlinie« vergangener Tage, hinter der der Sanitätsdienst Versorgung und Transport

Abb. 1.1 Die präklinische Versorgung von Verwundeten findet meist im laufenden Gefecht oder unter hoher Bedrohung durch Spreng- und Brandfallen (»improvised explosive devices«, IED) statt. Dies erfordert grundlegend andere Vorgehensweisen als im zivilen Rettungsdienst. (Foto: Bundeswehr)

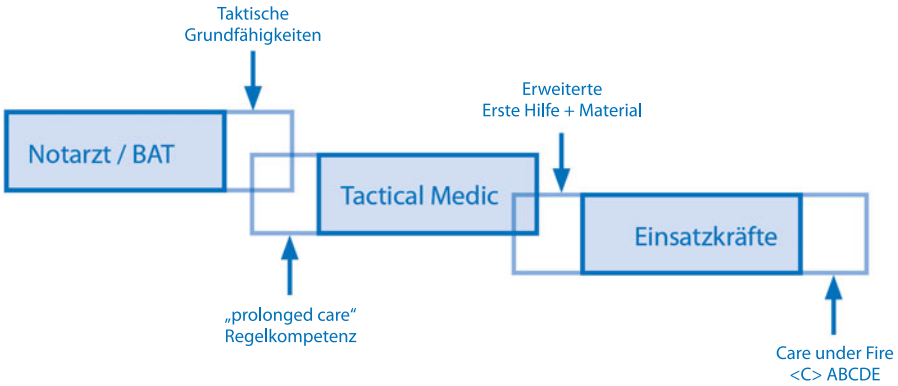


Abb. 1.2 Die Selbst- und Kameradenhilfe ist durch strukturierte Vorgehensweise (»Care under Fire«), erweiterte Erste-Hilfe-Ausbildung und geeignetes Material leistungsfähiger geworden. Ausgewählte Nichtsanitäter mit hochwertiger notfallmedizinischer Ausbildung (»Tactical Medic«) überbrücken die im Gefecht häufig auftretende Lücke bis zur Übernahme des Verwundeten durch den Sanitätsdienst auf Basis einer klaren Regelung der ihnen erlaubten Maßnahmen (Regelkompetenz), im Notfall auch über einen längeren Zeitraum (»prolonged care«). Sanitäter müssen durch eine angemessene taktische Grundbefähigung in der Lage sein, im Gefecht »weit vorne« zu versorgen. (Mit freundlicher Genehmigung von K. Ladehof)

der Patienten mit einem klar strukturierten »Weg des Verwundeten« sichergestellt hat, ist heute selten zu finden. Es wurde der Begriff des »**three block war**« geprägt: während in einem Stadtteil normales Alltagsleben herrscht, kann die Sicherheitslage in einem anderen angespannt sein und parallel dazu können in einem dritten offene Gefechte stattfinden. Die Bedrohungslage wird dadurch wenig vorhersehbar, es kann jederzeit und überall zu Sprengstoffanschlägen oder zu intensiven Gefechten kommen. Im Gegensatz zur klassischen Gliederung sind Sanitäter heute in den meisten Fällen in Einheiten der Kampftruppen eingebettet und begleiten ihre Bewegungen außerhalb der Lager. Sie müssen sich damit auch dem Gefecht stellen und nicht nur Verwundete unter gegnerischem Feuer versorgen, sondern auch als taktisches Element fungieren können. Es ist unabdingbar, dass Sanitäter das soldatische Grundhandwerk beherrschen (»shoot, move, communicate«), in Bedrohungslagen richtig reagieren und ihr notfallmedizinisches Vorgehen der Situation anpassen können.

Weil nicht alle Bewegungen der Truppe bei der hochmobilen, flexiblen Operationsführung moderner irregulärer Konflikte von Elementen des Sanitätsdienstes begleitet werden können, war eine Professionalisierung der traditionellen »Selbst- und Kameradenhilfe« sinnvoll und unumgänglich (Abb. 1.2). Die Ausbildung von Nichtsanitätern in Erster Hilfe hat mit der Einführung der Ausbildungen »Combat First Responder (CFR) A/B/C« und der »Einsatzersthelfer B« (EEH B) auch in der Bundeswehr eine neue Dimension erreicht. Diese in der Truppe »**Medics**« genannten Soldaten können von moderner Blutstillung über fortgeschrittenes Atemwegsmanagement bis hin zur Analgetikagabe erheblich mehr leisten als früher im Rahmen der Selbst- und Kameradenhilfe üblich war. Sie müssen in vielen Lagen eigenverantwortlich Schwerverwundete am Leben erhalten können, deren Versorgung auch manchen deutschen Notarzt an seine Grenzen bringen würde. Durch das hohe Ausbildungsniveau dieser Soldaten bildet sich eine breite Schnittmenge notfallmedizinischer Fähigkeiten zwischen Truppe und Sanitätsdienst, die die sanitätsdienstliche Versorgung sinnvoll ergänzt. »Medics« stellen außerdem die Erstversorgung sicher, wenn die anwesenden Sanitäter selbst Opfer eines Anschlags oder Gefechts werden sollten. Sie müssen in ausreichender Anzahl und Ausbildungshöhe auf allen Ebenen vertreten sein, um zu jedem Zeitpunkt in den kritischen ersten Minuten sofort zur Stelle zu sein. Dies trifft insbesondere auf selbstständig operierende Elemente wie Spezialkräfte zu.

Nur so kann vermieden werden, dass sie sich unter Feuer über längere Strecken zum Verwundeten bewegen müssen. Die Einsatzerfahrungen aus Afghanistan zeigen, dass selbst in Fahrzeugkonvois

integrierte bewegliche Arzttrupps häufig im laufenden Gefecht festliegen und teilweise weit über 30 min benötigen, um nur wenige hundert Meter entfernte Verwundete zu erreichen. CFR A/B/C und EEH B bilden darüber hinaus einen Pool an hochwertig ausgebildetem und ausgerüstetem Personal, das bei Massenanfällen von Verwundeten den Sanitätsdienst unterstützen und eine adäquate Lagebewältigung überhaupt erst ermöglichen kann. Während bei Spezialkräften auch im notfallmedizinischen Bereich eine hohe Qualifikation jedes einzelnen Soldaten üblich ist, wurde in der Bundeswehr in jüngster Zeit die Ausbildung in Selbst- und Kameradenhilfe für nahezu jeden im Ausland eingesetzten Soldaten mit dem Konzept des Einsatzersthelfers A modernisiert.

Im **Polizeibereich** treten ebenfalls Bedrohungslagen auf, in denen die Versorgung von Patienten nicht durch den Notarzt erfolgen kann. Für den Rettungsdienst gilt grundsätzlich: keine »Versorgung unter Feuer« bei Lagen mit bewaffneten Tätern. Die Arbeit am Patienten beginnt nach Sicherung und Freigabe des Einsatzortes durch die Polizei oder der Übergabe der Patienten durch die Polizei an den Rettungsdienst außerhalb des Gefahrenbereiches. Amokläufe wie in Erfurt 2002 haben gezeigt, dass gerade bei großen Objekten wie Schulen die Freigabe eines Bereiches mehrere Stunden dauern kann und Patienten in dieser Zeit teilweise auf medizinische Versorgung warten mussten. Mangels hoheitlichen Auftrags und fehlender Fähigkeit zur Selbstverteidigung (Rechtsstatus, taktische Ausbildung, Schutzausrüstung, Bewaffnung) ist der Rettungsdienst in diesen Lagen zumeist auch fehl am Platz. Dies bedingt, dass die initiale Versorgung von Patienten im Gefahrenbereich nur durch Polizeibeamte erfolgen kann. Neben klassischen Einsätzen von Spezialeinsatzkommandos, können auch im normalen Polizeialltag Lageeskalationen (z. B. Schlägerei, bewaffneter Täter, häusliche Gewalt) ebenso wie Großveranstaltungen (Ausschreitungen bei Fußballspielen, Demonstrationen etc.) den Einsatz des Rettungsdienstes gänzlich verhindern oder erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung möglich machen. Da gerade bei starken Blutungen die in den ersten Minuten getroffenen Maßnahmen entscheidend sind, ist eine zielgerichtete Ausbildung der Einsatzkräfte der Polizei von besonderer Wichtigkeit.

1.2 Ausbildungsaspekte

Die Ausbildung von militärischem und polizeilichem Sanitätspersonal stützt sich naturgemäß auf die zivile Notfallmedizin ab. Aufgrund der grundlegend anderen Versorgungsabläufe in Friedenssituationen und der Individualmedizin mit hohem Personalansatz und nahezu unbegrenzten Ressourcen vermittelt dies falsche Bilder sowie falsche Prioritäten und führt zu einem in Bedrohungslagen nicht angemessenen taktischen Vorgehen.

In Friedenssituationen liegt der Schwerpunkt der Notfallmedizin bei der Versorgung internistischer Patienten. In Deutschland sind nur ca. 2 % aller Notarzteinsätze durch polytraumatisierte Patienten bedingt [5]. Explosionsverletzungen kommen fast nie vor, Schuss- und Splitterverletzungen sind extrem selten. Für Einsätze von RTW-Besatzungen dürfte dieser Anteil prozentual noch geringer sein. Dies gewährleistet keinen wesentlichen Erfahrungszuwachs und Kompetenzgewinn in der Versorgung von Verwundeten. Neben den resultierenden **unzureichenden Ausbildungsbedingungen** für militärisches oder polizeiliches Sanitätspersonal in der Versorgung von Verwundeten führt dies auch dazu, dass im deutschen Rettungsdienst die Erfahrung und damit die Versorgungsqualität im Umgang mit penetrierendem Trauma bei der Unterstützung von taktischen Lagen im Inland bisweilen nicht optimal sein kann.

In der zivilen Notfallmedizin ist belegt, dass die Versorgung nach definierten Algorithmen die traumabedingte Sterblichkeit deutlich senken kann [7]. Ein standardisiertes Vorgehen schafft auch im militärischen und polizeilichen Umfeld ideale Voraussetzungen, um die Überlebenswahrscheinlichkeit von Patient und Helfer zu verbessern, sofern die Algorithmen auf die relevanten Verletzungen fokussiert sind, die medizinischen Maßnahmen dem häufig lebensgefährlichen Umfeld angepasst sind und in der Wahl der Therapieoptionen die häufig eingeschränkten Ressourcen an Fachpersonal und medizinischem Material berücksichtigt werden. Dementsprechend muss teils deutlich vom zivilen »Goldstandard« abgewichen werden, zivile Algorithmen lassen sich nicht ohne weiteres auf die Versorgung in Bedrohungslagen übertragen.

Medizinisch hochwertig ausgebildetes, aber zivil geprägtes Personal wird durch entsprechende **Algorithmen** darin unterstützt, das diagnostische und therapeutische Augenmerk auf die wichtigsten Todesursachen in bewaffneten Konflikten zu legen. Die hohe medizinische Kompetenz kann so adäquat und zielgerichtet auf das Erkennen und Behandeln der relevanten Verletzungsmuster angewandt werden. Dies macht den Kopf frei, um sich im Gefecht richtig verhalten zu können. Für den niedriger Qualifizierten (z. B. CFR, EEH) bilden Algorithmen dagegen die Grundlage, um insbesondere bei komplexen und dramatischen Verwundungsmustern effektiv und effizient arbeiten zu können. Sie entlasten den Helfer von differenzierten Überlegungen, da klare Entscheidungsbäume anhand einfach zu erhebender Befunde und Symptome vorgegeben sind. Hierdurch lässt sich in kurzer Ausbildungszeit eine hohe praktische Handlungskompetenz erreichen.

1.3 Geschichte der taktischen Verwundetenversorgung

Die zentralen Kriegserfahrungen in der präklinischen Versorgung, nämlich die vorherrschenden Verwundungsmuster, die taktische Lage und die eingeschränkte Verfügbarkeit von Ressourcen, gerieten nach Ende der Konflikte meist wieder in Vergessenheit. Schon Friedrich von Esmarch (Abb. 1.3) schrieb in seinem Buch »Der erste Verband auf dem Schlachtfelde« im Jahr 1870: »[…] so würde bald kein Krieger mehr in den Kampf ziehen, ohne den ersten Verband für seine Wunden bei sich zu tragen.« Er unternahm erste Versuche, die Selbst- und Kameradenhilfe zu etablieren und zu verbessern, erfand Dreiecktuch und Verbandpäckchen und entwickelte den Esmarch-Handgriff zum Freimachen der Atemwege.

Umfangreiche wissenschaftliche Auseinandersetzungen mit der präklinischen Verwundetenversorgung erfolgten im Rahmen des UN-Einsatzes UNOSOM II, bei dem die US-Streitkräfte in der »Schlacht von Mogadishu« 1993 empfindliche Verluste erlitten. Die zivil ausgerichtete Ausbildung in der Traumaversorgung wurde dabei ebenso bemängelt wie die ineffiziente Strategie für intravenösen Volumenersatz und unzureichende Möglichkeiten in der Beherrschung starker Blutungen [6].

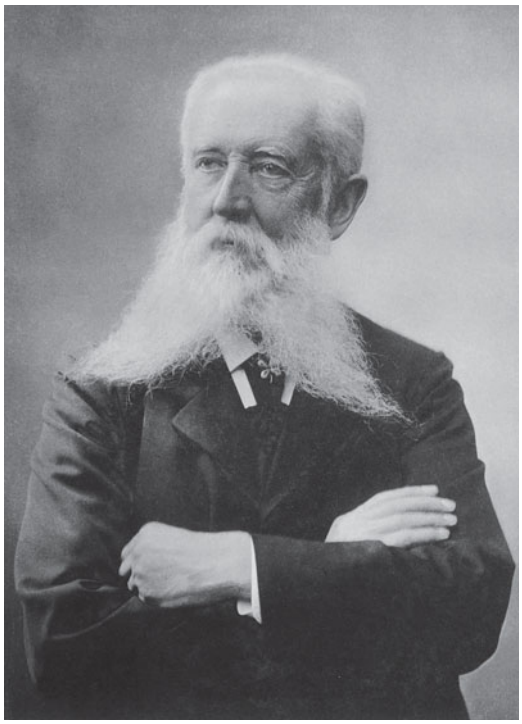


Abb. 1.3 Johannes Friedrich August von Esmarch (1823–1908). Generalarzt und beratender Chirurg der preußischen Armee. Prof. von Esmarch war einer der bedeutendsten Chirurgen der Weltgeschichte und gilt als Vater des Rettungsdienstes in Deutschland. (Mit freundlicher Genehmigung der Schleswig-Holsteinischen Landesbibliothek)

1996 stellte die Gruppe um Captain Frank Butler in der Fachzeitschrift »Military Medicine« den Vorschlag für einen Algorithmus für taktische Verwundetenversorgung (**»Tactical Combat Casualty Care«, TCCC**) vor [3]. Er wurde im Sinne einer Konsensus-Konferenz von führenden militärischen und zivilen Ärzten und kriegserfahrenem Sanitätspersonal der Spezialkräfte erarbeitet. Die empfohlenen medizinischen Maßnahmen orientierten sich dabei an der wissenschaftlichen Studienlage und berücksichtigten innovative Lösungsansätze und taktische Zwänge. Das Konzept etablierte sich schnell in den amerikanischen Streitkräften und stellte mit der Einführung von Tourniquets und Hämostyptika als festem Bestandteil einen Meilenstein der Militärmedizin dar.

Abb. 1.4 Der Einsatz von Hubschraubern ermöglicht die Evakuierung aus schwierigstem Gelände und den schnellen Transport in hochqualifizierte chirurgische Behandlungseinrichtungen. Er hat den Verwundetentransport revolutioniert. (Aus [8])

Tab. 1.1 Anteil aller Gefallenen bis zum Erreichen der ersten ärztlichen Versorgung an allen Getöteten und Verwundeten, abzüglich der Verwundeten, die innerhalb 72 h ihren Dienst aufnehmen konnten (*KIA:* »killed in action«). (Aus [8])

	2. Weltkrieg	Vietnam	Afghanistan	Irak[a]
KIA	20,2 %	20,0 %	18,7 %	13,5 %

[a] Die im Vergleich im Irak niedrigere Mortalität ist durch ein besonders enges Netz an chirurgischen Behandlungseinrichtungen und Luftrettungsmitteln bedingt.

In Kombination mit modernen chirurgischen Versorgungskonzepten (»damage control surgery«) und der schnellen Evakuierung Verwundeter (Abb. 1.4) konnte durch das TCCC-Konzept erstmals seit dem Krim-Krieg (1853–1856) der Anteil der Gefallenen bei Verwundungen deutlich unter 20 % gesenkt werden (Tab. 1.1) [1]. Einzelne Einheiten, die alle Angehörigen in den Grundsätzen taktischer Verwundetenversorgung geschult haben, konnten die Häufigkeit potenziell vermeidbarer Todesfälle bei Verwundeten drastisch senken oder diese sogar ganz verhindern [4, 8].

2001 initiierte das US Special Operations Command (USSOCOM) das Committee on Tactical Combat Casualty Care (CoTCCC), das die Leitlinien regelmäßig den aktuellen Einsatzerfahrungen und dem Stand der Wissenschaft anpassen soll. Im gleichen Jahr begann auch in der Bundeswehr die Ausbildung von Einheiten wie dem Kommando Spezialkräfte (KSK) und der Fernspähtruppe, deren Aufgabenspektrum ein besonders hohes Verwundungsrisiko und eingeschränkte sanitätsdienstliche Versorgung mit sich bringt, in den Grundsätzen von TCCC. Seit 2006 findet am Ausbildungszentrum Spezielle Operationen, Pfullendorf, ein jährliches TCCC-Symposium statt, das regelmäßig von mehreren hundert Teilnehmern aus Militär, Polizei und Rettungsdienst besucht wird.

Das TCCC-Konzept wurde nicht nur in nahezu allen Teilen der US-Streitkräfte eingeführt, sondern auch in die britische, kanadische und israelische Armee. Entsprechende zertifizierte Kurse sind darüber hinaus in Deutschland, Australien, Spanien, Peru und Mexiko veranstaltet worden oder geplant [2]. Auch Rettungsdienste erkennen den Nutzen von Elementen der TCCC-Ausbildung für

zivile Gefahrenlagen. So führte z. B. der Rettungsdienst der Stadt London nach den Bombenanschlägen von 2005 entsprechende Algorithmen unter Berücksichtigung von Tourniquets und Hämostyptika ein [2].

Im Bereich der Polizei hat sich in den USA in den letzten 50 Jahren ein lokal sehr unterschiedlich ausgeprägtes Versorgungskonzept für polizeiliche Lagen gebildet (»**Tactical Emergency Medical Support**«, TEMS). Die Grundsätze der Versorgung sind dabei weitgehend deckungsgleich mit denen des TCCC, lediglich Nomenklatur und Szenarien unterscheiden sich. Daher wird in den USA derzeit vom CoTCCC in Zusammenarbeit mit zivilen Expertiseträgern an einem an die Erfordernisse von Polizei und Rettungsdienst angepassten landesweiten Standard gearbeitet [2].

Das zu Beginn von und für Spezialkräfte entwickelte Versorgungskonzept hat statistisch nachweisbar dazu beigetragen, dass Verwundete in modernen Konflikten eine erheblich bessere Überlebenschance haben [6, 10]. Traditionelle Grenzen in den Maßnahmen von Sanitätspersonal und Nichtsanitätspersonal sind dabei überwunden worden und stehen für das übergeordnete Ziel einer optimalen Versorgung zurück. 1898 formulierte der Leitende Chirurg der amerikanischen Nationalgarde, Colonel Nicholas Senn: »Das Schicksal des Verwundeten liegt in den Händen von denen, die den ersten Verband anlegen.« Ebenso wie sein erklärtes Vorbild, Prof. Esmarch, hat er schon vor über 100 Jahren die herausragende Bedeutung der Selbst- und Kameradenhilfe erkannt, um die Überlebenschance des Verwundeten zu maximieren. Mit den modernen Konzepten der taktischen Verwundetenversorgung ist die Militärmedizin diesem Anspruch so nah gekommen wie noch nie in der Geschichte [10]. Um den bestmöglichen Erfolg zu erzielen, ist es aber unabdingbar, dass alle Soldaten bzw. Polizisten in den Grundsätzen der taktischen Verwundetenversorgung geschult werden [4, 10]. Dieses Buch soll einen Beitrag dazu leisten, Expertenwissen und Einsatzerfahrung zugänglich zu machen und damit all jene zu unterstützen, die oftmals unter hoher eigener Gefährdung um das Leben ihrer Kameraden und Kollegen kämpfen.

Literatur

1. Alam HB, Koustova E, Rhee P (2005) Combat Casualty Care Research: From Bench to the Battlefield. World J Surg 29:7–11
2. Butler FK (2011) CoTCCC Meeting Minutes, November 2010. http://www.health.mil/Libraries/101101_TCCC_Course_Materials/0611_CoTCCC_Meeting_Minutes_1011_Final.pdf
3. Butler FK, Hagmann J, Butler EG (1996) Tactical combat casualty care in special operations. Mil Med 161 Suppl: 3–16
4. Deal VT, McDowell D, Benson P et al. (2010) Tactical Combat Casualty Care February 2010. Direct from the Battlefield: TCCC Lessons Learned in Iraq and Afghanistan. J Spec Oper Med 10(3): 77–91
5. DGU (2008) Jahresbericht des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/Jahresbericht_2008.pdf
6. Holcomb JB (2003) Fluid Resuscitation in Modern Combat Casualty Care: Lessons Learned from Somalia. J Trauma 54:546–551
7. Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W (2005) Aktuelle Konzepte des Polytraumamanagements: Von ATLS zu »Damage Control«. Notfall Rettungsmed 8:454–465
8. Wedmore I (2011) Prehospital and Enroute Care. In: Martin M, Beekley A (Hrsg.) Front Line Surgery. A Practical Approach. Springer, New York, S 1–16
9. Willy C, Voelker HU, Steinmann R (2008) Kriegschirurgische Verletzungsmuster. UPDATE 2007. Chirurg 79:66–76
10. Kotwal RS, Montgomery HR, Kotwal BM et al. (2011) Eliminating Preventable Death on the Battlefield. Arch Surg 146(12):1350–8

Medizinische Einsatzplanung (»medical planning«)

K. Ladehof, C. Neitzel

2.1 Entwicklung eines Einsatzplanes – 13

2.2 Auftrag – 15

2.3 Lagefeststellung (Umgebungsfaktoren) – 16

2.4 Feindlage – negative Faktoren für den Einsatz (Versorgungsbedarf) – 17

2.5 Eigene Lage – Kräfte für den Einsatz (Versorgungsangebot) – 20

2.5.1 Medizinische Behandlungseinrichtungen – 20

2.5.2 Transportmittel – 21

2.5.3 Führungsstrukturen und -mittel (Command – Control – Communicate, C3) – 22

2.5.4 Eigene Ressourcen und Leistungsfähigkeit – 23

2.6 Abwägung der Möglichkeiten und resultierender Plan für den Einsatz – 25

Literatur – 27

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

»Taktische Medizin« beschäftigt sich v. a. mit den »ausführenden Ebenen« der präklinischen Versorgung, den erstversorgenden Kräften, wie es auch im Begriff bereits zum Ausdruck kommt. Daher werden in diesem Kapitel v. a. allem Handlungsgrundlagen für diesen Bereich dargestellt. Die Planungen auf der operativen und strategischen Führungsebene schaffen dennoch die Basis für die Detailplanungen der taktischen Ebene, sodass entscheidende Aspekte und wichtige Grundlagendokumente auch bei den Einsatzkräften bekannt sein sollten. Auf der taktischen Ebene muss letztendlich auch beurteilt bzw. geprüft werden, ob Vorgaben eingehalten werden, die beispielsweise auf Länderebene (z. B. gesetzliche Vorgaben für den Rettungsdienst) oder multinational (z. B. NATO-Vereinbarungen) erarbeitet wurden. Schließlich wurden diese entwickelt, um die Rahmenlage zu definieren, in der das bestmögliche Versorgungsergebnis überhaupt erreicht werden kann. So sind z. B. die vom Schweregrad der Verletzung abhängigen, maximalen präklinischen Versorgungsintervalle (»medical timelines«) in mehreren NATO-Dokumenten verankert [1, 2]. Wenn der verantwortliche Planer der medizinischen Einsatzunterstützung erkennt, dass notwendige Voraussetzungen fehlen, muss dies gemeldet und eine Änderung der Planung dringend empfohlen werden.

Tipp

Bei Vorschriften, Erlassen oder auch NATO-Vereinbarungen (z. B. STANAG 2087, MC 326/1 und /2, AJP 4.10) handelt es sich meist nicht um »hinderliche Vorschriften«, sondern Argumentationshilfen und oftmals praxisorientierte Planungsgrundlagen. Sie sind häufig einfach/kostenlos im Internet zu finden (▶ Kap. 2.7, »Literaturverzeichnis«, insbesondere [1–7]).

Die Komplexität der Einsatzplanung entspricht auch auf der taktischen Ebene der Vielzahl der Einsatzoptionen. Allein mit Checklisten und Details für unterschiedliche Einsatzarten, verschiedene Klimazonen, unterschiedlichen Materialbedarf und zeitlichen Vorlauf oder unterschiedliche Zielgruppen der sanitätsdienstlichen Versorgung können Bücher bzw. Ordner gefüllt werden. Insbesondere die Aspekte der humanitären Hilfe und medizinischen Versorgung der Bevölkerung in einem durch Kriegshandlungen oder Naturkatastrophen verwüsteten Land, umfassen alle Bereiche der Entwicklungszusammenarbeit und können hier allenfalls gestreift werden.

Grundsätzlich muss in der medizinischen Einsatzplanung zwischen geplanten Operationen mit ausreichendem Vorlauf, sozusagen einem elektiven Eingriff, oder der kurzfristigen Reaktion auf eine bereits existente Lage differenziert werden.

Im erstgenannten Fall steht am Ende des Planungsprozesses die Aussage, ob bestehende sanitätsdienstliche Vorgaben (z. B. »medical timelines«) erfüllt und etwaige Verwundete bestmöglich oder nur mit Einschränkungen versorgt werden können. Demgegenüber gewinnt mit steigender Dringlichkeit von Operationen die Beurteilung immer größere Bedeutung, welche der möglichen Einsatzoptionen sich am besten absichern lässt und damit aus medizinischer Sicht zu bevorzugen wäre. Dies wird sicher ein wichtiges Entscheidungskriterium für den militärischen Führer oder Gesamteinsatzleiter sein, aber er kann sich dennoch aufgrund taktischer Erwägungen für die Durchführung einer anderen Option entscheiden. So ist die Annäherung an ein Zielobjekt über einen Freifalleinsatz z. B. mit einem relativ hohen Verletzungsrisiko verbunden und wird sich im Einsatz schlecht medizinisch absichern lassen. Dennoch kann die größere Wahrscheinlichkeit eines militärischen Erfolges das höhere Risiko aufwiegen.

Schließlich kann bereits eine Lage vorliegen, die eine unmittelbare medizinische Einsatzunterstützung erfordert, die dann nur noch begrenzt und reaktiv während des laufenden Einsatzes geplant werden kann (z. B. ein frühzeitiger Notangriff bei einer Geisellage). Hier liegt der Schlüssel in der Erarbeitung und Erprobung von Standardeinsatzkonzepten (»standard operating procedures, SOP). Diese sollten entweder das gesamte Spektrum möglicher Einsätze abdecken oder eine flexible, schnelle Anpassung an die tatsächliche Situation ermöglichen. Entscheidend ist die Ausplanung und Abstimmung grundsätzlicher Verfahren und der Schnittstellen zu anderen Beteiligten.

2.1 Entwicklung eines Einsatzplanes

Die medizinische Einsatzplanung muss prinzipiell immer mindestens zwei Lagen berücksichtigen und im Rahmen der Möglichkeiten ausplanen: Einerseits die optimierte, bestmögliche Individualversorgung eines oder weniger Verwundeter und andererseits die Eventualfallplanung für den »worst case«. Die anderen möglichen Szenarien werden sich dann durch abgestufte Nutzung der Möglichkeiten, die für diese beiden Extremfälle ermittelt und eingeplant wurden, bewältigen lassen.

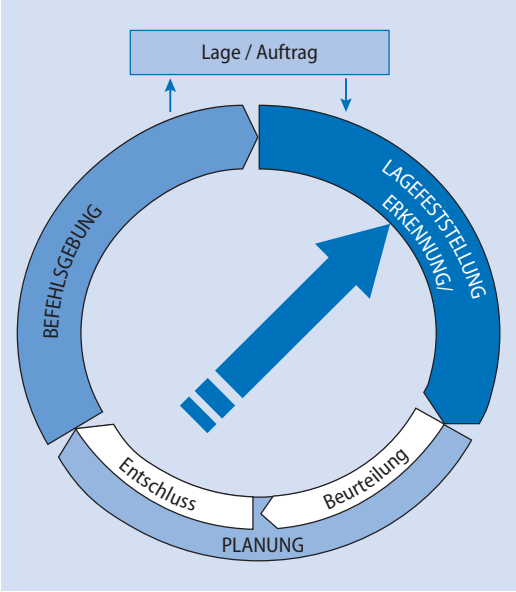
Als Basis für alle Einsätze sollte eine grundsätzliche MASCAL-Planung existieren, die generelle Zuständigkeiten festlegt (wer alarmiert, wer kann welche Aufgaben übernehmen – dazu vorherige Klärung des medizinischen Ausbildungsstandes aller Kräfte, welche Grundausstattung ist vorhanden, auf welchen Wegen kann Nachschub/Verstärkung angefordert werden etc.) (▶ Kap. 11).

Im Bereich der BOS beinhaltet das Kreisschema des Führungsvorganges (DV-100, ◘ Abb. 2.1) die wesentlichen Aspekte der Einsatzplanung: Nach der Auftragsauswertung erfolgt eine Lagefeststellung, auf der die Beurteilung der Lage und der unterschiedlichen Möglichkeiten des Handelns basiert. Es folgt ein Entschluss (Präzisierung der Umsetzung des bevorzugten Vorgehens) aus dem die Befehlsgebung resultiert.

Das detaillierte handwerkliche Vorgehen bei der Ausplanung einer Operation (»operational planning process«) mit ausreichendem zeitlichen Vorlauf besteht auf der operativen Ebenen aus **5 Phasen**, die sich auch auf der Durchführungsebene widerspiegeln oder auswirken. Die Beschäftigung mit diesem Bereich wirkt etwas »trocken«. Aber nur wenn klar ist, in welcher Phase sich die Operationsplanung befindet, kann sie sinnvoll unterstützt und beeinflusst werden. Dieses System ist im vollen Umfang für die vereinheitlichte Planung komplexer, militärischer Operationen anzuwenden, kann aber genauso für die präzise Vorbereitung einer großen Polizeioperation oder eines Feuerwehreinsatzes bzw. deren medizinische Unterstützung eingesetzt werden.

1. Initiierung der Planung (Initiation)

Ausgelöst durch eine Anforderung oder ein Ereignis (z. B. eine Meldung über eine Flutkatastrophe)



◘ **Abb. 2.1** Kreisschema des Führungsvorganges

wird eine konkrete Planung eingeleitet. Außerdem wird generell geprüft, welche Standard-SOP, angepasst an Auftrag und Einsatzspektrum/-optionen, vorliegen und genutzt oder angepasst werden können, oder ob diese erst entwickelt werden müssen. Hier sind erstmalig die beiden Prüffragen zu stellen:

- Was ist bis wann zu entscheiden?
- Welche Informationen sind noch zu beschaffen? (Gibt es schon Unterlagen? Können über einen »request for information« (RFI) Berichte von Experten oder Kräften, die bereits vor Ort sind, angefordert werden?)

2. Orientierungsphase (Orientation)

Sobald ein konkreter **Auftrag** gegeben wird oder die Absicht der übergeordneten Führung klar erkennbar ist, erfolgt sozusagen die erste Grobplanung, die »Idee des Gefechts« wird entwickelt. Die Auftragsauswertung mündet in der Identifizierung möglicher Kräfte für die Durchführung des Einsatzes. Der Unterstützungsbedarf wird ermittelt und Anforderungen werden gestellt. Ein »**medical mission statement**« (MMS) wird mit den anderen Kräften/Abteilungen und der Einsatzleitung abgestimmt. In diesem »ersten Entwurf« für den Einsatzplan sollten

folgende Fragen beantwortet werden: wer macht was, wann, wo **und warum**?

Jetzt muss auch entschieden werden, ob eine **Erkundung vor Ort** für die Lagefeststellung notwendig ist.

Dabei sollte auf keinen Fall vergessen werden, ggf. weitere Spezialisten einzubinden. Dies betrifft insbesondere die Präventivmedizin, also z. B. Veterinärmediziner oder Zoologen zur Beurteilung der Vektorlage. Andererseits werden z. B. auch »aus medizinischer Sicht« Pioniere/THW zur Beurteilung der Nutzbarkeit eines Gebäudes oder Zugangsweges benötigt. Schwerpunkt ist neben Epidemiologie und Umwelt die Infrastruktur wahrscheinlicher Stationierungsorte. Außerdem müssen bei entsprechender Anforderung der Unterstützungsbedarf des »Gastlandes« (»population at risk«, PAR, Gesundheitssituation), eventuelle Kooperationen mit »Non-Government Organisations« (NGO) und wiederum lokale Unterstützungsmöglichkeiten (»host nation support«, HNS) geprüft werden. Letztere können in Form von medizinischen Einrichtungen und lokal nutzbaren Ressourcen bestehen (z. B. Überprüfung der lokalen Lebensmittel, aber auch ob regionale Kommunikationsysteme nutzbar sind). Für alle Bereiche müssen die zuständigen Behörden und Ansprechpartner identifiziert werden. Detail-Checklisten finden sich in zahlreichen Publikationen (sehr gut z. B. [8]). Ausführliche Unterlagen sind z. B. über die WHO (www.who.int), bei NGO (z. B. Ärzte ohne Grenzen) oder »auf dem Dienstweg« [9–12] zu erhalten. Für einen »Standardeinsatz« fällt in diese Phase die Prüfung der Möglichkeiten der Krankenhäuser in der Nähe des Einsatzortes (Wieviele OP-Gruppen sind nachts verfügbar? Wo ist die nächstgelegene Neurochirurgie? – im Detail ▶ Abschn. 2.5).

3. Entwicklung des Konzeptes für die Operation (»Concept Development«)

Basierend auf der Auswertung bisheriger Aufträge und nach Herausarbeiten der Ziele und Absichten der Führung für diesen Einsatz werden die Möglichkeiten des Handelns (»Courses of Action«, COA) zur Umsetzung des Auftrages entwickelt. (Im Bereich der BOS-Planung in Deutschland entspricht diese Phase der »Beurteilung« nach DV100.) Die unterschiedlichen Optionen werden in einem Lagevortrag zur Entscheidung (LVE) der Einsatzleitung vorgestellt. Nach Priorisierung eines COA erfolgt die Entwicklung des Konzeptes für die Operation (**CONOPS**). Diese Arbeitsgrundlage für den endgültigen Einsatzplan (Phase 4) wird dann der übergeordneten Führung zur Genehmigung vorgelegt.

In dieser Phase sollte bereits jeder »San-Verantwortliche« (vom Medic bis zum Leitenden Notarzt) für seinen Bereich und auf seiner Ebene planen und beraten. Dafür müssen frühzeitig eine engmaschige Kommunikation und die Weitergabe von Informationen über das »bigger picture« erfolgen.

Dies betrifft z. B. Aufklärungsergebnisse und Grundlagenwissen, nachrichten- und fachdienstliche (INTEL/MED-INTEL) Erkenntnisse betreffend Einsatzraum, Ziel, Feind etc. Nach Ausplanung in den Teilbereichen können die Detailplanungen abgestimmt und zusammengeführt werden. So plant z. B. der Tactical Medic eines SEK nach Information über die interne (polizeiärztlicher Dienst) und externe Unterstützung (Einbindung und verfügbare Mittel des zivilen Rettungsdienstes) die Absicherung innerhalb eines Objektes aus. Diese koordiniert er wiederum mit seinem taktischen Führer und dann mit dem medizinisch gesamtverantwortlichen Polizeiarzt.

Tipp

Die kontinuierliche Abstimmung mit dem Einsatzleiter/militärischen Führer und seine fachliche Beratung in der Vorbereitung ermöglichen die bestmögliche Berücksichtigung sanitätsdienstlicher Aspekte bei der Operationsplanung. Im Einsatz werden Anpassungen und die Berücksichtigung neuer medizinischer Aspekte ungleich schwerer möglich sein.

4. Entwicklung des Operationsplanes (»plan development«)

Auf der Basis eines genehmigten CONOPS (DV100 = »Entschluss«) wird jetzt der Detail-**Plan für den Einsatz** ausgearbeitet. Dieser legt konkret Beteiligte, Einsatzmittel, Frequenzen etc. fest. Die »offizielle«

Weitergabe an die Einsatzkräfte folgt im Anschluss, ggf. bereits als Befehl für den Einsatz (DV 100 = »Befehlsgebung«). Natürlich sollten die ausführenden Experten vorher ausgiebig eingebunden und zur Durchführbarkeit befragt werden, wenn eine hohe Aussicht auf Erfolg bestehen soll.

Tipp

Eine gemeinsame Grobplanung der sanitätsdienstlichen Experten (der verschiedenen Ebenen und beteiligten Einheiten) und Brainstorming möglicher Optionen kann den Orientierungsprozess beschleunigen. Dann erfolgt z. B. die Ausplanung verschiedener Optionen durch Teams und das Zusammentragen der Ergebnisse. Weitere Entscheidungen und Koordinationsbedarf werden ermittelt und sinnvolle Elemente und Komponenten für den Einsatzplan festgelegt.

- **5. Überprüfung der Planung (»plan review«)**

Durch intensives Training und praktische Erprobung (»rehearsals«) muss die Eignung des Planes überprüft und der reibungslose Ablauf gesichert werden. Auch während des Einsatzes geht die kontinuierliche Überprüfung weiter (»Mission Execution Checklist«) und es muss ggf. umgehend mit der Aktivierung eines Alternativplans reagiert werden.

»Medical planning« ist analog zum Führungsvorgang als Teil eines kontinuierlichen Prozesses zu verstehen: aus dem Plan resultiert (nach Abstimmung, Erprobung und Übung) ein Konzept/Befehl für den Einsatz – dieser wird durchgeführt und die Probleme, Fehler und Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert. Diese müssen dann konsequent bei der Planung für Folgeeinsätze berücksichtigt werden!

Ziel muss es sein, ein dichtes Netz von funktionierenden Plänen für unterschiedliche Einsatzoptionen in der Schublade zu haben. Diese müssen dann kontinuierlich an Lageveränderungen angepasst werden (ist z. B. die neurochirurgische Komponente mittlerweile in einer anderen Einrichtung zu finden?). Dadurch können sie bei fehlendem zeitlichem Vorlauf notfalls für den konkreten Einsatz genutzt werden.

Tipp

Achtung! Eine SOP ist je nach Einheit nicht so eindeutig definiert, wie der Name suggeriert. Das Spektrum reicht hier von »grobem Anhalt, von dem die meisten schon einmal gehört haben«, bis zur erprobten und verbindlichen Handlungsgrundlage.

2.2 Auftrag

Der erste Schritt in der medizinischen Einsatzplanung ist die Auswertung des Auftrages.

»Voraussetzung für die Sicherstellung des sanitätsdienstlichen Versorgungsauftrages ist die Kenntnis der Führungs- und Einsatzgrundsätze der zu versorgenden Truppenteile sowie ihres taktischen Verhaltens und deren Berücksichtigung bei der eigenen Einsatzplanung und Auftragserfüllung.« (FüEinsGrds SanDstBw) [7].

Grundvoraussetzungen und zu klärende Fragen sind:

- Was ist die erwartete »wesentliche eigene Leistung«, für welchen Planungsbereich besteht die Verantwortung? Wer plant »unter und über« dem eigenen Zuständigkeitsbereich?
- Kenntnis der und Verständnis für TTP (»tactics, techniques and procedures«)/SOP (»standard operating procedures«) und (aktuellen) Auftrag der Einheit
- Was ist die Absicht der Führung/Einsatzleitung (»commanders intent«/»bigger picture«)?
- Wieviel Soldaten/Schutzbefohlene sind zu versorgen (PAR)?
- Welche sanitätsdienstlichen Kräfte (SanKr) werden wo, wann und in welcher Stärke benötigt – welche Kräfte stehen potenziell zur Verfügung (Anzahl/Ausbildungsstand Medics/Sanitäter)?
- Wie sieht der (übergeordnete) Weg des Verwundeteten aus (CONOPS)/welche Einrichtungen sind dafür vorgesehen oder vorgegeben (»medical footprint«)? Was ist die Basis der eigenen Detailplanung für die aktuelle Mission?
  - Gibt es bei unterschiedlichen »Zielgruppen« auch unterschiedliche Wege des Verwunde-

ten? (Zum Beispiel ist es für Koalitionskräfte wahrscheinlich grundsätzlich sinnvoll, eine geringfügig weitere Transportstrecke in Kauf zu nehmen, wenn dort die Betreuung in der Muttersprache möglich ist. Andererseits kann es auch sein, dass es diesbezüglich feste Vereinbarungen gibt. Zivilisten sind in einer lokalen Behandlungseinrichtung auch für ihre Angehörigen besser erreichbar).
  - Sind zusätzliche Maßnahmen zu bedenken (z. B. besondere Schutzmaßnahmen/Sicherheitsvorkehrungen bei Kriegsgefangenen (»Prisoners of War«, POW) oder Tätern)?
- Welche Neben- oder Zusatzaufträge bestehen? Ist die Versorgung der Bevölkerung (»hearts and minds«) vorgesehen oder möglich? (Bei einem Polizeieinsatz besteht die Verpflichtung zur medizinischen Versorgung auch Unbeteiligter in der »warmen und heißen Zone«. ▶ Kap. 27, 32)
  - Dichte und Gesundheitszustand der Bevölkerung im Operationsgebiet oder der Familienangehörigen des Täters bei einem Zugriff?
  - Wie ist das Vorgehen des Gegners? Wird vom Gegner »billigend hingenommen« auch unbeteiligte Zivilisten zu treffen, werden sie als »Schild« benutzt oder bewusst bekämpft?
  - Wird der »Krieg auch über die Medien geführt«? Ist dies der Fall, sollte unbedingt eine Bilddokumentation der medizinischen Versorgung (EBD) eingeplant werden!
- Gibt es Auflagen oder Beschränkungen?
  - Welche Geheimhaltung bzw. Absicherung ist erforderlich (»operational security«, **OPSEC**)? (Beispiel: Die Bereitstellung weiterer Kräfte anderer Einheiten bzw. des zivilen Rettungsdienstes in einer Polizeilage ist unter dem Versorgungsaspekt sicherlich wünschenswert. Andererseits besteht eine höhere Gefahr, dass etwas »durchsickert« und z. B. die Täter durch die Presse gewarnt werden. Dies kann den gesamten Einsatz bzw. die Einsatzkräfte gefährden und überhaupt erst Verwundete verursachen).
  - Welche politischen Vorgaben/»rules of engagement« (**ROE**) bestehen? »Reichen die ROE der eigenen Ethik«? Gibt es ggf. »Nachbesserungsmöglichkeiten«? So ist man z. B. für die Versorgung von zivilen Opfern zwar nicht zuständig, aber im konkreten Fall entspräche dies unterlassener Hilfeleistung. In diesem Fall sollten vor der Operation »Zuständige« gefunden werden, z. B. ein Krankenhaus, mit dem entsprechende Vereinbarungen getroffen wurden. Mindestens sollte geklärt werden, wie Unterstützung nachgefordert werden kann: Welche Krankenhäuser und zivilen Rettungsmittel sind in der Nähe und wie werden sie alarmiert? Eine »fehlende Zuständigkeit« liegt wiederum möglicherweise nicht an der »Ignoranz der Führung«, sondern kann sich unmittelbar aus der politischen Rahmenlage ergeben. So durfte z. B. das »UNTAC field hospital« (die ROLE-3-Einrichtung der Angehörigen der UN-Friedensmission in Kambodscha) anfangs nicht nur aus Kapazitäts- und Kostengründen offiziell keine Zivilbevölkerung behandeln: Aufgrund seiner Lage in Pnom Penh war es nicht für alle Konfliktparteien erreichbar, sodass die ausschließliche »Behandlung einer Seite« als Mangel an Neutralität ausgelegt werden konnte.

2.3 Lagefeststellung (Umgebungsfaktoren)

Bei der Beurteilung der Rahmenlage geht es v. a. um geographische Faktoren, insbesondere Gelände und Klima, und ihren Einfluss auf den Einsatz. Die eben besprochenen Punkte, die die allgemeine politische Rahmenlage sowie die Situation hinsichtlich der Medien betreffen, könnten jedoch auch hier zugeordnet werden.

Gelände Das »Gelände« bezieht sich einerseits auf das Relief, also z. B. auf Höhenlage und Passierbarkeit, andererseits aber auch auf Bebauung bzw. Infrastruktur und Bewuchs.

So werden die Transportzeiten in einem schwierigen, zerklüfteteten Gelände deutlich ansteigen. Der Einsatz von schweren, geschützten Fahrzeugen

wird vom Ausbau des Straßennetzes, aber auch von der Bebauungsdichte abhängen. Wenn es sich um einen urbanen Raum handelt, werden bodengebundene Transporte z. B. durch Straßensperren leicht zu behindern sein, während zusätzlich die Verfügbarkeit von Landeflächen sehr begrenzt sein wird. Einen Landeplatz in einer Stadt dann auch noch zu sichern, kann nahezu unmöglich sein. Dies wiegt um so schwerer, da bei militärischen Operationen in bebautem Gelände (»military operations in urban terrain«, MOUT), aufgrund der kurzen Gefechtsdistanzen im Orts- und Häuserkampf (»close quarter battle«, CQB), die Verwundungsrate wesentlich höher liegen wird.

Auf andere, spezifische Probleme wird man bei anderem Gelände treffen:

- amphibische Operationen: z. B. geschützter Transport des Materials
- Operationen in großen Höhen: z. B. Akklimatisationsprobleme (▶ Kap. 33), aber auch die schlichte Problematik von ausreichendem Sonnenschutz oder die eingeschränkte Leistungsfähigkeit von Lufttransportmitteln
- bei stark felsigem Gelände: z. B. Kanalisierung durch die zwingende Nutzung von Wegen mit höherem Anschlagsrisiko und die höhere Verletzungsgefahr etc.

Klima Der Bereich »Klima« ist ähnlich komplex und der negative Einfluss von Hitze (▶ Kap. 36), Kälte (▶ Kap. 38) und Feuchtigkeit v. a. auf die Leistungsfähigkeit von Mensch und Material ist offensichtlich. Für das erforderliche Spektrum von Behandlungsmöglichkeiten kann gekühlter oder gewärmter Stauraum für Infusionen oder bestimmte Medikamente unabdingbar sein.

Allein die Lösung von Problemen wie die Gewährleistung ausreichender Trinkwasserversorgung (speziell z. B. bei einer längeren oder womöglich sogar abgesessenen Operation) kann entscheidend für die Durchführung eines Auftrages sein. Eventuell kann schon der Ausfall des schwächsten Gliedes einer Kette die Durchführung eines Einsatzes gefährden (z. B. fällt der Kampfmittelbeseitiger, EOD, oder der Sprachmittler wegen Hitzeerschöpfung aus) oder in einer deutlichen Verschlechterung der Versorgung resultieren (z. B. staub- oder feuchtigkeitsbedingter Ausfall des Monitoring oder der Kommunikationsmittel). Bei jeder dieser Lagen müssen die Einflüsse auf die Operation und die Möglichkeiten zur Kompensation bewertet und nach Möglichkeit Redundanzen (z. B. Geräte auf anderer technischer Basis) vorgesehen werden.

Tipp

Es wird bei der Beratung des Einsatzleiters hilfreich sein, Konsequenzen und Optionen gestaffelt darzustellen:

- was muss sein (»es ist zwingend erforderlich«)
- was ist sinnvoll (»eigentlich wäre es gut«)
- was optimal (»schön wäre«).

Ein einfaches Beispiel dafür ist die Anzahl der zur Akklimatisation (Höhe, Wüste) nötigen Tage und damit der zeitliche Vorlauf für eine Operation.

2.4 Feindlage – negative Faktoren für den Einsatz (Versorgungsbedarf)

Die Feindlage bezieht sich auf alle Bedrohungen, die unmittelbar für Verwundungen, Verletzungen oder Erkrankungen verantwortlich sind (»Medical Threat Assessment«).

Ziel ist also, eine möglichst präzise Lagebeurteilung hinsichtlich der Risikofaktoren für die eigenen Kräfte bzw. die PAR, um Umfang, Art, Zeitpunkt und Ort des Unterstützungsbedarfs konkreter bestimmen zu können. Anders formuliert, geht es um die Darstellung der Nachfrage, damit das Angebot – die sanitätsdienstlichen Mittel – angepasst und der mit der Bereitstellung verbundene Aufwand gerechtfertigt werden kann.

Wenn also z. B. bei Operationen kleiner Elemente in schwer zugänglichem Raum ein hohes Risiko von IED-Anschlägen besteht, müssen einerseits unbedingt Mittel für den Lufttransport von Verwundeten vorgehalten werden und andererseits in diesen Elementen trotz des hohen Aufwandes ausgewählte Kräfte eine medizinische Zusatzqualifikation erhalten.

Dass umweltbedingte Faktoren ebenfalls zur »Feindlage« beitragen können, wurde bereits bei den Rahmenbedingungen angesprochen.

Einer der beiden Schwerpunkte ist die Feindlage im engeren Sinn:

- Welche Feind(-stärke) und Bewaffnung ist bekannt; besteht eine Rückhalt in der Bevölkerung bzw. im Stadtviertel oder »Milieu«? Aber auch: Besitzt der Täter einen Hund?
- Welche Taktiken sind zu erwarten und wie groß ist die jeweilige Wahrscheinlichkeit (IED, (offener) Angriff, ungerichteter Beschuss des Lagers mit Fernwaffen (Raketen, Mörser) etc.)?
- Wann finden die Angriffe statt? Bestehen eigene Schutz (-Bunker) und Gegenmaßnahmen (luftgestützte Gegenangriffe, CAS)? Daraus folgen indirekt Möglichkeit (Zahl) und Art eigener Verwundeter. Einige Faktoren können diesbezüglich dramatische Unterschiede verursachen (z. B. der – unerwartetete – Einsatz von Kampfstoffen oder eine fehlende Luftüberlegenheit).
- Hält sich der Gegner an völkerrechtliche Konventionen? Wie hoch ist die Gewaltbereitschaft eines Täters in polizeilichen Lagen?
- Wie wird der Gegner auf das eigene Vorgehen reagieren? (»Likely enemy causes of action?«) Ob er ausweicht oder verteidigt, erfordert einen unterschiedlichen Ansatz eigener Kräfte (ein Beispiel für die unzureichende Berücksichtigung dieses Faktors war die Operation Anaconda).
- Wann und wo wird der Gegner/Täter am wahrscheinlichsten überrascht werden und seine Waffen nicht einsetzen?
- Besteht eine Kampfstoffbedrohung? Welche Schutzausrüstung ist für alle Soldaten/Spezialisten erforderlich? Müssen spezielle Medikamente (Iod, Antidote, Antibiotika) vorgehalten werden? Welche Behandlungsmöglichkeiten sind vorhanden (▶ Kap. 39–41)?

Abhängig vom Einsatzland und den getroffenen Maßnahmen kann die infektionsepidemiologische bzw. tropenmedizinische Bedrohungslage einen weiteren bedeutsamen Schwerpunkt bilden. So hatte die Rote Armee im sowjetisch-afghanischen Krieg höhere Ausfälle durch Infektionskrankheiten als durch Kampfhandlungen. Drei Viertel der in Afghanistan eingesetzten Soldaten mussten während ihres Einsatzes stationär behandelt werden. Als Ursachen standen Hepatitis und Typhus im Vordergrund [14].

- Welche Erkrankungen kommen im Einsatzgebiet gehäuft vor? Welche Überträger (Vektoren) und Reservoire gibt es? Besteht aufgrund des spezifischen Migrationshintergrundes eines Täters ein erhöhtes Infektionsrisiko, z. B. hinsichtlich Tuberkulose oder HIV?
- Welche Impfungen sind erforderlich/sinnvoll und welcher zeitliche Vorlauf wird dementsprechend gebraucht? Bei möglicherweise kurzfristigen Einsätzen muss Schlüsselpersonal identifiziert werden, das einen breiten Basisimpfschutz erhält.
  (Datenbank für die Einheit anlegen und aktives Monitoring betreiben.)
- Welche Chemo- und (individuelle) Expositionsprophylaxe (Repellents, Moskitonetze etc.) ist geeignet?
- Welche Schutzmaßnahmen sind für eine feste Einrichtung möglich? (»Feldlager-Hygiene«, Vektorenmonitoring (CDC-Lichtfallen) und -kontrolle (z. B. Trockenlegen oder Behandeln von Teichen, Errichtung von Wällen bei geringer Flughöhe von Insekten, Barrierespritzungen etc.).
- Wie ist die Qualität der lokalen Verpflegung?
- Welche Gifttiere und -pflanzen kommen vor? Sind Antidote und -venine verfügbar und können sie gelagert werden? Auch dieser Aspekt des »Medical Plannings« muss nicht auf exotische Einsatzgebiete beschränkt sein, wie die reale Meldung »möglicherweise freilaufende Giftspinnen in der Wohnung« bei der Erteilung des Auftrages für einen SEK-Zugriff belegt.

Hier sollte unbedingt das Expertenwissen (»medical intelligence«) des Robert Koch-Institutes (RKI) bzw. von tropenmedizinischen Einrichtungen oder eigenen Fachabteilungen eingeholt werden (Bundeswehr: Sanitätsamt der Bundeswehr, Abteilung V. Die Informationsleistungen umfassen u. a. detaillierte Länderberichte und eine Hotline [7]).

Im Internet gibt es auch hier verlässliche Quellen, z. B. eben das RKI (www.rki.de) oder das CDC (»Centers for Disease Control and Prevention«, www.cdc.gov) und gute Handbücher lassen sich herunterladen, z. B. zu Infektionserkrankungen in Einsatz- bzw. Herkunftsländern die »Steckbriefe

seltener und importierter Infektionskrankheiten« des RKI [15].

Die Beurteilung des Einsatzraumes (»area of operations«, AO) betrifft v. a. das primäre Operationsgebiet, aber (vorgeschobene) Einsatzbasen (»Forward Operating Base«, FOB) oder Zwischenstationen (z. B. »staging areas«) müssen natürlich auch hinsichtlich der »regionalen Bedrohungslage« beurteilt werden. (So kann z. B. die Malariaprophylaxe im eigentlichen Einsatzraum unwichtig, aber aufgrund des längeren Aufenthaltes der Eingreifkräfte, QRF, in einer FOB erforderlich sein).

Die Kalkulation potenzieller, eigener Ausfälle (»casualty rate estimates«, CRE) und des dadurch bedingten Versorgungsbedarfes ist ein Bestandteil operativer Planung. Sie ist wesentlich von der Feindlage abhängig. Details und Verfahren sind u. a. Gegenstand von Forschungsvorhaben und finden sich in zahlreichen Publikationen [3, 5, 13].

Eine besondere Herausforderung liegt bei der Planung in der Unterscheidung zwischen Konflikten hoher Intensität (»**high intensity conflicts**«, HIC) mit umfassenen Kampfhandlungen im Sinne eines klassischen Krieges, und Konflikten niedriger Intensität (»low intensity conflicts«, LIC) wie sie z. B. im Afghanistan-Einsatz über weite Strecken typisch waren. Kennzeichnend für Kampfhandlungen hoher Intensität ist ein im Vergleich zu den verfügbaren sanitätsdienstlichen Kräften sehr hoher Verwundetenanfall, der regelmäßig keine Individualbehandlung nach zivilen Standards mehr erlaubt. Triagierung und ein möglichst geordneter »Abfluss« der Verwundeten über gestaffelt aufgebaute Behandlungseinrichtungen mit eingeschränkten therapeutischen Möglichkeiten aus der Kampfzone »nach hinten« sind typisch für den HIC (ROLE 1–4; ► Abschn. 2.5 und Kap. 4). An die Gliederung und Ausrüstung, insbesondere hinsichtlich der Liegendtransportkapazitäten, wird hier ein völlig anderer Anspruch gestellt als bei Konflikten niedriger Intensität.

Bei »**low intensity conflicts**« ist die Anzahl von Truppen, Bewegungen im Raum und von Gefechten deutlich geringer, so dass jedem einzelnen Verwundeten oder Gefallenen eine erheblich höhere Bedeutung zugemessen werden kann. Während im Falle des HIC der klassische Weg des Verwundeten mit einer möglichst hohen Transportkapazität von entscheidender Bedeutung ist und die vorhandenen Behandlungsressourcen effektiv den Patienten mit realistischen Überlebenschancen gewidmet werden müssen, gelten in LIC zumeist mit der zivilen Notfallmedizin vergleichbare individualmedizinische Behandlungsansätze. Daraus resultiert, dass im LIC die sanitätsdienstlichen Kräfte sehr weit vorne – typischerweise durch Eingliederung in Teileinheiten ab Zugstärke – und vergleichsweise stark ausgebracht werden, während bei einem HIC der Ansatz weiter hinten erfolgt. Im günstigsten Fall kommt es beim LIC nur zu seltenen, »punktuellen« Ausfällen (z. B. durch einen einzelnen Anschlag), so dass eine Situation analog zu (z. B. Polizei-)Einsätzen im Inland besteht, dass heisst die regionale, zivile Infrastruktur ist nutzbar, evtl. sind lediglich die Sicherheitsvorkehrungen erhöht.

Ändert sich die Lage schnell, kommt dies daher aus sanitätsdienstlicher Sicht einem Paradigmenwechsel gleich, der nicht nur andere taktische Prioritäten bedingt, sondern auch hinsichtlich des Materials völlig unterschiedliche Ansprüche stellt. Die Bundeswehr z. B. ist in die Auslandseinsätze der 1990er Jahre mit auf Hochintensitätskonflikte ausgerichtetes Material und Gliederungen gestartet. Die typischerweise mit Transportkapazität für vier Liegendverwundete ausgestatteten Fahrzeuge wurden mehr und mehr durch solche mit einem dem zivilen Rettungsdienst angepassten Transportraum sowie umfangreicherem medizinischen Material aber nur noch ein bis zwei Tragen ersetzt. Als phasenweise um Kunduz herum hochintensive Gefechte stattfanden, machte sich der Mangel an sanitätsdienstlichem Transportraum schmerzlich bemerkbar. Hier gilt es, die Fähigkeit zum »Umschalten« weder materiell, personell noch konzeptionell zu verlieren. Diese Erfahrung musste auch die Israelische Armee machen, die bei den regulären Operationen (LIC) in ihrem – kleinen – Land die Möglichkeit hat, sogar bodengebunden hochqualifizierte, zivile Versorgungseinrichtungen schnell zu erreichen. Dieses Konzept musste dann im 2. Libanonkrieg zügig um »klassische«, vorgeschobene militärische Behandungseinrichtungen ergänzt werden, um auf den höheren Bedarf und die verzögerte Evakuierung zu reagieren. Auch hier musste die sanitätsdienstliche Versorgung im Hochintensitätskonflikt erst wieder erlernt werden.

Eine Zwischenstufe können z. B. kontrollierte Bereiche, sog. »**green zones**«, innerhalb eines Einsatzraumes mit sonst hoher Gefährdung sein, innerhalb derer bzw. nach deren Erreichen im Regelfall von einer geringen Bedrohung ausgegangen werden kann.

Bedarfsberechnungen können sich über Behandlungskapazität und Transportraum hinaus z. B. auch auf den Bedarf an Blutprodukten erstrecken: so kann man relativ konfliktunabhängig (lediglich bezogen auf ballistische Verletzungen) davon ausgehen, dass etwa 20 % der Verwundeten transfusionspflichtig sein werden und weitere 5 % über 10 Einheiten benötigen [13].

2.5 Eigene Lage – Kräfte für den Einsatz (Versorgungsangebot)

Nach Auswertung des Auftrages und Ermittlung des möglichen Bedarfs muss beurteilt werden, welche Kapazität zur Verfügung steht, um einen Einsatz sanitätsdienstlich abzusichern. Es wird sozusagen das vorhandene »Angebot«, die »positiven Faktoren«, ermittelt. Abschließend kann nach einer Gegenüberstellung über den besten Einsatz der eigenen Kräfte entschieden und ggf. weitere Kräfte angefordert werden.

Bei der Feststellung vorhandener Möglichkeiten wird es natürlich einen deutlichen Unterschied machen, ob noch ein ausreichender zeitlichen Vorlauf besteht oder ob der Einsatz unvermeidbar und kurzfristig durchgeführt werden muss. Im ersten Fall geht es um die optimale Ausplanung und vorhandene Kräfte und Einrichtungen werden sicher kritischer bewertet werden, als wenn es um die Ermittlung aller schnell verfügbaren und noch vertretbaren Möglichkeiten geht. Eventuell kann die Betrachtung der Situation auch unter dem Aspekt erfolgen, dass eine Aussage hinsichtlich der Durchhaltefähigkeit oder möglicher Abbruchkriterien getroffen werden muss.

Drei Schlüsselfragen müssen geklärt werden:

- Wer versorgt die Verwundeten weiter?
- Wer transportiert sie dorthin?
- Wie kann die Kommunikation sichergestellt werden?

Darauf aufbauend werden die Kräfte und Mittel im eigenen Zuständigkeitsbereich organisiert.

2.5.1 Medizinische Behandlungseinrichtungen

Alle potenziell nutzbaren Behandlungseinrichtungen (»medical treatment facilities«, MTF) im Einsatzraum und ihre Leistungsfähigkeit, Nutz- und Erreichbarkeit sind festzustellen. Meistens wird dieses größere Lagebild (»medical footprint«) bereits vorliegen und ein großer Anteil der notwendigen Informationen muss nur angefordert werden. Wichtig ist es, die Verlässlichkeit und Aktualität der Angaben zu beurteilen und ggf. eine Überprüfung bis hin zu einer persönlichen Erkundung vorzunehmen. Die wichtigsten Einrichtungen sind diejenigen, die lebensrettende Maßnahmen durchführen können, die die eigenen Möglichkeiten der präklinischen Versorgung übersteigen. Die größte Bedeutung hat also die Frage: wer kann innere Blutungen stillen und was muss getan werden, um diese Einrichtung zu nutzen (»DCS-capability«, »damage control surgery«, ▶ Kap. 4). Bei dynamischen Einsätzen mit Bewegungen im Einsatzraum (mobilen Lagen) muss geklärt werden, ob Zuständigkeiten wechseln bzw. andere Behandlungseinrichtungen besser erreichbar sind. Dies kann z. B. mit der Festlegung bestimmter »Ablauflinien« im Gelände koordiniert werden.

- Welche Einrichtungen sind verfügbar und was können sie?
  - Personalschlüssel und Behandlungskapazität/-spektrum (Fähigkeit der operativen Erstversorgung/DCS, Neurochirurgie, Intensiv- und Verbrennungsbetten, Isolationsbetten/Isolierstation, Röntgen/CT, Blutbank (wieviele Konserven), Labor. Diese kurze Liste stellt Kernfähigkeiten dar. Eine gute Liste zur Krankenhausevaluierung wurde durch das TEMOS-Projekt entwickelt. www.temos-worldwide.com/media/forms/Medical_Facility_Short_Information_Chart.pdf)
  - Durchhalte- und Schichtfähigkeit; besteht eine MASCAL-Planung (▶ Kap. 11) bzw.

gibt es einen erprobten Krankenhausalarmplan?
  - Sicherheit, An- und Abtransport, Landeplatz/-möglichkeit (»Helicopter Landing Site«, HLS)
  - alternative Anfahrtstrecken, Koordinaten der Einrichtung und Lage des Übergabepunktes für Patienten (Notaufnahme/Schockraum/Eingangssichtung)
- Eigene Einrichtungen: Mindestausstattung und Leistungsfähigkeit sind unmittelbar durch die Bezeichnung mit einer definierten Ebene festgelegt [4] (▶ Kap. 4) – so verfügt z. B. eine »ROLE 2«-Einrichtung regelhaft über mindestens eine Operationsgruppe.
- Einrichtungen »befreundeter Organisationen« (Koalitionskräfte/Hilfsorganisationen): Bei NATO-Kräften gilt ebenfalls die genannte Klassifikation. Abhängig von der Nation, die die Einrichtung betreibt, sollte man die Erfüllung dieser Vorgaben jedoch durchaus überprüfen. Hilfsorganisationen verfügen u. U. ebenfalls über sehr gute und pragmatische Behandlungseinrichtungen. Die Nutzung durch militärische Kräfte kann jedoch im besten Fall eine Notlösung sein, da dies möglicherweise die schützende »Neutralität« gefährdet.
- Einrichtungen des Einsatz-/Gastlandes können möglicherweise im Rahmen von HNS genutzt werden [7]. Das Spektrum kann hier selbst in Ländern mit sonst stark zerstörter Infrastruktur extrem breit gefächert sein. So gibt es z. B. in Saida (Sidon) im Südlibanon ein ISO- und DIN-zertifiziertes Traumazentrum, das auch im Libanonkrieg 2006 ohne Einschränkungen in Betrieb war.
  Hier sollten die »offiziellen Informationen« unbedingt auf die Verlässlichkeit geprüft werden, im Regelfall mit einer Erkundung vor Ort. Werden Mindeststandards erfüllt? Außerdem müssen Ansprechpartner identifiziert, Absprachen getroffen und ggf. Vereinbarungen schriftlich festgehalten werden.

Nachdem diese Einrichtungen und ihre Leistungsfähigkeit ermittelt wurden, sollten Kommunikation und Schnittstellen (stimmen Telefonnummern/Frequenzen/Rufnamen noch?) regelmäßig überprüft werden. Auf dieser Basis können die bestgeeigneten Einrichtungen genutzt werden, wenn es zu Verwundeten kommt bzw. können mehrere Verwundete ggf. in verschiedene Einrichtungen gebracht werden, um (Operations-)Kapazitäten nicht zu überfordern [16].

Bei einem polizeilichen Einsatz kann z. B. auch ein etwas weiter entferntes Krankenhaus die bevorzugte Versorgungseinrichtung sein, da die Sicherheitsvorkehrungen besser oder die »Anschlussversorger« persönlich bekannt sind. Oder es werden Absprachen getroffen, die verhindern, dass man vor einer Schranke an der Zufahrt zur Notaufnahme steht und eine Diskussion mit dem »Nachtportier« führen muss.

2.5.2 Transportmittel

Angepasst an Lage und Auftrag müssen alle potenziellen Transportmittel identifiziert werden (▶ Kap. 4). Im Regelfall werden Lufttransportmittel die entscheidende Ressource sein. Gerade bei Einsätzen in urbanem Gelände oder bei gut ausgebautem Straßennetz kann es jedoch durchaus die beste Lösung sein, mit einem eigenen bodengebundenen Transportmittel unmittelbar eine Behandlungseinrichtung anzufahren. Entscheidend sind auch hier Flexibilität und Redundanz der Planung. Oft werden Kreativität und Improvisation benötigt.

Tipp

Muss im Rahmen von Einsätzen auf improvisierten Verwundetentransportraum zurückgegriffen werden (z. B. gemieteter Kleintransporter mit Matratze), sind beispielsweise Zurrgurte und Werkzeug zur Befestigung der medizinischen Geräte extrem wertvoll. Außerdem wird sich spätestens hier der Wert modularer, miniaturisierter Ausrüstung (▶ Kap. 3) und geeigneter Behältnisse zeigen.

Prüffragen für die medizinische Evakuierung sind generell:
- Anforderungsverfahren: Wer entscheidet und koordiniert den Einsatz von (Luft-)Transportmitteln?

- Wie ist die Erreichbarkeit sichergestellt (Telefon, Funkfrequenz, Rufnamen, Alternative/Redundanz)?
- Welche Sicherungskomponente (»force protection«) ist notwendig/verfügbar? (Ggf. Unterschiede zwischen CasEvac/MedEvac/TacEvac (▶ Kap. 4) beachten)!
- Wie ist die Verbindung zum Transportmittel sichergestellt (VHF, UHF, SATCOM, HF, digital, ...)? Rufname und Frequenzen?
- Über welche Transportkapazität in welcher Qualität (Anzahl der Tragen und Sitze, Qualifikation des Personals und Umfang des Materials) verfügen diese Mittel?
- Welche Reichweite, Anfahrt- und Transportzeiten haben sie? (»Raum-Zeit-Berechnung« Zeit bis zur Abfahrt/Start (»notice to move«, NTM) plus Fahrt-/Flugzeit)
- Wie erfolgt die Übergabe? (Halte- bzw. Landeplatz: Einrichtung durch Truppe, Sicherung, Aufnahmeverfahren Tag/Nacht)
- Können die Transportmittel bei besonderen Operationen oder hohem Risiko bereits Objekt-näher stationiert werden? Wie werden sie in diesem Fall gesichert?
- Sind die für den Transport der eingesetzten Kräfte vorgesehenen Mittel auch für den Verwundetentransport nutzbar?
- Spezifisch für bodengebundenen Verwundetentransport (GroundMEDEVAC):
  - Welche Fahrzeuge sind in welchen Schutzklassen verfügbar?
  - Können sie aufgehalten werden? Geländegängigkeit (inkl. Bodenfreiheit und Watfähigkeit); Eng-/Schlüsselstellen bei der Anfahrt, Bedrohung der Anfahrtstrecke durch Feindkräfte etc.
- Spezifisch für luftgestützten Verwundetentransport (AIRMEDEVAC):
  - Annäherung an das LFz, Besonderheiten bei der Beladung
  - Einschränkungen der Verfügbarkeit (Nachtflugfähigkeit, Wetter, Höhe)
  - Verfügbarkeit Winde und Mitführung eines geeigneten Rettungssystems (z. B. SKED-Trage) bei schwierigem Gelände/fehlendem Landeplatz (explizite Anforderung mit 9-Liner bzw. Hinweis an die Leitstelle!)

In multinationalen Einsätzen oder bei Unterstützung durch befreundete Streitkräfte in besonderen Lagen ist es unabdingbar, sich mit der jeweiligen Terminologie auseinanderzusetzen. Begrifflichkeiten können sich dann nochmals zwischen den jeweiligen Teilstreitkräften unterscheiden. Wenn z. B. eine AirMedEvac-Unterstützung durch die US-Luftwaffe möglich ist, kann das Wissen für den Verwundeten entscheidend sein, dass es neben einem «Aeromedical Evacuation Team« auch ein auf Intensivtransporte spezialisiertes «Critical Care Air Transport Team« (CCATT) gibt.

2.5.3 Führungsstrukturen und -mittel (Command – Control – Communicate, C3)

Neben der grundsätzlichen Klärung der Führungsstrukturen (wem sind welche sanitätsdienstlichen Kräfte unterstellt?) und Zuständigkeiten ist hier die redundante Sicherstellung der Kommunikation zwischen allen beteiligten Kräften bzw. Funktionen ausschlaggebend. Dabei wird eine Schwierigkeit darin liegen, die fachliche Kommunikation zu ermöglichen, ohne den »taktischen Funk« zu behindern. Abhängig von der Größe des Einsatzes sowie Stärke und Ausbildungsstand der Sanitätskräfte kann durchaus Koordination, Führung und fachlicher Rat auf dem Fernmeldeweg erforderlich sein. Natürlich ist es der Plan A, Kräfte und Mittel räumlich zusammenzufassen (CCP/PA), aber dies wird nicht immer machbar sein. Zwei Funkkreise sind eine Option, stellen aber hohe Anforderungen an den medizinischen Führer. Zwingend erforderlich ist es, dass alle Sanitäter über Funk erreicht werden können und ausreichende Kenntnis über die taktischen Verfahren haben. Wenn es beispielsweise ein Codewort gibt, das das sofortige Verlassen eines Objektes durch alle Kräfte nach sich zieht, wäre es sinnvoll, wenn auch die Sanität es kennt. Prüffragen:

- Sind Unterstellung und Zuständigkeiten (vor Ort) klar geregelt?
  Erprobte Zusammenarbeit (▶ Abschn. 2.1)!
- Haben alle Kräfte ausreichende Fernmeldemittel (und weitere Arbeitsmittel wie Sprechtafeln), sind Funknamen und Terminologie geklärt?

- Wie sind die Führungsstrukturen des Sanitätsdienstes (**PECC** etc.)? Welche Alarmierung und Meldewege (»9-Liner«, Nachschub) sind festgelegt?
- Sind die Kommunikationswege eindeutig (Fernmeldeplan)? Wer meldet was?

Die Funkverbindungen müssen mit ausreichendem Vorlauf (bei Übergabe des Materials) und unmittelbar vor Einsatzbeginn geprüft werden!

Tipp

Während der Versorgung von Patienten fehlt den Sanitätern meist der Lageüberblick. Die Erkundung, Markierung und Sicherung von Hubschrauberlandeplätzen erfolgt im Regelfall ohnehin durch den taktischen Führer. Daher sollten sinnvollerweise lediglich die medizinisch relevanten Teile des 9-Liners (Zeile 3–5, 8, ggf. MIST, ▶ Kap. 4) an ihn gemeldet werden. Nach Komplettierung setzt er diesen ab.

Die Kommunikation mit den aufnehmenden Einrichtungen erfolgt unmittelbar durch die SanKr.

- Ist die weitere Ausstattung der SanKr vollständig? (Nachtsichtgeräte, Signalmittel, Nebel).
- Ist die Versorgung mit Nachschub an Sanitätsmaterial ein- und ausgeplant? (Definierte Kits, ggf. Abwurf etc; s. unten).
- Sind die Standorte/Positionen von »Schlüsselpersonal« klar? (Einsatzleiter, Fernmelder mit Funkverbindung großer Reichweite zu MTF/Evakuierungsmitteln, EOD, FAC/SOTAC, MasterMedic etc.).
- Sind alle Kräfte in den Plan eingewiesen? Ist jedem sein Auftrag und seine Position klar? Haben alle das »größere Lagebild« und den geplanten Weg des Verwundeten (sowie den »Plan B«) vor Augen?
- Gelegenheit für Feedback/Überprüfung bzw. Abgleich betreffs Ausstattung einplanen.

→ **Wer setzt was, wann, wo und wie in Gang?**

2.5.4 Eigene Ressourcen und Leistungsfähigkeit

Mit der Klärung der oben genannten Faktoren wird die Basis geschaffen, um die eigentliche Aufgabe auszuplanen: den **Einsatz der eigenen Kräfte** zur Sicherstellung der präklinischen Versorgung (ROLE 1). Wie bereits in ▶ Kap. 1 dargestellt, liegt der Schlüssel in einer möglichst enggliedrigen bzw. sich überlappenden Kette qualifizierter Versorger. Diese reicht primär von der entscheidenden Erstversorgung (▶ Kap. 6) bis zur Übergabe an die nächsthöhere Behandlungsebene.

Stärke, Position und Ausbildungsstand der sanitätsdienstlichen Elemente wird sich am wahrscheinlichsten Verlauf, dem Schwerpunkt des Einsatzes und dem Schwerpunkt des möglichen Verwundetenaufkommens ausrichten. Prinzipiell ist dabei natürlich anzustreben, höchstmöglich qualifizierte Kräfte so nah an den Ort der Verwundung zu bringen, wie es vertretbar ist. Dies wird jedoch die Grenze im taktischen Ausbildungsstand und der Endlichkeit dieser Ressource finden. Wie in ▶ Abschn. 2.1 dargestellt, müssen unterschiedlichste Verläufe einschließlich des Fehlschlagens des Einsatzes (▶ Kap. 11) in der Planung berücksichtigt werden.

Flexibilität und Improvisationsfähigkeit sind entscheidend für den Operationserfolg – und können dennoch durch sorgfältige Planung unterstützt werden (»Back-up-Plan B bis X«).

- **Prüffragen für den Einsatz der eigenen (San-)Kräfte**
  - Wie können die eigenen Kräfte dem Bedarfsträger am sinnvollsten zur Verfügung gestellt werden?
    - Integriert in die Truppe oder als geschlossenes Element?
    - Abgesessen oder aufgesessen?
    - Welches Kfz bietet die ideale Mischung aus Schutz, Beweglichkeit und Transportraum?
  - Wie und bis wann ist die Nachführung sicher möglich, wenn aus taktischen Gründen die »standby-Variante« favorisiert wird?
    - Steht dies im Einklang mit den Vorgaben/«medical timelines« und einer noch akzeptablen Versorgungsqualität?

  - Beherrschen die sanitätsdienstlichen Kräfte die Einsatzverfahren, um »vorne« eingesetzt zu werden (z. B. »fast rope«)?
  - Ist die Aufnahme durch eigene Kräfte am Objekt eindeutig abgesprochen (z. B. Markierung der Eindringstelle und Abgleich über Funk)?
  - Durch wen erfolgt sie und ist eine »Force Protection«/«Schildkröte« für Bewegungen in der Einsatzstelle/im Objekt vorgesehen?
- Wo sind die »Schlüsselpositionen und -funktionen« vor Ort (s. ▶ Kap. 2.5.3)?
- Wo befinden sich die Schwerpunkte und mit welcher Raumplanung muss der Einsatz der SanKr abgestimmt werden? (Zielobjekte, innerer/äußerer Ring, Gefahrenstellen etc.)
- In welcher Stärke (anwesend **und** einsatzfähig), mit welchem Ausbildungsstand und mit welcher Ausstattung können die SanKr eingesetzt werden? Welche medizinischen Fähigkeiten (Medics) befinden sich bereits vor Ort?
- Wie sollten Sanitäter und Medics disloziert werden (z. B. auf verschiedenen Kfz, um bei einem IED-Anschlag auf verschiedene Ausweichrichtungen oder den Ausfall des SanKfz selbst reagieren zu können; oder auf die verschiedenen Eindringstellen verteilt, auch wenn dazu eine Umgliederung der Trupps erforderlich wäre)?
- Wo sind die sinnvollsten **Positionen** für die eigenen Kräfte und Strukturen (VwuNest/CCP) an einem Einsatzort?
  - Gibt es Ausweichpositionen für alle diese Plan-A-Positionen (»primary and alternate«)? Wie werden sie markiert?
  - Ist das ebenso wie die räumlichen Anforderungen (Platzbedarf und Schutz) mit Einsatzleiter und -kräften abgestimmt?
- Ist die Aufgabenverteilung beim Anfall von Verwundeten klar abgesprochen (und geübt worden)? Wer meldet was? Wer transportiert wohin? Wer weist Hubschrauber ein etc.?
- Sind alle möglicherweise erforderlichen Fähigkeiten (EOD!) vorhanden oder zügig nachführbar? Wie sind sie erreichbar oder können sie ggf. selbst abgebildet werden (technische Rettung)?
- Wie lange kann der Einsatz dauern?
  - Die Einsatzfähigkeit der Kräfte muss durch rechtzeitigen Wechsel oder Reservenbildung (vor Ort und im standby) erhalten werden!
  - Welche Kräfte treffen sicher, welche möglicherweise verzögert ein?
    Ersteres ist eigentlich nur bei Durchsetzungsfähigkeit, bodengebundener Annäherung und räumlicher Nähe weitgehend gewährleistet.
- Wie kann die Flexibilität der Reaktion erhöht und wie können zusätzliche Kräfte oder ggf. eine höhere Versorgungsqualität schnell weit nach vorne gebracht werden?
  US-Lösungen sind z. B. der Operationstisch in der CH-47 (unmittelbare Einsatzfähigkeit nach der Landung) oder ein hochmobiles, Rucksack-basiertes Operationsteam (SPEARR oder SOST).
- Ist Telemedizin eine sinnvolle Ergänzung? (Ihre Beschränkungen dürfen nicht unterschätzt und sie sollte als Notlösung betrachtet werden).
- Wie erfolgt die Bewegung von Verwundeten innerhalb des Objekts und der Transport zu den Aufnahme-/Übergabepunkten? Welche Tragemittel werden von wem vorgehalten? (Das UT-2000-Transportsystem mit (Doppel-) Radsatz ermöglicht es, einen Patienten mit einer einzigen Person zügig fortzubewegen).
- Welche **Übergabepunkte** können für Boden- und Lufttransport (»helicopter landing zone«, HLZ; »Ambulance Loading/Exchange Point«, ALP/AXP«) festgelegt werden [17]? (▶ Kap. 34)
  - Entfernungen, Transportzeiten, Einschränkungen/Hindernisse; auch hier unbedingt primäre Lokalisation und Ausweichstellen?
  - Wie können sie und die Transportmittel gesichert und geschützt werden?
  - Sind die Übergabepunkte allen bekannt?
  - Lageabhängig kann z. B. auch die Ausgabe von Anfahrtbeschreibungen und Ansprechpartnern der HNS-Einrichtungen bzw. der umliegenden Krankenhäuser bei einer mobilen Lage im ländlichen Bereich an die eingesetzten Kräfte als Taschenkarte eine sinnvolle Option sein.

  - In jedem Fall sollte eine mögliche Evakuierung kritischer Patienten **nicht** durch das Warten auf qualifiziertere Kräfte verzögern werden. Ggf. ein Rendezvous-System vereinbaren, aber auch dabei muss der Zeitverlust durch eine Umlagerung des Patienten sorgfältig abgewogen werden. Eventuell kann der Anschlussversorger auch mit Gerät zusteigen.
- Wie kann das **Sanitätsmaterial** am sinnvollsten, modular und redundant auf die Kräfte verteilt werden, z. B. Tragen auf alle Kfz, hier auch »blow out« und »trauma kits« (▶ Kap. 3), Verteilung des »mission critical equipment«, z. B. zur Reduzierung des Materials beim Ausweichen?
  - Welches (persönliche) Material wird wo am Mann getragen (Erwähnung in der Befehlsausgabe)?
  - Wie ist die Folgeversorgung (z. B. mit Verbandmaterial aber auch Batterien) ausgeplant?
    Zum Beispiel Material an der Eindringstelle, auf den Kfz, im Bereich der geplanten CCPs, auf allen Evakuierungsmitteln [18], bei überwachenden Kräften des äußeren Ringes. Bei einer solchen Verteilung des Materials sind jedoch sehr sorgfältige Absprachen zu treffen, die immer wieder mindestens stichprobenartig überprüft werden sollten.
- Gibt es weitere, potenzielle Ressourcen? Ein Beispiel, was durch die Bezeichnung bereits das gesamte Konzept beschreibt, ist die Erfassung der Angehörigen der Einheit unter dem »walking blood bank«-Aspekt. (Also der Wiederentdeckung der Warmblutspende und damit der Erweiterung der therapeutischen Möglichkeiten bzw. der Einsparung einer enormen Logistik bei nach derzeitigen Erfahrungen tolerablen Problemen).

Tipp

Achtung! Bei multinationalen Einsätzen sind unterschiedliche Standards nicht nur bei Konzepten und Begrifflichkeiten, sondern auch hinsichtlich der eingesetzten Geräte zu beachten (z. B. Stromspannung, Sauerstoffanschlüsse). Adapter vorhalten!

- Welche Reichweite hat das Material, welches sind die kritischen Ressourcen (z. B. Narkose, Beatmung (O_2), Analgosedierung)?
- Können definierte Versorgungspakete nachgeführt werden? Definierte Kits als Routine auf allen MedEvac-Mitteln zur Nachversorgung für die Kräfte am Boden vorsehen.

Tipp

Gerade bei der Beschaffung und Bereitstellung von Sanitätsmaterial ist eine hohe Kreativität gefragt. In Kombination mit der Kenntnis der »trockenen« Vorschriften und trister Beschaffungswege ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten zur Verbesserung der notfallmedizinischen Ausstattung.

So ist z. B. bei militärischen Einsätzen neben der regulären Beschaffung über die Apotheke u. U. ein Direktkauf über die eigene Logistik (als Einsatzbedarf oft mit höheren Wertgrenzen) oder der Bezug über Koalitionskräfte möglich. Auch für die aufwändige Beantragung von Material gibt es im Einsatz oder bei hoher Dringlichkeit verkürzte Verfahren.

2.6 Abwägung der Möglichkeiten und resultierender Plan für den Einsatz

Nach Abschluss der Ermittlung von potenziellem Bedarf und eigenen Möglichkeiten, der negativen und positiven Faktoren (Lagefeststellung), erfolgt die bewertende Gegenüberstellung dieser Faktoren (Beurteilung). Bei verschiedenen Einsatzoptionen (»courses of action«, COA) werden die Unterschiede in der Unterstützung erarbeitet. Es werden die möglichen Verläufe, Gemeinsamkeiten, Vor- und Nachteile, Stärken und Schwächen dargestellt und beurteilt. Abschließend wird eine Empfehlung hinsichtlich der aus sanitätsdienstlicher Sicht favorisierten Option gegeben.

Plan für den Einsatz

Mindestens notwendige Inhalte des sanitätsdienstlichen Anteils:

- Alle identifizierten medizinischen (gesundheitlichen) Bedrohungen
- Überblick über das medizinische Versorgungssystems
- Weg des Verwundeten (s. unten)
- Anforderungsverfahren (redundante Verfahren, Rufnamen und Frequenzen)
- Dokumentation/Registrierung und Meldewege

Kernpunkte für den Weg des Verwundeten

- **Organisation am Einsatzort** (Personal, Material, Schlüsselpositionen/-strukturen (CCP!)
- **Transportmöglichkeiten** (vor Ort/Tragemittel)/Übergabepunkte/Transportmittel (Kapazitäten, Entfernungen, Transportzeiten, Einschränkungen/Hindernisse, Schutz)
- **Einrichtungen**: Welches sind die möglichen »Evakuierungziele«/Aufnahmeeinrichtungen (**DCS**!)

→ Werden mögliche/zu erwartende Verwundete bei diesem Plan wahrscheinlich gut versorgt werden können und werden sie es bei mit dem Leben vereinbaren Verwundungen »schaffen«? Wenn das fraglich, aber der Einsatz zwingend erforderlich ist: was kann verbessert, geändert oder ergänzt werden?

Gegebenfalls muss weiterer Klärungs- oder Entscheidungsbedarf dargestellt werden:

- Werden weitere Informationen benötigt? Welche Entscheidungen müssen bis wann getroffen werden?
- Gibt es Kompensationsmöglichkeiten bei einer Differenz zwischen Angebot und Nachfrage?
- Müssen Einschränkungen gemeldet oder Nachforderungen gestellt werden?
- Was folgt aus den dargestellten Möglichkeiten des eigenen Handelns (»wenn, dann« bzw. »wenn nicht, dann nicht«)?

Ziel der Planung ist die bestmögliche Versorgung von Verwundeten – mit dem geringsten Einfluss auf die Erfüllung des Auftrages.

Die Planung endet nicht, sondern auch die Fertigstellung eines Operationsplanes ist nur ein Schritt in einem Prozess. Jede neue Information, jede Lageänderung muss dazu führen, die Eignung des Planes zu hinterfragen und ihn ggf. anzupassen. Sobald die Planung konkret genug ist, um sie zu erproben, sollten die Abläufe in Trainingsdurchgängen geübt werden. Auch wenn bei diesen »Probedurchläufen« irgendetwas nicht funktioniert, sollte nicht gehofft werden, dass es im Einsatz besser läuft, sondern der Plan muss in diesem Punkt verbessert werden. Deswegen wird der Führungs- und Planungsvorgang eben auch als Kreis dargestellt …

Außerdem darf nie vergessen werden, dass auch bei realistischem Training für den Einsatz (z. B. bei den abschließenden »Rehearsals« für einen Zugriff) ein hohes Risiko für Verletzungen besteht und die sanitätsdienstliche Lagebewältigung genauso sorgfältig ausgeplant werden muss.

Effektive Planung in Bezug auf das Wohlergehen eigener Kräfte basiert auf frühzeitiger, konstanter und umfassender Einbindung des jeweiligen sanitätsdienstlichen Beraters (also z. B. auch des Team-Medics) in die Gesamteinsatzplanung.

Leider muss manchmal zusätzlich betont werden, dass die bestmögliche medizinische Versorgung unmittelbar den Operationserfolg definiert – nicht nur aufgrund von Fürsorge, sondern auch im Hinblick auf die Führung und insbesondere die Medien. Spätestens wenn es z. B. um Geiseln oder den strapazierten Begriff der Kollateralschäden geht, kann dies allen Beteiligten verdeutlicht werden. Außerdem sollten die anderen Planer/Abteilungen/Spezialisten (Grund-)kenntnisse über die sanitätsdienstliche Versorgung haben, da auch in ihren Bereichen Entscheidungen gefällt werden, die unmittelbare Konsequenzen für die Verwundetenversorgung haben (Annäherungsrichtung und dadurch bedingte Vor-/Nachteile für MedEvac; Intervalle der logistischen Versorgung (Kühlmöglichkeit?) etc.).

Tipp

Die Beteiligung des »Medics«, »Sanis« oder des »Doktors« an der Einsatzplanung muss immer wieder überprüft werden. Selbst wenn sie anfangs tatsächlich gemeinsam erfolgt ist, wird dann oft die Weitergabe einer Lageänderung oder einer »kleinen Verbesserung« des Planes vergessen.
Kontrollfragen stellen: »Seit der Besprechung am/um keine Änderung?«/»Annäherung über …?«/»Frequenz …?«/»Abmarsch um …?«/»CCP hinter …«).

Literatur

1. NATO Standardization Agency, Military Committee Air Standardization Board (MCASB) (2008) STANAG 2087 Medical Employment of Air Transport in the Forward Area. Edn 6 dated 30 Oct 08
2. NATO (2007) MC 326/2 NATO Principles and Policies of Operational Medical Support
3. NATO (1999) MC 326/1 NATO Medical Support Principles and Policies
4. NATO (März 2006) ALLIED JOINT MEDICAL SUPPORT DOCTRINE AJP 4.10(A)
5. NATO (November 2009) ALLIED JOINT MEDICAL PLANNING DOCTRINE AJMedP-1
6. NATO (2009) ACO DIRECTIVE 83-1 Medical Support to Operations (Timelines)
7. Sanitätsamt der Bundeswehr (31.07.2006) Leitfaden Grundsätze für Führung und Einsatz des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (FüEinsGrdsSanDstBw)
8. Kowitz S (1999) Checklisten Erkundung. Wehrmedizin und Wehrpharmazie 3: 16–25
9. Bundesministerium der Verteidigung (2001) Handbuch für Auslandseinsätze im Frieden (Allgemeiner Umdruck 1/100). Federführung Stabsabteilung Fü S V Einsatz Bundeswehr
10. NATO (1999) Military Medical Support in Disaster Relief. AMedP-15
11. Department of Defense, Chairman of the Joint Chiefs of Staff (2009) Foreign Humanitarian Assistance. Joint Publication 3–29
12. Smith M (2001) Medical Operations Handbook. Brookside Associates. http://www.brooksidepress.org/Products/OperationalMedicine/DATA/operationalmed/Manuals/MEDOPSBOOKFEB01.ppt
13. Beekley AC (2007) Mass Casualties in Combat – Lessons Learned. J Trauma 62:S39–S40
14. Grau LW, Jorgensen WA (1997) Beaten by the bugs. Military Review 77 (6): 30
15. Robert Koch-Institut (2011) Steckbriefe seltener und importierter Infektionskrankheiten. Berlin. http://www.rki.de/cln_169/nn_468416/DE/Content/InfAZ/Steckbriefe/Steckbriefe_120606,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Steckbriefe_120606.pdf
16. NAEMT (2011) PHTLS: prehospital trauma life support, Military Version, 7th ed. Elsevier Mosby, Toronto
17. Whitlock W, Yevich S, Broadhurst R, Thompson GD, Redmond P, Packard R, eds. (2010) Special Operations Forces Medical Handbook. MacDill Air Force Base, FL: U.S. Special Operations Command
18. Butler FK Jr., Hagmann J, Butler G (1996) Military Medicine, Vol. 161. Supplement 1
19. List of current publicly available NATO Standards. http://nsa.nato.int/nsa/NSDDPubl/listpromulg.html

Spezielle Ausrüstung

S. Schöndube, C. Neitzel, C. Gartmayr, P. Siegert

3.1 Einführung – 31

3.2 Blutungskontrolle – 31
3.2.1 Tourniquets – 31
3.2.2 Junctional Tourniquets (JT) – 34
3.2.3 itClamp 50 (itc) – 35
3.2.4 Verbandstoffe – 35
3.2.5 Hämostyptika – 37

3.3 Atemwegsmanagement – 39
3.3.1 Absaugung – 40
3.3.2 Larynxtubus (King LT) – 40
3.3.3 Notfallkoniotomie – 40
3.3.4 Beatmung – 41

3.4 Thoraxverletzungen – 41
3.4.1 Okklusivverbände (»chest seals«) – 41
3.4.2 Entlastungspunktion – 43
3.4.3 Thoraxdrainage – 43

3.5 Kreislaufmanagement – 43
3.5.1 F.A.S.T. – 44
3.5.2 EZ-IO – 44

3.6 Wärmeerhalt – 45

3.7 Immobilisation – 46
3.7.1 Extremitätenimmobilisation – 46
3.7.2 Beckenstabilisierung – 46
3.7.3 HWS-Immobilisation – 46
3.7.4 Wirbelsäulenstabilisierung – 46

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_3, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

3.8 Monitoring – 47
3.8.1 Pulsoxymetrie – 47
3.8.2 Kapnometer – 48
3.8.3 Erweitertes Monitoring – 48

3.9 Rucksäcke und Taschen – 49

Literatur – 52

3.1 Einführung

Im folgenden Kapitel werden Medizinprodukte und Ausrüstungsgegenstände beschrieben, die ihren Ursprung und ihre Berechtigung insbesondere in der taktischen Notfallversorgung haben. Auch der zivile Rettungsdienst hat den Wert einiger Medizinprodukte erkannt, ihre Einführung und die Einbindung in Protokolle begonnen. Die Neu- und Weiterentwicklung ist ein kontinuierlicher Prozess, abhängig vom Szenario, geprägt durch die Nutzung des Materials in aktuellen Konflikten und dem daraus abgeleiteten Bedarf. Daher stellt dieses Kapitel nur eine Momentaufnahme der für die taktische Medizin besonders relevanten, frei auf dem Markt verfügbaren Medizinprodukte dar.

Einen guten Überblick über den aktuellen Stand bieten verschiedene Messen z. B. die jährlich im Dezember stattfindende »Special Operations Medical Association« (SOMA)-Konferenz in Tampa, Florida, oder als europäische Plattform die Combat Medical Care Conference in Ulm im jährlichen Wechsel mit dem TCCC-Symposium in Pfullendorf. Beide Veranstaltungen zeichnen sich durch Vorträge, Workshops und eine wachsende Zahl von Ausstellern aus.

Aufgrund unterschiedlicher Präferenzen wird jeder Anwender den Vorzug unterschiedlichen Produkten geben. Allerdings gibt es genügend Erfahrungswerte und empirische Untersuchungen, um die Auswahl auf erprobte und geeignete Produkte zu beschränken. Unter Stresssituationen muss das Team mit dem eigenen Verbandsmaterial handlungssicher sein und darüber hinaus dem speziell ausgebildeten Notfallpersonal zuarbeiten können. Beides setzt eine einheitliche Ausrüstung, Verpackung und standardisierte Notfall-Kits innerhalb eines Teams voraus. Die beste Akzeptanz hat die Ausrüstung, welche Einzelmerkmale wie klein, leicht, wind-, wasser- und staubgeschützt, sowie einfach in der Anwendung, in sich vereinen kann.

Um die Sicherheit für Patienten, Anwender und Dritte zu gewährleisten, sollte im Einsatz nur Material mitgeführt werden, auf das der Anwender eingewiesen ist und mit dessen Handhabung er vertraut ist. Die beste Ausrüstung kommt nur dann voll zur Geltung, wenn der Nutzer die sichere und effektive Anwendung auch unter Stress beherrscht.

Medizinprodukte unterliegen bei der Einführung und Vertrieb in Deutschland dem Medizinproduktegesetz (MPG) und der Europäischen Richtlinie 2007/47/EG [1, 2]. Mit dem Medizinproduktegesetz wird die Zulassung für den deutschen Markt und die notwendige Kennzeichnung (CE-Kennzeichnung) geregelt.

In diesem Kapitel werden vor allem Materialien vorgestellt, die für den deutschen Markt zugelassen sind. Da eine Vielzahl der Innovationen für den präklinischen Einsatz, insbesondere für die taktische Verwundetenversorgung, im anglo-amerikanischen Raum ihren Ursprung hat und die europäische Zertifizierung Zeit in Anspruch nimmt, wird im Folgenden auch auf ausgewählte Produkte hingewiesen die noch keine CE Zertifizierung besitzen, bei denen diese jedoch angestrebt wird.

3.2 Blutungskontrolle

3.2.1 Tourniquets

Tourniquets dienen der Kontrolle lebensbedrohlicher Blutungen an den Extremitäten. Bis heute gibt es kein ideales Tourniquet, jedes hat Vor- und Nachteile, deren Bedeutung der jeweilige Nutzer für sich abwägen sollte. Bei einem Produkt für eine Gruppe, die nur ein Basistraining erhält kann z. B. die möglichst einfache Anwendung im Vordergrund stehen, ein Personenschützer wiederum hat vielleicht nur seine Anzug-Hosentasche für die Aufbewahrung. Die potenzielle Gewebeschädigung durch ein Tourniquet hängt grundsätzlich von ihrer Breite und dem für die Unterbindung des arteriellen Blutflusses aufzuwendenden Druck ab. Tourniquets mit einer breiten Manschette verursachen weniger Begleitverletzungen [3]. Wenn also wiederum weder Platz noch Kosten die entscheidende Rolle spielen, ist ein breites, **pneumatisches Tourniquet** die ideale Wahl.

Muss ein Tourniquet dagegen auch ohne ständige Überwachung zuverlässig wirken, sind pneumatische Tourniquets nicht erste Wahl, da sie unbemerkt Druck verlieren können. Im Hinblick auf

Abb. 3.1a–c Befestigungsmöglichkeiten von Tourniquets. **a** Tasmanian Tiger. **b** NOW! von Blue Force Gear. **c** NATO-T mit Gummibändern. (Fotos: S. Schöndube)

das Anlegen des Tourniquets mit nur einer Hand (»one-handed«) z. B. bei einer lebensbedrohlichen Blutung am Arm und ohne die Möglichkeit der Hilfe durch eine zweite Person, sind einige der verfügbaren Tourniquets nur eingeschränkt, andere gar nicht geeignet. Man sollte die jeweiligen Nachteile kennen und ggf. ein Zweitprodukt mitführen, um eine lebensbedrohliche Blutung zuverlässig und schnell stoppen zu können.

Das Tourniquet sollte an der Ausrüstung so angebracht sein, dass es sichtbar ist und der Träger es selbst mit beiden Händen gleichermaßen von seiner Ausrüstung entfernen kann. Bei Schutzwesten bietet die Frontplatte genügend Spielraum zur Befestigung. Hierfür können sowohl kommerzielle Tourniquethalter als auch einfache Gummibänder dienen (Abb. 3.1).

Combat Application Tourniquet (C.A.T) Das C.A.T. (Abb. 3.2a) ist seit Jahren das am meisten verbreitete Tourniquet. Es wurde auch in die Bundeswehr eingeführt und wird an alle Soldaten in den Einsatzgebieten der Bundeswehr ausgegeben. Das C.A.T. zeichnet sich insbesondere durch geringes Packmaß und Gewicht sowie die gute Handhabbarkeit einschließlich einer vergleichsweise einfachen Ein-Hand-Anwendung aus. Die Abbindung verläuft innerhalb einer Stoffummantelung und vermindert so Reibungsschäden und Einklemmungen der Haut.

Das Tourniquet ist als Einmalprodukt konzipiert. Gerade bei längerer Sonnen- bzw. UV-Exposition an der Ausrüstung können die Plastikanteile spröde werden und bei sehr hoher Belastung brechen. Dies sollte bei der Aufbewahrung bedacht werden, und ein regelmäßiger Tausch ist sinnvoll. Bei der derzeit verfügbaren 3. Generation des Produktes wurden u. a. der Knebel verstärkt, das Ende rot markiert, um ein stresssicheres Einschlaufen zu gewährleisten, und das Klettband zum Verschließen wurde in weiß gestaltet, um gut erkennbar die Anlegezeit notieren zu können.

SOF Tactical Tourniquet Wide (SOFTT-W) Das SOFTT-W (Abb. 3.2b) ist eine Weiterentwicklung des 2003 auf dem Markt erschienenen SOFTT. Der Knebel und auch der Verschlussmechanismus sind aus Metall gefertigt. Mit dem SOFTT-W kann ein hoher Druck aufgebaut werden, was für das Abbinden an den unteren Extremitäten erforderlich sein kann.

Da es aber schwerer und größer ausfällt als das C.A.T., wird es gern als Backup-Tourniquet bei dem Team Medics vorgehalten. Es kann – ebenso wie das C.A.T. – in den Farben schwarz (taktisch), orange (Rettungsdienst) und blau (Training) erworben werden. Von beiden gibt es (teilweise schwer zu erkennende) Plagiate auf dem Markt, die nicht zuverlässig funktionieren.

Emergency & Military Tourniquet (EMT) Das EMT ist das einzige durch das CoTCCC empfohlene Tourniquet, welches pneumatisch Druck aufbaut. Aufgrund des flächigen Drucks durch die breite Manschette ist die punktuelle Belastung des Gewe-

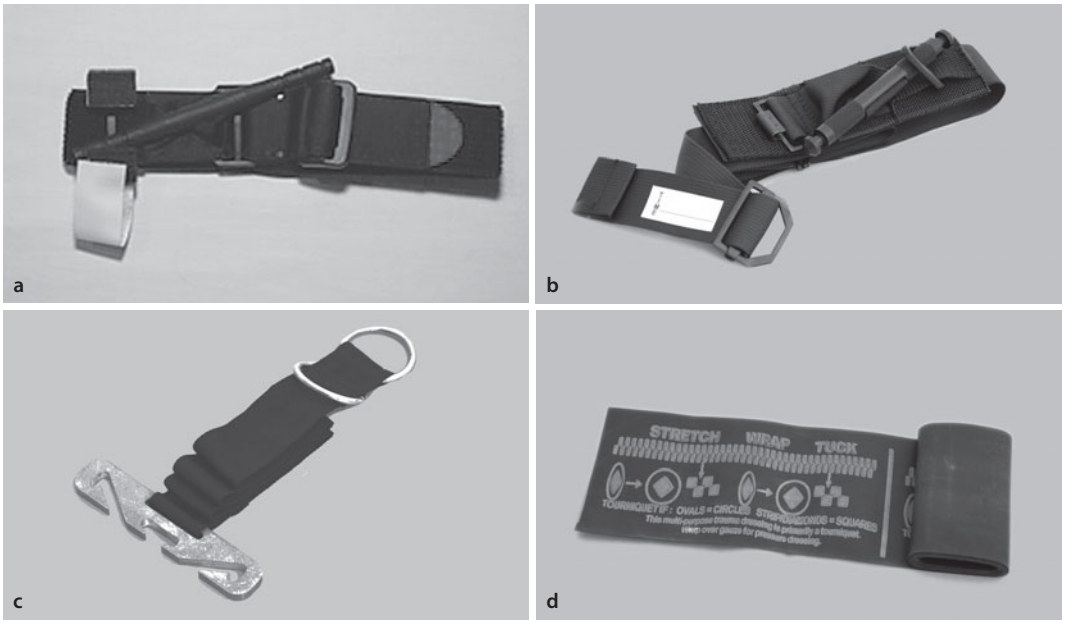


Abb. 3.2a–d Verschiedene Tourniquets. **a** C.A.T. der Fa. Composite Resources. **b** SOFTT Wide der Fa. Tactical Medical Solutions. **c** NATO-Tourniquet. **d** SWAT-Tourniquet. (Fotos: S. Schöndube, Dr. C. Neitzel)

bes geringer als bei mechanischen Tourniquets. Dadurch kann die Gefahr von Gewebeschädigungen beim Anlegen und bei einer längeren Verweildauer reduziert werden. Bei einem Lufttransport muss, wie bei allen luftgefüllten Medizinprodukten, auf den sich ändernden Fülldruck der Manschette geachtet werden. Nachteile der EMT sind die Größe und der hohe Anschaffungspreis. Ebenfalls kann bei proximalen Verletzungen die Breite der Manschette hinderlich sein. Es gibt seitens der Herstellungsfirma Überlegungen, die Kosten für die Herstellung durch die Neugestaltung des Verschlussmechanismus zu reduzieren. Es wird durch das CoTCCC als Tourniquet für den Sanitätsdienst empfohlen.

Mechanical Advantage Tourniquet (MAT) Das MAT (zivile Version E-MAT in Orange) ist ein relativ großes mechanisches Einhandtourniquet. Der Verschlussmechanismus (Ratsche) ist in der vorgeformten Spange der Basis eingebracht. Das Tourniquet wird mittels eines Haken/Ösen-Prinzips geschlossen und kann somit leicht angelegt werden. Der Druck wird danach mittels einer Ratsche durch eine Drehbewegung aufgebaut. Laut Hersteller kann eine Abbindung unter Idealbedingungen in ca. 30 sec erreicht werden. In der Praxis ist es jedoch vorgekommen, dass der Ratschenmechanismus dem Druck nicht standgehalten hat. Das E-MAT besitzt eine CE-Zertifizierung.

NATO-Tourniquet Das NATO-Tourniquet (Abb. 3.2c) ist eine Weiterentwicklung der Grundidee aus dem Vietnamkrieg. Damals wurde ein Dreiecktuch mit einem Knebel und einem Fixierring versehen. Es wurde von den norwegischen Spezialkräften weiterentwickelt. Das metallene Endstück dient nach Einhängen des am Riemenende eingenähten Ringes gleichzeitig als Knebel. Ist das Tourniquet fest genug angezogen, kann es mit dem verschiebbaren Ring durch Einhaken festgelegt werden. Das NATO-Tourniquet ist einhändig nur umständlich anzulegen. Zum Anlegen an den oberen Extremitäten ist es notwendig, den Arm vor dem Schließen zweimal zu umwickeln, erst danach kann der nötige Druck erreicht werden. Am Bein reicht meistens eine Wicklung aus.

Das Anlegen des Tourniquets ist oft relativ schmerzhaft, da es im Bereich des Knebels meist zur Einklemmung der Haut kommt. Aufgrund des geringen Packmaßes ist es für verdeckte Operationen

bestens geeignet. Es ist sehr verlässlich und als Backup eine sinnvolle Ergänzung.

Tipp

Wegen des sehr flexiblen Gurtbandes und der fehlenden Druckplatte, kann das NATO-Tourniquet sehr gut bei Diensthunden verwendet werden.

SWAT-Tourniquet Das SWAT-Tourniquet ist im Endeffekt eine Gummibinde, die im festen Zug um eine Extremität gewickelt wird (◘ Abb. 3.2d). Sie entspricht damit vom Funktionsprinzip einer traditionellen Esmarch-Binde. Aufgebrachte Markierungen sollen durch Änderung ihrer Form anzeigen, wann ein ausreichend großer Zug aufgebracht wird. Das Tourniquet ist nicht einhändig nutzbar, muss bei unzureichender Kompression komplett abgewickelt werden und ist unter Stress oder wenn es nass ist (z.B. durch Blut) eher schwer zu handhaben.

3.2.2 Junctional Tourniquets (JT)

Ein relativ neuer Bereich betrifft die Markteinführung sog. »Junctional Tourniquets«, für den präklinischen Einsatz. JT wurden aufgrund einer Bedarfsforderung des Department of Defense (DoD) [4] entwickelt, und einige Produkte haben zwischenzeitlich bereits eine CE-Zertifizierung. Als Folge zunehmender IED-Anschläge haben Methoden und Geräte an Bedeutung gewonnen, die Explosionsverletzungen auch im Leistenbereich behandeln können. Da diese Verletzungen außerhalb des Einsatzbereiches von Extremitäten-Tourniquets liegen, konnte der Behandelnde bisher nur versuchen, sie manuell zu komprimieren und dann, z. B. mit Hilfe von Widerlagern und unter Nutzung von Hämostyptika, suffiziente Druckverbände anzulegen.

Weiterhin wurde festgestellt, dass es bei IED-Anschlägen sehr häufig zu beidseitigen Verletzungen kommt. Als Antwort seitens der Industrie wurden mechanische und pneumatische Tourniquets entwickelt, die die Kompression der Arteria femoralis oder der Aorta abdominalis bzw. der Bifurkation zum Ziel haben. Es sind Tourniquets für den uni- oder bilateralen Einsatz verfügbar. Einige JT sind ebenso für den Einsatz an anderen Körperregionen geeignet. Das CoTCCC-Komitee hat bereits eine Empfehlung zum Einsatz von JT in seine Guidelines [5] aufgenommen.

Junctional Emergency Treatment Tool (JETT) Das JETT wurde von der Fa. North American Rescue in Zusammenarbeit mit dem UT Health Science Center for Translational Injury Research (CeTIR) entwickelt. Es besitzt eine CE Zertifizierung und hat bei einer Studie bewiesen, dass eine Kompression der Arterie femoralis innerhalb von 68 sec. bilateral möglich ist. Das JETT ist erst seit kurzem auf dem Markt und muss noch zeigen ob es sich gegen Konkurrenzprodukte anderer Hersteller durchsetzen kann. Das Abdrücken, weniger Abbinden, erfolgt mechanisch und nutzt die anatomische Landmarke im Bereich distal des Leistenbandes.

SAM Junctional Tourniquet Das SAM ist ein pneumatisches Tourniquet welches bilateral Manschetten besitzt. Diese können jedoch, wenn nur eine einseitige Verletzung behandelt werden muss, entfernt werden. Als Begleitverletzung bei schweren Extremitätenverletzungen, insbesondere Amputationsverletzungen ist eine Beckenfraktur häufig. Das SAM wurde so gestaltet, dass neben der Möglichkeit des gleichzeitigen bilateralen Abdrückens der Arteria femoralis, auch eine Hüftfraktur stabilisiert werden kann. Untersuchungen haben ergeben, dass das SAM Junctional Tourniquet nach einer Zeitspanne von 25 sec erfolgreich die Arteria femoralis komprimieren kann. Auch das SAM besitzt bereits eine CE-Zertifizierung.

Abdominal Aortic Junctional Tourniquet (AAJT) Mit dem AAJT (◘ Abb. 3.3) verfolgt die Fa. Compression Works LLC einen anderen Ansatz für das gleiche Grundproblem der hohen Verletzung an den unteren Extremitäten ohne die Möglichkeit einer Abbindung mit herkömmlichen Tourniquets. Das AAJT soll die Aorta abdominalis nahe der Bifurcatio aortae pneumatisch komprimieren.

Tests haben ergeben, dass dies grundsätzlich möglich ist (siehe ▶ Abschn. 9.3.4). Das AAJT wurde bereits in Afghanistan erfolgreich zum Einsatz gebracht. Vom Hersteller werden auch der Hals- sowie

Abb. 3.3 Das AAJT der Fa. Compression Works LLC in der Anwendung. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Compression Works LLC)

Abb. 3.4 CRoC der Fa. Combat Medical System, der Aufbau mit verstellbaren Gestell, Fixierung und der mechanische Druckstempel sind gut zu erkennen. Das Endstück (hier für die Arterie femoralis dargestellt) kann entsprechend der Anwendung angepasst werden. (Mit freundlicher Genehmigung durch die Fa. Combat Medical Systems)

der Achselbereich als mögliche Einsatzgebiete für das AAJT beschrieben. Im letzteren Fall gibt es bereits erfolgreiche Anwendungen. Es hat ebenfalls bereits eine Zulassung für den deutschen Markt.

Combat Ready Clamp (CRoC) Mit dem CRoC (Abb. 3.4) wurde von der Fa. Combat Medical Systems ein mechanisches Tourniquet entwickelt, welches wie eine Art Schraubzwinge, die Arteria femoralis einseitig komprimieren soll. Die Anlage erfordert etwas Übung, da der Druckpunkt mittels des verstellbaren Metallgestells justiert werden muss. Das Abdrücken der Arteria femoralis wurde innerhalb kurzer Zeit erreicht. Da das CRoC nur unilateral arbeitet, kann es notwendig sein ggf. ein zweites anzulegen. Dies ist ohne Probleme möglich. Das CRoC kann ebenfalls bei einer Verletzung des Oberarmes, ohne Möglichkeit der Tourniquet-Anlage zum Einsatz gebracht werden. Dazu wird das CRoC so verändert, dass der halbkugelförmige Druckpunkt gegen eine viereckige Form getauscht wird. Hierdurch wird der Querschnitt des Druckpunktes und somit die Erfolgsaussicht erhöht.

Als allerletzte Möglichkeit wird vom Hersteller die Möglichkeit beschrieben – bei isolierten Verletzungen beider Beine – die Aorta abdominalis zu komprimieren. Dazu wird das Gestell so fixiert, das die halbkugelförmige Druckplatte unterhalb des Bauchnabels zum Einsatz kommt. Die CRoC ist seit 2013 CE-zertifiziert.

3.2.3 itClamp 50 (itc)

Die itClamp 50 (Abb. 3.5) ist ein Instrument zum Wund-/Hautverschluss, das kritische Blutungen schnell kontrolliert, indem die Haut zusammengezogen wird und das sich bildende Hämatom die Blutung bis zur chirurgischen Erstversorgung tamponiert. Die itc ist ein Einmalprodukt und für den Gebrauch bis zu 24 h zugelassen Die itc wird durch Nadeln in der Haut verankert und durch einen Verschlussmechanismus in Position gehalten. Es wird ein gleichmäßiger Druck auf die Wundränder ausgeübt, was verhindert, dass weiteres Blut über die Wundhöhle aus dem Körper fließen kann. Durch ansteigenden Druck innerhalb des Gewebes wird die Blutung gestoppt und die Möglichkeit zur Thrombusbildung geschaffen (Abb. 3.5b). Es kann über den Verriegelungsmechanismus der Druck auf die Wundränder erhöht oder verringert werden, so dass Sekundärschäden reduziert werden können. Die itc benötigt als Voraussetzung jedoch relativ glatte Wundränder, die adaptiert werden können.

3.2.4 Verbandstoffe

Im Folgenden werden vorgefertigte Druckverbandpäckchen und Verbandstoffe zum Tamponieren näher beschrieben. Sie haben sich als Standard

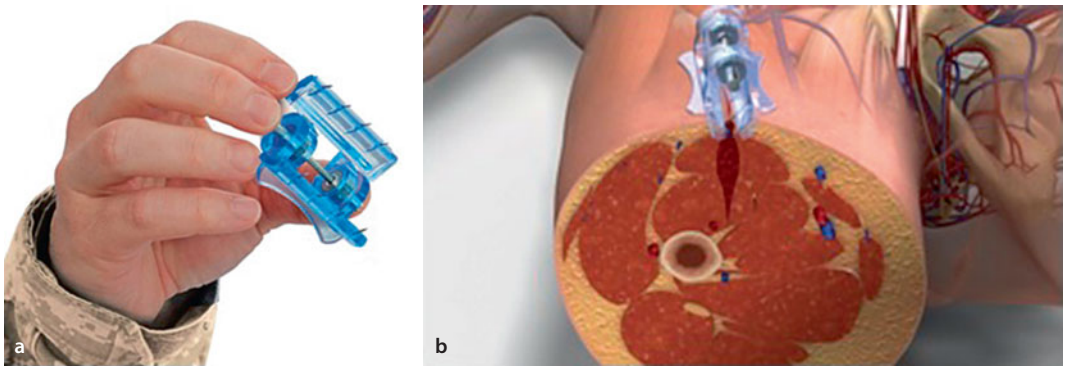


Abb. 3.5a,b itClamp 50. **a** Itc im geöffneten Zustand, »ready to use«. **b** Itc im Einsatz, zu sehen ist das Verschließen der Wundhöhle. (Mit freundlicher Genehmigung durch die Fa. PfalzMed)

etabliert, denn sie sind wesentlich schneller handhabbar und effektiver als herkömmliche Verbandpäckchen. Aufgrund der großen Vielzahl unterschiedlicher Produkte, beschränkt sich das Kapitel auf bereits weiter verbreitete und daher häufig erprobte Materialien.

Druckverbandpäckchen

Alle Produkte verfügen über eine größere Wundauflage, elastisches Bindenmaterial, mit dem ein angepasster Druck aufgebaut werden kann, sowie eine Verschlussmöglichkeit, meist durch Klett oder Haken. Bei den meisten ist ein unterschiedlich geformter Druckkörper integriert, einige bieten Zusatzoptionen. Auch die Uriel-Bandage, Cinch Tight, H-Bandage, FEB9 oder andere Produkte können aufgrund unterschiedlicher Details für einen bestimmten Anwender Vorteile bieten. Wichtig sind jedoch der erprobte Umgang und die bereits erwähnte Einheitlichkeit innerhalb eines Einsatzteams.

»The Emergency Bandage« (Notverband) Der Notverband (Abb. 3.6a), auch bekannt als »Israelische Binde«, wurde 2003 in die Bundeswehr eingeführt und gehört zum festen Bestandteil der persönlichen Sanitätsausstattung für die Soldaten im Einsatz. Die Bandage ist vakuumiert und doppelt verpackt und kann aufgrund einer Schlaufe bei Bedarf vom Verletzten selbst angelegt werden. Ein Plastikknebel kann als Druckkörper, zur Umlenkung der Verbandrichtung und zur Fixierung genutzt werden. Für die letztgenannte Funktion befindet sich primär eine Spange mit Widerhaken am Ende des Verbandes. Weiterhin verhindert ein eingearbeiteter Faden das ungewollte Abrollen der Binde beim Anlegen. Der Notverband ist in mehreren Varianten verfügbar, u. a. in 10 und 15 cm Breite, mit einer zweiten Wundauflage sowie als Bauchverband.

Abb. 3.6a,b Druckverbände. **a** Emergency Bandage/Notverband der Fa. FirstCare Products. Darstellung der verschiedenen erhältlichen Größen. Als Unterlage dient der Abdominalverband. **b** OLAES Modular Bandage der Fa. TacMed Solutions (Fotos: S. Schöndube)

Abb. 3.7 Größenvergleich Kerlix-Rolle (Tyco Healthcare), S-rolled Gauze (NARescue) und H&H Bandage

Tab. 3.1 Vergleich verschiedener Mullbinden

	L/B der Binde	Größe der Verpackung	CE
Kerlix-Rolle (Tyco Healthcare)	4,5 m/11,25 cm	30×16 cm	Ja
S-rolled Gauze (NARescue)	3,7 m/11,4 cm	7×9 cm	Ja
H&H Bandage	3,7 m/11,4 cm	6×7 cm	Nein

OLAES Modular Bandage Die OLAES (Abb. 3.6b) der Fa. Tactical Medical Solutions wurde von einem ehemaligen Medic der US Spezialkräfte entwickelt. Die OLAES vereint eine Mehrzahl an Behandlungsmöglichkeiten. Der Druckkörper kann auch als Augenklappe genutzt werden, unter der Wundauflage befinden sich eine 15×20 cm große, durchsichtige Plastikfolie, die als luftdichter Verband oder bei Verbrennungen bzw. Bauchverletzungen genutzt werden kann sowie ein 10×250 cm langes Stück Kerlix-Verbandmull, welches für das Tamponieren von Wundhöhlen gedacht ist. Die Bandage ist in Breiten von 10 und 15 cm verfügbar und wird häufig beschafft, wenn die Multifunktionalität eines Produktes – z. B. aufgrund eines beschränkten Ausrüstungsumfanges – von Vorteil ist.

Wundtamponade

Zum Tamponieren bzw. Packen wird ein saugfähiger Verbandsstoff benötigt, der sich leicht in Wundhöhlen einbringen lässt. Hierzu ist ein »flauschiger« gewebter Verbandmull verfügbar, der zuerst unter dem Namen **Kerlix** vertrieben wurde. Abb. 3.7 und Tab. 3.1 geben einen Überblick über die derzeit erhältlichen Produkte.

Auch wenn die Kerlix-Rolle der Fa. Tyco Healthcare Deutschland GmbH die größte Saugkraft aufweist, ist sie für den präklinischen Einsatz im taktischen Umfeld, aufgrund der ungünstigen Verpackung (Größe und Papier) und der Handhabbarkeit der regulären Rollenform nicht praktikabel. Bei in Z- oder S-Form gefalteten Binden besteht der Vorteil darin, dass mit der Binde direkt aus der Packung heraus tamponiert werden kann.

3.2.5 Hämostyptika

Bei stark ausgeprägten und damit lebensbedrohlichen Blutungen oder bei Blutungen, die sich z. B. mit einem Druckverband nicht stoppen lassen, ist der Einsatz von blutstillenden Substanzen, sog. Hämostyptika – auch Hämostatika genannt – indiziert. Alle derzeit verbreiteten Substanzen sollten möglichst nahe an die Blutungsquelle gedrückt werden (bereits ausgetretenes Blut aus der Wunde wischen) und der Druck muss nach der Einbringung noch mehrere Minuten aufrechterhalten werden.

Wirkstoffe der Hämostyptika (Tab. 3.2)

- **Kaolin** ist eine Mineralerde, die durch die Oberfläche die intrinsische Gerinnungskaskade aktiviert. Es weist hat günstige Nebenwirkungen und wird beim QuikClot Combat Gauze der Fa. Z-Medica eingesetzt.
- **Chitosan** wird aus der Schale von Krustentieren gewonnen und zieht aufgrund einer positiv elektrostatischen Aufladung negativ geladene Thrombozyten an. Durch die Anhaftung wird die Gerinnungskaskade aktiviert. Das wiederum begünstigt die Bildung eines Thrombus. Die Aktivierung erfolgt auch bei ungünstigen Vorausset-

zungen, wie bei marcumarisierten, heparinisierten und hypothermen Verletzten. Insbesondere die Wirkstoffaktivierung bei Hypothermie macht es für den präklinischen Einsatz wertvoll.

- **Zeolith** ist ein Vulkangestein, das bis zu 40 % seines Trockengewichtes an Wasser aus dem umliegenden Blut resorbieren kann. Durch die daraus resultierende Konzentration an Gerinnungsfaktoren und Thrombozyten wird die Gerinnung punktuell verbessert. Da die Reaktion exotherm verläuft, kann es bei unsachgemäßer Anwendung, zu unerwünschten Nebenwirkungen kommen.

Die **erste Generation** der Hämostyptika wirkte gut, wies aber deutliche Nachteile auf. So war das in Form einer 10×10 cm großen Wundauflage erhältliche HemCon bei zerklüfteten Wunden schwer anzuwenden und in enge Wunden kaum einzubringen. Das bekannteste Hämostyptikum, QuikClot, wies hervorragende blutstillende Eigenschaften auf, wurde aber bis zu 70 °C heiß und führte dadurch zu Gewebeschäden über die eigentliche Verletzung hinaus. Die Pulverform hat deutliche Nachteile beim präklinischen Einsatz: es wurde bei starkem Wind verweht, was neben der verminderten Wirkung in der Wunde auch Augenschäden verursachen konnte.

Die **zweite Generation** Hämostyptika (Celox Pulver, QuikClot ACS+ u. a.) zielte v. a. darauf ab, die Nachteile der ersten Generation zu vermeiden. So wurde beispielsweise die Hitzeentwicklung bei QuickClot reduziert. Eine Abfüllung in Beutel machte das Einbringen in die Wunde einfacher. Neben einer im Vergleich weniger befriedigenden blutstillenden Wirkung brachte diese Verpackungsform Schwierigkeiten bei der Anwendung in engen, tiefen Wunden mit sich.

Die **dritte Generation** (QuikClot Combat Gauze, Celox Gauze, ChitoGauze etc.) sind Verbandstoffe, welche mit den jeweiligen Hämostyptika beschichtet sind. Sie sind einfacher anzuwenden und können auch bei sehr engen oder flächigen Wunden gut genutzt werden. Im Gegensatz zu vorherigen Generationen wirken sie bereits durch das Prinzip der »normalen« Wundtamponade. Einige Produkte sind nicht gerollt, sondern im Zick-Zack gefaltet verpackt erhältlich. Dies erleichtert die Handhabung beim Tamponieren von Wunden erheblich. In der Praxis sind sie früheren Generationen grundsätzlich überlegen. Welche der zurzeit verfügbaren Produkte die beste Wirksamkeit aufweisen ist noch nicht ausreichend durch Studien oder Fallbeispiele belegt. Sie haben jedoch unterschiedliche Besonderheiten, die die Entscheidung für ein Produkt beeinflussen können.

Tab. 3.2 Übersicht Hämostyptika. (Nach Fischer et al. [3])

Produkt	Wirkstoff	Auf dem Markt	CE-Zertifizierung	Darreichung	Blutstillungseffizienz (im Vergleich)	Nebenwirkungen (im Vergleich)
QuikClot	Zeolith	2003	Ja	Granulat	+++	+++
QuikClot ACS+	Zeolith	2006	Ja	Beutel	+	++
Celox	Chitosan	2006	Ja	Granulat	+++	+
Celox Gauze/ Chito Gauze	Chitosan	2011	Ja	Verband	++	–
QuikClot Gauze	Kaolin	2008	Ja	Verband	+++	–
(als Vergleich:) Kerlix	Baumwolle	?	Ja	Verband	+(+)	–

+ gering; ++ mittel; +++ hoch; ++++ sehr hoch; – keine

Abb. 3.8a,b Hämostyptika. **a** QuikClot GauzeCELOX. **b** Z-folded Gauze. Gut zu erkennen ist das relativ steife Material und die gefaltete Form der Binde. (Fotos: S. Schöndube)

QuikClot Gauze (Abb. 3.8a) Z-Medica hat bei Combat Gauze Kaolin auf eine Trägerbinde aufgebracht und damit die Nachteile der 1. und 2. Generation, Hitzeentwicklung sowie loses Granulat, vermieden. Die Binde ist, in der neusten Version, Z-förmig gefaltet und vakuumverpackt, dadurch klein im Packmaß und kann ohne Probleme in Wundhöhlen oder großflächige Wunden aufgebracht werden. Außerdem kann es beim Röntgten detektiert werden. Als Reaktion auf Anwender, die wiederholt bemängelt hatten, das eine Rolle Combat Gauze (7,6 cm × 3,7 m) nicht ausreichend war, wurde Combat Gauze XL doppellagig bei gleicher Länge auf den Markt gebracht. Für großflächige Verletzungen ist das Combat Gauze Trauma Pad (30×30 cm) verfügbar.

Celox Gauze Bei Celox Gauze (Abb. 3.8b) kommt der Wirkstoff Chitosan zum Einsatz. Der Wirkstoff ist auf eine resorbierbare Binde aufgebracht. Es sind Versionen mit 1,5 m und 3 m, Z-förmig gefaltet und Vakuum verpackt, verfügbar. Durch das Einbringen der Binde und den Kontakt mit Blut löst sich das Trägermaterial auf, mit dem zusätzlichen Ausüben von Druck ist ein Entfernen von freier Flüssigkeit nicht mehr zwingend erforderlich. Des Weiteren gibt es mit Celox Trauma Gauze (7,6×180 cm) die Möglichkeit zum dualen Einsatz, zum einen als Hämostyptika und zum anderen, mit Wasser befeuchtet, für den Einsatz bei Brandverletzten. Mit Wasser oder einer kristalloiden Infusionslösung getränkt entwickelt sie eine gelartige Konsistenz, was Verbrennungen abdecken, schützen und kühlen soll.

Chito Gauze Auch HemCon hat in der neusten Generation den Wirkstoff Chitosan auf ein flexibles Trägermaterial (7,6 cm × 3,7 m) aufgebracht, welches sich leicht in Wundhöhlen einbringen lässt. Die Chito Gauze besitzt außerdem antimikrobielle Eigenschaften.

3.3 Atemwegsmanagement

Es gibt kontroverse Diskussionen über das »richtige« Atemwegsmanagement im präklinischen Einsatz. Die Invasivität der Maßnahme wird im Wesentlichen von der Gesamtlage und den Fähigkeiten des Anwenders bestimmt. Bevor sich der Anwender z. B. für eine Intubation entscheidet, sollte die Frage geprüft werden, ob auch die Mittel bereit stehen, um die Beatmung über einen ausreichenden Zeitraum aufrecht zu erhalten und auf etwaige Komplikationen zu reagieren (Absaugung, Narkosemittel, Sauerstoff, Personal zur kontinuierlichen Betreuung). Die Indikation kann für eine Intubation gegeben sein, jedoch lassen möglicherweise weder die Mittel noch das taktische Umfeld diese zeitintensive Maßnahme zu. Bei allen invasiven Maßnahmen sollte also geprüft werden, ob sie unbedingt notwendig sind, oder ob ein einfaches Manöver ausreicht, bis bessere Voraussetzungen geschaffen wurden.

Wenn Lage und Zustand des Patienten es erfordern, sollte ein Wendl-Tubus eingesetzt werden, soweit die taktische Lage dies erlaubt (▶ Kap. 9).

Der Einsatz eines Guedel-Tubus hat sich aufgrund der schwierigen Fixierung und wegen der hohen Gefahr, Erbrechen auszulösen, in der Phase »Care under Fire« als nicht praktikabel erwiesen.

3.3.1 Absaugung

Häufig ist es notwendig, Flüssigkeiten aus dem Rachenraum abzusaugen. Für den abgesessenen Einsatz besteht jedoch das Problem, dass zwar eine große Anzahl von verlässlichen, mechanischen Absaugpumpen verfügbar ist, diese jedoch zu groß und schwer ausfallen, z. B. **AmbuTwin** oder die **Handabsaugpumpe** von VBM Medizintechnik. Modelle mit Fußbetrieb sind darüber hinaus bei weichem Untergrund (z. B. Schnee, Matsch) häufig nicht einsetzbar. Aufgrund der äußerst kompakten Bauweise und der hohen Zuverlässigkeit ist die **Suction Easy** (Abb. 3.9) eine gute Alternative. Der 1000-ml-Auffangbeutel ist im Notfall abreißbar, die Pumpe bleibt weiterhin voll funktionsfähig. Zur endotrachealen Absaugung lässt sich mittels eines Fingertip-Zwischenstücks mit großem/kleinem Anschluss (z. B. für Accuvac) auch ein handelsüblicher Absaugkatheter vorschalten. Der Schlauch lässt sich in den Pumpenkörper zurückschieben, wodurch sich das Packmaß verkleinert.

3.3.2 Larynxtubus (King LT)

Für nicht spontan atmende Verletzte hat sich der Larynxtubus (von VBM Medizintechnik GmbH) in unterschiedlichen Ausführungen als praktikabel erweisen. Er ist, auch für weniger Geübte, einfach in der Anwendung, kann bei günstigen Verhältnissen innerhalb weniger Sekunden appliziert werden und hat eine geringe Komplikationsrate. Es handelt sich um einen Tubus der im Hypopharynx mit einem Ballon den Ösophagus und mit dem zweiten Cuff den Pharynx verschließt. Der King LT wird in insgesamt sieben Größen (farbkodiert) angeboten.

Die Blockerspritze ist mit 120 ml sehr groß. Als – nicht MPG-gemäße – Notlösung eignet sich eine mehrfach gefüllte 20-ml-Spritze. Eine sinnvolle Ergänzung ist ein Gleitmittel.

Abb. 3.9 Suction Easy Handabsaugpumpe. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Tipp

Kommt es zu Undichtigkeit nach dem Blocken, den Tubus nicht entfernen, sondern mit 20 ml Luft nachblocken. Erst wenn durch diese Maßnahme ebenfalls keine Abdichtung erreicht wurde, ist der Tubus zu entfernen.

Um das Aspirationsrisiko bei Bedarf durch Absaugung des Magens verringern zu können, sollten Modelle mit einem Kanal zum Einführen von Magensonden bevorzugt werden (z. B. LTS II, LTS-D).

3.3.3 Notfallkoniotomie

Es gibt Situationen in denen diese invasive Maßnahme notwendig ist, um das Leben eines Verletzten zu retten z. B. bei Bewusstlosigkeit mit massivem Gesichtstrauma. Es ist die letzte Möglichkeit und sollte auch als solche und nur von geübtem Personal unter Analgesie durchgeführt werden.

Es gibt zahlreiche kommerzielle **Koniotomiebestecke** wie z. B. Quick Trach II von VBM, CricKit von NARescue oder das – eher starre – Kit von Portex (Portex Cricothyroidotomy Kit). Alle versuchen mit unterschiedlichen Konstruktionen, eine Penetration der Kehlkopfrückwand zu verhindern. Allerdings arbeitet man »ohne Sicht«, so dass von den meisten präklinisch erfahrenen Experten die chirurgisch-anatomische Präpariertechnik empfohlen wird (▶ Kap. 9).

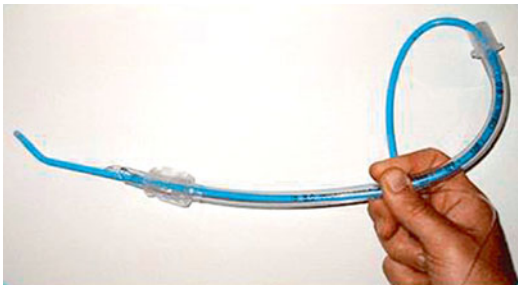


Abb. 3.10 Endotrachealtubus mit Bougie »Führungshilfe«, der Bougie ist im Gegensatz zum Führungsstab hochflexibel und kann dadurch in die eröffnete Luftröhre eingebracht werden, um dann dem ET-Tubus als Führung zu dienen. (Foto: S. Schöndube)

Für die **Durchführung** wird als Minimum allerdings nur ein scharfer Gegenstand (vorzugsweise Skalpell Nr. 15) und ein Endotrachealtubus (Größe 6) mit Blocker-Spritze benötigt. Ein, industriell gefertigter Trachealhaken (z. B. NAResuce), eine an der Spitze zum Haken gebogene 14-G-Venüle oder ein Nasenspekulum haben sich als Hilfsmittel bewährt. Bei letzterem besteht die geringste Gefahr, den Cuff des Tubus bzw. einer Trachealkanüle zu beschädigen. Diese Materialien sind außerdem multifunktional und schonen zusätzlich das Budget. Eine Klemme oder ein Introducer bzw. Bougie (Abb. 3.10) als Führungshilfe können ebenfalls hilfreich sein. Zum Verschließen der Schnittwunde bzw. Fixieren kann ein 2.0-Faden genutzt werden oder ein luftdichter Wundverband in Kombination mit Wundkompressen bzw. Kerlix.

3.3.4 Beatmung

Aus Platzgründen wird in First-Responder-Rucksäcken, aufgrund ihrer Größe oft auf Beatmungsbeutel verzichtet. Der Pocket BVM (Abb. 3.11) ist dagegen ein in einer staubdichten, stabilen Dose (6×13 cm) verpackter, vollwertiger Beatmungsbeutel mit Maske und Sauerstoffreservoir, der selbst in kleine Medic-Rucksäcke verstaut werden kann.

Eine adäquate Beatmung ist ausschließlich mit einem Beatmungsbeutel nur schwer anhaltend zu gewährleisten und bindet einen Helfer durchgehend. Ein Beispiel für ein miniaturisiertes, und batteriebetriebenes Beatmungsgerät ist das SAVe

Abb. 3.11 Pocket BVM. (Foto: S. Schöndube)

Abb. 3.12 Medizingeräte im Größenvergleich. Links oben: EMMA-Notfallkapnometer. Links unten: Nonin-Fingerpulsoxymeter Onyx. Rechts oben: SAVe Raumluftbeatmungsgerät (batteriebetrieben). (Foto: Dr. C. Neitzel)

(Simplified Automated Ventilator) (Abb. 3.12) der Fa. AutoMedx. Es wird bei einer festeingestellten Atemfrequenz von 10 Atemzügen pro Minute und einem Atemzugvolumen von ca. 600 ml mit Umgebungsluft betrieben. Bei Bedarf kann Sauerstoff mittels Zuleitung angeschlossen werden. Das SAVe kann ca. 5 Stunden stromunabhängig betrieben werden.

3.4 Thoraxverletzungen

3.4.1 Okklusivverbände (»chest seals«)

Es ist eine breite Palette an kommerziell angebotenen luftdichten Verbänden verfügbar. »Chest seals« sollen penetrierende Verletzungen im Thoraxbereich luftdicht verschließen (▶ Kap. 9) Selbsthaftende Wundverbände haben sich gegenüber

Plastikfolie (z. B. einer Verpackung, die mit Tape befestigt wird) als vorteilhaft erwiesen, da deren Haftung auf einem potenziell kaltschweißigen, blutverschmierten Brustkorb erschwert ist. Jedoch ist auch diese »einfache« Methode im Ernstfall gerade im Hinblick auf Gewichtsersparnis, Preis und Nutzen eine, wenn auch mit Nachteilen verbundene Alternative. Ggf. kann eine sich lösende Folie mit einem zirkulären Verband fixiert werden. Im Wesentlichen unterscheiden sich die Verbände durch eingearbeitete Ventile, die bei einem intrathorakalen Druckanstieg ein selbstständiges Entlüften oder evtl. auch das Abfließen von Blut gewährleisten sollen. Generell wird mittlerweile in den US-amerikanischen Leitlinien aus grundsätzlichen Erwägungen die Verwendung eines Verbandes mit Ventil empfohlen [5], auch wenn nie von der sicheren Funktion eines Ventils ausgegangen werden sollte.

Bei allen Produkten sollte es vermieden werden, sie gefaltet zu verpacken, da an diesen Stellen die Haftung beeinträchtigt werden kann.

Der folgende Abschnitt beschränkt sich auf Artikel, die ihre Brauchbarkeit [6, 7] mehrfach unter Beweis gestellt haben und bereits CE-zertifiziert sind.

Zu den **Okklusivverbänden mit Ventil** gehören:

- Das **Asherman Chest Seal** (ACS) von Rüsch verfügt über ein Flatterventil. Es haftet häufig nicht zuverlässig auf feuchter Haut und hat daher an Stellenwert verloren.
- Beim **Bolin Chest Seal** (BCS) von H&H Associates sind drei kleinere Ventile eingebaut. Es haftet ebenfalls unter schwierigen Bedingungen häufig nicht ausreichend zuverlässig.
- Das **SAM Chest Seal with Valve** von SAM Medical haftet auch unter schwierigen Bedingungen. Markierungsstreifen sind gut mit einem Nachtsichtgerät sichtbar, was die Handhabung in Dunkelheit wesentlich erleichtert. Es ist auch ohne Ventil erhältlich (SAM Chest Seal), wobei beide aufgrund ihrer Größe von 15×20 cm eher schwierig zu verstauen sind.
- Das **Russel Chest Seal** der Prometheus Medical LTD ist ein »chest seal«, welches an jeder Ecke eine Ventilöffnung zur Entlüftung und ggf. zum Abfließen von Blut hat.

Abb. 3.13a,b Okklusivverbände. **a** SAM Chest Seal. **b** HALO Chest Seal. (Fotos: S. Schöndube)

Im zentralen Bereich ist es durchsichtig gehalten und gewährleistet einen freien Blick auf die darunterliegende Wunde. Das »chest seal« hat eine Größe von 15×20 cm, wird aber gefaltet geliefert, so dass die Verpackung nur 13×15 cm groß ist.

Okklusivverbände ohne Ventil sind:

- Das **HALO Chest Seal** der Fa. PMI wird mit zwei Exemplaren in einer Verpackung geliefert. Es haftet auch bei kaltschweißiger Haut vergleichsweise gut und hat ebenfalls eine Größe von 15×20 cm mit den entsprechenden Vor- und Nachteilen. Es ist keine Kompresse zum Trockenwischen des Klebebereiches beigelegt.
- Das **HyFin Chest Seal** der Fa. North American Rescue klebt ebenfalls sehr gut und ist mittlerweile auch in einer Version mit Ventil (HyFin Vent) sowie einer extra großen Version zur Abdeckung multipler thorakaler Splitterverletzungen (HyFin Xtreme) erhältlich.

3.4.2 Entlastungspunktion

Ein Spannungspneumothorax muss als lebensrettende Maßnahme umgehend entlastet werden. Die Entlastungspunktion ist aufgrund ihrer Einfachheit und Effektivität die Therapie der Wahl. Grundsätzlich wird sie mittels einer **großlumigen Venenverweilkanüle** (mindestens 14 G) durchgeführt. Insbesondere für die Punktion nach Monaldi, im 2. ICR in der Medioklavikularlinie, kann bei gut trainierter Brustmuskulatur die Nadellänge einer herkömmlichen 14-G-Venenverweilkanüle nicht mehr ausreichend sein. Daher gibt es von mehreren Herstellern Produkte mit einer mehr als 5 cm langen Nadel, die außerdem meist sehr robust verpackt sind. Ein Beispiel ist die CE-zertifizierte Angiocath-Nadel von BD (Abb. 3.14).

Im Notfall kann eine evtl. beidseitig notwendige Punktion ausnahmsweise auch mit einer Nadel durchgeführt werden.

Im Sinne des Patienten sollte bei ausreichender Zeit sowohl ein Desinfektionsmittel als auch ein Lokalanästhetikum verwendet werden.

Tipp

Als Hilfe hat sich, insbesondere bei Umgebungsgeräuschen eine halb mit Wasser gefüllte 10-ml-Spritze, deren Stempel entfernt wurde, bewährt. Bei erfolgreicher Punktion wird so die entweichende Luft visualisiert.

3.4.3 Thoraxdrainage

Für die Anlage einer Thoraxdrainage, im taktischen Umfeld, sind verschiedene Punkte näher zu betrachten:

- Die zur Verfügung stehende Zeit
- Steriles Arbeitsfeld
- Reicht ggf. eine Entlastungspunktion bis bessere Umgebungsbedingungen vorliegen?
- örtliche Betäubung

Da es sich um einen sterilen Eingriff handelt, sollten entsprechende Utensilien wie sterile Handschuhe, Desinfektionsmittel, evtl. ein Abdecktuch verfügbar sein. Als Minimum werden weiterhin folgende Materialien benötigt:

- Lokalanästhetikum
- Skalpell
- Kelly-Klemme, gebogen
- Tubus
- Ventil z. B. Heimlich
- Nadel und Faden (2-0)
- Kompressen
- Verbandtape

Abb. 3.14 Entlastungspunktionsnadeln. Von oben nach unten: ARS von NARescue (10 oder 14 g, 81 mm), Angiocath von BD (14 g, 83 mm). Venenverweilkanüle 14 g, 50 mm. (Foto: S. Schöndube)

Selbstverständlich gibt es fertige Kits, da diese aber hauptsächlich für den Klinikgebrach bzw. Rettungsdienst bestimmt sind, sind sie insbesondere aufgrund der Packungsgröße für den taktischen Bereich nicht geeignet. Als eine der wenigen Ausnahmen können Pleuracan von B. Braun oder Portex von Smith Medical genannt werden. Beide Sets sind klein und stabil verpackt. Als Nachteil muss aber das geringe Tubuslumen (2,7 mm) beim Pleuracan erwähnt werden.

3.5 Kreislaufmanagement

Obwohl die hypotensive Flüssigkeitstherapie an Bedeutung gewonnen hat, kann auch weiterhin nicht auf periphere Venenzugänge verzichtet werden. Zunehmend wird jedoch hinterfragt, ob bei jedem Venenzugang auch zwangsläufig eine Infusion angeschlossen werden muss. Als Alternative kann ein Mandrin oder Heparin- bzw. »Saline«

Lock verwendet werden. Diese werden am Ende einer Flexüle, anstelle des Infusionsschlauches, angeschlossen und verhindern, dass der Zugang durch koaguliertes Blut verlegt wird. Der Mandrin blockiert dann allerdings die Möglichkeit der Medikamentengabe über den Port der Flexüle.

Für den Fall dass, aufgrund der Verletzungen oder im manifesten Schock, kein Venenzugang möglich ist, gibt es die Möglichkeit des **intraossären (i.o.) Zuganges**. Auch der Zeitdruck bei der Patientenversorgung in einer taktischen Situation und unzureichende Übung in der Anlage eines i.v. Zuganges kann bei zwingender Notwendigkeit für eine Volumensubstitution (▶ Kap. 9) ein ausreichendes Argument für die Anlage eines i.o. Zuganges sein. Mit dem **EZ-IO-** und dem **F.A.S.T.-1-System** sind zwei gute Varianten verfügbar. Die **B.I.G.** Bone Injektion Gun wird aufgrund einer höheren Fehlerrate zunehmend weniger verwendet.

Tipp

Durch i.o. Zugänge können sowohl Medikamente als auch Volumenersatzmittel infundiert werden. Es werden dabei Durchflussraten vergleichsweise einer 18-G-Venenverweilkanüle erreicht.

3.5.1 F.A.S.T.

Das für den intraossären Zugang am Sternum vorgesehene System F.A.S.T.-1 (»First Access for Shock and Trauma«) der Fa. Pyng Medical bietet sich besonders für den taktischen Gebrauch an. Da Extremitäten häufig verwundet und daher für die i.o.-Anlage nicht genutzt werden können, Verwundungen im Sternumbereich aber seltener bzw. meist unmittelbar tödlich sind, ist das F.A.S.T.-System in den meisten Fällen gut geeignet. Die Anlage von Infusionen am Körperstamm vereinfacht das Patienten-Handling (weniger Hängenbleiben mit Infusionsschläuchen etc.). Außerdem kann man den Zugang auch bei einem zur Hypothermieprophylaxe eingepackten Patienten gut anwenden und anschließend kontrollieren. Durch Druck wird eine Stahlkanüle, an der ein kurzer Schlauch befestigt ist,

Abb. 3.15 Erfolgreich platziertes F.A.S.T.-System. Der Plastikdom schützt die Punktionsstelle vor Verschmutzung, ermöglicht aber dennoch eine Sichtkontrolle. Wichtig ist die Anbringung eines Dreiwegehahns, damit Medikamente zugespritzt werden können. (Foto: Dr. C. Neitzel)

in das Mark des Manubrium sterni eingebracht. Beim Zurückziehen des Griffes bleibt ein ca. 8 cm langer Verbindungsschlauch, dieser wird nach dem Spülen mit dem Infusionsschlauch verbunden. Pyng Medical hat Anwenderprobleme, wie das schräge Aufsetzen des Handgriffes und die dadurch – bewusst – blockierte Auslösung, aufgegriffen und mit dem **F.A.S.T. Responder** eine Neuentwicklung im Angebot. Hier wird ein Abstandshalter am Verletzten aufgeklebt, der als Führungshilfe dient und das Verkanten verhindern soll (Abb. 3.15).

3.5.2 EZ-IO

Einfach in der Anwendung ist auch das **EZ-IO**, ein Produkt der Fa. Vidacare. Bei diesem Zugangssystem wird eine besondere, schneidende i.o. Nadel mittels einer elektrischen Hilfe zur Einbringung (vergleichbar einem Akkuschrauber) schnell und sicher im Knochenmark platziert. Nachdem der richtige Ort zur Anlage des Zugangs bestimmt wurde, handelt es sich bei dieser Methode um ein schnelles Verfahren. Alternativ können die Nadeln mittels eines optionalen Handgriffes auch per Hand ins Knochenmark eingedreht werden. Die typischen Punktionsorte liegen am proximalen Schienbein oder Oberarmkopf. Aufgrund des größeren Packmaßes und Gewichtes ist die Mitführen am

Mann eher problematisch, jedoch eignet sich das EZ-IO-System hervorragend für Backup-Bags oder zur Mitführung in Fahrzeugen. Angeboten werden auch manuelle Sets (u. a. auch für die Sternalpunktion), die klein, leicht und energieunabhängig sind.

3.6 Wärmeerhalt

Die Tatsache, dass die Abnahme der Körperkerntemperatur sich negativ auf die Gerinnung und demnach nachteilig für das Verletztenoutcome auswirkt, hat dazu geführt, dass der Wärmeerhalt in der präklinischen Versorgung an Bedeutung gewonnen hat. Bei zunehmend längeren Evakuierungszeiten wird dieser Punkt In Zukunft noch wichtiger werden. Deshalb sollte während der Behandlung frühestmöglich mit einem passiven Wärmeerhalt begonnen werden. Ein geeignetes Mittel dafür kann die Rettungsdecke sein, die nicht nur für Einsätze in kalten Umgebungen unbedingt Bestandteil des IFAK sein sollte.

Abb. 3.16a,b Wärmeschutz. **a** APLS Thermal Guard, der seitliche Zugang zum Verletzten wird durch Klett verschlossen. **b** Ready-Heat (40×45 cm) mit 4 Wärmelementen. (Fotos: S. Schöndube)

Blizzard Die Fa. Blizzard hat sich auf die Herstellung von passiven Wärmedecken, bestehend aus **Reflexcell**, spezialisiert. Reflexcell ist eine Entwicklung, die bestehend aus einer äußeren und inneren, robusten Lage reflektierendem Materiales, welches durch Luftkammern voneinander getrennt, die Körperwärme gut hält. Es gibt Varianten als Decke, Schlafsack, in Form einer Weste in unterschiedlichen Farben und ist komprimiert verpackt, eine gute Ergänzung der Ausrüstung.

APLS-Trage Von APLS (Absorbant Patient Litter System; Abb. 3.16a) gibt es eine ganze Bandbreite von guten Lösungsvorschlägen für den passiven Wärmeerhalt. Die APLS Thermal Guard ist eine Trage, die in Schlafsackform passiv die Wärme hält. Der Zugang zum Patienten erfolgt über seitliche Einschübe, die mit Klett geschlossen gehalten werden. An der Oberseite befindet sich ein Klarsichtfach, für die Aufnahme von z. B. einer Verwundeten-Karte oder Spritzen. Das Innenmaterial ist saugfähig und kann 4,5 l Flüssigkeit aufnehmen. Als Besonderheit gibt es auch eine Trage für Diensthunde, mit den gleichen Eigenschaften.

Ready-Heat Für den aktiven Wärmeerhalt haben sich die Ready-Heat-Produkte bewährt. Die Ready-Heat (Abb. 3.16b) entwickelt bei Kontakt mit der Umgebungsluft, nach 15–20 min, Temperaturen, von ca. 37–40 °C (modellabhängig) und hält diese für ca. 8 h. Da die Wärmepads über die Umgebungsluft aktiviert werden, kommt es bei Verändern des Umgebungsdruckes (z. B. im Gebirge) zu Einschränkungen in der Temperaturentwicklung. Die Ready-Heat ist in verschiedenen Größen als Decke oder Weste erhältlich.

Tipp

Des Öfteren wurden die Wärmepads durch den Transport ungewollt aktiviert. Deshalb hat sich das 4-Fach-Panel bewährt. Es deckt den Torso ab und ist klein im Packmaß, so dass mehrere Ready-Heat Exemplare mitgeführt werden können.

In Verbindung mit einer Blizzard oder APLS kann die Wärme des Verletzten, auch bei sehr tiefen Temperaturen, sehr gut gehalten werden.

3.7 Immobilisation

Die Limitierung des verfügbaren Transportraumes in den meisten taktischen Einsätzen lässt nur wenig Ausrüstung zu. Deshalb hat die Immobilisation aufgrund des nur eingeschränkt zur Verfügung stehenden Materials und einer unterschiedlichen Bedrohungslage häufig einen geringeren Stellenwert als sonst in der Notfallmedizin. Besonders die Wirbelsäulenimmobilisierung ist in vielen Fällen nicht analog zu zivilen Leitlinien durchführbar und hat außerdem bei penetrierendem Trauma einen untergeordneten Stellenwert (▶ Kap. 9).

3.7.1 Extremitätenimmobilisation

Für die Extremitätenimmobilisierung haben sich im taktischen Bereich **SAM-Splints** als Standard etabliert, ähnliche Modelle sind auch in gedeckten Farben erhältlich. Sie können außerdem als improvisierte Halskrause oder zum Stabilisieren und ringförmigen Umpolstern von penetrierenden Fremdkörpern verwendet werden.

Zur Immobilisation des Oberschenkels wurde die **OTD-Schiene** (Optimum Traction Device) entwickelt (früher »Kendrick-TD«). Die Indikation für die Anwendung sind Frakturen des mittleren und proximalen (Konstruktionstyp-abhängig, im Falle von OTD und CT-6 möglich) Drittels. Ein instabiles Becken sowie Frakturen des distalen Drittels (Abkippen des Fragmentes nach dorsal) sind Kontraindikationen für die Anwendung. Mit der OTD wird der gebrochene Oberschenkel mit achsengerechtem Zug gestreckt und dadurch der Muskelspasmus durchbrochen, dem Verletzten werden Schmerzen genommen und unter Umständen Blutverluste verringert sowie die Durchblutung wiederhergestellt. Da der Zugmechanismus aus Plastik besteht, ist Vorsicht ist beim Spannen angebracht. Es sind eine militärische und eine zivile Version erhältlich, die sich nur in der Farbgebung unterscheiden. Die OTD wiegt 560 g.

Fare Tech Incorporation hat mit der **CT 6** ein ähnliches Modell im Angebot, das sich auf den ersten Blick nur durch das Zugsystem unterscheidet. Während bei der OTD der Zug über Schnallen aufgebaut und gehalten wird, wird der Zug bei der CT 6 über ein Rollensystem und damit dosierter aufgebaut. Außerdem sind alle Teile bereits im verpackten Zustand unmittelbar miteinander verbunden. Darüber hinaus ist das Gestänge aus Karbon, dadurch wiegt die Schiene weniger als 500 g.

3.7.2 Beckenstabilisierung

Zum Stabilisieren des Beckens wird ein Beckenverband oder auch eine Beckenschlinge verwendet. Behelfsmäßig kann hier eine Rettungsdecke oder die »blizzard blanket«, in Verbindung mit einem Knebel, eingesetzt werden. Sowohl die **SamSling** als auch die **T-Pod** von Pyng sind für die Indikation »instabiles Becken« entwickelt. Während bei der SamSling ein Schnallenverschluss zur Anwendung kommt, wird die T-Pod über ein Zugsystem fixiert. Beide Systeme bieten eine präzise Stabilisierung und sind einfach anzuwenden. Wenn sie aufgrund Platzmangels nicht mitgeführt werden können, kann eine improvisierte Beckenstabilisierung z. B. mit der Rettungsdecke erfolgen (▶ Kap. 9).

3.7.3 HWS-Immobilisation

Auch wenn der Nutzen einer Fixierung der Halswirbelsäule bei Schussverletzungen nicht bewiesen ist, kann bei Sprengverletzungen die HWS durch die tertiäre Phase in Mitleidenschaft gezogen werden. Deshalb sollte der Anwender sich Gedanken über HWS-Probleme als Begleitverletzung gemacht haben. Die NeXsplint-Plus-Halskrause ist komplett faltbar und bietet im angelegten Zustand eine sehr gute Fixierung der HWS (◘ Abb. 3.17). Die Militärversion hat ein zusätzliches Kopfpolster, dieses soll die Höhe der angelegten Schutzweste bei der Fixierung, beispielsweise auf einem Spineboard, ausgleichen.

3.7.4 Wirbelsäulenstabilisierung

Die für den Rettungsdienst bewährte Vakuummatratze ist für den Einsatz im taktischen Umfeld wenig geeignet. Aufgrund von Größe und Gewicht fällt die Entscheidung zwischen Nutzen und Aufwand zu Ungunsten der Vakuummatratze aus.

Abb. 3.17a,b NeXsplint Plus Military. **a** Klein, flach gefaltet. **b** Im Einsatz, die Stabilisierung der HWS bis in die BWS. (Fotos: G. Wiechmann)

Dagegen sind **Spineboards** weit verbreitet. Sie bieten zwar, im Vergleich zur Vakuummatratze, eine geringere Immobilisierung, sind jedoch leicht, robust und können an Fahrzeugaußenseiten, für alle gut sichtbar, angebracht werden. Die Fixierung des Verletzten erfolgt mithilfe einer Gurtspinne. Für die Kopffixierung wird ein Headblock eingesetzt.

Da es sich um eine harte Unterlage handelt, sollte bei längerer Evakuierungszeit (bereits ab etwa einer Stunde) die Gefahr von Druckulcera berücksichtigt werden.

Um ein Spineboard über längere Strecken mitzuführen, gibt es mit dem **Ultra-Space Sav**, ein Board, welches in der Mitte geklappt werden kann. Somit ist es nur noch 100 cm lang. Verpackt im Tragerucksack kann es bequem zum Einsatzort getragen werden. Allerdings ist sie im gefalteten Zustand durch die Scharnierkonstruktion über 10 cm dick.

Weitere **Trage-** und **Rettungsmittel** werden ausführlich im ▶ Kap. 5 dargestellt.

3.8 Monitoring

Für die längerfristige Betreuung von Verletzten ist ein Monitoring mit Geräten unerlässlich. Es kann z. B. der Blutdruck palpatorisch aufgrund der Lokalisation geschätzt werden, jedoch reicht diese Methode für eine präzise Überwachung nicht aus, dafür bedarf es mindestens einer Blutdruckmanschette. Die Oxygenierung kann nur mit Geräten bestimmt werden. Aus unterschiedlichen Gründen hat auch in der Medizintechnik die Miniaturisierung Einzug gehalten.

3.8.1 Pulsoxymetrie

Die Sauerstoffsättigung gibt an, wie viel Prozent des gesamten Hämoglobins im Blut mit Sauerstoff beladen ist [5]. Dadurch erlaubt sie Aussagen über die Suffizienz der Atmung bzw. Beatmung. In der präklinischen Notfallmedizin hat sich seit vielen Jahren die nichtinvasive, photometrische Messung mittels Pulsoxymeter etabliert.

Für eine Vielzahl dieser Geräte stehen unterschiedliche Typen zur Verfügung. Für den Bereich der taktischen Notfallmedizin muss besonderer Wert gelegt werden auf

- eine kompakte Gerätegröße,
- Sensorsysteme, die trotz Manipulation der Messanordnung wie Bewegung möglichst stabil am Messort (Finger, Ohrläppchen etc.) halten.

Nicht alle erhältlichen Geräte erfüllen diese Bedingungen. Gerade die zuverlässige Messgenauigkeit ist bei kleiner Größe oftmals nicht gegeben. Noch stärker schränkt sich der Kreis der verwendbaren Produkte ein, wenn bestimmte Anforderungen an die Sensoren gestellt werden. Grundsätzlich sind hier zwei Arten erhältlich: Sensoren, die sich direkt im (Mini-)Pulsoxymeter befinden (Abb. 3.12) und solchen, die mit dem Gerät mittels Kabel verbunden werden (in diesem Falle zur Befestigung mittels Klemm-, Stülp- oder Klebesensor). Bei der Beschaffung muss sehr genau differenziert werden, welche Anforderungen an das Gerät und den Sensortyp gestellt werden.

Bei allen Geräten zur photometrischen Messung der Sauerstoffsättigung muss dem Anwender

klar sein, dass es Grenzen der Pulsoxymetrie gibt und daher die Aussagen der Messung über eine Atmungs- oder Beatmungsqualität aufgrund des Verfahrens erschwert oder verfälscht werden können. So beeinflussen folgende Faktoren die Messung [6]:

- Hypothermie
- Hypotension
- Kompression der Arterien
- Bewegungsartefakte

Ferner führt die erhöhte Konzentration von CO-Hb, wie sie nicht nur bei starken Rauchern, sondern auch bei CO-Vergiftungen vorkommen kann, zu verfälscht hohen Werten. Erwähnenswert an dieser Stelle ist aber der Nutzen, besonders dann, wenn die Geräte klein genug sind, um am Mann mitgeführt zu werden, denn trotz oben erwähnter Fehlerquellen stellen sie einen guten Indikator zur Überwachung der (Be-)Atmung und – mit Einschränkungen – auch der Kreislaufsituation dar.

3.8.2 Kapnometer

Um frühzeitig erkennen zu können, ob ein Endotrachealtubus eine Fehllage aufweist, verlegt oder diskonnektiert ist, ob Leckagen im Schlauchsystem vorliegen und ob die Beatmung ausreichend ist, werden präklinisch Kapnometer eingesetzt. Beim hier betrachteten taktischen Einsatzbereich muss auch bei diesen Geräten besonders auf Kompaktheit und einfache Bedienbarkeit geachtet werden. Zwei diesen Anforderungen entsprechende Kapnometer werden im Folgenden beschrieben:

- Der **Easy Cap II** der Fa. Nellcor ist ein kompaktes, qualitativ darstellendes System zum einmaligen Gebrauch über mehrere Stunden. Es handelt sich um ein Einmalprodukt, das zwischen Tubus und Beatmungsbeutel konnektiert wird. Es zeigt bei jeder Ausatmung einen Farbumschlag, der grob den CO_2-Gehalt der Ausatemluft anzeigt (Einteilung: <4 mmHg, 4–15 mmHg, 15–38 mmHg).
- Ein quantitatives Messergebnis, bei kleinsten Abmessungen liefert das **EMMA-Notfallkapnometer** der Fa. Phasein (Abb. 3.12). Bei nur 60 g Gewicht bietet das Gerät selbst verstellbare Alarmgrenzen, eine je nach Geräteversion in kPa oder mmHg wählbare Anzeige und große Robustheit. Es ist damit ein optimales Kapnometer für den taktischen Einsatz, was sich allerdings auch auf den Preis auswirkt.

3.8.3 Erweitertes Monitoring

Ist eine komplette Überwachung gewünscht oder notwendig z. B. als Begleitperson für eine VIP auf Auslandsreise, wird kein Weg an einem Monitor vorbeiführen. Der **Argus Pro LifeCare** von Schiller ist ein Beispiel für einen vollwertigen Patientenmonitor mit Defibrillator bei einer kompakten Bauweise (260×265×145 mm) und einem Gewicht von 4,4 kg.

Der **ProPaq LT** von Welch Allyn wiederum ist ein noch kleinerer (152×193×145 mm), leistungsfähiger, stromunabhängiger und trotzdem vollwertiger Überwachungsmonitor. Er ist leichter (750 g) als der Schiller, verfügt jedoch nicht über eine Defibrillatorfunktion.

Ein Ausblick in die Zukunft könnte das **Mini-Medic-System** von Athena GTX sein. Es handelt sich um eine drahtlose Patienten-Überwachung. Der Medic empfängt Signale von bis zu 10 Patienteneinheiten, die auf der Stirn angebracht werden und zusätzlich von 3 EKG Elektroden. Der Empfänger hat die Möglichkeit, die Vitalparameter wie HF, Temperatur, SpO_2, Pulsrate und die »puls wave transit time« (entspricht den diastolischen Blutdruck) zu überwachen. Die Empfängereinheit wertet die empfangenen Daten aus und gibt Alarm bei Veränderungen im Status des Patienten.

Für den **Transport** steht dem medizinischen Personal eine Vielzahl von Geräten zur Verfügung, nur gibt es wenige Systeme die bei großem Funktionsumfang noch ausreichend kompakt sind. Die moves portable ICU ist eine »mobile Intensivstation« mit einem integrierten Sauerstoffkonzentrator (der Sauerstoff der Umgebungsluft wird konzentriert und ein 85 % O_2-Gehalt garantiert). Die Einheit, ist aufgrund ihrer Größe und Möglichkeiten, für den Transport mit Fachpersonal geeignet.

Eine Möglichkeit, alle notwendigen Geräte zu kombinieren, zeigt Abb. 3.18. Der Koffer (Peli 1600) enthält eine Beatmungseinheit mit O_2-Flasche, Monitor und Absaugung. Kombiniert mit einer

Abb. 3.18 Mobile Überwachung mit Monitor, Beatmung und manueller Absaugung. (Foto: S. Schöndube)

Talon Trage ist dies eine improvisierte, aber praktikable Lösung für den mobilen Einsatz. Die Trage kann z. B. in einem größeren SUV provisorisch eingerüstet werden, als Überwachungseinheit kommt der Koffer zum Einsatz.

3.9 Rucksäcke und Taschen

Auf geeignete Transportbehältnisse für die notfallmedizinische Ausrüstung muss gerade beim Einsatz im taktischen Umfeld besonderes Augenmerk gelegt werden. Die Anforderungen sind natürlich je nach Einsatzzweck unterschiedlich, jedoch können einige allgemeine Anforderungen formuliert werden:

- Hohe Stabilität der verwendeten Textilien und Gurte
- Hoher Tragekomfort bei möglichst geringem Eigengewicht und möglichst geringen Außenabmessungen
- Modularer Aufbau, d. h. für bestimmte Einsatzanlässe müssen nur wenige Fächer geöffnet werden, z. B.:
  - Das Versorgungsmaterial für die »hot zone« wird in einem leicht zugänglichem Außenfach vorgehalten.
  - Außen am Rucksack können entsprechende Taschen angebracht werden (z. B. mittels MOLLE-System).
- Unterteilbare oder gekoppelte Rucksacksysteme (s. u.), um zusätzliche Ausrüstung unterzubringen (z. B. Wetterschutz, Munition, Verpflegung etc.)

Abb. 3.19 Tasche zur Aufnahme der persönlichen Sanitätsausstattung des Soldaten. Die abgebildete Tasche LT012-VT von Lindnerhof Taktik kann mittels MOLLE-Schlaufen an der Ausrüstung (z. B. Schutzweste, Gürtel) befestigt werden. Das Innenteil lässt sich zur Arbeit am Patienten einfach herausziehen. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Sollen Rucksäcke in Verbindung mit Schutzwesten höherer Schutzstufen getragen werden, kann in den meisten Fällen auf eine Polsterung verzichtet werden. Es hat sich bewährt, Klickverschlüsse im Schulterbereich der Schutzweste anzubringen, um ein Verheddern und Verhaken mit Rucksack- und Gewehrriemen weitestgehend zu verhindern. Der Rucksack lässt sich so mit einem am gekürzten Rucksackriemen angebrachten Gegenstück befestigen.

Die Größe des Behälters sollte dabei dem Versorgungsniveau angepasst sein. Die persönliche Sanitätsausstattung (PersSanAusst; engl: »individual first aid kit«, IFAK) dient primär der Versorgung bei eigener Verwundung. Sie kann in speziell konstruierten Taschen an Gürtel oder Schutzweste befestigt werden (Abb. 3.19) und ist so im Verwundungsfall schnell und leicht im Rahmen der Selbst- und Kameradenhilfe erreichbar.

Da das IFAK Teil der persönlichen Ausstattung ist, kann der Inhalt stark variieren. Er ist maßgeb-

Tab. 3.3 Ausstattungsumfang persönliche Sanitätsausstattung (»individual first aid kit«, IFAK)

Anwendungsgebiet	Minimalansatz IFAK	Erweiterter Ansatz IFAK
Eigenschutz	Medizinische Handschuhe	Medizinische Handschuhe; FFP-Mundschutz
Blutungskontrolle	Tourniquet, Druckverband	Tourniquet, Druckverband, Hämostyptika, Kerlix
A-Problem	Wendl-Tubus Ch. 28	Wendl-Tubus Ch. 28; Notfallbeatmungstuch
B-Problem	Chest Seal	Chest Seal, 14-G-Kanüle
C-Problem		Weiteres Verbandmaterial (z. B. Brandwunde); Infusionsbesteck, -nadel und -lösung
H – Hypothermieprophylaxe	Rettungsdecke	Mehrere Rettungsdecken, chemische »Heater«
Sonstiges		Kleiderschere oder »rescue hook« bzw. Gurtschneider, Pflastersortiment, Antibiose, Schmerzmedikation, (Trink-)Elektrolytlösung, Sicherheitsnadeln, Tape, Hautstift, Verwundetenkarte, Tragetuch

lich vom Ausbildungsstand der Anwender und dem Aufbau der Rettungskette abhängig. So gilt es z. B. zu bedenken, ob jedes Teammitglied eine Entlastungsnadel für die Thoraxpunktion mit sich führt oder ob darin ausgebildete Medics bzw. Rettungsdienstpersonal ausreichend schnell nachgeführt werden können bzw. kurze Evakuierungszeiten bzw. Transportwege bestehen. Bei militärischen Einsätzen hingegen ist das Mitführen einer umfangreicheren, persönlichen Ausstattung zwingende Voraussetzung für eine zeitgerechte Versorgung. Die Auswahl der Produkte kann je nach Einsatzgrundsätzen variieren. Kommt es zu einem Einsatz in Zivil, verbieten sich Produkte mit militärischer bzw. sperriger Verpackung. Die Wahl des Tourniquets ist ein Beispiel für diese Problematik: C.A.T. oder SOFTT-W bieten zwar eine höhere Anwendersicherheit als das SWAT-Tourniquet bzw. verursachen dem Patienten im Vergleich zum NATO-Tourniquet weniger Schmerzen bei der Anlage, sind aber möglicherweise zu groß, als dass sie ein Personenschützer in der Hosentasche seines Anzuges mitführen kann.

Als Grundausstattung sollten die Bereiche des Eigenschutzes (Handschuhe), der Blutstillung, der Atemwegssicherung, des Wärmeerhaltes sowie das Verhindern ggf. Behandeln eines Spannungspneumothorax abgedeckt werden.

Das IFAK kann um sinnvolle Inhalte wie z. B. Erstantibiose und Schmerzmedikation (»combat pill pack«), Verwundetenkarte, Mittel zur Volumentherapie, Kleiderschere ergänzt werden (Tab. 3.3).

Im Optimalfall ist das IFAK für alle sichtbar gekennzeichnet und kann, um es ggf. einem Helfer zu übergeben, schnell von der Ausrüstung getrennt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, sich ein einheitsinternes IFAK zusammenzustellen, um es in passender Konfiguration, z. B. möglichst flach, einzuvakuumieren. Dies hat den Vorteil, dass es auf die Bedürfnisse der Einheit (verfügbare Taschen an der Ausrüstung oder in der Einsatzuniform) besser zugeschnitten ist und es darüber hinaus vor Staub und Feuchtigkeit geschützt wird (z. B. kann sich in einem unverpackten Wendl-Tubus Sand und Staub anlagern, welcher dann beim Einatmen erst einmal mehr Probleme als Nutzen bringt).

Für den First Responder bzw. Ersthelfer ist es wichtig, den Auftrag auszuwerten, um daraus die notwendigen Schlüsse für die mitzuführende Ausrüstung zu ziehen. Handelt es sich beispielsweise um eine Polizeilage mit kurzen Wegen oder einen längeren Anmarsch, ist der Einsatz im urbanen, ländlichen oder gar im gebirgsähnlichen Umfeld, ist nach dem Verlassen des Fahrzeuges ausreichend Zeit, um einen Rucksack aufzusetzen oder sollte er flach genug sein, um ihn bereits aufzuhaben etc. Unerfahrene neigen dazu, zu viel Material mitzuführen. Der Notfallrucksack sollte aber nicht mehr als 15 kg Mehrgewicht zur Folge haben bzw. muss

Abb. 3.20 Battle Belt: Abwurfsack, Kampfmitteltasche, Holster und Taschen für A-, B-, C-Probleme. (Foto: S. Schöndube)

Abb. 3.21 Die »First Responder« (LT070) von Lindnerhof Taktik kann mittels eines Hüftgurts getragen werden und verfügt über Schlaufen zur geordneten Aufnahme von Material. Beim häufigen Wechsel zwischen aufgesessenen und abgesessenen Vorgehen, kann sie jedoch aufgrund der relativen Tiefe hinderlich sein. (Foto: S. Schöndube)

auch an das aus Einsatzgründen bereits zwingend mitzuführende sonstige Material angepasst werden. Bei Bedarf muss Zusatzmaterial auf das Einsatzelement aufgeteilt werden, wofür sich z. B. der Wärmeerhalt oder auch der Volumenersatz anbieten.

Als praktikabel hat sich für eine erweiterte Ausstattung eine Hüfttasche (Abb. 3.20 und Abb. 3.21) erwiesen, aus der das A, B, C abgearbeitet werden kann. Darauf aufbauend hat sich eine Kombination von mindestens 2 Rucksackgrößen bewährt (Abb. 3.22). Der kleinere für kurze Wege, wie z. B. bei einer Fahrzeuglage. Hier kann bei Bedarf schnell Material aus den parkenden Fahrzeugen nachgeführt werden. Der Größere für abgesetzte Einsätze mit verlängerter Evakuierungszeit und genügend Stauraum, um dem Träger die Möglich-

Abb. 3.22a,b Rucksäcke. **a** Kleiner Rucksack, hier M9 zusätzlich mit Poc-Kit-Trage an der Unterseite. **b** Großer Rucksack, hier Mystery Ranch, gut zu erkennen die A-, B-, C-Taschen unterhalb vom Rucksack und an der linken Seite. (Fotos: S. Schöndube)

Abb. 3.23 Für über die Erstversorgung hinausgehende notfallmedizinische Maßnahmen wird mehr Platz benötigt, wie ihn beispielsweise gekoppelte Rucksacklösungen, z. B. der »First Responder Move on« von Tasmanian Tiger, bieten. Der kleinere Rucksackteil lässt sich dabei auch als »Assault Medic Bag« einsetzen, wodurch das System eine hohe Flexibilität aufweist. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Tatonka)

keit zum Mitführen von Verpflegung/Wasser und ggf. einer Jacke zu ermöglichen.

Tasmanian Tiger hat z. B. den **TT First Responder Move On** im Sortiment. Der Rucksack beinhaltet eine Kombination aus einem Basisrucksack und einem Assault Medic Bag. Beide lassen sich mit Hilfe eines Reißverschlusses miteinander verbinden oder jeder kann für sich getragen werden (Abb. 3.23). Ein ähnliches Konzept verfolgt das aus Kanada stammende Pack von CTOMS. Hier werden zwei getrennt voneinander nutzbare Packs mittels Reißverschluss und Clips miteinander verbunden.

Literatur

1. Gesetz über Medizinprodukte (Medizinproduktegesetz – MPG)
2. Richtlinie RICHTLINIE 93/42/EWG
3. Hauschild SW, Nöldge-Schomburg G, Hoitz J (2013) Blutstillung mittels Tourniquet in der präklinischen Notfallmedizin. Notfall Rettungsmed 16:291–304
4. Kragh JF Jr, Murphy C, Dubick MA, Baer DG, Johnson J, Blackbourne LH (2011) New tourniquet device concepts for battlefield hemorrhage control. US Army Med Dep J Apr-Jun: 38–48
5. Tactial Combat Casualty Care Guidelines 30.082013
6. Hauschild S (2010) Chest Seal Sweat Test. Vortrag während SOMA-Konferenz Tampa, USA 2010
7. Hauschild S (2011) Chest Seal Sweat Test. Vortrag während SOMA-Konferenz Tampa, USA 2011

Versorgungsebenen und Evakuierung von Verwundeten

J. Bickelmayer, S. Hauschild

4.1 Grundlagen und Ebenen der Versorgung – 54
4.1.1 Ebene 1/»ROLE 1« – 54
4.1.2 Ebene 2/»ROLE 2« – 57
4.1.3 Ebene 3/»ROLE 3« – 58
4.1.4 Ebene 4/»ROLE 4« – 58

4.2 Verwundetentransport – 58
4.2.1 Grundlagen des Verwundetentransports – 58
4.2.2 Bodengebundener Verwundetentransport – 60
4.2.3 Lufttransport des Verwundeten (»aeromedical evacuation«) – 60

4.3 MEDEVAC-Anforderung – 60

4.4 Koordinierung der »medical evacuation« – 62

4.5 Schlussbemerkung – 62

Literatur – 62

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_4, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

4.1 Grundlagen und Ebenen der Versorgung

In Krisen- und Kriegsgebieten herrschen in Bezug auf Infrastruktur, Telekommunikation und Bedrohungslage ungünstige Umgebungsbedingungen für die medizinische Versorgung von Patienten. Dementsprechend findet sich selten ein funktionsfähiges Gesundheitssystem, auf welches im Bedarfsfall zurückgegriffen werden kann (»host nation support«).

Andererseits kann zwar ein funktionsfähiges System verschiedener Versorgungseinrichtungen bestehen, aber der Zugriff darauf erschwert oder nur verzögert möglich sein. Daher sollte man grundsätzliche Kenntnisse über Lage und Fähigkeiten der Gesundheitseinrichtungen in seinem Einsatzraum besitzen. Die Staffelung der Rettungskette und Kenntnis über ihre zunehmenden Möglichkeiten oder Spezialisierung ihrer Elemente können bei der sinnvollen Entscheidung über ein Transportziel entscheidend sein (▶ Kap. 2.5). Selbst in Deutschland nimmt die Spezialisierung von Versorgungseinrichten zu und gerade in Klinikverbünden verengt sich das Spektrum zahlreicher regionaler Versorgungseinrichtungen zunehmend.

Tipp

Im Rettungsdienst werden i. d. R. diesbezüglich detaillierte Kenntnisse vorliegen, aber wenn man als Nutzer einer abgelegenen Schießbahn bei einem Zwischenfall möglicherweise einen selbstständigen Transport erwägt, wäre es hilfreich zu wissen, ob das nächstgelegene Kreiskrankenhaus überhaupt noch über eine vollwertige chirurgische Abteilung verfügt (und das 24 h) bzw. auf welche Fähigkeiten man achten sollte.

Hieraus resultiert die Notwendigkeit, vor Ort ein sanitätsdienstliches Versorgungssystem mit allen Gliedern der Rettungskette sowohl personell als auch materiell zu etablieren. Dieses muss in der Lage sein, die unmittelbare medizinische Versorgung autark zu gewährleisten. Innerhalb der NATO werden die verschiedenen Abschnitte der Versorgung in 4 Versorgungsebenen (»echelons of care« bzw. ROLE 1–4) eingeteilt, wobei die medizinische Versorgung am Ort der Verwundung beginnt und kontinuierlich bis zur vollständigen Wiederherstellung des Patienten durchgeführt wird. Dabei soll die medizinische Versorgung stets dem neuesten Stand der Wissenschaft entsprechen. Jede Ebene der Versorgung baut auf den Fähigkeiten der vorhergehenden auf und bietet außerdem jeweils ein erweitertes Leistungsspektrum. Im Rahmen der Patientenversorgung können einzelne Ebenen übersprungen werden (z. B. Transport eines Verwundeten mit FORWARDAIRMEDEVAC direkt zu einer ROLE 3).

In den letzten Jahren hat die Rolle des Ersthelfers im Rahmen der Selbst- und Kameradenhilfe zunehmend an Bedeutung gewonnen, da erkannt wurde, dass der Zeitpunkt des Behandlungsbeginns einen kritischen Faktor für das Überleben und Outcome darstellt.

Im folgenden Text soll die einsatzspezifische Rettungskette anhand der aktuellen medizinischen Versorgungsstrukturen und Vorgehensweise am Beispiel der Bundeswehr beschrieben werden (◘ Abb. 4.1).

4.1.1 Ebene 1/»ROLE 1«

Die erste Stufe der medizinischen Versorgung findet auf der Ebene der militärischen Einheit statt und entspricht der allgemeinen und notfallmedizinischen Erstversorgung durch unterschiedlich medizinisch ausgebildetes Personal, sowohl Sanitätspersonal als auch Nichtsanitätspersonal, mit jeweils unterschiedlichem Materialansatz. Die Elemente können sowohl beweglich als auch stationär eingesetzt sein.

Nichtsanitätspersonal

- Einsatzersthelfer A (EHA)
- Einsatzersthelfer B (EHB)
- »Combat First Responder A, B, C« (CFR-A, B, C)
- Sanitätsspezialisten der Spezialkräfte (18D)

Operative Gegebenheiten im Einsatz haben es in den letzten Jahren erforderlich gemacht, dass Soldaten der kämpfenden Truppe (Kombattanten) als Nichtsanitätspersonal in erweiterter Selbst- und

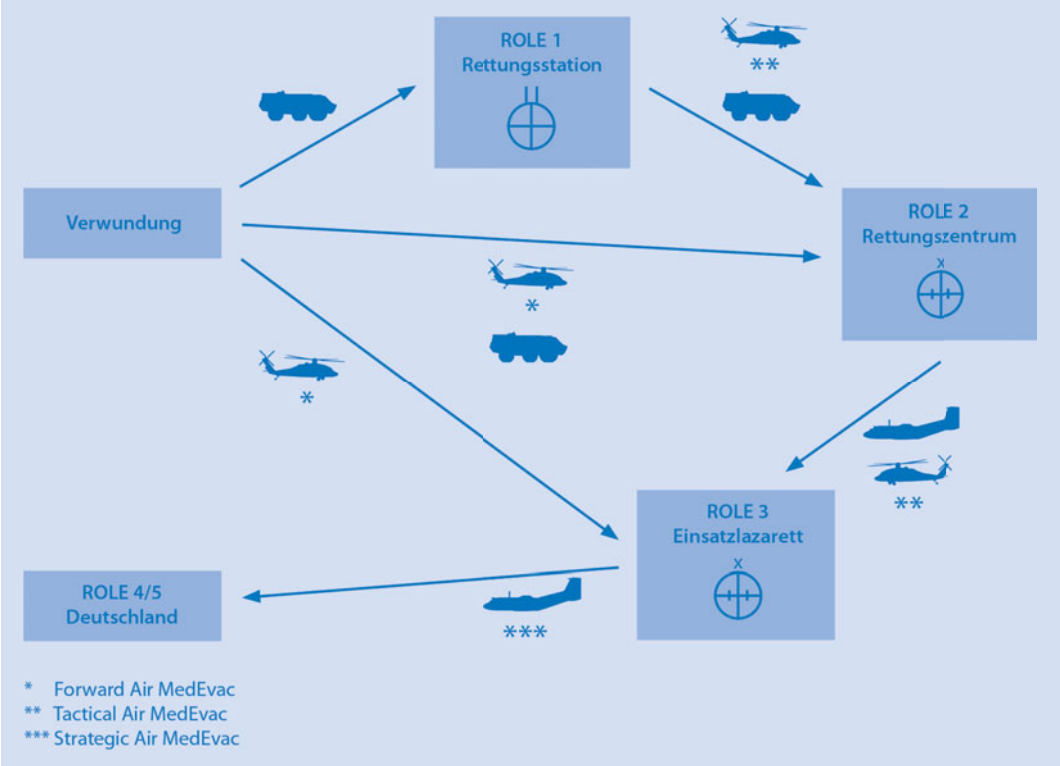


Abb. 4.1 Schematische Darstellung der militärischen Rettungskette. Je nach den örtlichen Gegebenheiten und der Lage können Abweichungen in Aufbau oder Ablauf vorkommen

Kameradenhilfe ausgebildet werden. Diese können am Ort der Verwundung (»Point of Injury« – POI) innerhalb der ersten Minuten eine erste medizinische Versorgung vornehmen, die unter den Bedingungen des laufenden Gefechts häufig primär nicht durch Sanitätspersonal geleistet werden kann. Um die erforderliche Qualität der Erstmaßnahmen durch nichtsanitätsdienstliches Personal zu gewährleisten, wurde das Ausbildungskonzept der Einsatzersthelfer A und B für die konventionellen Einheiten der Bundeswehr geschaffen. Die Fähigkeiten und Befugnisse, die im Rahmen dieser Ausbildung medizinischen Laien vermittelt werden, sollen das Überleben der Patienten sichern. Damit sollen die Einsatzersthelfer das Sanitätspersonal ergänzen und nicht ersetzen. Dieses Konzept trägt der Tatsache Rechnung, dass mittlerweile nicht mehr alle Kleinsteinheiten durch BAT (Bewegliche Arzttrupps) oder Rettungstrupps (RettTrp) begleitet werden können oder aber deren Einsatz bei manchen Operationen der Spezialkräfte nicht primär vorgesehen ist.

Die Einsatzersthelferausbildung ist eine Ausbildung in taktischer Verwundetenversorgung (TCCC – »Tactical Combat Casualty Care«) und orientiert sich an den Algorithmen des PHTLS (»Prehospital Trauma Life Support«) unter besonderer Berücksichtigung der taktischen Lage. Ziel ist es, die vermeidbaren Todesursachen im Einsatz (Verbluten an Extremitätenwunden, Spannungspneumothorax und Atemwegsverlegung) zu erkennen und schnellstmöglich suffizient zu behandeln.

Einsatzersthelfer A

Einsatzersthelfer A werden so ausgebildet, dass sie Maßnahmen der Ersten Hilfe durchführen können. Besondere Bedeutung kommt hier vor allem der raschen Blutstillung zu. Daher enthält die persönliche Sanitätsausstattung im Einsatz entsprechende Medizinprodukte wie Tourniquets und Hämostyp-

tika (▶ Kap. 3.2). Darüber hinaus werden die Einsatzersthelfer A zur Gabe von Schmerzmitteln mittels Autoinjektoren und zur Herstellung der Transportfähigkeit von Verwundeten ausgebildet. Mittlerweile wird **jeder** Soldat zu einem EHA im Rahmen der Grundausbildung qualifiziert.

Einsatzersthelfer B

Einen Schritt weiter geht der Einsatzersthelfer B: Besonders ausgewählte Soldaten der Teilstreitkräfte erhalten eine erweiterte sanitätsdienstliche Ausbildung, die sie befähigt, lebensrettende Sofortmaßnahmen oberhalb der Selbst- und Kameradenhilfe im Rahmen der Notkompetenz im Einsatz durchzuführen. Hierunter fallen zusätzlich zu den Befugnissen eines EHA:

- Behandlung eines Spannungspneumothorax durch Nadeldekompression
- Anlegen von chest seals bei penetrierendem Thoraxtrauma
- Kontrolle des Atemwegs mittels »Chin-lift/Jaw-thrust-Manöver« und Nasopharyngealtubus
- Anlegen eines i.v. Zuganges (ggf. i.o.)
- Gabe von Vollelektrolytlösungen

Combat First Responder

Die Soldaten der spezialisierten Kräfte und Spezialkräfte werden dagegen zu sog. »Combat First Respondern« (CFR) ausgebildet.

Hierdurch sind sie je nach Ausbildungsstufe (A bzw. B) befähigt, erweiterte Maßnahmen im Rahmen der Notkompetenz bis hin zur i.v. Analgosedierung, Etablieren eines definitiven Atemweges ohne Muskelrelaxanzien und Gabe weiterer festgelegter Notfallmedikamente sowie ggf. anderen invasiver Maßnahmen durchzuführen. Die CFR C der Spezialkräfte erhalten zudem eine Ausbildung zum Rettungssanitäter. Unterstützung erhalten die o. g. Kräfte im Verlauf – wann immer möglich – durch den Sanitätsdienst (RettTrp und/oder BAT).

Die lehrgangsgebundene Ausbildung von Kombattanten zu Sanitätsspezialisten hat die Rettungskette revolutioniert und maßgeblich dazu beigetragen, dass einerseits verwundete Kameraden schneller bestmöglich versorgt werden. Andererseits ist die Bedeutung der taktischen Einsatzmedizin auch im Vorfeld eines Auftrages mehr ins Bewusstsein gerückt.

Die Ausrüstung ist lage- und auftragsbezogen primär taktischer Natur, medizinisches Material und Equipment wird je nach Ausbildungsstand in zusätzlichen Packgefäßen bzw. Rucksäcken mitgeführt (▶ Kap. 3).

Sanitätspersonal

- Einsatzsanitäter (Rettungssanitäter mit Zusatzausbildung)
- Einsatzrettungsassistent (Rettungsassistent mit Zusatzausbildung)
- BAT-Arzt (beweglicher Arzttrupp; Fachkunde Rettungsmedizin, Zusatzausbildung)
- LBAT-Arzt (luftbeweglicher Arzttrupp; Fachkunde Rettungsmedizin, Zusatzausbildung, SpezlOP)

Der **Rettungstrupp** (RettTrp) besteht personell aus

- zwei Rettungsassistenten und
- ein bis zwei Militärkraftfahrern, die häufig eine Ausbildung zum Einsatzsanitäter erhalten haben.

Da spezielle Fahrzeuge genutzt werden (Wolf MSA, Duro III/YAK, EAGLE 4, TPZ Fuchs 1 A 7/1 A 8), ist ein geschützter Verwundetentransport nach der Initialversorgung möglich, wobei sich bisher aus Erfahrungswerten heraus vornehmlich der TPz in Hochrisikoeinsätzen bewährt hat. Je nach Geländebeschaffenheit und Auftragslage können zusätzlich der Wiesel 2 San und der Hägglund BV 206 S eingesetzt werden. Der RettTrp wird in die Kampftruppe eingegliedert und versorgt häufig als erstes Element des Sanitätsdienstes verletzte oder verwundete Soldaten.

Der Rettungstrupp kann auch abgesessen zum Einsatz kommen. Hierbei werden meistens leichte Notfallrucksäcke mitgeführt. Der abgesessene Einsatz ist besonders dann von Vorteil, wenn im Rahmen eines Auftrages die Transportmittel aufgrund der Auftragslage (geräuschlose Annäherung, schwieriges Gelände) nicht nah genug an der zu versorgenden Truppe positioniert werden können. Bei Gefechtshandlungen hoher Intensität sind zudem meist auch die Sanitätsspezialisten der Truppe mit anderweitigen Aufgaben betraut und können sich nicht immer primär der Verwundetenversorgung zuwenden.

Die hier eingesetzten Rettungsassistenten müssen zusätzlich zu ihrer notfallmedizinischen Expertise über eine fundierte militärische Ausbildung sowie eine hohe physische und psychische Belastbarkeit verfügen.

Es kann eine erweiterte Notkompetenz zuerkannt werden, die durch den leitenden Sanitätsoffizier im Einsatz (LSO i.E.) auf Antrag festgelegt und erteilt wird. Die erweiterte Notkompetenz im Einsatz hat sich in den letzten Jahren bewährt.

Der **Bewegliche Arzttrupp (BAT)** besteht personell aus:

- einem Arzt mit der Fachkunde Rettungsmedizin bzw. der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin
- ein bis zwei (LBAT) Rettungsassistenten und
- ein bis zwei Kraftfahrern mit der Ausbildung zum Einsatzsanitäter.

Die eingesetzten Fahrzeuge entsprechen denen des Rettungstrupps. Die materielle Ausstattung entspricht in etwa einem NAW/NEF in Deutschland. Der BAT kann ebenso wie der Rettungstrupp in die Elemente der Kampftruppe eingegliedert werden. Die Anforderungen an die militärische Ausbildung und die körperliche und psychische Belastbarkeit der Besatzung sind dieselben wie die an den Rettungstrupp. Der Arzt ist als Sanitätsstabsoffizier zudem Berater der Truppe in sanitätsdienstlichen Angelegenheiten und Fachvorgesetzter aller Soldaten vor Ort. Als sog. »Medical Incident Officer« (MIO) übernimmt er bei einem MASCAL (»mass casualty«, Massenanfall von Verwundeten) die fachliche Führung aller an der Verwundetenversorgung beteiligten Soldaten sowie die Triage und plant den Verwundetentransport in enger Absprache mit dem taktischen Führer vor Ort. Dabei setzt er sein Personal sach- und fachgerecht ein und kann Maßnahmen an Rettungsassistenten oder anderes Hilfspersonal delegieren.

Die Möglichkeiten der notfallmedizinischen Versorgung durch den BAT umfassen das volle Spektrum der Notfallmedizin, wobei jedoch bestimmte materielle Ressourcen (z. B. Sauerstoff) begrenzt sind und der Umfang der medizinischen Maßnahmen durch die taktische Lage häufig eingeschränkt wird.

Sanitätseinrichtungen im Feld

In einigen Lagen kann eine Rettungsstation MSE (MSE = modulare Sanitätseinrichtung) geschützt (Containermodul) auf dem Landweg oder eine Luftlanderettungsstation (LSE-gestütztes Zeltsystem mit Luftkammerschienen, LSE = luftbewegliche Sanitätseinrichtung) per Lufttransport in den Einsatzraum verbracht werden. Beide verfügen über mindestens zwei Notfallbehandlungsplätze, darunter zwei mit Beatmungsmöglichkeit. Sie dienen der sanitätsdienstlichen Schwerpunktbildung und der Wiederherstellung oder dem Erhalt der Transportfähigkeit sowie dem Zeitgewinn bei verlängerten Evakuierungszeiten und sind auch (LLRS) per Lufttransport verlegbar. Sie benötigen immer eine zusätzliche Schutzkomponente zur Sicherung.

Die Luftlanderettungstation Spezialeinsatz (LLRS SpezEins) nimmt in Zukunft mit der Fähigkeit der DCS (»damage control surgery«) eine Zwischenstellung zwischen der Ebene 1 und der Ebene 2 ein.

4.1.2 Ebene 2/»ROLE 2«

- Rettungszentrum (RZ) und Rettungszentrum leicht (RZ le)
- Luftlanderettungszentrum (LLRZ) und Luftlanderettungszentrum leicht (LLRZ le)
- Marineeinsatzrettungszentrum (MERZ)

Die Einrichtungen der Ebene 2 werden in einem gesicherten militärischen Bereich, einem Camp, einer Einsatzbasis oder einem PRT (»provincial reconstruction team«) vorgehalten. Sie können aber auch im Vorfeld einer militärischen Operation land- oder luftbeweglich (LLRZ, LLRZ le) in eine FOB (»Forward Operating Base«) verbracht werden und dort, teilweise gegen Splitterwirkung und wenig gegen Steilfeuerbeschuss gesichert, betrieben werden. Die zeltgestützten luftbeweglichen Sanitätseinrichtungen sind schnell verlegbar und kommen insbesondere bei Operationen mit geringem Vorlauf (z. B. Evakuierungsoperationen) oder zu Beginn eines längerfristigen Einsatzes zur Anwendung. Bei einer zu erwartenden Einsatzdauer von mehr als einem Jahr werden die Behandlungseinrichtungen häufig in fester Infrastruktur eingerichtet. Maritime Ein-

satzverbände haben die Option, Marineeinsatzrettungszentren (MERZ) containergestützt an Bord von Einsatzgruppenversorgern (EGV) zu betreiben.

Die Einrichtungen der Behandlungsebene 2 verfügen über die Fähigkeit einer ersten notfallchirurgischen Versorgung im Sinne einer »damage control surgery«. Zur Ausstattung gehören eine Notaufnahme inklusive Schockräumen, Operationssälen, Intensivbehandlungsplätze mit Beatmungsmöglichkeit, Bettenstation, Röntgen, Labor, eine Apotheke sowie ein begrenztes Kontingent an Blut- und Gerinnungsprodukten. Dem Schockraummanagement kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Es werden immer mindestens ein chirurgisches und ein anästhesiologisches Team (Facharzt und Assistenzpersonal) vorgehalten.

Aus logistischen Gründen muss stets an eine schnellstmögliche Weiterverlegung der Patienten gedacht werden, um die Aufnahmefähigkeit dieser Einheit zu erhalten.

Diese Einheit kann auf dem Landweg und durch die Luft (meistens durch Hubschrauber) erreicht werden. Bei maritimen Einheiten (MERZ) erfolgt der Transport ggf. über den Seeweg, wobei aufgrund des kritischen Zeitmoments beim Notfallpatienten stets der Lufttransport vorgezogen werden sollte.

4.1.3 Ebene 3/»ROLE 3«

Einsatzlazarette bilden im NATO-Standard die 3. Versorgungsebene. Je nach Einsatz kann die Leistungsfähigkeit in einzelnen Teilbereichen das Niveau einer Universitätsklinik haben, während andere Fachbereiche ggf. überhaupt nicht abgebildet werden. Im Vergleich zur Ebene 2 sind neben Anästhesie und Chirurgie auch andere Fachdisziplinen wie z. B. Neurochirurgie, Radiologie, Augenheilkunde, Urologie, Innere Medizin, HNO, Dermatologie und Labormedizin vertreten. Ferner werden erweiterte diagnostische Möglichkeiten (CT) und eine größere Infrastruktur mit erhöhten intensivmedizinischen und Operationskapazitäten vorgehalten.

Die Ebene 3 wird meistens im Rahmen des entlastenden Verwundetentransports von der Ebene 2 oder direkt von der Ebene 1 aus angeflogen. Letzteres ist besonders bei TBI (»traumatic brain injury«) in Erwägung zu ziehen. Die Entscheidung über das einzusetzende Rettungsmittel und die aufnehmende Versorgungseinrichtung trifft die PECC (»patient evacuation coordination cell«, Rettungsleitstelle).

4.1.4 Ebene 4/»ROLE 4«

Die definitive operative Versorgung bzw. Weiterbehandlung des Patienten und danach die Rehabilitation erfolgt in den Fachabteilungen deutscher Bundeswehrkrankenhäuser. Bei Bedarf werden auch zivile Krankenhäuser der Schwerpunkt- und Maximalversorgung genutzt.

4.2 Verwundetentransport

4.2.1 Grundlagen des Verwundetentransports

Der qualifizierte Verwundetentransport sowohl vom Ort der Verwundung als auch zwischen den Behandlungseinrichtungen ist das Bindeglied, welches die Kontinuität im Gesamtsystem der sanitätsdienstlichen Versorgung sicherstellt. Ziel ist es, jeden Verwundeten zu jeder Tageszeit, bei jedem Wetter und aus jeder Region evakuieren zu können. Die mobilen **präklinischen Anteile**, Rettungstrupps und Bewegliche Arzttrupps, sind mit Fahrzeugen ausgestattet, welche die Faktoren Schutz, Mobilität und sanitätsdienstliche Funktionalität in Einklang bringen. Der bodengebundene Verwundetentransport (GROUNDMEDEVAC) wird auch zukünftig unverzichtbarer Bestandteil der Rettungskette bleiben.

Die Erfahrungen in Afghanistan haben erneut die herausragende Bedeutung des **Lufttransports** (AIRMEDEVAC) mit Hubschraubern und anderen Luftfahrzeugen für den Verwundetentransport verdeutlicht. Sowohl aufgrund der Dislozierung von Truppenteilen in ausgedehnten Einsatzräumen als auch aufgrund der Anforderungen an einen dem Verletzungsmuster angepassten Transport kann der zeitgerechte, qualifizierte Transport von verwundeten Soldaten nicht immer bodengebunden erfolgen.

Einsatzland- und lagebezogen ist auch der Verwundetentransport auf dem Wasserwege möglich.

Je nach Einsatz sowie personeller und materieller Ausstattung der Transportmittel wird zwischen folgenden Begrifflichkeiten unterschieden:

- **CASEVAC (»Casualty Evacuation«):** Evakuierung eines Verwundeten mit einem Transportmittel, welches nicht speziell für den Transport von Verletzten/Verwundeten oder Erkrankten vorgesehen und ausgerüstet ist. Dementsprechend befindet sich weder medizinisches Gerät noch medizinisches Personal an Bord. Das bedeutet, dass bei einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes des Patienten keine Behandlung erfolgen kann und sich damit das Outcome verschlechtert. Angemerkt sei jedoch, dass bei CASEVAC eine Begleitung des Patienten durch einen Soldaten mit erweiterter Sanitätsausbildung erfolgen kann und sollte. Während des Transports übernimmt dieser die Versorgung des Patienten mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln. Da es mittlerweile ein definiertes Ziel innerhalb der NATO ist (STANAG 3204), jedem Verwundeten unverzüglich eine kontinuierliche und bestmögliche medizinische Versorgung durch qualifiziertes Personal zukommen zu lassen, spielt das CASEVAC-Konzept heutzutage im Einsatz, auch bei Operationen der Spezialkräfte, so gut wie keine Rolle mehr.
- **MEDEVAC (»Medical Evacuation«):** Qualifizierter Verwundetentransport vom Ort der Verwundung zu einer medizinischen Versorgungseinrichtung der Ebene 2 oder 3 mit einem speziell für diesen Zweck mit medizinischem Material und Personal ausgestattetem Transportmittel zu Wasser, zu Lande oder durch die Luft. Während des Transports erfolgt die weitere Behandlung des Patienten durch sanitätsdienstliches Personal, wobei der Umfang der Versorgung von der jeweiligen Qualifikation abhängig ist (»flight medic«, Paramedic, Rettungsassistent, Arzt).
- CASEVAC und MEDEVAC werden unter dem Begriff **TACEVAC** (»Tactical Evacuation«) zusammengefasst.

Die Evakuierung von Verwundeten (»medical evacuation«) kann grundsätzlich in folgende drei Formen unterteilt werden:

Forward Medical Evacuation

Transport des Verwundeten vom Ort der Verwundung zur ersten notfallchirurgischen Behandlung in Versorgungseinrichtungen der Ebenen 1+ bis 3. Zum Einsatz kommen bodengebundene Fahrzeuge (Rettungstrupp, Beweglicher Arzttrupp), Wasserfahrzeuge oder Luftfahrzeuge (forward AIRMEDEVAC), wobei heutzutage ausschließlich Hubschrauber eingesetzt werden.

Im Auslandseinsatz der Bundeswehr sind eigens für den MEDEVAC-Einsatz vorgehaltene und ausgerüstete Hubschrauber (CH-53) verfügbar. Besonders jedoch hat sich die enge Zusammenarbeit mit den US-amerikanischen MEDEVAC-Einheiten (UH-60/HH-60) bewährt und die Transportzeiten haben sich unter Nutzung eingerichteter Hubschrauberlandezonen (HLZ/HLS = »heli landing site«) erheblich verkürzt.

Intra-Theatre Tactical Medical Evacuation

Patiententransport von einer Behandlungseinrichtung zur anderen innerhalb der »joint operations area« (JOA). Zum Einsatz kommen bodengebundene Fahrzeuge (RettTrp, BAT) oder Luftfahrzeuge (TACAIRMEDEVAC), wobei sowohl Hubschrauber als auch Flugzeuge eingesetzt werden können. Typischerweise erfolgt der Transport aufgrund des kritischen Zeitfaktors auf dem Luftweg, um z. B. einen stabilisierten Patienten zur weiteren medizinischen Versorgung in eine Behandlungseinheit der höheren Ebene (häufig Ebene 3) zu verbringen. Hierbei hat sich gezeigt, dass die Patienten so früh wie möglich und spätestens in dieser Evakuierungsphase aufgrund der häufig erforderlichen intensivmedizinischen Behandlung der Verwundeten arztbegleitet transportiert werden sollten.

Strategic Medical Evacuation

Repatriierung bzw. Transport von Patienten von einer Behandlungseinrichtung im Einsatzgebiet zur weiterführenden medizinischen Versorgung in eine medizinische Behandlungseinrichtung (meistens Ebene 4) außerhalb der JOA. Der Transport erfolgt immer auf dem Luftweg. Die eingesetzten Luftfahr-

zeuge (Airbus A310 + A319, Transall C-160, Challenger CL 601) werden speziell mit Patiententransporteinheiten (PTE) ausgerüstet, welche eine intensivmedizinische Überwachung und Versorgung während des Transports ermöglichen. Personell werden hierfür spezielle Teams eingesetzt, die immer aus einem Arzt und Assistenzpersonal bestehen (US: CCATT – »Critical Care Air Transport Teams«).

4.2.2 Bodengebundener Verwundetentransport

Unter qualifiziertem Verwundetentransport versteht man den Abtransport des anbehandelten Patienten mit Fachpersonal (Rettungsmediziner und/oder Rettungsassistent) in einem eigens für den Verwundetentransport vorgesehenen und ausgerüsteten Transportmittel. Es kommen speziell konfigurierte Fahrzeuge in den Varianten Rettungstrupp (entspricht einem zivilen RTW – Rettungswagen) und BAT (entspricht einem zivilen NAW – Notarztwagen) zum Einsatz. Die Fahrzeuge sind geländegängig und verfügen über eine Zusatzpanzerung zum Schutz vor Splitterwirkung und Handwaffenbeschuss sowie spezielle Vorrichtungen wie Kommunikations- und Navigationsmittel sowie eine Bewaffnung zum Eigenschutz.

4.2.3 Lufttransport des Verwundeten (»aeromedical evacuation«)

Unter »aeromedical evacuation« versteht man den Verwundetentransport mit Drehflüglern (»rotary wing« = Hubschraubern, z. B. CH-47, CH-53, UH-60, HH-60) und Starrflüglern (»fixed wing« = Flugzeuge, z. B. C-160/C130).

Die Unterteilung der »aeromedical evacuation« erfolgt analog zur o. g. Einteilung der »medical evacuation«, allerdings wird das Kürzel »Air« bzw. »Aero« in den Begriff bzw. in die Abkürzung ein- oder hinzugefügt.

Der Lufttransport zeichnet sich gegenüber dem bodengebundenen Transport durch einige **Besonderheiten** aus: Auf der einen Seite profitiert der Verwundete von dem schnellen und erschütterungsfreien Transport in eine medizinische Versorgungseinrichtung, auf der anderen Seite geht der Lufttransport durch seine Eigenheiten (Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks und des Luftdrucks mit zunehmender Flughöhe, Lärmbelastung mit Einschränkungen in Bezug auf Diagnostik und Kommunikation, Kinetosen durch Flugmanöver) mit nicht unerheblichem Stress für den Patienten einher. Bestimmte (relative) Kontraindikationen für den Lufttransport in größerer Höhe ohne Druckausgleich in der Kabine müssen vor Transportbeginn ausgeschlossen worden sein (penetrierende Augenverletzungen, nicht entlasteter Spannungspneumothorax, schwere respiratorische Insuffizienz, Luftembolie, Dekompressionskrankheit) (ausführlich ▶ Kap. 34). Da die Einsatzhöhe der eingesetzten Helikopter eher niedrig ist, fallen hier diese Besonderheiten der Flugmedizin nicht so sehr ins Gewicht.

4.3 MEDEVAC-Anforderung

Um eine Notfallmeldung abzusetzen bzw. MEDEVAC anzufordern, haben sich zwei Schemata NATO-weit durchgesetzt. Da das METHANE-Schema einer militärischen Lagemeldung entspricht, soll an dieser Stelle nur auf den 9-Line MEDEVAC Request eingegangen werden. Dieses Meldeschema wird durch den militärischen Führer vor Ort an das »Tactical Operations Center« (TOC) abgesetzt, von hier aus wird es an die PECC weitergeleitet. Hierzu holt dieser alle notwendigen medizinischen Informationen vom MIO bzw. dem medizinischen Führer vor Ort ein und lässt sich fachlich beraten. Der 9-Line MEDEVAC Request ist innerhalb der NATO durch ein Standardization Agreement (STANAG) einheitlich festgelegt.

9-Liner

Die Form des »9-Liners« ermöglicht eine strukturierte Abfrage und komprimierte Übertragung relevanter Informationen. Der Funkspruch »[…] Line 3: Alpha 2, Charlie 5 […]« teilt dem Empfänger z. B. mit, dass 2 Schwerverwundete und 5 Leichtverwundete zu evakuieren sind. Auch mit geringen Englischkenntnissen ist so eine qualifizierte Übertragung von Informationen möglich.

Tab. 4.1 Emergency Air MEDEVAC Request – »9-Liner«. (Nach NATO STANAG 2087 Ed. 6, Feb 09 [1])

1	Koordinaten der Landezone	Location (Grid of pickup zone)	
2	Rufzeichen, Frequenz	(Callsign & Freq)	
3	Anzahl/Dringlichkeit der Patienten (»number of patients/precedence«)	A B C	Urgent/Dringend (90 min): P1 Priority/Priorität (4 h): P2 Routine/Routine (24 h): P3
4	Spezielle Ausrüstung benötigt (»special equipment required«)	A B C D	None/keine Hoist/Winde Extrication/z. B. Bergegerät Ventilator/Beatmungsgerät etc.
5	Anzahl der Patienten nach Typ (»number of patients by type«)	L A E	Litter/liegend Ambulatory/gehfähig Escorts (e.g. for child)/Begleitung
6	Sicherheit der Landezone (»security at pickup zone, PZ«)	N P E X	No Enemy/feindfrei im Gebiet Possible/Möglichkeit von Feindkräften Enemy in area/Feindkräfte im Gebiet Hot PZ/heiße Landezone → bewaffnete Eskorte nötig
7	Markierung der LZ (»PZ marking method«)	A B C D E	Panels/Sichtzeichen Pyro/Pyrotechnik Smoke/**Rauch** None/**Kein** Other (explain)/andere (Erklärung)
8	Patientenzahl nach Nationalität und Status (»number of patients by nationality and status«)	A B C D E F	Coalition Military Civilian with Coalition Forces Non-Coalition Security Forces Non-Coalition Civilian« Op-Forces/POW Child
9	Gelände/Hindernisse Landezone (»PZ terrain/obstacles«)		Länge, Breite Hindernisse Hilfsziele/Anflugrichtung
Start MEDEVAC nicht verzögern – detaillierte Informationen (MIST) nachmelden. Gezielte Anforderung, wenn wichtiges SanMat vom MedEvac mitgebracht werden soll.			
M	Verletzungsmechanismus/Zeit (»mechanism/time of injury«)		
I	Verletzung/Erkrankung (»injury or illness sustained«)		
S	Symptome/Vitalfunktionen (»symptoms and vital signs«)	S A B C D E	Symptoms Airway Breathing rate Pulse rate Consciousness Other signs
T	Therapie (»treatment given«)		

4.4 Koordinierung der »medical evacuation«

Die Verantwortung für die Rettungskette und den Aufbau der Transportorganisation hat stets die Person, die die höchste medizinische und medizinisch-taktische Qualifikation vor Ort innehat (Master Medic, Rettungsassistent, wenn vor Ort dann immer der Arzt Rettungsmedizin) und/oder der im Gefechtsstand (TOC) befindliche Sanitätsstabsoffizier Arzt (der über Fernmeldemittel mit ROLE-1-Kräften vor Ort und ROLE-2-Personal in direkter Verbindung steht; Auskünfte über Art und Schwere der Verwundungen, Zahl der Verwundeten, empfohlene Transportreihenfolge).

Der medizintaktische Führer muss alle verfügbaren Kräfte, das Personal und Material, deren Standort und die verfügbaren Verwundetentransportmittel kennen. Das beinhaltet auch die Teilnahme am Mission Planning und allen Befehlsausgaben.

Die Festlegung der weiteren Transportreihenfolge und die Art der Evakuierung/der eingesetzten Rettungsmittel erfolgt dann nach Weitergabe aller wesentlichen Informationen durch die PECC.

Die medizinische Planung, Organisation und Durchführung sämtlicher Maßnahmen muss Hand in Hand mit der Planung der Evakuierung und dem Initialisieren der Rettungskette einhergehen (▶ Kap. 2).

Beides ist nicht voneinander zu trennen, da es ansonsten zu Informationsverlust, Zeitverzug und somit zu Fehlentscheidungen oder Verzögerungen kommen kann, die von großer Tragweite für das Outcome der Patienten sein können.

Bei größeren militärischen Operationen findet die medizinische Evakuierung zwingend in der Operationsplanung Berücksichtigung.

An dieser Stelle sei bemerkt, wie wichtig eine gute Dokumentation (wenn dafür taktisch Zeit ist) und auch die Weitergabe der benötigten Informationen ist, um in der ROLE 2/3 entsprechende Vorbereitungen zu treffen bzw. schon vor Sichtung der Verwundeten vermutliche Behandlungsprioritäten und dafür benötigtes Personal und Material vorzuplanen. Das dient der schnelleren und effizienteren Weiterbehandlung der Verwundeten und beeinflusst so maßgeblich das letztendliche Resultat für die Patienten.

4.5 Schlussbemerkung

Die Außenwirkung, die von einer funktionierenden Rettungskette mit suffizienter Verwundetenversorgung ausgeht, ist außerordentlich wichtig für die Moral der Truppe. Das Vertrauen in die eigenen Helfer, Sanitäter und Ärzte sollte, wenn möglich, bereits in einer gemeinsamen, einsatzvorbereitenden Ausbildung geschaffen werden.

Literatur

1. NATO Standardization Agency, Military Committee Air Standardization Board (MCASB) (2008) STANAG 2087 Medical Employment of Air Transport in the Forward Area. Edn 6 dated 30 Oct 08
2. NATO STANAG 3204: Aeromedical Evacuation 1st Publication Date: Jul 15, 1999
3. NATO (2007) MC 326/2 NATO Principles and Policies of Operational Medical Support
4. NATO (1999) MC 326/1 NATO Medical Support Principles and Policies
5. NATO (März 2006) ALLIED JOINT MEDICAL SUPPORT DOCTRINE AJP 4.10(A)
6. NATO (2009) ACO DIRECTIVE 83-1 Medical Support to Operations (Timelines)
7. Sanitätsamt der Bundeswehr (31.07.2006) Leitfaden Grundsätze für Führung und Einsatz des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (FüEinsGrdsSanDstBw)
8. NAEMT (Hrsg.) (2011) PHTLS: prehospital trauma life support, Military Version, 7th ed. Elsevier Mosby, Toronto
9. Butler FK, Jr., Hagmann J, Butler G (1996) Military Medicine, Vol. 161. Supplement 1

Rettung von Verwundeten

J. Vogt, S. Schöndube, K. Ladehof

5.1 Grundsätzliches – 64

5.2 Einteilung der Rettungsmittel – 65

5.2.1 Rettungsgriffe – 65

5.2.2 Hilfsmittel zur Rettung – 66

5.2.3 Behelfsmäßige Rettungsmittel – 68

5.2.4 Industriell gefertigte Rettungsmittel – 69

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_5, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

5.1 Grundsätzliches

Schon bei der Einsatzplanung müssen die zur Rettung von Verwundeten notwendigen Mittel konzeptionell berücksichtigt werden. Dies ist von großer Bedeutung, da eine Fehlauswahl später nicht mehr korrigiert werden kann und dies beim Transport für das taktische Element und den Verletzen erhebliche Folgen haben kann.

Der Planungsverantwortliche für den Bereich des Rettungsmittels sollte dabei folgende Faktoren berücksichtigen:

- Welches Evakuierungsmittel steht mir in welcher Phase des Einsatzes zur Verfügung?
- Ist mein Rettungsmittel mit der Evakuierungsplattform kompatibel, an die übergeben wird?
- Welche Geländeformen habe ich zu erwarten?
- Welche Witterung bzw. Jahreszeit herrscht im Einsatzgebiet?
- Welche Strecken muss ich zurücklegen?
- Benötige ich Zusatzausrüstung, z. B. Klettergerät?

Als Beispiel hierfür kann ein Einsatz im Dschungel dienen, bei dem sich das taktische Element auf einem Fluss annähert und sich dann durch dichten Bewuchs in mittelschwerem Gelände auf eine Höhe vorarbeiten muss. Die Kriterien für das ideale Rettungsmittel wären dabei »leicht und kompakt, vertikal rettungsfähig, hubschrauberzugelassen und ggf. sogar schwimmfähig« – also ein enormes Anforderungsprofil.

Weiterhin muss sich die Frage gestellt werden, in wie weit das Gewicht und Packmaß des gewählten Mittels den Einsatz beeinträchtigt. So kann ein Spezialeinsatzkommando aufgrund kürzerer Distanzen des Anmarsch- und Evakuierungsweges schwerere Mittel zum Einsatz bringen, als es bei militärischen oder Höhenrettungs- bzw. Bergrettungseinsätzen mit schwierigen Anmarschwegen über längere Strecken möglich ist. Hier wird man bei der Ausrüstung auf jedes Gramm und jeden Zentimeter an Packmaß achten müssen.

Auf dem Markt ist eine immer größer werdende Anzahl an **Rettungsmitteln** vorhanden. Wichtig ist dabei zu wissen, dass kein Rettungsmittel alle Einsatzszenarien abdeckt. Es bietet sich an, mehrere aufeinander abgestimmte Systeme anzuschaffen, die miteinander kompatibel sind, und aus diesen dann szenariospezifisch auszuwählen.

Bei der **Beschaffung** eines Systems sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Für welchen Einsatzzweck ist das System vorgesehen und zugelassen?
- Bis zu welchem Gewicht darf ich damit transportieren?
- Welche anderen Limitierungen hat es?
- Ist es für Einweg- oder Mehrfachnutzung zugelassen?
- Welchen Wartungs- und Ausbildungsaufwand hat es?
- Ist es kompatibel zu den Rettungsmitteln im Einsatzgebiet?
- Verfügt es über eine europäische Luftfahrtzulassung?
- Ist es für den vertikalen Einsatz (Seil/Winde) zugelassen?

Bei einem Rettungsmittel unterscheiden wir grundsätzlich vier **Einsatzkategorien** mit Unterteilungen:

- Horizontaler Schleifeinsatz
  - Untergrund: Sand, Wald, Stein, Beton, Schnee?
- Horizontaler Trageeinsatz
- Vertikaler Einsatz
  - Rettung Achse des Verletzten parallel zum Boden
  - Rettung Achse des Verletzten senkrecht zum Boden
- Luftfahrzeugeinsatz
  - Winchen (Abb. 5.1)
  - Langseilbergung

Weiterhin sollte ein Rettungsmittel auf seine Eigenschaften beim **Transport des Patienten** bewertet werden:

- Wie ist die Stabilisierung/Fixierung des Patienten?
- Welchen mechanischen Schutz bietet es beim Transport bzw. der Rettung?
- Schützt es vor der Witterung (Hypothermieprävention!)?

Wird ein Rettungsversuch unternommen, muss vor dem Verlassen der Deckung jedem Beteiligten das Vorgehen klar sein. Auch der Verwundete sollte per

Abb. 5.1 Aufwinchen eines Verletzten in UT-2000-Trage mittels Außenwinde der BELL UH-1D. Entscheidend ist es hier, neben dem Rettungsmittel unbedingt auch die erforderliche Antirotationsleine mitzuführen. (Foto: K. Ladehof)

Zuruf, Funk o. ä. informiert werden. Nicht unmittelbar an der Rettung beteiligte Elemente sollten diese mittels Deckungsfeuer unterstützen (»keine Bewegung ohne Feuer«) oder z. B. durch Präzisionsschützen überwachen lassen. Im polizeilichen Umfeld könnte z. B. auch ein Wasserwerfer ein geeignetes Mittel sein, um die rettenden Kräfte zu schützen. Die Koordination liegt dabei in den Händen des taktischen Führers vor Ort.

5.2 Einteilung der Rettungsmittel

Bei der Einteilung von Rettungsmitteln unterscheiden wir zwischen:

- Rettungsgriffen
- Hilfsmitteln zur Rettung
- Behelfsmäßigen Rettungsmitteln
- Industriell gefertigten Rettungsmitteln

Gerade in der Phase »Care under Fire« kommt dem einfachen Prinzip von »load and go« besondere Bedeutung zu. Die einfache und schnelle Methode wird hier zum Erfolg führen, da die Gefahrenzone schnellstmöglich verlassen werden muss.

5.2.1 Rettungsgriffe

Unter den »Rettungsgriffen« existiert eine Vielzahl praktikabler Ein- bis Mehrpersonentechniken (Tab. 5.1). Man muss jedoch beachten, dass nicht jede Technik in jeder Situation zum Erfolg führen wird. Wesentliche Faktoren zur Auswahl einer Technik sind:

- Anzahl der verfügbaren Retter
- Ermüdungszustand der Retter
- Welche Ausrüstung trägt der Verletzte bzw. der Retter
- Transportstrecke
- Zustand des Verwundeten und Gewicht

Ein Feuerwehrmann wird auch unter Atemschutz eine 80-jährige Frau eine Treppe heruntertragen können – im Gegensatz zu einem Soldaten, der bereits seit Tagen mit schwerem Gepäck marschiert ist und dann einen Verwundeten mit schwerer Schutzweste tragen soll.

Tipp

Im Rahmen von Übung und Ausbildung sollte man sich mit den unterschiedlichen Techniken vertraut machen. Hierbei muss unbedingt auf verschieden festen Untergründen, mit unterschiedlichen »Rüstzuständen« des Verletzten und Retters sowie unterschiedlicher, vorangegangener Belastung des Retters geübt werden.

Beim Verletzten wird dabei immer vom Zustand »bewusstlos« ausgegangen. Nur so kann dann in der Notsituation die richtige Technik verzugslos angewendet werden.

Jede Technik hat dabei ihre eigenen Vor- und Nachteile. Im Kern stehen sich dabei immer Ausweichgeschwindigkeit und Ansatz der Rettungskräfte gegenüber. Es kann zweckmäßig sein, im Rahmen der Ausweichbewegung aus dem Gefahrenbereich die Technik und den damit gebunden Kräfteansatz anzupassen. Beispielsweise wird ein unter Beschuss gekommener Trupp in der Phase CuF nur eine Technik wie »collar drag« oder »two man-drag« anwenden können, um Deckungsfeuer abgeben, sich dadurch überhaupt erfolgreich lösen und somit den Totalausfall des Trupps verhindern zu können. Wenn die Bedrohung nachlässt, bietet es sich an, eine kräfteschonendere Technik anzuwenden. Hierfür stehen dann auch oft weitere Kräfte zur Verfügung.

Tab. 5.1 Gängige Techniken zum Retten von Patienten aus Gefahrenbereichen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen

Rettungsgriff	Vorteile	Nachteile	Anmerkung
Rautek-Griff (»Rautek one-person drag«; Abb. 5.2a)	Einmanntechnik Gut für beengte Verhältnisse	Schwierig mit taktischer Ausrüstung Kraftraubend	Kann abgewandelt mit einem unter den Achseln hindurch geführten Tragerie-men o.ä. eingesetzt werden.
Schulter-/Gamstragegriff (»fireman's carry«; Abb. 5.2b)	Einmanntechnik Gewicht liegt vollständig auf der Schulter Hohe Geschwindigkeit (über kurze Entfernungen)	Aufnahme zeit- und kraftraubend Aufnahme mit taktischer Ausrüstung ohne Hilfe nahezu unmöglich Große Silhouette	Wenn möglich kurz Kräfte zusammenfassen, um den Vwu auf die Schultern des Trägers zu legen und diesem beim Aufstehen zu helfen
Kragenschleiftechnik (»collar drag«/»clothes drag«; Abb. 5.2c)	Einmanntechnik Sehr schnelle Anwendung Unabhängig vom Rüstzustand	Abhängig von Bodenbeschaffenheit Nur für sehr kurze Strecken (CuF)	Kann auch mit mehreren Personen angewendet werden, bzw. abgewandelt mit »drag strap«
SEAL-Team-3-Tragetechnik (»SEAL team 3 carry«; Abb. 5.2d)	Unabhängig Rüstzustand Kräfteschonend Schnell über lange Strecken	Bindet zwei Retter Nur wenn beide Arme unverletzt	Die innere Hand kann am Gürtel auf der Rückseite unterstützen Alternativ Vwu auf die inneren Armen der Helfer setzen (ggf. Nutzung Ringpolster)
Zweimanntragetechnik (»fore and aft carry«; Abb. 5.2e)	Unabhängig Rüstzustand Kräfteschonend Lange Strecken	Bindet zwei Retter Eher langsam	Kann auch mit weiteren Personen angewendet werden
Einmannstütztechnik »support carry«; Abb. 5.2f)	Einmanntechnik Schnelle Anwendung Retter noch bedingt für Nebenaufgaben einsetzbar (Funk etc.)	Verletzter muss bedingt gehfähig sein	Nur für Leichtverletzte anwendbar

5.2.2 Hilfsmittel zur Rettung

Mit Hilfe eines aus einem Dreiecktuch o. ä. hergestellten **Rings**, der von zwei Helfern mit je einer Hand gegriffen wird, können Verwundete gut getragen werden. Der Patient sitzt dabei auf dem Ring bzw. den Händen der Helfer. Bei diesem Griff kann sich ein Verwundeter bei Bewusstsein selbstständig an den Rettern festhalten, sodass diese jeweils eine Hand zur Nutzung einer Waffe oder zum Festhalten in schwierigerem Gelände frei haben.

In den Bereich der »Hilfsmittel zur Rettung« fallen auch all jene Ausrüstungsgegenstände, die eine Rettung in der ersten Phase schnell ermöglichen bzw. in späteren Phasen den Abtransport mit anderen Mitteln unterstützen.

Als Beispiel hierfür können die sog. »drag straps« und **Bandschlingen** genannt werden (Abb. 5.3). Diese Mittel sind meist aus Gurtband aus dem Klettersportbereich gefertigt und in vielen Variationen verfügbar. Die grundlegende Ausführung dafür ist immer eine »leinenartige« Verbindung vom Retter zum Patienten zur horizontalen Schleifrettung aus dem Gefahrenbereich. Durch die Verbindung erfolgt eine bessere Kraftübertragung und der Retter hat bei Bedarf beide Hände frei, ohne dass das Zugband auf den Boden fällt bzw. er dieses verliert (Einsatz bei eingeschränkter Sicht).

Außerdem kann eine Leine oder Bandschlinge einem Verletzten, der noch bei Bewusstsein ist, zugeworfen werden und er dann (mit ausreichenden Kräften, da die Reibung natürlich sehr hoch ist)

Abb. 5.2a–f Gängige Rettungstechniken. **a** Rautek-Griff. **b** Schulter-/Gamstragegriff. **c** Kragenschleiftechnik. **d** SEAL-Team-3-Tragetechnik. **e** Zweimanntragetechnik. **f** Einmannstütztechnik. (Fotos: S. Schöndube/K. Ladehof)

aus einer Deckung heraus in Sicherheit gezogen werden.

Tipp

Eine an der Weste befestigte und vorbereitete offene Bandschlinge mit der einer Länge von 3 m kann zusammen mit zwei HMS-Karabinern in der ersten kritischen Phase eine schnelle Rettung ermöglichen. Weiterhin ist sie multifunktional (z. B. zur Sicherung an einer Rückhalteleine im LFz oder einem Seilsteg) einsetzbar.

Die Möglichkeit einen Verwundeten mittels eines um seine Sprunggelenke gelegten und am Gürtel des Retters befestigten »drag strap« rückwärtsgehend aus dem Gefahrenbereich zu ziehen und dabei Deckungsfeuer zu schießen, funktioniert primär auf sehr glattem Untergrund (in Gebäuden) und mit leichten Patienten (Abb. 5.4). Bei unebenem Untergrund wird die Mündung der Waffe dabei stark auf und ab schwenken. Das Deckungsfeuer wird ineffektiv und es entsteht eine massive Gefährdung des zu Rettenden.

Mit Rundschlingen lassen sich zudem viele behelfsmäßige Mittel erstellen. Diese reichen von ein-

Abb. 5.3a–c Bandschlingen. **a** Behelfstrage durch überkreuzt unter dem Patienten liegende Bandschlinge. **b** Improvisierte, vertikale Rettung. **c** In die Bundeswehr eingeführtes Bandmaterial mit einer Traglast von 2200 kg. (Foto: G. Wiechmann)

Abb. 5.4 »Drag strap« aus Bandschlingen, hier um die Sprunggelenke des Verwundeten gelegt. Der Verwundete kann im Rückwärtsgehen aus dem Gefahrenbereich gezogen werden, während die Hände frei zum Bedienen der Waffe sind. (Foto: Dr. C. Neitzel)

fachen Tragen über Schleifsysteme bis hin zu voll alpin einsetzbaren Behelfsgurten. Die Anwendungsmöglichkeiten sind nahezu unerschöpflich und nur durch das Können des Anwenders beschränkt (Abb. 5.5).

In den Bereich der Hilfsmittel gehören auch Seile, Karabiner, Anschlagmittel etc., da diese den Einsatz von Rettungsmitteln unterstützen und überhaupt erst eine Rettung, z. B. eine horizontale Verbringung, ermöglichen. Eine ausgewählte Ausstattung ist dabei zweckmäßig und leicht mitführbar. Als Muster hierfür kann der »Kampfunterstützungssatz«, dienen. Neben der improvisierten Rettung und Unterstützung bei der Rettung lässt er sich auch offensiv als »force multiplier« im Bereich Überwinden von Hindernissen einsetzen (Abb. 5.6) (download www.tremaonline.info).

Soll die »kill zone« mit Fahrzeugen zügig verlassen werden, müssen Verwundete schnellstmöglich in die Fahrzeuge verbracht werden. Bei kleinen Fahrzeugen hat sich zur Vermeidung von Zeitverzögerungen durch umständliche Beladungsversuche die Vorbereitung einer Befestigungsmöglichkeit für Verwundete auf der Motorhaube bewährt (Abb. 5.7). Diese Technik ermöglicht einen erstaunlich schonenden Patiententransport, bleibt aber der Phase »Care under Fire« vorbehalten. Der Verwundete ist dabei allerdings nicht nur ungeschützt, sondern auch weder für Überwachung noch für medizinische Maßnahmen zugänglich und sollte unmittelbar nach Erreichen der nächsten Deckung in ein verfügbares Fahrzeug verbracht werden.

5.2.3 Behelfsmäßige Rettungsmittel

Zu den »behelfsmäßigen Rettungsmitteln« gehören improvisierte Mittel wie Seiltragen (Abb. 5.3a), die Zeltbahn-Trage usw. Sie sind einem industriell gefertigtem Mittel nachempfunden, sind jedoch meist hinsichtlich Schonung des Patienten und Sicherheit unterlegen. Jedoch kann ein solches Behelfsmittel in

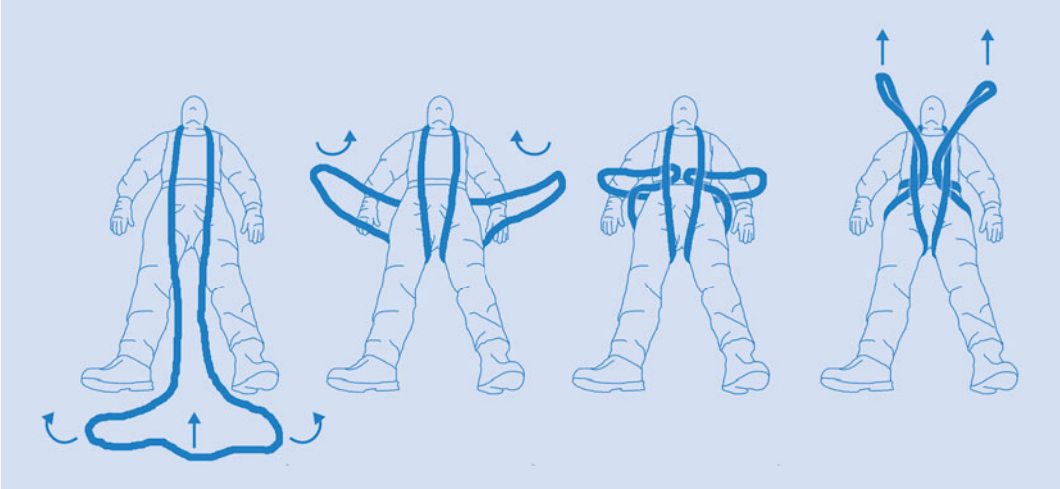


Abb. 5.5 Anlage einer Transportschlinge (»hasty harness«) zum Schleifen oder zur Aufnahme des Patienten auf den Rücken (dann Enden beim Führen nach vorne hoch in die Achseln ziehen, damit der Schwerpunkt nicht zu tief liegt). Insbesondere falls der Verwundete noch Ausrüstung trägt, sollte die Bandschlinge eine Länge von 9 m haben. (Grafik: M. Neitzel)

Abb. 5.6 Kampfunterstützungssatz, bestehend aus: 18 m Statikseil 11 mm Seil, 4 HMS-Karabinern, 2 Bandschlingen (3 m und 9 m), 1 Seilrolle mit Stop (z. B. Petzl »Micro Traxion«) sowie einer Aufbewahrungstasche. (Foto: S. Schöndube)

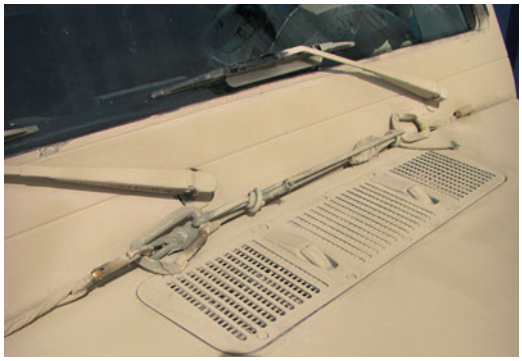


Abb. 5.7 An den Motorhaubenscharnieren befestigte Gummiexpander mit Karabiner ermöglichen die Sicherung des quer über der Motorhaube liegenden Verwundeten durch Einhaken an der Ausrüstung im Schulterbereich und Fixierung der Oberschenkel mittels Expander. (Foto: Dr. C. Neitzel)

einigen Fällen die einzig anwendbare bzw. mitführbare Möglichkeit sein.

5.2.4 Industriell gefertigte Rettungsmittel

Bei den industriell gefertigten Rettungsmitteln bietet der Markt die größte Auswahl. Hier sollte anhand der eingangs beschriebenen Kriterien sorgfältig ausgewählt werden. Meist werden von mehreren Herstellern ähnliche Produkte angeboten, welche sich aber im Einsatzbereich und der Zulassung enorm unterscheiden können. Hier sind die Eigenschaften anhand der oben aufgeführten Kriterien genau zu prüfen.

Häufig erlauben die Umstände den Einsatz hochwertiger Evakuierungssysteme nicht, oder das Mitführen der vergleichsweise sperrigen Behälter ist nicht zwingend erforderlich. In diesem Fall bieten Hilfsmittel wie leichte **Tragetücher** erhebliche Vorteile hinsichtlich Gewicht und Packvolumen (Abb. 5.8).

Abb. 5.8 Die Poc-Kit von EM Innovations hat die Größe einer Hand und lässt sich bequem in einer G36-Magazintasche verstauen (hier abgebildet im mitgelieferten Packsack). (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. EM Innovations)

Tipp

Das Mitführen von zumindest einem Tragetuch im Trupp- oder Gruppenrahmen ist taktisch von herausragender Bedeutung, um Verwundete schnell und schonend transportieren zu können!

Viele zivil übliche Hilfsmittel zur Evakuierung von Patienten sind hinsichtlich ihrer universellen Verwendbarkeit, ihrer Transportmaße und des Transportgewichtes für den Bereich der taktischen Notfallmedizin nicht geeignet. So sind **Spineboards** aufgrund ihrer Robustheit und der einfachen Handhabung der klassischen Vakuummatratze überlegen.

Besonders auf die Rettung aus schwierigen Lagen, engen Räumen, Höhen und Tiefen sowie zum Transport von Verletzten über weite Strecken ist das **Sked-Stretcher-System** der Fa. Skedco Inc. ausgelegt (Abb. 5.9). Der Patient wird auf das biegsame Sked gelegt und durch die nach oben geschlagenen Seiten und Enden gut geschützt. Das System kann wie eine Schleiftrage mit ein oder zwei Helfern am Boden gezogen werden und ist auch beim Überwinden von Treppenstufen etc. stabil. Eine entsprechende Aufhängung macht den Einsatz bei der vertikalen Rettung durch Hubschrauber oder Abseilen möglich. Durch Schwimmkörper ist ein

Abb. 5.9a,b Sked-System. **a** Leere Sked-Trage. Das System ist durch die röhrenartige Form sehr stabil. Beachte die nachträglich mit Klebeband angebrachten blauen Markierungen, die beim Ausrollen schnell erkennen lassen, auf welche Seite Kopf bzw. Füße des Patienten gelagert werden müssen. Das in den Ösen am Rand eingeknotete Leuchttrassierband erleichtert beim Arbeiten unter Nachtsicht das Auffinden der Gurte bzw. Ösen auf der Gegenseite. **b** Vertikale Rettung mittels SKED-Trage. Ein Helfer ist zur Überwachung und Betreuung des Patienten mit ins System eingebunden. (Fotos: Dr. Christian Neitzel)

Einsatz im amphibischen Umfeld möglich. Mit Einschränkungen kann (insbesondere in Kombination mit Kendrick-Extraction-Device (**KED**) und Halskrause auch eine Wirbelsäulenimmobilisation erfolgen.

Ein ähnliches System bietet nunmehr auch die Fa. ARC Products mit dem Med Sled Evacuation MS36 an. Es weist ein ähnliches Leistungsspektrum auf.

Ebenfalls auf dem Prinzip einer flexiblen Kunststoffplatte beruht das von der österreichischen Firma Kohlbrat & Bunz entwickelte **RollUp**. Äußerlich sieht das RollUp (Abb. 5.10) dem SKEDCO ähnlich, weist jedoch im Detail signifikante Unter-

Abb. 5.10a,b RollUp. **a** RollUp fertig für die vertikale Bergung. Gut zu erkennen ist, dass die Anschlagpunkte für das Bergeseil/Winde an der Kante angebracht sind und damit auch ein für das Winchen vorbereitetes System schleiffähig bleibt. **b** RollUp zerlegt. Gut zu sehen sind die Quer-/Längsstreben. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Kohlbrat & Bunz GmbH)

Abb. 5.11 Foxtrott Litter. Der Gurt zum Schleifen des Patienten befindet sich in einer separaten Tasche am Kopfteil und ist zur Demonstration etwas herausgezogen. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Abb. 5.12 ARK bag von TacMed Solution, die Foxtrott befindet sich im Mittelfach und kann auch auf dem Rücken tragend entnommen werden. (Foto: S. Schöndube)

schiede auf. Durch den Einsatz von Längs- und Querstreben wird eine sehr hohe Eigenstabilität erreicht und darüber hinaus gewährleistet, dass auf den Verletzten kein Druck von der Längs-/Querseite aufgebaut werden kann. Im Prinzip stellt das RollUp hierdurch eine Kombination aus Korb- und Schleiftrage dar. Das RollUp ist zum vertikalen und horizontalen Bergen von Verletzten vorgesehen und kann über Schnee oder Gras gezogen werden. Dazu muss das RollUp nicht extra vorbereitet werden. Anschlagpunkte für die vertikale als auch die horizontale Bergung sind, bis auf die Antirotationsleine für die Windenbergung, bereits vorinstalliert. Auch beim RollUp gibt es optionale Auftriebskörper für die Wasserrettung.

Die zusammenrollbare Kunststofftrage **Foxtrott Litter** von Tactical Medical Solutions (Abb. 5.11) stellt eine Zwischenstufe zwischen Tragetuch und Sked-Stretcher dar. Mit ihr kann man Patienten auch schleifen, darüber hinaus reduziert sich der Personalaufwand beim Patiententransport durch eine gute Stabilität in der Längsachse. Es kann aber nicht wie die Sked-Trage zur vertikalen Rettung eingesetzt werden. Aufgrund der Größe eignet es sich noch zum Mitführen am Rucksack.

Wer die Foxtrott Litter nicht im mitgelieferten Packsack mitführen möchte, kann das **ARK bag** (Abb. 5.12) nutzen. Dieses wurde im Prinzip um die Foxtrott herum gebaut und bietet neben der Aufnahme der Trage ausreichend Stauraum für Standard-Verbandsmaterial.

Eine platzsparende Alternative zur Krankentrage ist die **Talon-II-Model 90C-Falttrage** (Abb. 5.13). Durch ihr kleines Staumaß ist sie auch auf Fahrzeu-

Abb. 5.13a–d Talon-II-Modell 90C-Falttrage. **a** Zusammengefaltet im regulären Tragegestell. **b** Teilentfaltet. **c** Talon-Trage im Einsatz. **d** WALK-(Resupply-)Bag mit zusätzlichen Materialaußentaschen. (Fotos: K. Ladehof/S. Schöndube)

gen (Wolf etc.) gut mitzuführen. Ein verfügbarer Tragebehälter (»Warrior Aid & Litter Kit«, WALK) ist mit zusätzlichen Taschen versehen, die als Back-up-Bag im Auto mit Sanitätsmaterial gefüllt werden können. So ist jedes Fahrzeug mit Tragehilfe und SanMat-Depot ausgestattet. Mit der Trage kann der Patient direkt an Luftrettungsmittel ohne Umlagerung übergeben werden. Die Tragen lassen sich ggf. auch von zwei Helfern tragen, was im Einsatzfall Personal einspart.

Technische Rettung und Bergung

S. Börner

6.1 Technische Rettung im Kontext taktischer Lagen – 74
6.1.1 Rettung unter besonderen Bedingungen – 74
6.1.2 Folgen von Unfällen und Feindeinwirkung – 75

6.2 Einsatztechnik – 75
6.2.1 Technische Erstmaßnahmen – 75
6.2.2 Möglichkeiten der technischen Rettung – 77
6.2.3 Fahrzeugkonstruktion – 77
6.2.4 Möglichkeiten zur Sicherung von Kraftfahrzeugen – 78
6.2.5 Fahrzeugöffnung – 80
6.2.6 Besonderheiten geschützter Fahrzeuge – 83
6.2.7 Befreiung – 85
6.2.8 Bergung – 85
6.2.9 Aufgabe von Fahrzeugen – 85

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_6, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Taktische Operationen sind durch ein erhebliches Risiko für die beteiligten Kräfte gekennzeichnet. Die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes von Notfallsituationen ist hoch, was die Planung entsprechender Rettungsmaßnahmen notwendig macht. Hierbei müssen die Besonderheiten taktischer Lagen nicht nur berücksichtigt werden, sondern in den Mittelpunkt aller Überlegungen treten. Die Verantwortung für Art und Abfolge der zu ergreifenden Maßnahmen liegt daher beim militärischen Führer. Das Kapitel gibt Hilfestellungen zu praktischen Aspekten der technischen Rettung in Notlagen, in denen speziell ausgebildetes Personal nicht verfügbar ist.

6.1 Technische Rettung im Kontext taktischer Lagen

6.1.1 Rettung unter besonderen Bedingungen

Rettungsmaßnahmen im Einsatz mobiler Kräfte sind in den meisten Fällen durch den Mangel an notwendigen Ressourcen gekennzeichnet. Die Verfügbarkeit medizinischer Ausrüstung ist ebenso begrenzt wie die Möglichkeiten zum Mitführen technischer Rettungsgeräte. Die oftmals notwendige hohe Mobilität und räumliche Dislozierung von eigenen Teilen erlaubt meist nicht, dass qualifizierte technische Rettungskräfte alle eigenen Bewegungen begleiten.

Die Priorität der Maßnahmen nach Ansprengung oder Beschuss liegt in der taktischen Reaktion auf die Feindeinwirkung. Deshalb sind häufig nur wenige Kräfte für die Rettung und Verwundetenversorgung verfügbar.

Alle im nachfolgenden Kapitel beschriebenen Möglichkeiten zur technischen Rettung nach Unfall oder Feindeinwirkung ordnen sich der besonderen Situation militärischer Einsätze unter. Standardisierte Handlungsabfolgen, wie sie in der täglichen Gefahrenabwehr in Deutschland regelmäßig zum Einsatz kommen, können wegen der besonderen Bedrohungslagen nicht oder nur begrenzt zur Anwendung kommen.

Die erhöhte Gefährdung der Verwundeten und der zur Rettung eingesetzten, aber nicht entsprechend ausgebildeten Kräfte, muss dem Führer dabei bewusst sein und in die Lagebeurteilung einfließen.

Fallbeispiel

Während einer Patrouillenfahrt wurde ein Allschutz-Transport-Fahrzeug (ATF) Dingo als zweites Fahrzeug der Kolonne durch eine improvisierte Ladung (»improvised explosive device« – IED) angesprengt und blieb liegen. Der nachfolgende Transportpanzer Fuchs kam nicht mehr rechtzeitig zum Stehen und fuhr auf das beschädigte Fahrzeug auf. Während die Dingo-Besatzung unverletzt blieb, erlitten Fahrer und Beifahrer des Transportpanzers durch den Aufprall erhebliche Verletzungen. Die Rettung der Betroffenen erwies sich als schwierig, da sich beide Türen zum Fahrerraum soweit verzogen hatten, dass sie sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht von außen öffnen ließen. Eine Öffnung der Dachluke war aufgrund der zum Schutz des Bordschützen aufmontierten Panzerschürze ebenfalls nicht möglich. Als einzig gangbarer und zeitnah realisierbarer Rettungsweg stand die ca. 40 cm breite Verbindung zwischen Mannschafts- und Fahrerraum zur Verfügung, durch die zunächst ein Ersthelfer zu den Betroffenen gelangte, um die Vitalfunktionen zu prüfen und die Splitterschutzwesten zu entfernen. Nachfolgend wurden die Verletzten mittels Seil in den Mannschafsraum gezogen und medizinisch erstversorgt.

Dieses Beispiel dokumentiert die Schwierigkeiten der Umsetzung zivil üblicher Maßnahmen. So verhinderten Bedrohungslage und spezielle Fahrzeugkonstruktion eine patientenschonende Rettung, bei der sich die Art der Befreiung am Verletzungsmuster des Patienten orientiert. Die Stabilisierung der Patienten und die Herstellung der Transportfähigkeit mussten zurückgestellt werden um die Rettung überhaupt zu realisieren.

Zusammenfassung

Technische Rettungsmaßnahmen können in militärischen Einsätzen nur unter Berücksichtigung der taktischen Lage und mit begrenzten Mitteln vorgenommen werden. Im Rahmen der Auftragserfüllung hat die Sicherheit der militärischen Einheit Vorrang vor einer individuellen, maximalen Versorgung Einzelner.

6.1.2 Folgen von Unfällen und Feindeinwirkung

Zur technischen Rettung und medizinischen Versorgung von Verwundeten werden teilweise erhebliche personelle und materielle Ressourcen benötigt. Diese Kräfte stehen dem Führer nicht mehr für andere Aufträge zur Verfügung und müssen zusätzlich gesichert werden. Die notwendigen Maßnahmen benötigen oftmals einen erheblichen Zeitansatz, währenddessen die Einheit am Ort des Schadenfalls räumlich gebunden ist. Der Führer verliert hierdurch Initiative und Reaktionsfähigkeit, was letztendlich alle Kräfte vor Ort gefährdet. Da durch Unfälle und Feindeinwirkung in der Regel Soldaten, Fahrzeuge, schwere Waffen, Führungs- und Fernmeldemittel, Vorräte und sonstiges wichtiges Material ausfallen, ist oftmals der ursprüngliche Auftrag nicht mehr oder nur mit Einschränkungen durchführbar.

Fallbeispiel

Nach einem Raketenbeschuss auf das ISAF-Hauptquartier in Kabul rückt ein Konvoi der »Quick-Reaction-Force (QRF) vom Camp Warehouse zur Sicherung und Lageerkundung aus. Während der Alarmfahrt über die Route Violet versagen die Halteelemente der Achse eines Beweglichen Arzttrupps (BAT). Ein Rad verkeilt sich unter dem Fahrzeug und bringt es schlagartig zum Stehen. Der nachfolgende Transportpanzer Fuchs rammt den beschädigten BAT. Die Insassen werden leicht verletzt und können schnell befreit werden. Der Unfall und die angespannte Sicherheitslage zwingen die Soldaten zu einer Rundumsicherung. Erst nach Heranführung weiterer Kräfte vom Camp kann der Konvoi unter Zurücklassung der verunfallten Fahrzeuge seinen Auftrag fortsetzen. Zur Bergung des BAT werden ein Kran, ein schweres Transportfahrzeug und Kräfte der Camp-Feuerwehr herangezogen.

In diesem Fallbeispiel wird deutlich, welcher Aufwand zur Rettung und Bergung nötig ist, wobei die Rahmenbedingungen wie die Nähe zum Camp und die Verfügbarkeit von Spezialgerät noch nahezu perfekte Bedingungen darstellen. Das gleiche Szenario auf einer Patrouille, mehrere Fahrstunden von der Basis entfernt, würde mit hoher Wahrscheinlichkeit die Aufgabe des BAT-Fahrzeuges oder den Abbruch der Mission erzwingen.

Zusammenfassung

Feindeinwirkung und Unfälle gehen mit personellen, zeitlichen und räumlichen Zwängen einher, welche die Sicherheit und die Auftragserfüllung gefährden können. Die technische Rettung, als Teil der Gesamtstrategie, ist Mittel zur Aufrechterhaltung der Handlungsfähigkeit.

6.2 Einsatztechnik

6.2.1 Technische Erstmaßnahmen

Abhängig von Lage und Rahmenbedingungen werden nach einem Anschlag oder Unfall zahlreiche Maßnahmen notwendig. Neben zu treffenden Sofortmaßnahmen wird die Lage durch den taktischen Führer vor Ort erkundet und eine Handlungsreihenfolge festgelegt.

Maßnahmen nach Anschlägen

Nach Ansprengung oder Beschuss liegt eine der wesentlichen taktischen Aufgaben auf dem Erhalt bzw. der Wiederherstellung der Mobilität. Nur auf diese Weise können die Gefahrenzone verlassen, Gefechts- und Sicherungsformationen eingenommen und taktische Ziele erreicht werden. Wenn die Fahrtauglichkeit des Fahrers erhalten geblieben und die Fahrfähigkeit des betroffenen Fahrzeuges bestätigt ist, kann die Gefährdungszone durchstoßen werden.

Ist der Fahrer ausgefallen, sollte ein anderer Insasse dessen Funktion übernehmen und das Fahrzeug aus der Gefahrenzone bringen. Alle weiteren Maßnahmen, inklusive der medizinischen Versorgung und Rettung Verwundeter, werden nach der Gewinnung einer Deckung und Einrichtung zur Verteidigung getroffen.

Kann ein rollfähiges Fahrzeug nicht mehr mit eigenem Antrieb bewegt werden, bietet sich das Herausschieben oder Herausziehen aus der Gefahrenzone an. Entsprechende Vorbereitungen sollten bereits vor Fahrtantritt durch die Befestigung von Abschleppmitteln an Front und Heck aller Fahrzeuge getroffen werden. Schleppseile und Schäkel

könnten bereits an den Lastaufnahmeösen befestigt und Abschleppstangen leicht zugänglich verlastet sein.

Ist ein Fahrzeug nicht mehr roll- bzw. lenkfähig, kann eine kurzfristige Verbringung aus der Gefahrenzone nur durch ein schwereres, leistungsstärkeres Fahrzeug erfolgen. So ist ein ATF-Dingo sicher in der Lage, einen MB 250gl Wolf mit stehenden Rädern zu ziehen. Ist das betroffene Fahrzeug jedoch gleich schwer, wird die Überwindung der Gleitreibung sowohl den Motor des Zugfahrzeuges, als auch die Abschleppmittel überfordern. Entscheidet sich der taktische Führer für dieses Mittel, sollten die Befestigungspunkte am gezogenen Fahrzeug möglichst tief gewählt werden um ein Umkippen zu vermeiden. Da Schleppseile und -stangen nur für den Transport rollender Kfz ausgelegt sind, sollten mehrerer Abschleppmittel gleichzeitig verwendet werden. Dabei ist auf die gleiche Länge der Seile und Stangen zu achten, ansonsten kann keine Last- bzw. Kraftverteilung erfolgen. Reichen die vorgesehenen Befestigungspunkte nicht aus, können Seile um Achsen oder Fahrzeugsäulen gelegt und mit Schäkeln verbunden werden. Eine Beschädigung von Drahtseilen durch die Unterschreitung zulässiger Biegeradien muss in einer solchen Ausnahmesituation in Kauf genommen werden.

Muss ein Fahrzeug aufgegeben werden und soll eine Evakuierung in der Gefahrenzone erfolgen, bedarf es umfangreicher Sicherungsmaßnahmen. Um zur Rettung eingesetzte Soldaten vor direktem Beschuss zu schützen, könnten gepanzerte Fahrzeuge so positioniert werden, dass sie als Deckung dienen. Kennzeichen einer Lage mit Feindeinwirkung ist der Mangel an Personal, welches für die technische Rettung abgestellt werden kann. Verfügbare Kräfte sind meist in großen Teilen im Gefecht oder der Sicherung gebunden. Die Rettung beschränkt sich auf Maßnahmen zur Wiedererlangung der Mobilität.

Maßnahmen nach Unfällen

Unvorhergesehene Ereignisse werden im Rahmen militärischer Operationen immer erwartet. Unfallszenarien können in ihrer Erscheinung aber so vielseitig sein, dass eine strukturierte Abarbeitung gerade in der Erstphase unmöglich erscheint. Trotzdem können die nachfolgenden Überlegungen speziell im Rahmen der Eigensicherung nützlich sein und dazu beitragen, den Rettungseinsatz zu ordnen.

Den wesentlichsten Schutz vor Verletzungen der eingesetzten Rettungskräfte bildet die **persönliche Ausrüstung**. Zwar ist diese den Anforderungen des militärischen Einsatzes angepasst, beinhaltet jedoch ähnliche Elemente wie die ziviler Rettungskräfte. Handschuhe, festes Schuhwerk, Helm und Schutzbrille bieten einen Mindestschutz vor mechanischen Belastungen und sollten von allen an einer technischen Rettung beteiligten Kräften durchgehend getragen werden. Die zusätzliche Ausrüstung mit medizinischen Einweghandschuhen bietet Infektionsschutz und ist auch in taktischen Lagen realisierbar. Die Bewegungsfreiheit und der Tastsinn bleiben uneingeschränkt erhalten.

Heimkehrende Einsatzkräfte berichten über die Häufung von Fahrzeugbränden in Folge von Ansprengung sowie Beschuss. Selbst wenn die eigentliche Fahrgastzelle nicht betroffen ist, besteht durch die erhebliche Rauchentwicklung z.B. brennender Reifen, akute Lebensgefahr für die Besatzung.

Die **Beschädigung von Fahrzeugstrukturen** erhöht die Brandgefahr. Kraftstoff kann austreten und durch heiße Fahrzeugteile entzündet werden. Defekte Kabel können Kurzschlüsse auslösen. Die Bereitstellung der mitgeführten Kfz-Pulverlöscher soll sicherstellen, dass Entstehungsbrände unverzüglich bekämpft werden können, um Fahrzeuginsassen und Opfer zu schützen.

Tipp

Im Falle eines offenen Feuers, z. B. brennende Kraftstofflachen, sollten Feuerlöscher zeitgleich, nicht nacheinander, zum Einsatz kommen.

Ziel ist es, mit einer Pulverwolke das Feuer am Weiterbrennen zu hindern. Nach Möglichkeit wird mit dem Wind angegriffen und von vorne nach hinten gelöscht. Bei Bränden im Motorraum des Fahrzeuges kann die Löschwirkung am besten erzielt werden, wenn die Motorhaube nur einen Spalt weit geöffnet wird, um das Löschpulver einzublasen.

Zur Brandbekämpfung ist ebenso wie zur Rettung von Fahrzeuginsassen eine genau Kenntnis des Aufbaus der beteiligten Missionsfahrzeuge unabdingbar (s. unten). Die Lage der Zugänge sowie deren Öffnungsmechanismen müssen im Interesse eines zielführenden Vorgehens allen Beteiligten geläufig sein. Gleiches gilt für die Verlastung und Handhabung mitgeführter Rettungsmittel.

Bei **Dunkelheit oder schlechten Sichtverhältnissen** kann Beleuchtung notwendig werden, die Fahrzeuge und Helfer für Gegner zu einfachen Zielen macht. Der Umfang hängt daher in erster Linie von der Sicherheitslage und den zur Verfügung stehenden Mitteln ab. Taschenlampen mit Farbfiltern, Restlichtverstärker oder Infrarotgeräte können hilfreich sein, um Lichtdisziplin zu wahren. Die Handhabung der Rettungsgeräte sollte bekannt sein, um ähnlich wie beim Gebrauch von Waffen kein Licht zu benötigen. Ein Einsatz der Fahrzeugscheinwerfer ist häufig problematisch, da Einsatzkräfte durch die tiefe Positionierung der Scheinwerfer geblendet werden können. Fahrzeuge müssen außerdem zum effektiven Ausleuchten meistens aus der Marschformation herausgelöst und umgesetzt werden. Gerade bei der Arbeit unter Nachtsichtgeräten kann die Ausleuchtung durch ggf. vorhandene Infrarotfahrzeugscheinwerfer diesen Aufwand aber wert sein.

Eine strikte Licht- und Geräuschdisziplin ist bei Arbeiten zur Rettung aus Fahrzeugen aber meist nicht zu wahren. Die gewaltsame Zerstörung von Fahrzeugstrukturen geht einher mit dem Verbiegen von Metallen und dem Brechen von Halteelementen. Je massiver das Kfz ist, umso stärker wird der **Arbeitslärm** sein. Der Einsatz rotierender Maschinen, wie Sägen und Trennschleifer kann neben den Geräuschen zusätzlichen Funkenflug erzeugen. Der Kräfteansatz zur Sicherung oder Verteidigung vor Ort und die frühe Entscheidung zur Heranführung von Reserven sollte diesem Aspekt Rechnung tragen.

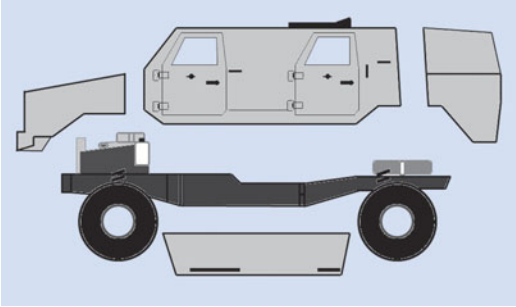


Abb. 6.1 Modulare Bauweise

6.2.2 Möglichkeiten der technischen Rettung

Die technische Rettung umfasst alle Maßnahmen zur Befreiung von Personen aus Zwangslagen, bei denen Werkzeug und Gerät angewendet wird. Das Spektrum reicht dabei von der Verwendung eines Seils bis hin zum Einsatz hydraulischer Spezialgeräte. Die technischen Möglichkeiten der Rettungskräfte hängen also von ihrem Ausstattungsumfang ab.

Neben der Ausrüstung ist das Beherrschen einzelner Techniken zur Befreiung wichtig. Dafür sind ein Grundverständnis für Fahrzeugkonstruktionen und physikalische Vorgänge notwendig. Weitere Voraussetzung für eine erfolgreiche Rettung sind Fertigkeiten im Umgang mit dem mitgeführten Arbeits- und Rettungsgerät.

6.2.3 Fahrzeugkonstruktion

Die Fahrgestelle militärischer Radfahrzeuge basieren in der Regel auf der bewährten Konstruktion serienmäßiger Leiterrahmen. Bedingt durch die angestrebte Belastungsfähigkeit werden einzelne Fahrwerkskomponenten, wie Federn und Räder besonders robust ausgeführt. Anforderungen an Geländetauglichkeit und Beweglichkeit erfordern eine entsprechende Dimensionierung, welche sich im Falle einer notwendigen Rettung nachteilig auf die Erreichbarkeit von Fahrzeuginsassen auswirkt. Auf das Fahrgestell werden je nach geplanter Verwendung Aufbauten montiert, welche die Besatzung und Einsatzmittel aufnehmen (Abb. 6.1).

6.2.4 Möglichkeiten zur Sicherung von Kraftfahrzeugen

Nach einem Verkehrsunfall oder einem Anschlag können sich betroffene Fahrzeuge in unterschiedlichen Lagen befinden. Aufgrund des verlagerten Fahrzeugschwerpunktes stellen Seiten- oder Dachlagen höhere Anforderungen hinsichtlich zu treffender Sicherungs- und Rettungsmaßnahmen als eine Situation, in der das Fahrzeug auf den Rädern steht. Das Unfallfahrzeug kann sich bewegen, umkippen oder wegrutschen, was zu einer zusätzlichen Gefährdung der Insassen und Rettungskräfte führen kann. Die unkontrollierte Eigenbewegung von Lasten kann Einklemmungen und Quetschungen verursachen.

Fahrzeuge in Normalposition

Um eine sichere Ausgangssituation für die nachfolgenden Arbeiten zu schaffen, sollten Gefahrenquellen beseitigt werden. Ein **laufender Motor** kann z. B. durch das unbeabsichtigte Bewegen eines Automatikhebels das Fahrzeug in Bewegung versetzen.

Tipp

Wenn sich ein Motor aufgrund der Zerstörung des Fahrzeuges nicht herkömmlich durch den Zündschlüssel deaktivieren lässt bzw. dieser nicht erreichbar ist, sollte die Luft- und Kraftstoffzufuhr unterbrochen werden.

Eine Zerstörung der Kraftstoffleitung ist dabei zu vermeiden, da der Kontakt des Kraftstoffes mit heißen Fahrzeugteilen zu einem Brand führen kann. Steht keine andere Möglichkeit zur Verfügung, sollten Vorkehrungen zum Brandschutz und zum Ablöschen von Entstehungsbränden getroffen werden. Dies kann durch die Bereitstellung der mitgeführten Kfz-Feuerlöscher erfolgen. Die Luftzufuhr lässt sich ohne Zugang zum Motorraum nur bei Fahrzeugen mit zentralem, außenliegendem Ansaugschacht unterbrechen, welcher zumeist bei watfähigen Fahrzeugen und LKW verbaut ist. Durch das konzentrierte Einblasen von Kohlenstoffdioxid (CO_2) oder Löschpulver in den Ansaugschacht wird die zur Verbrennung notwendige Luft verdrängt. Sollte das Fahrzeug noch fahrfähig sein und der Motor nachfolgend wieder in Betrieb genommen werden, ist dies aber nur bei der Verwendung von CO_2 möglich, da sich dieses rückstandsfrei verflüchtigt.

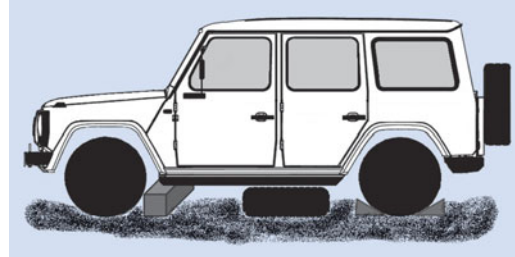


Abb. 6.2 Unterbau

Nach einem Unfall ist die **Funktionsfähigkeit von Feststellbremse und Getriebe** nicht mehr sichergestellt.

Tipp

Die zuverlässigste Methode zur Sicherung des Kfz gegen Wegrollen ist das Verkeilen der Räder.

Hierzu können neben möglicherweise mitgeführten Radkeilen alle Gegenstände verwendet werden, die anderweitig nicht benötigt werden und geeignet sind. Eine Sicherung der Hinterachsen sollte bevorzugt erfolgen. Speziell auf abschüssigem Gelände mit losem Untergrund kann die Sicherung lenkbarer Vorderachsen instabil werden.

Fahrzeuge, welche drohen abzurutschen oder abzustürzen, müssen besonders gesichert werden. Mögliche Befestigungspunkte für Halteseile sind Achsen, mit dem Rahmen stabil verbundene Teile oder Fahrzeugsäulen. Behelfsmäßige Sicherungsmittel wie Keile, Kanthölzer oder Reserveräder sind ebenfalls tauglich, Eigenbewegungen zu unterbinden (Abb. 6.2).

Das federnd gelagerte Fahrwerk und die luftgefüllten Reifen sorgen bei einem auf den Rädern stehenden Unfallfahrzeug für Instabilität. Die Folge können Eigenbewegungen des Fahrzeugaufbaus während der Rettungsarbeiten sein. Um diese zu minimieren, werden die Federwege durch einen Unterbau ausgeschaltet. Dieser sorgt zusätzlich für Stabilität, wenn tragende Fahrzeugteile entfernt werden.

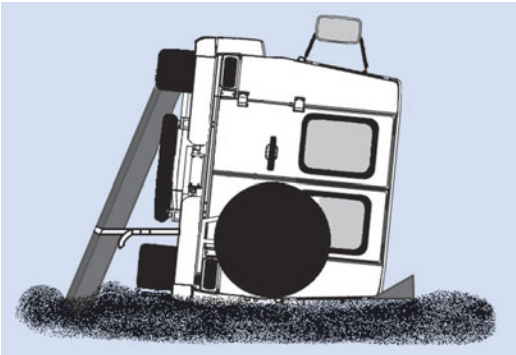


Abb. 6.3 Abstützung und Verspannung

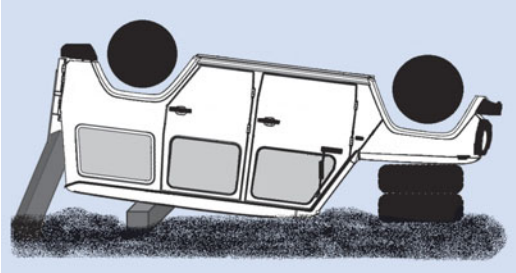


Abb. 6.4 Abstützung

Fahrzeuge in Seitenlage

Fahrzeuge in Seitenlage müssen am Umkippen gehindert werden. Mögliche Maßnahmen sind das Unterkeilen der Fahrzeugsäulen, die Verstrebung des Unterbodens und das Verspannen. Zum Unterkeilen eignet sich Holz, welches zwischen Fahrzeugsäulen und Boden festgesteckt wird und somit ein Kippen verhindert. Radkeile aus Metall sind nur bedingt geeignet, da die Oberfläche einen geringen Reibungswiederstand aufweist.

Metall auf Metall rutscht!

Zum Verstreben des Fahrzeugunterbodens muss ausreichend Material und Zeit zur Verfügung stehen. Als Kompromiss zwischen Handlungszwang und Sicherheit kann ein Kantholz oder ähnliches zwischen dem oberen Rad der Hinterachse und dem Erdboden verkeilt werden. Muss das Fahrzeug zur Rettung bestiegen werden, sollte diese Form der Sicherung überwacht werden, da die Bewegung des Fahrzeuges ein Wegrutschen der Stütze verursachen kann. Sicherer, aber zeitaufwendiger, ist eine stabile Dreieckskonstruktion, bei der nach dem Verkeilen der Achse eine zusätzliche Querverbindung zum unteren Rad hergestellt wird. Ein Spanngurt kann hier gute Dienste leisten (Abb. 6.3). Bei der Verwendung von Seilen sollten diese doppelt genommen werden. Mit einem Stab oder ähnlichem Gegenstand als Knebel kann das Doppelseil eingedreht und so auf Spannung gebracht werden. Diese Methode eignet sich auch zum Verspannen von Fahrzeugen an Objekten wie Bäumen oder schwereren Fahrzeugen.

Fahrzeuge in Dachlage

Fahrzeuge in Dachlage haben häufig eine vermeintlich große Auflagefläche. Dennoch kann sich ein PKW in einem »Schwebezustand« befinden oder in diesen gelangen, da die vordere Dachkante zum Drehpunkt einer Wippe wird, bei der Fahrzeugheck und Motor die Gegengewichte bilden. In Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Materials sollten Front und Heck unterbaut, Säulen verkeilt oder das Fahrzeug verspannt werden. Zur Fixierung des Kfz in einer stabilen Lage mittels Seilen sollten diese vorzugsweise nach oben oder unten gespannt werden. Eine horizontale Verspannung eignet sich nur in Ausnahmefällen, da die Halteelemente höhere Kräfte aufnehmen müssen. Zusätzlich werden Stolperfallen und Hindernisse vermieden.

Einfacher und meist schneller zu realisieren ist ein Unterbau mittels mitgeführter Gegenstände (Abb. 6.4). Besonders geeignet sind Reserveräder, da sie hohe Lasten aufnehmen können ohne sich zu

Abb. 6.5 Kombigerät Schneider/Spreizer Modell SC 350. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Lukas)

Abb. 6.6 Akku-betriebenes Motorpumpenaggregat. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Lukas)

Abb. 6.7 Verbrennungsmotorbetriebener Trennschleifer. (Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Stihl)

verformen und eine ebene Auflagefläche bilden. Gleichzeit minimiert der Gummi die Gefahr des Ab- und Wegrutschens.

Beim Verkeilen sollten stabile Auflagepunkte erkundet werden, da die Dachhaut ungeschützter Fahrzeuge leicht verformbar ist. Geeignet sind die Fahrzeugsäulen, da diese, zum Aufrechterhalten des Überlebensraumes der Insassen bei Überschlägen, verstärkt sind. Vor dem Verkeilen und Abstützen müssen die Rettungszugänge zum Fahrzeuginnenraum festgelegt sein, damit diese nicht »verbaut« werden.

Abb. 6.8 Universalrettungswerkzeug Typ Force. (Katalogbild mit freundlicher Genehmigung der Fa. Dönges)

Zusammenfassung

Vor den eigentlichen Rettungsarbeiten können Sicherungsmaßnahmen notwendig werden, welche ein gefahrloseres Vorgehen ermöglichen sollen. Der Umfang der Maßnahmen richtet sich nach den situativen Gegebenheiten und dem Improvisationsvermögen aller Beteiligten.

6.2.5 Fahrzeugöffnung

Die Maßnahmen zur Öffnung eines Fahrzeuges sollten sich immer am Grundsatz orientieren, so einfach und effizient wie möglich zu agieren. Demnach sind die regulären Zugänge auch die ersten Rettungswege. Zu prüfen sind Möglichkeiten der visuellen und akustischen Kontaktaufnahme zum Innenraum. Lassen sich Türen und Luken auf herkömmliche Weise nicht mehr öffnen und können Fahrzeuginsassen in Folge eines Ereignisses nicht mehr von innen unterstützen, sollten zunächst einfache Mittel zur Anwendung kommen. Leicht verklemmte Türen lassen sich z. B. oft mit wenig Aufwand aufhebeln. Sollte sich aufgrund einer schweren Fahrzeugdeformation nach Überschlag oder Ansprengung kein Zugang finden lassen, muss dieser mit speziellem Gerät geschaffen werden.

Zugang über Fahrzeugfenster

Bei ungepanzerten Fahrzeugen bietet sich für einen schnellen Zugang die Zerstörung einer Seiten- oder

Heckscheibe an. Diese bestehen zumeist aus **Einscheibensicherheitsglas** (ESG) und können mit einem Nothammer oder ähnlichem Gerät, welches die Kraft auf eine kleine Fläche konzentriert, eingeschlagen werden. Bei der Wahl der zu zerstörenden Scheibe ist auf die Nähe zu Insassen und auf Fahrzeugeinbauten, die ein weiteres Vordringen verhindern würden, zu achten.

Tipp

Die im zivilen Bereich verwendete Methode des Abklebens der Scheiben vor Zerstörung verhindert das unkontrollierte Umherfliegen von Glassplittern und das Hineinfallen der Splitter in den Fahrzeuginnenraum. Für taktische Lagen ist diese Methode zu zeitaufwendig. Eine mögliche Gefährdung durch die Glaskrümel muss ggf. in Kauf genommen werden, wird aber keine lebensgefährlichen Verletzungen zur Folge haben, wenn der Schutz der Augen beim Einschlagen der Scheibe gewährleistet ist und Handschuhe getragen werden.

Das Zerstören von **Verbundsicherheitsglas** (VSG), wie es in den Frontscheiben ungepanzerter Kfz verbaut wird, ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Zum einen werden Spezialwerkzeuge wie Glassägen oder Blechaufreißer benötigt, zum anderen ist der entstehende Glasstaub schädlich für die Atemwege und scharfkantige Splitter können unkontrolliert umherfliegen. Sollte der Zugang über die Frontscheibe der einzig mögliche Weg sein, bietet sich die Anwendung eines Blechaufreißers an. Dieser ist Bestandteil verschiedener Multifunktionswerkzeugen, z. B. dem Halligan-Tool und dem Force-Rettungsgerät. Zunächst wird in die Fahrzeugscheibe ein Loch geschlagen, welches anschließend soweit erweitert wird, dass die Schneidklinge des Blechaufreißers angesetzt werden kann. Anschließend wird ähnlich der Öffnung einer Dose durch Hebeln ein Schlitz geschaffen. Durch Änderung der Schneidrichtung kann eine Öffnung geschaffen werden. Diese Methode ist auch für Zugänge über ungeschützte Fahrzeugdächer praktikabel. Hierbei ist jedoch auf Verstärkungen in der Dachkonstruktion zu achten, da deren Materialstärken das Schneidvermögen eines Blechaufreißers übersteigen.

Rettungsmaßnahmen im Fahrzeug

Nach der Schaffung eines Zuganges kann ein Retter zur Erstversorgung in das Fahrzeug einsteigen. Seine Aufgaben sind die Durchführung medizinischer Sofortmaßnahmen und die Erkundung, deren Ergebnis die Planung weiterer Rettungsschritte ermöglicht. Die Rettungsreihenfolge verletzter Fahrzeuginsassen sollte in Abhängigkeit vom Grad der Verletzung und möglichen Einklemmungen festgelegt werden.

In Bedrohungssituationen, bei denen die Befreiung aus Zwangslagen schnellstmöglich erfolgen muss, beschränken sich die Aufgaben des Retters auf das Lösen bzw. Durchtrennen des Sicherheitsgurtes und das Positionieren Betroffener in eine Lage, die das Herausziehen ermöglicht.

Tipp

Wenn es die Situation erlaubt, sollten Verletzte mit dem Kopf voran gerettet werden. Dadurch wird das Halten sowie Stützen von Kopf und Halswirbelsäule möglich und bei ansprechbaren Personen eine Kommunikation gewährleistet. Gleichzeitig wird das Hängenbleiben von Extremitäten mit entsprechenden Begleitverletzungen vermieden.

Türöffnung

Müssen verklemmte Türen geöffnet werden, geschieht dies unter Einsatz von Hebelwerkzeug. Erfahrungen vergangener Rettungsversuche dokumentieren, dass der Einsatz einfacher Geräte wie etwa Brecheisen und mitgeführtes Bordwerkzeug nicht immer ausreichend ist, um einen Zugang zu modernen Fahrgastzellen herzustellen. Zunehmend wird bei Feuerwehren gebräuchliches hydraulisches Rettungsgerät auch durch militärische Einheiten verwendet, um in Notsituationen, bei denen keine hochgerüsteten Spezialkräfte verfügbar sind, Rettungsmittel zur Verfügung zu haben. So wurden durch die Bundeswehr Gerätesätze zur Rettung von Personen aus Fahrzeugen beschafft, welche durch Patrouillen mitgeführt und von eingewiesenen Soldaten zum Einsatz gebracht werden können (Tab. 6.1).

Die Positionierung des Gerätesatzes in einer Marschformation sollte vom Führer mit Bedacht

Tab. 6.1 Geräte zur Fahrzeugöffnung

Gerätetyp	Abbildungsnummer
Hydraulisches Rettungsgerät Das Gerät vereinigt die Funktionalität eines hydraulischen Spreizers mit einem hydraulischen Schneider Spreizkraft: maximal 113 kN Spreizweg: maximal 265 mm	Abb. 6.5 und Abb. 6.6
Trennschleifer Durch die Verwendung verschiedener Trennscheiben können unterschiedliche Materialien bearbeitet werden. Das Gerät eignet sich vorrangig zum Entfernen störender Anbauteile und zum Trennen von Scharnieren an Türen und Luken Trenntiefe: maximal 100 mm Arbeitszeit: maximal 1 h/Tankfüllung Gewicht: ca. 12 kg	Abb. 6.7
Brech- und Hebelwerkzeug Dieses Multifunktionswerkzeug bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Bearbeitung von Werkstoffen. Gängige Funktionen sind Hebeln, Meißeln, Aufreißen und Einschlagen	Abb. 6.8

gewählt werden. Im Regelfall verbietet sich die Mitführung entsprechenden Gerätes auf führenden oder schließenden Fahrzeugen, da diese meist in Gefecht oder Sicherung gebunden werden. Wird das Fahrzeug, auf dem der Rettungssatz mitgeführt wird, beschädigt, führt dies in der Regel auch zum Ausfall der Geräte und ggf. des in die Bedienung eingewiesenen Personals. Diesem Aspekt sollte durch Dislozierung und Bildung von Redundanzen nach Möglichkeit Rechnung getragen werden.

Die Handhabung hydraulischen Rettungsgerätes stellt hohe Anforderungen an die Fähigkeiten des Geräteführers. Ungeübte Soldaten werden für eine Fahrzeugöffnung ungleich mehr Zeit benötigen als professionelle Rettungskräfte.

Deshalb sollten diese Spezialgeräte nur als letztes Mittel zu Anwendung kommen, wenn keine anderen Möglichkeiten verfügbar sind. Die Einsatzmöglichkeiten und die Handhabung der mitgeführten Geräte sollten allen Patrouillenkräften durch Geräteeinweisungen und Trainings bekannt sein.

Stark deformierte oder verkeilte Türen und Luken können mittels hydraulischem Spreizer aus ihren Halterungen gebrochen werden. Zum Ansetzen der Spreizerspitzen wird ein Spalt zwischen Tür und Türrahmen benötigt, welcher ggf. erst geschaffen werden muss. Dazu kann ein Brechwerkzeug in

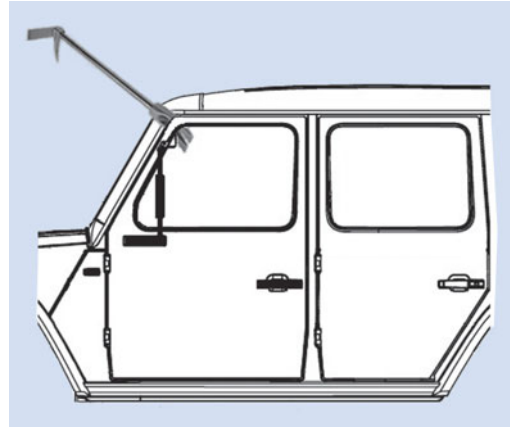


Abb. 6.9 Spalt aufweiten

den vorhandenen Spalt eigesetzt werden, um diesen durch Bewegung aufzuweiten (Abb. 6.9). Der geschaffene Spalt wird mit Keilen gesichert und der Spreizer Richtung Scharniere nachgesetzt (Abb. 6.10).

Nach dem Aufbrechen der Scharnierseite besteht die Möglichkeit, dass durch die Beseitigung der Materialspannungen das Türschloss wieder funktioniert. Gelingt die Öffnung nicht, kann versucht werden, die Tür aufzubiegen. Diese Methode ist zeitsparend, beinhaltet jedoch mehrere Nachteile. Zum einen muss erhebliche Kraft aufgewendet

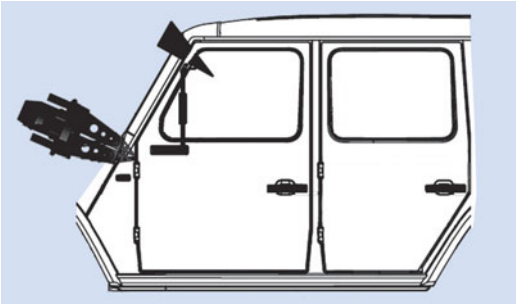


Abb. 6.10 Ansatzpunkt Nähe Scharnier

werden, da Türpfalzen und Sicken für Stabilität und Wiederstand sorgen. Des Weiteren wird die erzielte Weite des Zugangs kleiner ausfallen als bei der Komplettentfernung der Tür. Außerdem wird die ggf. notwendig werdende vollständige Abtrennung der Tür durch die Verformungen erschwert.

Raumschaffender, jedoch zeitaufwändiger ist der Versuch, die Tür aus dem Schloss herauszuziehen. Dazu sollte der Türöffner auf der Innenseite mittels Hindurchgreifen durch Türspalt oder Fenster offengehalten und die Tür in Fahrtrichtung weggezogen werden. Gelingt dies nicht, kann die Schlossseite der Tür ebenfalls mit dem Spreizer geöffnet werden. Schwierigkeiten können sich hierbei aus der Verwendung unterschiedlicher Materialien ergeben. Der Schlossbügel ist aus gehärtetem Material und bietet dem Spreizer viel Widerstand. Das umliegend verbaute Karosserieblech ist weicher und reißt, wodurch ein zusätzlicher Schneidvorgang erforderlich werden kann.

Tipp

Geräteführer sollten ihre Position so wählen, dass sie sich nicht im Wirkbereich abzutrennender Fahrzeugteile befinden.

Die Idee, Fahrzeugtüren und Luken mit Hilfe eines anderen Fahrzeuges herauszureißen, ist in gefährlichen Lagen denkbar, um schnell und effizient zu arbeiten. Diese Lösung birgt aber enorme Risiken! So können Fehlversuche eine weitere Rettung erheblich erschweren. Türen und Luken bieten keine stabilen Befestigungspunkte. Griffe reißen ab, die Verriegelungsmechanik wird verbogen und Anschlagmittel wie Seile können überlastet werden und reißen. Geben Seitentüren nicht nach, könnte das betroffene Fahrzeug auf die Seite geworfen werden, was nicht nur die Insassen beeinträchtigt sondern die Rettung auch erheblich verzögert. Unter Berücksichtigung dieser Risiken sollte eine solche Praxis zwar nicht ausgeschlossen, aber andere Möglichkeiten vorgezogen werden.

Zusammenfassung

Ungeschützte Fahrzeuge können nach Anschlag oder Unfall einen erheblichen Deformationsgrad aufweisen. Eine gründliche Erkundung möglicher Zugänge kann Zeit bei der Rettung sparen. Fenster, Türen und Luken sind zu bevorzugen. Der Einsatz hydraulischer Rettungsgeräte sollte die letztmögliche Maßnahme darstellen.

6.2.6 Besonderheiten geschützter Fahrzeuge

Das Aufschneiden oder -sägen der Fahrzeugpanzerung ist mit dem zur Verfügung stehenden Gerät nicht möglich oder erfordert unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand. Deshalb sollten zur Rettung Türen oder Luken geöffnet werden. Der Erstzugang ist nach dem notwendigen technischen Aufwand zu planen. Dabei sind Zugänge, die ohne oder mit einfachem Werkzeug geschaffen werden können, vorzuziehen. Türen und Luken, welche über zusätzliche Minenschutzverriegelungen oder Öffnungssicherungen verfügen, bieten zumeist einfache technische Möglichkeiten, wie Hebel oder Sechskantschrauben, um diese von außen zu betätigen. Gleiches gilt für Luken, welche nur innenliegende Öffnungsriegel besitzen. Leider sind Größe, Position und Kennzeichnung solcher Öffnungshilfen nicht einheitlich.

Eine genaue Kenntnis der typenbezogenen Fahrzeugausrüstung ist Bedingung für eine schnelle Rettung. Deshalb sollte jeder Soldat die Zugänge zu allen in einer Patrouille eingesetzten Fahrzeugtypen und deren Öffnungsmechanismen kennen.

Alternativ zum herkömmlichen, bündigen Einlassen der Türen in die Fahrzeugoberfläche, können diese exponiert auf der Karosserie aufgesetzt sein.

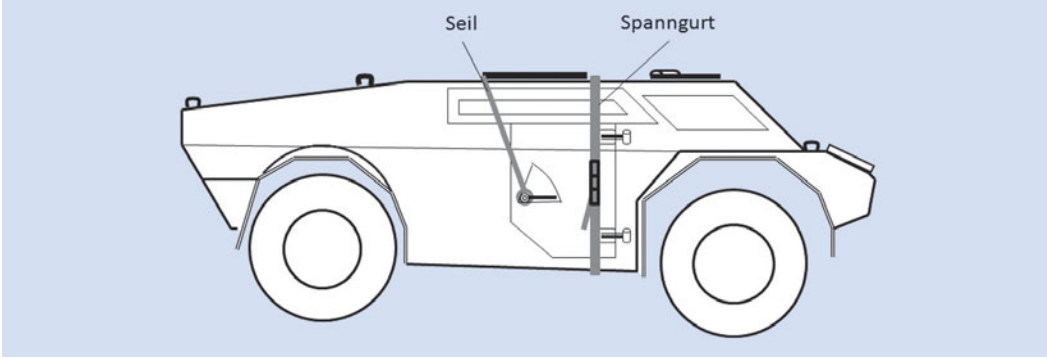


Abb. 6.11 Behelfsmäßige Türsicherung

Dadurch lassen sich Türbolzen herausdrücken oder Scharniere schneiden, insofern sie nicht durch zusätzliche Panzerungselemente abgedeckt werden.

Verschraubungen können z. B. durch Einkleben gesichert und mit durch Rettungskräfte gewöhnlich verwendetem Werkzeug nicht zu lösen sein. Zur Demontage geschraubter Panzerungselementen empfiehlt sich das Entfernen der Schrauben- oder Nietenköpfe.

Tipp

Das Herausspreizen gepanzerter Karosserieteile verursacht extreme Spannungen, da sich die Panzerung nicht verformen lässt. Vor dem Nachsetzen müssen geschaffene Spalte gesichert werden, da die weggedrückten Fahrzeugteile ansonsten zurückfedern. Die Öffnung geschieht durch schlagartiges Herausbrechen der Halteelemente. Die Bewegungsrichtung der Fahrzeugteile ist beim Herausspreizen nicht beeinflussbar und ein Drücken oder Halten aufgrund der wirkenden Kräfte aussichtslos und gefährlich.

An gepanzerten Türen sind Öffnungshilfen verbaut, welche vor Türentfernung getrennt werden müssen. Diese sind in ihrer Funktion vergleichbar mit den Teleskophaubenliftern herkömmlicher PKW.

Das Hineinschneiden kann zur schlagartigen Druckentlastung und dem Umherfliegen von Teilen führen. Günstiger ist eine Demontage durch Abschrauben.

Türen sollten vor dem vollständigen Heraustrennen gesichert werden, da sie ein Eigengewicht von bis zu 350 kg haben können. Verwendet werden dazu Spanngurt oder Seile, welche an der betroffenen Tür angeschlagen, über das Fahrzeugdach auf die andere Seite geführt und dort fixiert werden (Abb. 6.11).

Spanende Verfahren wie Sägen und Trennschleifen sind in der Regel zur Bearbeitung von gepanzerten Karosseriekomponenten ungeeignet. Panzerstahl oder Keramik verursachen durch extreme Zähigkeit bzw. Härte erheblichen Funkenflug oder Staubentwicklung und Verschleiß des Schneidgerätes. Faserkunststoffe, Zwischenlagen der Verglasung und Gummi erwärmen sich bei mechanischer Bearbeitung und verschmieren Sägeblätter und Trennscheiben.

Schneidbrenner und Plasmaschneider stoßen bei mehrlagigen Materialschichten und Hohlräumen in der Panzerung an ihre Grenzen. Gleichzeitig ist der Einsatz thermischer Trennverfahren und explosiver Öffnungsverfahren auf Grund einer Gefährdung der Insassen auszuschließen.

Zusammenfassung

Die Rettung aus geschützten Fahrzeugen muss über bestehende Fahrzeugöffnungen erfolgen. Anbauteile haben zum Teil ein erhebliches Eigengewicht und sollten vor der Demontage zusätzlich gesichert werden. Beim Einsatz hydraulischen Rettungsgerätes können extreme Spannungen auftreten.

6.2.7 Befreiung

Zum Zwecke der Rettung verletzter Fahrzeuginsassen müssen geschaffene Zugänge ggf. erweitert werden. Dazu gehört die Beseitigung von Einbauten. Speziell die Einbausätze für Funkgeräte und Waffenhalter können z. B. bei einem Zugang über das Fahrzeugheck die Rettung sogar unmöglich machen. Je nach Ausstattung der Rettungskräfte können Metallrahmen geschnitten oder gesägt und Kunststoffe herausgebrochen werden.

Idealerweise erfolgen medizinische Maßnahmen zur Stabilisierung eines Patienten und technische Arbeitsschritte im Wechsel. Um bei massiver Deformation eines Fahrzeuges Raum zu schaffen, werden gestauchte Karosserieelemente in Richtung ihrer ursprünglichen Position zurückgedrückt. Einklemmungen im Thoraxbereich beeinträchtigen die Atmung des Betroffenen und müssen unverzüglich beseitigt werden. Dies kann durch Sitzverstellung, Entfernung der Sitzfüllung oder das Abtrennen des Lenkradkranzes geschehen. Typische für einen Frontalaufprall sind Einklemmungen des Fahrers im Fußbereich. Pedale können mittels Seil oder Gurt seitlich weggezogen werden, häufig sogar nur mittels Muskelkraft.

6.2.8 Bergung

In Rettungseinsätzen werden Leichen und Sachwerte geborgen. Diese begriffliche Abgrenzung dokumentiert die Priorität des Rettens. Die notwendigen Maßnahmen und die Bergungsreihenfolge werden durch den Führer vor Ort festgelegt. Die Aufgaben der technischen Unterstützung können sehr vielseitig sein und reichen von der Bergung getöteter Personen bis zur Herstellung der Bewegungsfähigkeit von Fahrzeugen. In ▶ Kap. 5.2, Abschn. »Maßnahmen nach Unfällen«, wurde bereits beschrieben, dass Rettung und Bergung durchaus gleichzeitig durchgeführt werden können. Der Transport eines Fahrzeuges aus der Gefahrenzone mag primär die Rettung der Insassen bezwecken, jedoch nehmen ggf. Fahrzeug, Bewaffnung und Beladung im Rahmen taktischer Überlegungen einen sehr hohen Stellenwert ein.

Zum Wiederherstellen der Mobilität können das hydraulische Rettungsgerät und Brechwerkzeuge effektive Hilfe leisten. Beschädigte, herabhängende Anbauteile wie Stoßstangen oder Kotflügel sollten abgetrennt werden, um ein Verkeilen oder weitere Beschädigungen zu verhindern. Eingeklemmte Räder können durch das Wegdrücken von störenden Karosserieelementen ihre Bewegungsfreiheit wiedererlangen, wodurch die Rollfähigkeit beschädigter Fahrzeuge zurückgewonnen wird.

6.2.9 Aufgabe von Fahrzeugen

Kann die Mobilität des beschädigten Fahrzeuges nicht wieder hergestellt und ein Transport nicht sichergestellt werden, muss es in der Regel aufgegeben werden. In diesem Fall erfolgt bei militärischen Einsätzen regelmäßig die Zerstörung. Hierfür sollten bereits vor Operationsbeginn verfügbare Möglichkeiten geprüft und geplant werden. Im Regelfall stellen mitgeführte Vernichtungsladungen die zuverlässigste Variante dar. Alternativ kann die Vernichtung oder Unbrauchbarmachung mittels anderer Kampfmittel (z. B. Handgranaten, Schnellnebel, Panzerabwehrhandwaffen), durch in Brand setzen, durch Artilleriefeuer oder durch Luftunterstützung erfolgen. Lässt die Lage dies zu, sollten zumindest Waffen, Führungs- und Fernmeldematerial im Vorfeld geborgen und mitgeführt werden oder ihre gezielte Unbrauchbarmachung sichergestellt sein.

Ausbildung

K. Ladehof

7.1 Ausbildungsbedarf – 89
7.1.1 Auswertung des Auftrages und Konsequenzen für die Ausbildung – 89
7.1.2 Entwicklung eines idealtypischen, modularen Systems – 89
7.1.3 Ermittlung von Ressourcen und Möglichkeiten – realistische Umsetzbarkeit – 91

7.2 Ausbildungskonzepte – 92
7.2.1 Theoretischer Hintergrund und Komponenten eines Konzeptes – 92
7.2.2 Prüfung der praktischen Umsetzung und Anpassung – 95

7.3 Ausbildungsverfahren – 98
7.3.1 Grundsatzfragen vor der konkreten Umsetzung einer Ausbildung – 98
7.3.2 Durchführung szenariobasierter Ausbildung – 100
7.3.3 Weitere Hinweise – 102
7.3.4 Auswahl der eingesetzten Methoden – 103
7.3.5 Teilnehmereinbindung und Nachbesprechung – 106

Literatur – 107

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_7, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Dieses Kapitel stellt zunächst die Bedarfsermittlung für eine bestimmte Zielgruppe als Grundlage einer weiteren Ausbildungsplanung dar. Darauf aufbauend sollte eine Ausbildungskonzeption entwickelt werden, die ggf. auch unterschiedliche Ausbildungshöhen berücksichtigt. Im dritten Teil werden dann unterschiedliche Ausbildungsverfahren dargestellt: Wenn klar ist, welche spezifische Rahmenlage für eine Ausbildungsgruppe existiert und welche Kenntnisse und Fertigkeiten vermittelt werden sollen, können die geeignetsten Verfahren zur Erreichung der Lernziele ausgewählt werden.

Die Ausbildung unterscheidet sich in der Taktischen Medizin natürlich nicht grundsätzlich von der Ausbildung in anderen praxis- bzw. handlungsorientierten Lernbereichen. Dennoch müssen eben unbedingt die Besonderheiten bei der Versorgung und dabei vor allem die erschwerten Rahmenbedingungen abgebildet werden. Damit ist nicht gemeint, dass die Auszubildenden ständig »unter Beschuss« oder einer anderen Bedrohung arbeiten sollen, sondern dass »belastungsstabile« Verfahren vermittelt werden – was in hohem Maße durch Algorithmenbasiertes Arbeiten und eine ausreichend hohe Repetition erreicht werden kann.

Die Besonderheit für den größeren Teil der Erstversorger in diesem Umfeld wird sein, dass – auch wenn es dazu kommt, dass ein Kamerad verwundet wird – der Primärauftrag eben nicht die medizinische Versorgung ist. Dies muss dementsprechend durch angepasste Algorithmen sowie in den weiteren Inhalten und Methoden der Ausbildung abgebildet werden.

Möglicherweise steht sogar im Vordergrund, dass auch während der laufenden Versorgung weiterhin in besonderem Maß die **Rahmenlage** beachtet bzw. beherrscht werden muss. Grundsätze wie »shooter first« und »best medicine on the battlefield is fire superiority« spiegeln diese Lage wider. Auch bei »zivilen« Szenarien kann eine ähnliche Lage vorliegen: eine Gruppe, die auf die Rettung von Atemschutzgeräteträgern spezialisiert ist, wird ihren Auftrag nicht lange durchführen können, wenn sie nicht gegen die Umgebung ausreichend geschützt ist und sofort auf etwaige Veränderungen reagiert. Dass in taktischen Lagen die Verletzungsmuster und medizinischen Erfordernisse andere Schwerpunkte haben, wurde bereits in den vorausgegangenen Kapiteln dargestellt (▶ Kap. 1.2; ▶ Kap. 8) und wird z. B. auch noch einmal im Abschnitt »Polizei« dargestellt (■ Tab. 27.1).

Es gibt außerdem möglicherweise keine personelle Redundanz, wenn diese Ersthelfer die medizinische Versorgung nicht leisten können, da die Anschlussversorger eben nicht in einer potenziell »feindlichen« Umgebung arbeiten können bzw. überhaupt dorthin gelangen.

Wenn also externe Bedrohungen als zusätzlicher Ausbildungsinhalt abgebildet werden müssen und die Versorgung dann unter Umständen durch diese Erstversorger auch noch länger durchgeführt werden muss (»prolonged care«), muss dieser notwendige Ausbildungsschwerpunkt auch im dafür gewählten Zeitansatz ausreichend berücksichtigt werden.

Lage der zivilen Ersthelferausbildung

Die **Ausgangslage** für diese Ersthelferausbildung ist in Deutschland bereits nicht ideal gewesen und wird sich mit der aktuellen Novellierung im Bereich der Berufsgenossenschaften (BG) wahrscheinlich eher verschlechtern. Es wurde gerade erst begonnen, die Erste Hilfe-Ausbildung bereits als Standard in der Schule einzuführen und wie auch sonst in der Breitenausbildung liegt der Fokus vor allem auf Reanimationsmaßnahmen. Ein großer Teil der Bevölkerung wird mit der Thematik lediglich und einmalig im Rahmen der Fahrerlaubnisausbildung konfrontiert. Diese Ausbildung der »Lebensrettenden Sofortmaßnahmen« ist mit 8 Unterrichtseinheiten (UE = 45 Minuten) festgelegt. Die Ausbildung betrieblicher Ersthelfer dauerte bisher 16 UE und wird bei nahezu unveränderten Inhalten ab April 2015 auf 9 UE reduziert [1]. Dies liegt einerseits im Interesse der Unternehmen, die ihre Mitarbeiter jetzt nur noch einen Tag freistellen müssen, andererseits bleibt das Entgelt für die Ausbildungseinrichtungen bei Reduzierung des Aufwandes weitgehend gleich (derzeit pro Teilnehmer 34 € für 16 UE, dann 28 € für 9 UE [2]). Die »Aufwertung der Fortbildung« und Vermittlung der umfangreichen Inhalte soll durch »deutliche Vereinfachungen in verschiedenen Themenfeldern, u.a. im Bereich der Reanimation«, durch »kompakte Gestaltung« und »Verzicht auf überflüssige medizinische Informationen bei gleichzeitiger didaktischer Optimierung« erreicht werden [1]. Außerdem sollen »Praxisanteile in den Vordergrund gerückt« werden. Erwachsenenbildung beruht auf Verständnis und Handlungseinsicht, was einerseits Zeit für Erklärungen und andererseits eine Wiederholung von Lerninhalten erfordert.

»Didaktische Reduktion« bedeutet eben auch den Verzicht auf Inhalte und nicht ihre oberflächlichere Darstellung. Die bisherigen Inhalte der Ersthelfer-Ausbildung wurden lediglich umformuliert und es wurden nahezu keine Themen weggelassen (lediglich das »Abdominaltrauma« wird nicht mehr

genannt, 2011 wurde der Einsatz eines AED sogar als zusätzlicher Ausbildungsbestandteil ergänzt).
Die längst überfällige Anpassung der Methoden, Betonung der Praxisausbildung und Streichung unnötiger Details [3, 4] werden derzeit auch von den Rettungsdienstschulen leider oft unzulässig als Verbesserungen durch die Verkürzung dargestellt. Tatsache ist, dass die gerade am zweiten Tag mögliche Wiederholung von Inhalten und Nachfragemöglichkeit (nachdem die Inhalte »sacken« bzw. »überschlafen« werden konnten) verloren geht. Es kann klar belegt werden, dass in Deutschland mehr geholfen und die Überlebenswahrscheinlichkeit erhöht werden könnte, wenn mehr Ersthelferkenntnisse und Selbstvertrauen in der Bevölkerung bestehen würden [5].
Beides kann sicher nicht durch eine Reduzierung der Ausbildungszeiten erreicht werden. Diese Entwicklung darf auf keinen Fall im taktischen Bereich, bei noch schwierigeren Lagen, als Maßstab für einen sinnvollen Ausbildungsumfang betrachtet werden. Wenn eine »zivile« Ausbildung bisher als Ausgangslage vorausgesetzt wurde, muss jetzt, um das gleiche Endergebnis zu erreichen, die interne Ausbildungszeit ggf. um »den fehlenden Tag« ergänzt werden (▶ Tab. 7.2).

7.1 Ausbildungsbedarf

7.1.1 Auswertung des Auftrages und Konsequenzen für die Ausbildung

Bei der Planung einer Ausbildung bzw. dem Erstellen eines Ausbildungskonzeptes für eine Zielgruppe muss zuerst eine Bedarfsanalyse erfolgen, die die folgenden **Grundsatzfragen** hinsichtlich des Auftrages beantwortet:

- **Welche Personen** müssen von dieser Gruppe versorgt werden: nur eigene Kräfte, zivile Unbeteiligte, besondere Schutzbefohlene?
  – Im letztgenannten Fall können vielleicht sogar Erkrankungen relevant sein, die eine zusätzliche Schulung sinnvoll machen, wie z. B. Diabetes.
  Entsprechend der Ermittlung des Versorgungsbedarfs bei der medizinischen Einsatzplanung (▶ Kap. 2.4) lautet die Frage: Wer ist die »**population at risk**«?
- **Welche Aufgabe** müssen die Auszubildenden im Rahmen potenzieller medizinischer Erstversorgung erfüllen, welche Einsatzszenarien (welche Risiken und Verletzungsmuster) sind möglich, welche wahrscheinlich. Wo sind sie eingesetzt; alleine, als Unterstützung, als »2. Welle«? Dies betrifft insbesondere die mögliche (autarke) Versorgungsdauer im ungünstigsten Fall; wann treffen sicher (!) medizinisch höher qualifizierte Kräfte ein bzw. wann werden diese erreicht. Daraus kann abgeleitet werden, welche medizinischen Fähigkeiten die Betroffenen haben sollten. Dies wiederum muss natürlich mit rechtlichen oder politischen Vorgaben und dem »Willen der Führung« abgeglichen werden.
  Das heißt am konkreten Beispiel: wenn ein Spannungspneumothorax aufgrund der Bedrohungslage eine wahrscheinliche Verletzung ist und nur die Kollegen in der gleichen Einsatzgruppe sicher rechtzeitig vor Ort sind, um die lebensrettende Entlastungspunktion durchzuführen, müssen diese dazu befähigt werden. Wenn eine reale Gefahr besteht, dass ein Ingenieur auf einer Offshore-Windenergieanlage einen Stromschlag erleidet, muss sein Kollege befähigt werden, einen Defibrillator zu bedienen (und dieser muss zur Verfügung stehen!) (▶ Kap. 8.3).

7.1.2 Entwicklung eines idealtypischen, modularen Systems

Aus diesen Überlegungen leiten sich möglicherweise mehrere, gestaffelt eingesetzte **Ausbildungshöhen** ab. Aus den notwendigen Fähigkeiten und den für ihre seriöse Ausbildung benötigten Zeiten ergibt sich die Gesamtdauer der Ausbildung. Zusätzlich müssen dabei auch besondere Ausgangslagen berücksichtigt werden: es braucht mehr Ausbildungszeit, wenn man die notfallmedizinischen Fähigkeiten eines Rettungssanitäters nicht unter Anleitung oder im Team in einer Wohnung in Deutschland, sondern potenziell auch auf sich gestellt im Auslandseinsatz auf dem Gefechtsfeld beherrschen soll. Ein Einsatzsanitäter muss dementsprechend länger und mit komplexeren Fallbeispielen ausgebildet werden. Derzeit werden häufig zivile Ausbildungshöhen trotz der nur bedingten Einsatzrelevanz als Ausbildungsgrundlage genutzt und dann in einem zweiten Schritt modifiziert, um sie an die besondere Versorgungssituation anzupas-

sen. Eigentlich wäre es natürlich sinnvoller die Ausbildung unmittelbar auf die einsatzspezifischen Notwendigkeiten auszurichten, aber erst eine zivil anerkannte bzw. bekannte Ausbildungshöhe ermöglicht die Mitarbeit im Regelrettungsdienst und damit die Inübunghaltung im Heimatland. Außerdem ist die Ausbildungsgruppe in spezialisierten Bereichen häufig nicht groß genug, um zu rechtfertigen, dass für sie längere, speziell auf sie ausgerichtete Lehrgänge durchgeführt werden.

Ausbildungsinhalte/-themen können möglicherweise bei verschiedenen Zielgruppen identisch sein, aber die Schwerpunkte und Lernziele unterscheiden sich. So definieren z. B. die Entwickler des Tactical Medicine Curriculums (für den Bereich TEMS) 18 »educational domains«, fordern innerhalb dieser Bereiche aber unterschiedliche Kompetenzen für Operator, Medic, Team Commander und Medical Director [6].

In welchem Umfang soll TEMS/TECC abgebildet werden (nur die Versorgung im Einsatz oder mit allen Aspekten inkl. Medical Planning, Gesundheitsmanagement und Trainingssteuerung, Betriebssanitätswesen etc.)?

Beispiel SEK

Das Spektrum möglicher Einsätze beinhaltet mit einer hohen Wahrscheinlichkeit »internistische« Probleme (Herzbeschwerden bis hin zur Reanimation, akute Belastungsreaktionen, Asthmaanfälle, »mediterranen Ganzkörperschmerz« etc.), deren Bewältigung auch Kern »ziviler« Erste-Hilfe-Ausbildungen ist. Dennoch wird in der regulären Breitenausbildung ein zu geringer Schwerpunkt auf Praxisbeispiele gelegt und von einer eben deutlich überdurchschnittlichen Professionalität und Motivation der Teilnehmer wird sicher nicht ausgegangen. Verletzungen durch Verkehrsunfälle (Einsatzfahrten, mobile Lagen), aber auch durch Sturz (Höhenintervention, Verfolgung eines Täters, schlechte Lichtverhältnisse) oder penetrierende Verletzungen (Stich-, Schuss-, Explosionsverletzungen) kommen bei SEK-Einsätzen mit größerer Wahrscheinlichkeit vor, und bei ihrer Versorgung müssen sowohl die taktische Lage als auch die Fortsetzung des Auftrages berücksichtigt werden. Militärische »Gefechtsfeld«-Lagen stellen einen weniger wahrscheinlichen Extremfall (wie z. B. bei einem Amoklauf) dar, werden dann aber sicher den zivilen Rettungsdienst völlig überfordern.

Schwerpunkt der zeitkritischen Erstversorgung insbesondere bei einsatzbedingten Verletzungen bis hin zu Schuss- oder Sprengverletzungen (»ballistischem Trauma«) wird die Blutstillung, falls möglich mit – temporärer – Tourniquetanlage oder suffizienten (Druck-)verbänden sowie die Atemwegssicherung (stabile Seitenlage oder Nasopharyngeal-/Wendl-Tubus) sein. Obwohl die essentielle Bedeutung der ersten Maßnahmen durch die unmittelbar vor Ort befindlichen anderen Beamten unumstritten ist, gibt es meist nur Aussagen oder Untersuchungen [7] zur Qualifikation medizinisch höherwertig ausgebildeter Einsatzbeamter (»Medics«).

Neben diesen »harten Fakten« muss auch unbedingt – und immer wieder neu – ermittelt werden mit welcher **Erwartungshaltung** die potenzielle Ausbildungsgruppe an die Ausbildung herangeht? (Vorausgegangene, wenig interaktive Ausbildungen? Vorstellungen über was geht/was nicht? Ereignisse/verletzte Kameraden innerhalb eines Verbandes, deren Verletzungen besondere Maßnahmen erfordert hätten? ...).

Aufbauend auf diesen Fragen, die den Rahmen für die Entwicklung eines Curriculums vorgeben, sollte jetzt ermittelt werden, welche **Faktoren bei der Umsetzung** berücksichtigt werden müssen:

- Welche Ausbildungshöhe besteht als **Grundlage**, gibt es ein Konzept zur medizinischen Erstversorgung? Gibt es schon ein Konzept/eine SOP zur Abbildung dieser Fähigkeit (wie viel in welcher Ausbildungshöhe pro (Teil-)Einheit)?
- Gibt es bereits ein Konzept zur medizinischen Ausbildung und insbesondere auch zur Fortbildung bzw. Inübunghaltung?
- Gibt es gestaffelt höher qualifizierte Kräfte in der Einheit, die als Multiplikatoren genutzt werden können? In welcher Stärke werden die Kräfte eingesetzt? Gibt es vorbestehende Qualifikationen aus anderen Bereichen (z. B. durch Engagement bei der Freiwilligen Feuerwehr)? Wer steht dementsprechend als **Ausbilder** oder **Co-Trainer** zur Verfügung?
- Begleiten Anschlussversorger/Rettungsdienstkräfte die Einsätze, verfügen diese über eine taktische Ausbildung (Art/Umfang/Dauer)? Gibt es feste Kooperationen, möglicherweise (einen) ärztliche(n) Leiter, eine Ausbildungseinrichtung, die die Zielgruppe unterstützen kann?
- Gibt es gemeinsame Konzepte mit dem Rettungs- bzw. Sanitätsdienst, werden diese geübt (wie oft)?
- Welche **Ausrüstung** ist vorhanden/soll beschafft werden (modulare Staffelung – IFAK für jeden Angehörigen – für den/die Spezialisten – für die Kfz etc.)? Gibt es wiederum

rechtliche Vorgaben, die hier beachtet werden müssen (z. B. das Medizinproduktegesetz [MPG]).
- Welche **Infrastruktur** wäre ideal, welche steht in der Liegenschaft der Einheit bzw. an einem möglichen Ausbildungsort zur Verfügung?
- Gibt es **weitere Aufgaben**/Ausbildungsschwerpunkte/Spezialisierungen oder typische besondere Lagen, die in der Ausbildung berücksichtigt werden sollen (z. B. Höhenintervention, Berge, maritime Einsätze, interkulturelle Kompetenzen, Auslandseinsätze)? Werden weitere Inhalte benötigt (z. B. Verbringungsausbildungen, um den Bedarfsträger überhaupt begleiten zu können)? Resultieren hieraus Synergieeffekte oder eher Spannungsfelder?

Durch die Beantwortung all dieser Fragen ergibt sich das zu planende »ideale Konzept«. Für eine erfolgreiche Umsetzung muss dann zwingend der Abgleich mit dem, was in der Realität tatsächlich umsetzbar ist, erfolgen.

7.1.3 Ermittlung von Ressourcen und Möglichkeiten – realistische Umsetzbarkeit

Primär ist dabei eine Gegenüberstellung der angestrebten Befähigung mit der zur Verfügung stehenden Zeit notwendig. In der Regel sind nämlich zahlreiche Zusatzqualifikationen für den Auftrag erforderlich oder wünschenswert – und auch wenn es etwas flapsig formuliert scheint: Bei der »eierlegenden Wollmilchsau« ist die Wolle naturgemäß nicht ganz so flauschig. Und unabhängig von der Intensität und Dauer einer medizinischen/rettungsdienstlichen (Zusatz-)Ausbildung ändert sich nichts am Grundsatz »shooter first«: Der Einsatzbeamte erwirbt ebenso wie der Offshore-Monteur lediglich eine – wenn auch extrem wichtige – weitere Befähigung, die keine Abstriche im Hinblick auf Primärauftrag und -aufgabengebiet zur Folge haben darf.

Sekundär müssen leider auch die finanziellen Mittel für Ausbildung und Ausrüstung betrachtet werden. Das heißt jedoch nicht, dass es seriös wäre, notwendige Ausbildung aufgrund zu geringer finanzieller Mittel oder verfügbarer Zeitkontingente zu streichen. Die dargestellte Bedarfsanalyse dient dann eben dazu, die Notwendigkeiten besser darstellen zu können, Forderungen zu begründen oder den Bedarf für Alternativlösungen festzustellen (kann der Rettungsdienst vielleicht doch befähigt werden, »weiter vorne« zu versorgen?). Letztlich müssen diese Aspekte identifiziert und bewertet werden, um dem Führer in der Gesamtverantwortung eine Entscheidungsgrundlage dafür zu liefern, entsprechende Ressourcen in die Ausbildung zu investieren oder dies nicht zu tun. Gerade wenn darauf verzichtet wird, eine dem Anforderungsprofil angemessene Ausbildung vollumfänglich abzubilden, muss diese Entscheidung im Bewusstsein der damit verbundenen Nachteile getroffen werden – dem Verantwortlichen muss das »Preisschild« seiner Entscheidung klar sein.

Keine Rolle sollte die rechtliche Problematik der Durchführung invasiver Maßnahmen durch Laien spielen, da die Maßnahmen **nicht** an sie delegiert werden, sondern sie eigenverantwortlich auf Basis des § 34 StGB, Rechtfertigender Notstand (▶ Kap. 30) arbeiten. Dennoch müssen mögliche Bedenken oder Hemmschwellen ähnlicher Art identifiziert werden, um proaktiv auf sie reagieren zu können, z. B. durch Ausbildung der Führer zu dieser Thematik; Kosten-Nutzen-Analyse (wenn beispielsweise der Ausfall eines Beamten mit einer fünfjährigen Spezialausbildung vermieden worden wäre oder Schutzbefohlene in einer Polizeilage mangels Ausbildungshöhe nicht adäquat lebensrettend versorgt worden sind), Aufklärung über die rechtliche Situation etc. Außerdem sollten Hemmschwellen innerhalb der Ausbildungsgruppe, wie z. B. Angst vor Blamage, Ekel, »Spritzenphobie«, ebenso frühzeitig identifiziert und thematisiert werden, wie rechtliche Bedenken etc. Wenn ein bestimmter Ausbildungsinhalt die Gesamtakzeptanz für den Lehrgang gefährdet, sollte erneut geprüft werden, ob auf ihn seriös verzichtet werden kann.

Ziel ist ein umfassende Analyse der Notwendigkeiten und begünstigender Faktoren für die Ausbildung (»comprehensive needs and learning resources assessment«) [8].

Wer braucht was – und wer sagt das? [9] Die erste Antwort auf die erste Frage muss ebenso wie

das Ergebnis der Bedarfsanalyse hinterfragt und ggf. neu diskutiert werden [10]. Als »Spezialist für die Thematik« muss man den Kontakt zu den »Entscheidern« suchen, Fragen beantworten und Hintergründe (was bringt die Ausbildung der Führung?) erklären.

7.2 Ausbildungskonzepte

7.2.1 Theoretischer Hintergrund und Komponenten eines Konzeptes

Nachdem der Ausbildungsplaner den Bedarf ermittelt hat, sollte für die weitere Umsetzung ein Konzept erstellt werden, das

- die **Lerninhalte im Detail** festlegt (ggf. für unterschiedliche Ausbildungshöhen),
- dazugehörige Fähigkeiten (»skills«) und Kompetenzen definiert, die
- Teilnahme an Kursen, Praktika etc. – einschließlich erforderlicher Wiederholungsausbildung – strukturiert und
- Begrifflichkeiten klärt.

Klärung von Begrifflichkeiten bezieht sich darauf, dass z. B. ein »SEK-Medic« oder auch die individuelle Sanitätsausstattung (IFAK) nicht einheitlich definiert ist. Es ergibt sich damit auch die Möglichkeit, in diesem Zusammenhang sinnvolle Begriffe neu zu etablieren, wie z. B. den »Master Medic« als Hauptverantwortlichen für die Thematik innerhalb einer (Teil-)Einheit. Eine weitere gute Option ist es, neben einer ggf. individuellen Benennung einer **Ausbildungshöhe**, die mit ihr verbundenen Fähigkeiten zu **»kodieren«**. So ist z. B. die Kennzeichnung einer Ausbildungsdauer und im Idealfall der für sie klar definierten Fähigkeiten durch einen Buchstaben zunehmend akzeptiert (A bzw. »Alpha«, B, C etc. kennzeichnen eine zunehmende Qualifikationshöhe). Natürlich sollte dann auch hinterlegt sein, welcher Zeitansatz für das Erlernen einer Fähigkeit vorgesehen ist und dies wiederum muss sich an seriösen Erfahrungswerten orientieren. Die Entlastung eines Spannungspneumothorax oder gar die Koniotomie z. B. als Inhalte eines eintägigen Kurses vorzusehen, schadet eher der Akzeptanz der gesamten Ausbildung und Qualifikation. Natürlich ist es sinnvoll, sich auch hier an den Empfehlungen von, für den jeweiligen Bereich spezifischen, Fachgesellschaften zu orientieren.

Ein definiertes **Curriculum** bzw. wenigstens eine entsprechende »skills list« (Tab. 7.1; ▶ Kap. 31) ist die Grundlage für eine Standardisierung der Ausbildung und ist damit erforderlich, um eine effektive Zusammenarbeit vor Ort zu ermöglichen. Nur wenn der medizinische Einsatzleiter vor Ort weiß oder schnell erkennen kann, welche Fähigkeiten die weiteren Kräfte haben, kann er diese auch einsetzen bzw. ihnen Aufgaben übertragen, ohne sie zu über- (= Gefährdung der Verletzten/Patienten) oder unterfordern (= Verschwendung von Ressourcen). Dies würde also z. B. bei einem Massenanfall bedeuten, dass der medizinisch Höchstqualifizierte an der Einsatzstelle einem »Alpha-Medic« klar definierte Aufgaben zuweist (z. B. Blutstillung durchführen, Infusion vorbereiten), während er einen »Bravo-Medic« darum bittet, eine selbständige Untersuchung (und Einstufung) eines Verletzten durchzuführen (und eine Rückmeldung im MIST-Format bekommt). Bei einem »Charlie-Medic« kann er davon ausgehen, dass auch die Triage bzw. Vorsichtung eine abrufbare Fähigkeit ist: »Du gehst links um den Bus, ich rechts und dann setzen wir eine gemeinsame Lagemeldung ab.«

Die klare Beschreibung einheitlicher **Mindeststandards** unterscheidet eine curriculare Ausbildung mit einer klaren Kursstruktur auch von Informationsveranstaltungen zur Thematik, kürzeren Workshops im Rahmen von Kongressen, Produkt-Einweisungen oder der informellen Weitergabe von Wissen im Rahmen von Praktika.

Das heißt nicht, dass es nicht möglich ist, die für eine bestimmte Aufgabe erforderlichen Kompetenzen über die Nutzung derartiger Ausbildungsangebote »zusammenzusammeln« und es ist derzeit wahrscheinlich für motivierte Kräfte, die Einheiten ohne »offiziellem Konzept« angehören, die einzig pragmatisch realisierbare Möglichkeit. Die konsequente Nutzung eines Nachweisheftes, in dem unterschiedlichste Ausbilder die Vermittlung von Fähigkeiten, Durchführung von Maßnahmen, Einweisung auf Geräte u. ä. bestätigen können, ermöglicht es, auch einer derartig »gestückelten« Ausbildung eine rechtlich belastbare Basis zu geben.

Tab. 7.1 Individuelle Fähigkeiten/Fertigkeiten im Rahmen erweiterter rettungsmedizinischer (/sanitätsdienstlicher) Ausbildung von Ersthelfern/Rettungssanitätern/RettAss – Entwurf. Siehe auch [11]

Fertigkeit				Jeder Einsatzbeamte	A-Medic CFR-A*	C-Medic Einsatz-/Notfallsanitäter
A	Freimachen und Freihalten der Atemwege	durch manuelle Manöver, ggf. stabile Seitenlage		X	X	X
		durch Einlage eines Naso-/Oropharyngealtubus		X	X	X
		durch Anwendung von supraglottischen Atemwegshilfen (Larynxtubus)		–	–	X
		einschließlich Schaffung von Notfallatemwegen (Koniotomie)		–	–	X (mehrfache Wiederholung der Ausbildung am Tiermodell)
B	B-Probleme	Behandlung offener Brustkorbverletzungen		X	X	X
		Entlastungspunktion/Notfallentlastung des Thorax		–	X	X
		Anlage von Thoraxdrainagen		–	–	X (ggf. mehrfache Wiederholung der Ausbildung am Tiermodell)
		Schutz der Halswirbelsäule (Anlage Steifverbände)		X (Ass.)	X	X
		Beatmung	Mund-zu-Mund/-Nase	X	X	X
			mit Maske	–	X	X
			unter Nutzung von supraglottischen Atemwegshilfen (s. o.)	–	–	X
			Sauerstoffgabe	–	–	X (lageabhängig)
			endotracheale Intubation	–	–	– (nur ggf. RA)
C	Circulation – Blutstillung und Volumentherapie	Verbände, direkter Druck, Einsatz Tourniquet		X	X	X
		Nutzung von Hämostatika, Wundtamponade		–	X	X
		Verbände in schwierigen Bereichen/Verbrennungen		(X)	X	X
		Anlage von Fremdkörperverbänden (bzw. Eviszeration)		–	X	X
		Anlage einer (ggf. improvisierten) Beckenschlinge		–	X	X (inkl. RD-Mittel)
		Schaffung peripherer Zugänge im Rahmen der Notkompetenz und Flüssigkeitsersatz/Volumenersatztherapie (intravenös)		–	X	X
		... (intraossär)			X	X

Tab. 7.1 (Fortsetzung)

Fertigkeit			Jeder Einsatzbeamte	A-Medic CFR-A*	C-Medic Einsatz-/Notfallsanitäter
C	Circulation – Blutstillung und Volumentherapie	Herz-Lungen-Wiederbelebung	X	X	X
		einschließlich Anwendung eines halbautomatischen Defibrillators	X	X	X
		Anwendung spezifischer Medikamente sowie elektrischer Therapien zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen (Megacode-Training)			§ (ggf. entsprechend BAEK Notkompetenz/ Weisung PÄD)
D	Schmerzbekämpfung	mit bukkalem Fentanylapplikator	–	–	§
		Analgosedierung mit Ketanest/ Midazolam	–	–	§
		Verabreichung von (weiteren) definierten Arzneimitteln (zusätzlich i.v.-AB)	–	–	§ (ggf. entsprechend BAEK Notkompetenz)
		Anwendung von Autoinjektoren	–	X	X
E	Environment und erweiterte Maßnahmen	Wärmeerhalt	X	X	X
		Lagerung des Patienten/Anlage von Schienen	(X)	X	X
		Reposition von groben Fehlstellungen/ Anlegen von Extensionsschienen	–	–	X
		Versorgung von Augenverletzungen (»hard eye shield«)	–	X	X
Be- und Entladen von Lfz					X
(Vor-)Sichtung (inkl. Organisation einer strukturierten Patientenablage)			–	X	X
Kontinuierliche Dokumentation (Befund, Maßnahmen, Vitalparameter)			(X)	X	X (vollständige TREMA-Karte)
Qualifizierte Patientenübergabe an den Rettungsdienst			–	X	X
Gerätegestütztes Patientenmonitoring (Einweisungen nach MPG in gesondertem Heft)			–	–	X
(Behelfsmäßiger) Verletztentransport			(X)	X	X (inkl. RD-Mittel)

* Dem CFR-A entspricht im SanDst Bw der Ersthelfer »EH-B«.
Ass. = Assistenz bei der jeweiligen Maßnahme bzw. beim Beispiel HWS z. B. manuelle Stabilisierung.
§ = mittelfristig anzustreben, dies dann aber auf der Basis Nachweisheft und »Telemedizin-Hintergrund«

Die Inhalte der Ausbildung werden in **Lernabschnitte** gegliedert oder ggf. **Lernfelder**n zugeordnet. Die sogenannte Lernfeldkonzeption beschreibt die – »modernere« – Orientierung an angestrebten Handlungskompetenzen und damit die unmittelbare Abbildung des späteren, beruflichen Alltages, also der »Einsatzwirklichkeit«. Sie »ergänzt« damit »die traditionelle fachlogische Didaktik durch eine handlungslogische Didaktik.« Dies bedeutet vor allem, dass die Teilnehmer bereits zu Beginn ihrer Ausbildung mit konkreten Situationen aus dem beruflichen Alltag konfrontiert werden [12].

Die Ausbildung erfolgt damit insbesondere »fächerübergreifend« und berücksichtigt verstärkt eine emotionale Komponente (Betroffenheit erzeugen, Anwendbarkeit und Nutzen klar darstellen; Perspektiven erzeugen). Dies klingt vielleicht nach »gemeinsamem Gurkenschälen« kann aber gerade bei der späteren Versorgung eines Kollegen, den man schon seit Jahren kennt, entscheidende Bedeutung haben. Der Begriff »Lernfelder« wird auch in den Lehrplänen der unterschiedlichsten Ausbildungsträger für die Beschreibung der Inhalte der Ausbildung zum Notfallsanitäter verwendet [13, 14].

Diese Handlungsorientierung ist wiederum auch bestimmend für die Auswahl der eingesetzten **Methoden** [15]. Wenn das Ziel ist, dass der Einsatzbeamte erlernt, wie er unter Bedrohung einen verletzten Kollegen versorgt, muss die praktische, szenariobasierte Ausbildung Kern der Ausbildung sein. Dennoch wird er fordern und hat Anspruch darauf, dass er versteht, warum er bestimmte Maßnahmen durchführen soll und ihre professionelle Durchführung schrittweise erlernt (Abb. 7.1).

Abhängig von der angestrebten Qualifikation werden Lernziele formuliert, die klar festlegen, was der Auszubildende erlernen soll und vor allem in welcher **Lernzielstufe** (LZS) bzw. -tiefe diese vermittelt werden:

- Geht es um eine orientierende Darstellung, d. h. dass der Teilnehmer »von der Thematik schon einmal gehört hat«, kann er Inhalte lediglich wiedergeben und bestimmte Fertigkeiten ausführen (**LZS1**).
- Wenn er sie »verstanden« hat, kann er auch komplexe Sachverhalte erfassen, was in der Medizin in der Regel erforderlich sein wird (**LZS2**).
- Die Anpassung an die Lage im Sinne einer Abstraktion und Übertragung auf analoge Situationen (Transferleistung) ist dementsprechend für die Anwendung in taktischen Lagen gefragt (**LZS3**).
- Wenn die besondere Lage potenziell die Entwicklung neuer Verfahren und die Bewertung des Nutzens von Verfahren, Methoden und Material erfordert, ist die **LZS4** notwendig – und damit eine entsprechend lange Ausbildungszeit.

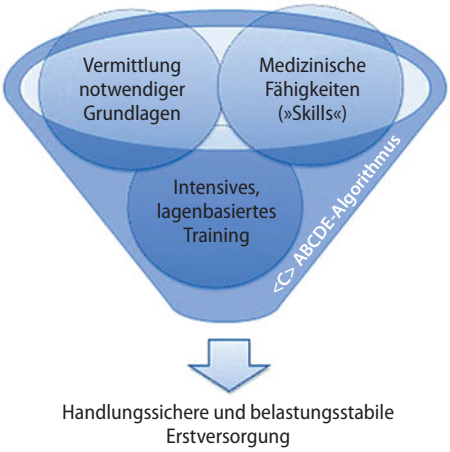


Abb. 7.1 Dreiklang der Vermittlung einer algorithmusbasierten Erstversorgung

Manche Lerninhalte können vielleicht nur mit einem erhöhten Aufwand in der wünschenswerten Tiefe vermittelt werden. Die praktische Versorgung einsatzspezifischer, ballistischer Verwundungen wird man nicht in einer Notaufnahme in Deutschland erlernen können, was ggf. sogar Auslandspraktika erforderlich machen kann (z. B. Traumazentren in den USA, Südafrika, Brasilien).

7.2.2 Prüfung der praktischen Umsetzung und Anpassung

Ein weiterer essenzieller Punkt bei der Ausgestaltung eines Konzeptes ist die **Ermittlung von Schnittstellen und Grundlagen**: Gibt es bereits ein anerkanntes System mit definierten Ausbildungshöhen, deren Nutzung auch eine rechtliche Handlungssicherheit ermöglicht? Haben die Angehörigen der Einheit bereits eine definierte Vorausbildung, wie die Lebensrettenden Sofortmaßnahmen oder die BG-Ersthelferausbildung? Gibt es »fertig konfektionierte« Lehrgänge, die den Bedarf erfüllen oder als Teil eines Gesamtsystems genutzt werden können? Ist dies wirtschaftlich sinnvoll, da eigene Ausbilderstellen mangels Auslastung nicht geschaffen bzw. Material nicht beschafft werden kann? Oder ist der Bedarf so speziell, dass eben doch eine personelle und materielle Abbildung im eigenen Bereich die beste oder einzig vertretbare Lösung ist?

Evtl. kann die Wirtschaftlichkeit durch Nutzung oder Schaffung von Ausbildungsverbünden mit ähnlichen Bedarfsträgern gewährleistet werden.

Nach Definition der Handlungskompetenzen und den dazugehörigen Inhalten bzw. Lernzielen sollten bereits im Konzept auch **spezifische Hinweise zur Umsetzung** und den Ausbildungsverfahren gegeben werden (▶ Abschn. 7.3).

Das heißt z. B., dass die Ausdehnung der Ausbildung auch in die Nacht in der Lehrgangsausgestaltung berücksichtigt werden muss, wenn dies die »realistische Arbeitszeit« der Zielgruppe ist. Dennoch muss man auch hier bereits darauf achten, dass eine Überfrachtung bzw. Überforderung vermieden wird. Man sollte eine »Tages-Lernpensum-Grenze« beachten und Regeneration einplanen (bzw. diese evtl. mit der Wiederholung von Inhalten kombinieren). Wie so oft ist weniger vielleicht mehr – und bleibt vor allem länger erinnerlich.

Außerdem ist ein Konzept nie »fertig«, sondern es sollte eine Zeitachse zur Umsetzung festgelegt werden und es muss eine periodische Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen bzw. die medizinische Weiterentwicklung vorgesehen werden.

Wie immer muss man das Rad nicht neu erfinden: sowohl bei unterschiedlichen Behörden im Inland als auch im internationalen Rahmen gibt es zahlreiche, teilweise auch leicht im Internet erhältliche Konzepte. Das britische »First-Person-on-Scene« (FPOS)-System bildet z. B. drei aufeinander aufbauende Ausbildungshöhen mit präzisen zeitlichen Vorgaben und Qualifikationen ab (Basic 10, Intermediate 30 und Enhanced 30 weitere Stunden). Entwickelt wurde es vom Gesundheitsministerium für Ersthelfer in ländlichen Gebieten, so dass z. B. auch verlängerte Versorgungszeiten und die Gabe von Notfallmedikamenten durch Ersthelfer (!) berücksichtigt werden.

Beispiel für die Umsetzung von Ausbildungshöhen bei der Bundeswehr (Heer)

Um auf die besondere Situation abgesetzt oder autark operierender Einheiten zu reagieren, wurden für diese Kräfte Lehrgänge geschaffen, die eine medizinische Höherqualifikation im Sinne einer Erweiterten Erste-Hilfe-Ausbildung beinhalten. Zusätzlich wurde auch eine begrenzte Reaktionsfähigkeit auf nicht-traumatologische Notfälle geschaffen. Dies betraf früher vor allem Angehörige der hinter feindlichen Linien operierenden Fernspähtruppe, für die bei solchen Einsätzen der Sanitätsdienst nicht oder nur mit extremen Verzögerungen zur Verfügung gestanden hätte. In den letzten Jahren wurde diese Ausbildung auch auf andere Truppengattungen (wie Spezialkräfte und Fallschirmjäger) ausgedehnt. Nach der ursprünglichen Benennung des dreiwöchigen Lehrganges »Patrol **Medic**al Course« hatte sich auch hier der Begriff Medic etabliert.

Bei den deutschen Spezialkräften durchlaufen alle Einsatzkräfte eine entsprechende dreiwöchige Ausbildung und es wird zusätzlich in jedem Team ein Kommandosoldat zum Rettungssanitäter ausgebildet (Bezeichnung in der Bundeswehr KdoFw San bzw. auch Combat First Responder C). Er nimmt jährlich an einem vierwöchigen Programm zur Inübunghaltung teil. Sein Fertigkeitsspektrum entspricht in ◘ Tab. 7.1 bezogen auf TCCC dem Einsatzsanitäter oder C-Medic (▶ Kap. 4.1).

Unabdingbar für ein erfolgreiches Ausbildungskonzept ist es, eine **Wiederholungsausbildung** für alle Ausbildungshöhen und in ausreichendem Umfang vorzusehen. Dies beginnt eigentlich bereits innerhalb eines Lehrganges, da eine Mindesthäufigkeit für die erfolgreiche erste Beherrschung einer Maßnahme festlegt werden sollte (»Venenpunktion lernt man nur durch Venenpunktion«). Hinsichtlich der Venenpunktion sollte z. B. mindestens eine jährliche (mehrfache) Wiederholung der Maßnahme für den Kompetenzerhalt festgelegt werden, beim Umgang mit einem Verbandpäckchen würde z. B. auch die Wiederholung alle 3 Jahre ausreichen. Einerseits geht es dabei um die »Rezertifizierung« der Maßnahmen, aber auch um die schlichte »Haltbarkeit« der Fähigkeiten (◘ Tab. 7.2).

Der Schlüssel zum Erreichen einer ausreichenden Frequenz ist die kontinuierliche Abbildung der praktischen Übung notfallmedizinischer Kompetenzen in anderen »taktischen« Trainings. Wann immer möglich, sollte die Ausbildung gemeinsam mit den anderen, nicht medizinisch spezialisierten Einsatzkräften (»**cross training**«) erfolgen. Es wäre eben schon ein ziemlicher Zufall, wenn ein halbes Dutzend Medics bei einem Einsatz gemeinsam unterwegs wären. Wie auch in ▶ Kap. 8 und 25 dargestellt, liegt das Schicksal des Verwundeten in den Händen desjenigen, der den ersten Verband anlegt und dies wird häufiger nicht der Medic, sondern eine Einsatzkraft mit anderer Spezialisierung sein. Damit ist die Medic-Ausbildung immer auch eine Multiplikatorenschulung, in der Grundsätze der Didaktik angesprochen – und natürlich intensiv vorgelebt – werden sollten. Wenn weitere Synergien oder Schnittstellen identifiziert werden können,

Tab. 7.2 Notfallmedizinische Ausbildungshöhen SEK – Beispiel-Entwurf

Zielgruppe	Schwerpunkt[1] (Zielsetzung)	Dauer	Terminologie	Inübunghaltung pro Jahr[3]
Jeder Einsatzbeamte	Blutstillung, (einfache) Atemwegssicherung Grundlagen Traumaversorgung nach Algorithmus Wiederholung BLS	3 Tage[2]	(BG-)Ersthelfer »Plus« bzw. Einsatz-EH (ohne Zusatz)	2 Tage (Schulung durch die Medics der Einheit)
SEK-Medics				
Erweiterte Ausbildung TVV/TECC[5] (taktische Verletztenversorgung)	Traumaversorgung nach Algorithmus (Schwerpunkt Initial)	5 Tage	Einsatz-Ersthelfer A[9] (EEH-A/»Alpha-Medic«)	5 Tage (nach erster Teilnahme EEH-B1)
Rettungssanitäter-Ausbildung	Erlangen einer zivilen Anerkennung; sinnvolle, »reale« Mitarbeit im Rettungsdienst; »zivil« häufige Versorgungen	13 Wochen (520 Stunden)	SEK-Rettungssanitäter[4] (RS)	10 Tage pro Jahr[8]
Erfahrener SEK-»Medic« (kontinuierliche Weiterbildung und Wiederholungsausbildung) (»Charlie«)	Kontinuierlicher Einsatz als Medic[7] und fachliche Inübunghaltung, Einsatz- und Rettungsdienst-Erfahrung; Multiplikator in der Weiterbildung der Einsatzbeamten und Alpha-Medics	5 Tage Aufbau-Lehrgang	Einsatz-Ersthelfer B1[6] (EEH-B1) Bei Qualifikation zum RS = EEH-C »Charlie-Medic« bzw. Einsatzsanitäter SE	Wie oben mindestens 5 plus 10 Tage standardisiert, möglichst weitere Fortbildungen (Kongresse, bei anderen SE etc.)
»Master-Medic«	Koordination, Konzeption und Weiterentwicklung, Berater der Einsatzleitung (Einsatzplanung)	Langjährige Verwendung Evtl. RA-Ausbildung		

[1] genaue Auflistung der »Fähigkeiten Tab. 7.1
[2] Anrechnung des Erste Hilfe-Kurses (16 Stunden, BG-analog), wenn die Ausbildung <2 Jahre erfolgt ist.
[3] Alle Zeiträume sind Mindestvorgaben, natürlich werden – freiwillig – längere Teilnahmen an Lehrgängen oder Praktika die Handlungssicherheit verbessern und die Fähigkeiten sukzessive erweitern.
[4] Wenn sinnvolle Begriffe existieren, ist keine abweichende Benennung, Neu-Kodierung erforderlich.
[5] TECC = Tactical Emergency Casualty Care (mil.: TCCC, C für Combat), d. h. durch ein Expertengremium insbesondere für Polizeieinsätze in den USA erarbeitete Versorgungsgrundsätze.
[6] Codierung B1, da nicht alle Inhalte der dreiwöchigen Bw-CFR-B-Ausbildung (z. B. Medikamentengabe aufgrund deutlich verlängerter Versorgung) umgesetzt werden. Einen »Bravo-Medic« wird es also nur in einer Übergangsphase geben, wenn er schon am 5 Tage-TVV/TECC-Aufbau-Lehrgang teilgenommen hat, aber noch nicht auf dem Rettungssanitäter-Lehrgang war.
[7] Achtung: auch der »Alt- oder MasterMedic« bleibt »normaler« Einsatzbeamter mit taktisch-operativem Primärauftrag (»shooter first, Medic second«).
[8] ggf. kommen weitere Pflichtfortbildungen des jeweiligen Rettungsdienstbereiches hinzu (z. B. Fahrerbelehrung, Hygieneunterweisung, AED [MPG-Wiederholung]).
[9] dies entspricht derzeit bei der Bw dem CFR-A bzw. EH-B (!) – sog. »Qualifikationsstufe II«.

wird man eine höhere Akzeptanz für die Integration von »San-Lagen« in andere Ausbildungsvorhaben erzielen.

Sicher wird die sanitätsdienstliche Lagedarstellung und -abarbeitung dort »kein Übungsschwerpunkt« sein, aber nur die kontinuierliche Wiederholung wird letztendlich auch bei den »Troopern« Handlungssicherheit erzeugen, die nicht zuletzt dem verwundeten Medic zu Gute kommen kann.

Auch sinnvolle **Prüfung**en zur Feststellung des Lernerfolgs, aber vor allem auch zur juristisch tragfähigen Dokumentation einer Ausbildungshöhe sollten unmittelbar im Konzept verankert werden. Da es vor allem um das Erlernen praxisbezogener Fähigkeiten geht, die dann auch noch unter erhöhter Belastung abrufbar sein sollen, ist anzustreben, dass auch eine Leistungsüberprüfung oder ein Abschlusstest eines Lehrganges diese Situation widerspiegelt.

Wenn eine bestimmte Ausbildungshöhe bestätigt werden soll und eine entsprechende Prüfung natürlich nur dann Sinn macht, wenn sie bei Nicht-Beherrschen der im Curriculum bzw. einer Skills-List festgelegten Fähigkeiten nicht bestanden wird, muss sie möglichst standardisiert und nachvollziehbar durchgeführt werden. Fehler sollten dabei gezielt aufgeschlüsselt werden (z. B. führen »kritische Fehler« unmittelbar zu einer Schädigung oder zum Tode des Patienten). Unter dem Stichwort »OSCE« (»objective structured clinical examination«) findet man Orientierungshilfen zu Aufbau und Entwicklung einer solchen Prüfung.

Schließlich sollten in einem Ausbildungskonzept auch **Verantwortlichkeiten** und **Zuständigkeiten** festgelegt werden. Wenn also z. B. für einen »Combat-ready«-Status (ein klar definiertes Fähigkeitsprofil, das erforderlich ist, um an Einsätzen teilzunehmen) auch eine medizinische Ausbildungshöhe festgelegt ist, ist der Chef für die Umsetzung verantwortlich und es ist nicht – mehr – die Aufgabe des medizinischen Beraters oder Ersthelfers selbst, um eine Lehrgangsteilnahme zu »betteln«.

Ausschlaggebend ist, dass der Entscheider (also meistens »die Führung« und eben nicht der Kursteilnehmer bzw. »Medic«) das Ausbildungsprogramm akzeptiert – und es daher vorher versteht und beeinflussen kann. Sonst werden eben weder die erforderlichen Mittel noch die notwendigen Ausbildungszeiten zur Verfügung stehen.

Andererseits besteht aufgrund des Engagements für die Ausbildung und sorgfältiger, konzeptioneller Vorarbeit auch ein begründeter Anspruch auf eine ausreichende, institutionelle Unterstützung. »Good teaching is supported by strong and visionary leadership, and tangible institutional support – resources, personnel, and funds.« [14] (Gute Lehre wird durch eine starke und visionäre Führung unterstützt und es muss eine konkrete, institutionelle Unterstützung gewährleistet sein – hinsichtlich personeller, finanzieller und sonstiger Ressourcen.)

7.3 Ausbildungsverfahren

7.3.1 Grundsatzfragen vor der konkreten Umsetzung einer Ausbildung

» Ich unterrichte meine Schüler nie; ich versuche nur, Bedingungen zu schaffen, unter denen sie lernen können.
(Albert Einstein, 1879–1955)

Im günstigen Fall wurde also eine Bedarfsermittlung durchgeführt und ein ggf. modulares Ausbildungskonzept erstellt, bevor eine konkrete Ausbildung durchgeführt wird. Damit stehen die – möglichst homogene – Ausbildungsgruppe, die Lernziele und Tiefe ihrer Vermittlung, die für die Lernabschnitte zur Verfügung stehenden Zeiten und evtl. auch bereits die geeignetsten Methoden und Verfahren für die spezifische Ausbildung fest. Oft wird es aber auch der Fall sein, dass lediglich grobe Vorgaben hinsichtlich der Lernziele bzw. ein Wunsch der Ausbildungsgruppe und die zur Verfügung stehende Zeit feststehen, wenn eine Ausbildung durchgeführt wird. Soweit möglich sollten im Vorfeld dennoch die im ▶ Abschn. 7.1 dargestellten Fragen gestellt werden. Vor allem muss eine Bewertung und klare Aussage erfolgen, **welche Themen in welcher Form beim vorgegebenen Zeitansatz seriös abgebildet werden können**. Es macht wenig Sinn, möglichst viele der für die taktische Medizin

relevanten Themen »abzuhaken«, wenn damit am Schluss kein Lerninhalt wirklich nachhaltig vermittelt werden konnte, oder aufwändige Ausbildungsverfahren einzusetzen, wenn dadurch die notwendige Grundlagenausbildung und Repetition nicht durchgeführt werden kann.

Eine weitere generelle Entscheidung muss vor der Ausbildung hinsichtlich des **Ort**es **der Durchführung** gefällt werden. Bei der Ausbildung von Fertigkeiten und grundlegenden Abläufen (»initial«) kann der Ort der Ausbildung nahezu beliebig gewählt werden. Hier sollte der Schwerpunkt eher auf »kurze Wege zum Unterrichtsraum, trocken und ausreichend beleuchtet« gelegt werden. Je komplexer die Lagedarstellung wird, umso mehr ist eine gezielte Auswahl der Trainingseinrichtung bzw. des -geländes wichtig. Einerseits kann die Nutzung der originären Liegenschaft der Einheit (und damit ggf. der Einsatz eines »Mobile Training Teams« (MTT) vor Ort) sinnvoll sein, andererseits ist für einen bestimmten Ausbildungsabschnitt möglicherweise ein genau daran angepasstes Objekt ideal (als hochspezialisiertes Beispiel die Bergwachtausbildungshalle in Bad Tölz). Es gibt unterschiedlichste Vor- und Nachteile, so steht z. B. der deutlich geringere Aufbauaufwand bzw. die höhere Detailtiefe bei Nutzung eines vorbereiteten Ausbildungsortes (Beispiel »Halle 113« in Hammelburg) dem dadurch höheren zeitlichen Aufwand für die Anreise gegenüber. Ein stillgelegtes Fabrikgelände bietet meist gute Voraussetzungen, um unterschiedlichste Lagen von polizeilichen Zugriffen über Arbeitsunfälle bis zur Versorgung beim Kampf in urbanem Gelände in realistischer Umgebung zu trainieren – und es ist im Regelfall kostenlos und in überschaubarer Entfernung verfügbar.

Die ausschlaggebende Bedeutung der Praxisausbildung und Vermeidung »theoretischer Überfrachtung« wurde generell in der Erste Hilfe-Ausbildung erkannt und sowohl in der Fachliteratur zur Didaktik in der Ersthelferausbildung [12] als auch zur Notfallpädagogik (z. B. [15]) sowie von der BG betont. Man darf jedoch nicht unterschätzen, dass sorgfältige und sinnvolle praktische Ausbildung bei gleichen Inhalten im Regelfall eben einen höheren Zeitaufwand erfordert. Ein »Folienfilm« ist leider immer noch das Resultat, wenn die Inhalte vorgegeben sind und die dafür vorgesehene Ausbildungszeit nicht ausreicht. Außerdem kann eine effektive Fallbeispiel-basierte Ausbildung nur in kleinen Ausbildungsgruppen bzw. mit einer hohen Ausbilderstärke durchgeführt werden.

Das **Verhältnis von Ausbildern zu Auszubildenden** sollte bei dieser intensiven Ausbildung 1 zu 6 nicht überschreiten, 1 zu 4 wäre günstiger. Nur auf diese Weise kann eine für den Teilnehmer befriedigende Moderation des Verlaufs mit möglichst verzögerungsfreien Rückmeldungen erfolgen. Andererseits ist bei geringerer Ausbilderdichte auch keine ausreichende Beobachtung des Vorgehens gewährleistet, um im Anschluss an das Szenario ein detailliertes Feedback geben zu können (► Abschn. 7.3.5). Möglichkeiten, den damit verbundenen Aufwand bzw. die Kosten beim Einsatz externer Ausbilder zu reduzieren, bestehen durch die Kooperation verschiedener Einheiten, vorgeschaltete Ausbildung interner Multiplikatoren (meist höherwertig ausgebildete Angehörige der Einheit, aber z. B. auch lagespezifische Schulung des Betriebssanitätsdienstes) oder »Amtshilfe« verschiedener Behörden.

Ein Austausch von Ausbildern unterschiedlicher Einheiten wird nahezu immer beiden Seiten Vorteile bringen, da es gerade bei komplexeren Problemen unterschiedliche Lösungsansätze geben wird, die eine Weiterentwicklung oder Konsolidierung beider Systeme bewirken können. »Networking schadet nie.«

Dies ermöglicht auch, dass in der Ausbildung nach der ersten Festigung der grundlegenden Lerninhalte bewusst ein regelmäßiger Wechsel der Ausbilder in Form einer **Stationsausbildung** erfolgt. Dennoch sollten die Teilnehmer den jeweiligen »Grundlagenausbilder« als primären Ansprechpartner bzw. Tutor behalten. Auf diese Weise erleben die Teilnehmer verschiedene Schwerpunktsetzungen, Detail-Abweichungen in der Vorgehensweise und profitieren von unterschiedlichen Erfahrungen. Dabei sollte gerade bei Algorithmus-basierter Ausbildung immer wieder der Hinweis gegeben werden, dass es sich um ein Schema und eben kein Dogma handelt. Daher können unterschiedliche Ausbilder durchaus leicht voneinander abweichende Meinungen vertreten, da es oft »mehrere legitime Handlungsalternativen« [15] gibt. Die Trainer sollten jedoch darauf achten, dass sie bei Bedarf und spätestens auf Nachfrage die Relevanz bzw. Evidenz für bestimmte Aussagen oder Vorgehensweisen darstel-

len können: handelt es sich um eine Richtlinie, Leitlinie, Empfehlung, objektive Meinung oder subjektive Meinung [15]. Außerdem muss jeder Ausbilder natürlich auch darauf achten, ob er auf die Darstellung einer (selbst begründet) abweichenden Meinung ggf. verzichtet, um die Ausbildungsgruppe nicht zu überfordern. Die Varianz von Notfällen ist so hoch, dass man ohnehin nicht alles verbindlich, eindeutig und konkret regeln kann [17].

Außerdem sind Flexibilität und Reflexion ebenfalls, insbesondere in der Erwachsenenbildung, sinnvolle Ausbildungsziele. Die Teilnehmer sammeln im Idealfall Mosaiksteine, die dann die Grundlage für ihre Entscheidung bilden. Dabei sollte eine selbständige »try and error«-Korrektur erfolgen, falls nicht der erwünschte Erfolg eintritt, oder der Ausbilder wird unterstützend eingreifen. »Action with reflection« oder bekannter »learning by doing« [8] sind Prinzipien nachhaltiger Ausbildung.

Tipp

Bei Stationsausbildungen kann es sinnvoll sein, jeweils eine »Skills-Station« einzubauen, damit die Teilnehmer in der Rotation unterschiedlich belastet werden bzw. nicht permanent unter dem Druck einer – realistisch dargestellten – Verletztenlage arbeiten müssen.

7.3.2 Durchführung szenariobasierter Ausbildung

Auch in der taktischen Medizin ist das Ausbildungsprinzip »vom Leichten zum Schweren«, vom Einfachen zum Komplexen entscheidend. Trotz des angesichts der erschwerten Rahmenbedingungen sicherlich berechtigten Grundsatzes »train hard, fight easy«, ist es nicht sinnvoll, das erste Üben von intravenösen Zugängen gleich im Freien oder bei schlechten Lichtverhältnissen durchführen zu lassen.

Ebenso wenig sollte man sich durch vorhandene Möglichkeiten und »beeindruckende Optik« (z. B. »Horror-Moulagen« oder spektakulären Pyrotechnik-Einsatz) dazu hinreißen lassen, eine überzogene Lage darzustellen. Didaktik geht vor Effekt (analog zu »form follows function«)! Natürlich kann man dennoch eine begrenzte Überforderung auch als didaktisches Mittel einsetzen, etwas ausprobieren oder eine optisch beeindruckendere Darstellung einsetzen, da »das Auge mitisst«. Dann sollte man dies aber in Absprache mit der Ausbildungsgruppe und möglichst erst nach entsprechender Erklärung tun. Sonst ist die Gefahr groß, dass aufgrund von Demotivation und Frustration wertvolle Ausbildungszeit verloren geht, Ziele nicht erreicht werden oder man die Gruppe »verliert«. Erwachsenenbildung lebt von Partizipation und Konsens.

Unbedingt müssen sich die Teilnehmer in der **Lagedarstellung** »wiederfinden«, d. h. die Vermittlung der Themen und vor allem die Fallbeispiele müssen an die Arbeits- und Versorgungssituation der Ausbildungsgruppe angepasst werden. Das Spektrum »realistischer Arbeitsumfelder« reicht in der taktischen Medizin vom »klassischen Gefechtsfeld« über das alpine Gelände mit tiefem Schnee oder einen abgelegenen Abschnitt eines Containerhafens in tiefster Dunkelheit bis zu einer Plattform in 80 m Höhe auf einer Baustelle.

Tipp

Je homogener die Ausbildungsgruppe ist, umso näher kann man an ihrer Einsatzrealität ausbilden, sich (in) thematisch(en Details) an sie anpassen und vor allem in der Schilderung der Praxisbeispiele überzeugen.

Wenn die Teilnehmer aus unterschiedlich(st)en Bereichen kommen, wie z. B. bei einem Workshop im Rahmen eines Kongresses oder bei »offen« angebotenen Lehrgängen, sollten für die Fallbeispiele ggf. unterschiedliche Untergruppen (z. B. POL/MIL unter Berücksichtigung der Ausbildungshöhe) gebildet werden.

Die Vermittlung von Fertigkeiten (»skill training«) wiederum muss wenigstens bei der Erstausbildung nicht Zielgruppen-spezifisch sein: ob ein Bergführer eine Koniotomie bei einer Mittelgesichtsverletzung aufgrund eines Sturzes oder ein CFR sie nach einer Schrapnellverletzung durchführen muss, ändert nichts an der Vorgehensweise bei der Maßnahme. Hier können also auch gemeinsame, interdisziplinäre Workshops durchgeführt werden. Dennoch kann bzw. sollte auch hier das

Training in einer späteren Phase lageadaptiert und ggf. intensiviert werden – z. B. findet die Durchführung dann unter Lichtdisziplin (▶ Kap. 20), im fahrenden Kfz oder eben auf einem abschüssigen Hang statt. Andere potenziell sinnvolle Lage-Erschwernisse sind Enge, Bedrohung, Zeitdruck, klimatischer oder akustischer Stress.

Tipp

Wind wird im Zusammenhang mit der Vermeidung einer Hypothermie und Sorgfalt bei der Versorgung (Wegwehen der Rettungsdecke …) oft unterschätzt und lässt sich leicht durch die geschickte Wahl des Ausbildungsortes oder ggf. eine evtl. bei der lokalen Feuerwehr ausleihbare Windmaschine darstellen. Die Annäherung einer Bedrohung lässt sich mit wenig Aufwand und personalsparend akustisch darstellen.

Eine bewährte Ausbildungsmethode beim anfänglichen Training des Versorgungsalgorithmus ist es, Wunden schnell und kostengünstig durch das einfache Aufkleben eines ggf. farbigen Tape-Streifens darzustellen. Durch das Aufkleben einer Münze kann man das Auffinden beim Abstreichen (»blood sweep«) des Patienten erleichtern. Die Bedeutung der sorgfältigen Untersuchung, ggf. die Durchführung spezifischer Maßnahmen bei entsprechender Lokalisation (z. B. Anlage eines luftdichten Verbandes) kann damit effizient vermittelt werden und die Teilnehmerakzeptanz dieser Methode ist trotz ihrer »Schlichtheit« hoch.

Die medizinische Komplexität lässt sich analog zur Darstellung der Rahmenlage durch mehrfache Verletzung, ungünstigere Lokalisation (verzögertes Auffinden und/oder erschwerte Versorgung), mehrere Verletzte bis hin zu Komplikationen bei der Versorgung steigern.

Routine- bzw. häufige Situationen werden so lange trainiert, bis diese beherrscht werden, dann erst sollten kritischere (immer noch häufige) Lagen dargestellt werden und erst wenn dann noch ausreichende Ausbildungszeit zur Verfügung steht, sollten seltenere, besonders komplexe oder z. B. anfangs in die Irre führende Szenarien durchgespielt werden.

Alle in einer Übung vertretbaren **Maßnahmen** sollten auch praktisch durchgeführt werden, ein »ich würde jetzt« sollte konsequent vermieden werden. Nur so lässt sich in der Ausbildung auch ein realistisches Gefühl für den Zeitbedarf bei der Durchführung von Untersuchungs- oder Behandlungsmaßnahmen vermitteln. Diesem Aspekt kommt in taktischen Lagen eine zentrale Bedeutung zu. Prozeduren, deren reale Durchführung nicht vertretbar ist, sollten vom Auszubildenden detailliert beschreiben werden, die relevanten anatomischen Positionen exakt gezeigt werden und die erwartete Konsequenz der Maßnahme bzw. Kontrollen erklärt werden.

Fehlerkorrekturen während bzw. das Eingreifen in laufende Szenarien muss man sorgfältig abwägen. Gerechtfertigt wäre es, wenn wenig Zeit zur Verfügung steht und sonst eine weniger effektive Ausbildung erfolgen würde.

Auch wenn meist die medizinische Versorgung im Vordergrund steht und die taktische Rahmenlage bei kurzen Fallbeispielen oft nur »angedeutet« wird, sollte dennoch die **Lageschilderung** zu Beginn eines Fallbeispiels sorgfältig durchdacht und vorbereitet werden. Auch die Verwendung spezifischer Terminologie zeigt den Teilnehmern die Kenntnis ihrer Arbeitssituation bzw. die Beschäftigung mit ihrem Umfeld. Die Wirklichkeit und die passenden »Bilder entstehen im Kopf« und eine »stimmige« Schilderung kann eine deutlich höhere Identifikation und Einsatz bei der Bewältigung des Lagebeispiels bedingen (Ortsnamen, erkennbar fiktive, aber tatsächliche Namen, Informationen zur Rahmenlage wie »ein regnerischer Novembertag« oder »im Feierabendverkehr«). »Learning in context assures transfer to the work situation. Successful simulations must closely resemble the real world (authenticity, high fidelity)«. [17] (Das Lernen im Kontext ermöglicht den Transfer auf die reale Arbeitssituation. Erfolgreiche Simulation muss die Realität möglichst genau darstellen.)

Dabei ist es vor allem wichtig, als Ausbilder authentisch zu sein, was natürlich umso leichter fällt, umso mehr man tatsächlich Erfahrungen mit der medizinischen Versorgung im spezifischen Bereich der Ausbildungsgruppe hat. »I cannot teach what I don't know.« [18] Wenn diese Erfahrungen eben nicht vorliegen, kann es eine gute Option sein,

jemand mit diesem spezifischen Ausbildungsgruppen-Hintergrund als Mitausbilder ins Boot zu holen.

Im Idealfall kennt man wirklich ein reales Fallbeispiel, das sich für die Vermittlung der jeweiligen Lernziele eignet. Gerade bei einer unrealistisch klingenden Lage erübrigen sich Diskussionen. – »Ja, klingt für mich auch so, ist aber so passiert…« – Der Teilnehmer muss möglichst zunehmend »von der Lage absorbiert werden« und sich für die Dauer des Fallbeispiels gefühlt am fiktiven Einsatzort befinden. Gerade in der Erwachsenenbildung und auf der Basis eines gemeinsamen Erfahrungshintergrundes muss es nicht einmal aufwändig sein, dieses Ziel zu erreichen. Ggf. kann man natürlich auch Bilder einsetzen oder bei ausreichender Zeit den, möglichst realen, Ausbildungsort tatsächlich entsprechend gestalten (Gerüstteile, ein Autowrack, Trümmer bis hin zu brennenden Fleischresten und ähnlichem). Auch dabei sollte man das berühmte »Zuviel des Guten« im Hinterkopf haben und sich im Zweifel an den sensibleren Teilnehmern orientieren. Auch in Vorträgen sollte man den didaktischen Nutzen der audiovisuellen Medien abwägen und »Horrorbild-Vorträge« vermeiden! Andererseits ist z. B. eine Schutzbrille mit realen »Schrapnell-Einschlägen« aus dem Einsatz unter dem »Awareness«-Aspekt hinsichtlich erforderlicher Prävention unschlagbar.

7.3.3 Weitere Hinweise

- Klar erkennbarer Beginn eines Fallbeispiels (dies muss nicht unbedingt eine Pyrotechnik-Show sein, sondern das Betreten eines Raumes, ein Knall, das Eintreffen mit einem Fahrzeug o. ä.).
- Unbedingt Kennzeichnung der Trainer (Warnweste, Knicklicht o. ä.), um einen klaren Lageüberblick zu ermöglichen!
- Höhepunkte setzen, sowohl bei einem Fallbeispiel, als auch im Verlauf des Ausbildungstages!
- Am Ende des Ausbildungstages das »Runterkommen« begünstigen (entspanntere Schlussbesprechung, möglicherweise einschließlich eines gemeinsamen Bieres o.ä.). Sorgfältig auf die Ausbildungsgruppe achten und eine mögliche Überforderung oder andere didaktische Problematik unmittelbar ansprechen.
- Kontinuierlicher Wechsel von Theorie, Fertigkeiten und Praxis in Form von Fallbeispielen bzw. Lagedarstellungen. Sukzessive zusätzliche, ggf. vorher theoretisch vermittelte, Inhalte in die Praxisbeispiele integrieren.
- Das Rückgrat der gesamten Ausbildung muss ein standardisierter Untersuchungs- und Behandlungsalgorithmus sein (▶ Kap. 1.2). Das im Bereich der taktischen Medizin bewährte Vorgehen wird ausführlich in den Kap. 8 und 9 behandelt. Auch in der Ausbildung müssen die unterschiedlichen Vorteile immer wieder herausgearbeitet werden: »Treat first what kills first« gibt dem Verwundeten die bestmöglichen Chancen, erst die Standardisierung und »gemeinsame Sprache« ermöglicht ein effektives Teamwork (es ist klar, was als nächstes passieren sollte) und er bietet eine Rückfallposition und eine teilweise Entlastung von differenzierten Überlegungen (insbesondere, wenn Ressourcen anderweitig, z. B. beim anhaltenden Monitoring der Sicherheitslage, gebunden sind).
- Wiederholung begründen! Warum immer wieder ähnliche Lagen oder Verletzungsmuster dargestellt werden, muss umso besser begründet werden, je weniger professionell bzw. in diesem Arbeitsumfeld routiniert die Ausbildungsgruppe ist. Gerade »Drill«-Ausbildung muss vorher begründet werden, um Einsicht zu erzielen.
- Nicht an einem ganz tollen Übungskonzept festhalten, wenn es nicht funktioniert. bzw. die Teilnehmer (gerade wenn diese unerwartete, aber sinnvolle, Alternativlösungen entwickeln) nicht in das »Übungskorsett« zwängen bzw. den erwarteten oder erhofften Verlauf aufzwingen.
- Gerade bei den möglichen Zielgruppen der taktischen Medizin ist es wichtig, die Medien an den Teilnehmerkreis anzupassen. Spezialkräfte sind z. B. sehr hoch und wirklichkeitsnah belastbar, aber »Kennenlern-Spielchen« werden eher auf Ablehnung stoßen, da das »team building« bereits lange erfolgt ist. Wenn

ein »Fremdkörper« da ist, dann ist es oft eher der Ausbilder, der im Rahmen seiner Möglichkeiten eine Integration anstreben sollte. Dies ist in erster Linie dadurch möglich, dass er, auf Basis seiner eigenen fachlichen Qualifikation, (ehrliches) Interesse und Respekt zeigt, Nachfragen stellt, um Besonderheiten zu verstehen und ggf. auch das Vorgehen gemeinsam mit den Teilnehmern modifiziert und an die spezifische Lage adaptiert. Wenn es sich nicht um einen etablierten Lehrgang handelt, sondern der Ausbilder die Zielgruppe noch nicht ausreichend kennt, ist es wichtig, ein Feedback nicht erst am Ende der Ausbildung einzuholen. Die Abfrage der Erwartungshaltung zu Beginn und Feedbackrunden nach einzelnen Ausbildungsabschnitten ermöglichen es ggf. die laufende Ausbildung noch hinsichtlich Inhalten und Methoden anzupassen.

- Das – wichtige – Gesamtfeedback am Ende eines Lehrganges i. S. eines »hot debriefs« nützt der Weiterentwicklung des Kurses, für die aktuelle Gruppe kommt es zu spät. Daneben sollte ein standardisierter Evaluationsbogen zu Beginn der Ausbildung ausgegeben werden, der vor allem die Möglichkeit zum schnellen Feedback, aber auch zur freien Formulierung von Kritik und Anregungen bietet. Er kennzeichnet damit gleichzeitig auch Abschluss und Zusammenfassung des Lehrganges oder einer Lerneinheit.
- Ausbildungsverfahren und -geschwindigkeit müssen immer wieder selbst hinterfragt und im Ausbildungsteam besprochen werden. Dabei sollten insbesondere »Problemfälle« bei den Teilnehmern angesprochen und ggf. ihre gezielte Förderung geplant werden.

Bewährte »Standardtipps« zur Unterrichtsgestaltung

- Medien gezielt auswählen (natürlich insbesondere kein Folien- bzw. Powerpoint-Film) (Tab. 7.3).
- Einen Notfallplan vorsehen, wenn ein Medium nicht zur Verfügung steht (bzw. dieses ggf. redundant vorhalten)!
- Die Einhaltung von Eckzeiten ist für einen strukturierten Ablauf entscheidend.
- Teilnehmer sollten möglichst frühzeitig über Ausbildungserfordernisse informiert werden (»ab heute Nachmittag möglichst ältere Bekleidung tragen, die dreckig werden kann«).
- Bei Unterrichten ausreichend Raum für Fragen einplanen.
- Ausbildungshilfsmittel wie Taschenkarten und praxisnahe Anleitungen zu komplexeren Fertigkeiten zum Nachlesen austeilen.
- Gute, alte Hilfsmittel nutzen: Ein Handzettel mit der Skizzierung der Ziele, Unterrichtsmittel, Methoden und Medien, Quellen etc. hilft bei der Strukturierung.
- Natürlich kann ein guter Ausbilder improvisieren, aber er sollte einen guten Grund dafür haben, weil er bei sorgfältiger Vorbereitung präziser auf die Abbildung aller Lernziele und andere Details achten kann.
- Gemeinsam entwickelte Flipchart-Übersichten nachher im Unterrichtsraum aufhängen (dann sollte ihre mögliche Optik aber präzise vorbereitet werden). Dies ermöglicht eine gute (und wiederholte) Visualisierung wichtiger Lernziele. Auch die Darstellung der Gliederung der Ausbildung kann auf diese Weise erfolgen und erleichtert den Teilnehmern den Überblick bei komplexeren Themen (evtl. parallel »abhaken« oder Pfeil verschieben).

7.3.4 Auswahl der eingesetzten Methoden

Wenn eine Ausbildung durchgeführt wird, müssen aus den zur Verfügung stehenden Möglichkeiten die Ausbildungsmethoden ausgewählt werden, die am besten geeignet sind, um in der gegebenen Zeit das Erreichen der Lernziele bestmöglich zu unterstützen.

Vorlieben des Ausbilders oder das Vorhandensein prinzipiell guter Mittel sollten diese Entscheidung

nur begrenzt beeinflussen. Der Effekt »Wenn man einen Hammer hat, sieht jedes Problem wie ein Nagel aus« [20] sollte unbedingt vermieden werden. Zum Beispiel ist simulationsbasiertes Training mit hohem Kosten- und Zeitaufwand verbunden, der bei begrenzten Ressourcen zu Lasten der Repetition der Themen und Verfahren geht. Die Amortisierung oder Vermarktung des nun einmal angeschafften High Tech-Simulators allein kann also kein Grund sein, diesen einzusetzen. Genauso sollte man vermeiden, dass jedes Fallbeispiel mit einer Explosion »garniert« wird, nur weil ein Pyrotechniker zur Verfügung steht. Wenn amputierte Verletzungsdarsteller (z. B. »amputees in action«, Großbritannien) die Ausbildung unterstützen, muss nicht jedes Fallbeispiel mit dem Verlust einer Extremität einhergehen, da sie meist auch »normale« Verletzungssituationen hervorragend darstellen können. Diese Liste ließe sich mit Beispielen zu jeder Methode oder jedem Mittel fortsetzen.

Auch bei einem für eine bestimmte Zielgruppe bewährten Lehrgang muss die Übertragbarkeit der eingesetzten Methoden auf eine Ausbildungsgruppe mit einem anderen Hintergrund kritisch hinter-

Tab. 7.3 Vor- und Nachteile unterschiedlicher Ausbildungsmethoden

	Vorteile	Nachteile	Anmerkungen
»Konventioneller« Unterricht	Leichter zu organisieren Preisgünstig Einfachere Steuerung des Verlaufs Ausbilderpersönlichkeit kommt zum Tragen	Wird bei unzureichender Vorbereitung leicht zu »trocken« bzw. »frontal« Ausbilderpersönlichkeit kommt zum Tragen	Für die Vermittlung von Grundlagen – natürlich möglichst interaktiv und abwechslungsreich – unverändert notwendig
Simulatoren	Zuwendung zum »Patienten« und weg vom Ausbilder-Feedback vertiefendes Skill-Training bzw. Skills im Zusammenhang/einige invasive Skills nur am Simulator	Teuer Zeitaufwändig Eher statisch Eingeschränkte Rückmeldung (z. B. unangenehme Lagerung, unzureichender Wärmeerhalt)	Insbesondere für das (Team-) Training/CRM und »human factors« wertvoll [19]
»Animal lab« (Versorgung eines narkotisierten Tieres)	Invasive Skills Tatsächliche Verantwortung für die Versorgung eines Lebewesens/ nur adäquate Maßnahmen sind erfolgreich	Töten eines Tieres (Einschläferung/Narkose) Hoher logistischer und Genehmigungsaufwand, unbedingt Vermeidung von Leiden für das Tier (Tierarzt, auch wenn nicht vorgeschrieben)	Insbesondere für das Erlernen suffizienter Blutstillung (inkl. Packing und Hämostyptika, aber z. B. auch Nutzung des Knies für temporären, direkten Druck) besser als jedes andere Verfahren/ Modell
Tierkörper (-teile)	Reales Gewebe Ähnliche Anatomie	Ggf. Töten eines Tieres (Schlachtung) Aufwändig Ohne Blutung	Für Koniotomie-Training sehr gut geeignet (und in diesem Fall nur Schlachtabfälle – »Schweinegurgeln« und abgelagerte Haut)
Leiche/Körperspender	Realste Anatomie	Verfügbarkeit (Meist) fixiertes Gewebe/ keine Blutung	
Buddy-Training	Übungsteilnehmer zu sein ist auch eine wertvolle Erfahrung (z. B. hinsichtlich Stellenwert und Qualität des Wärmeerhaltes)	Belastbarer als reale Verletzte (noch aktive Wärmeproduktion)	Wechseln der Positionen und Anpassung im Schwierigkeitsgrad; unterschiedliche Schwerpunkte (Arbeit alleine, im Team, Anleitung eines Laien etc.)

Tab. 7.3 (Fortsetzung)

	Vorteile	Nachteile	Anmerkungen
Übungs-Verletzte – Laien	Reale »Patienten« Rückmeldung hinsichtlich grober Behandlung, unzureichendem Wärmeerhalt etc.	Auch höherer Ausbilderaufwand/-dichte	Gerade bei einsatznahen Lagen sorgfältige Auswahl und Einweisung der Darsteller.
Übungs-Verletzte – professionelle RUD	Realistische Darstellung – auch des physiologisch wahrscheinlichen Verlaufes Je nach Schulung eigentlich auch Ausbilder	Hoher Personalaufwand und -kosten	Bei »ehemaligen« Patienten«, z. B. »amputees in action« auch besseres Feedback hinsichtlich des persönlichen Erlebens (von Aussagen/ Umgang)
e-learning	Sorgfältigste mediale Aufbereitung von Sachverhalten möglich, da potenziell große Nutzergruppe Lernzeit und -ort frei wählbar Individuelle Bearbeitungsgeschwindigkeit Leichte Unterstützung durch/ Kombination unterschiedlichster Medien	Hoher Aufwand für die Produktion wertiger Inhalte/hohe Anforderungen an IT-Ausstattung Interaktion eingeschränkt oder sehr aufwändig Entspricht damit oft Frontalunterricht ohne Nachfragemöglichkeit Oft nicht der realen »Hardware-Situation« der Nutzer angepasst (langsames Internet, Zugangsbeschränkungen bei Behörden)	In Kombination mit »realer« Ausbildung (zur Vor- und Nachbereitung) (= »blended learning«) gute Möglichkeit, um Präsenzzeit einzusparen bzw. die Lehrgangszeit effektiver zu nutzen. Aufwand realistisch einschätzen. Sinnvoll in »content management system«/Lernplattform einbetten
Blended learning (Kombination aus e-learning und Präsenzunterricht)	Siehe oben Sinnvolle Ergänzung, Einsparung von Präsenzzeit	Siehe oben, jedoch teilweise durch Kombination kompensierbar	»Lernarrangements«
Planspieltraining	Darstellung komplexer Lagen (MANV) Leicht zu unterbrechen/Detailbesprechung (Gliederung in Abschnitte) (Meist) kostengünstig (insbesondere im Vergleich zur Vollübung) Rahmenbedingungen beeinflussbar	Potenziell »verzerrter Blick« (mehr Überblick als in der Realität) und Handlungen (z. B. Transport mehrerer Patienten(karten) durch einen Helfer) Komplexer als für Teilnehmer sinnvoll Rahmenbedingungen unrealistisch	Erfordert meist längere Entwicklung und sorgfältige Vorbereitung(Spielregeln). Beübung von Strukturen, Führung, (BOS-)Zusammenarbeit; ggf. als Vorbereitung einer Vollübung Ermöglicht vor allem Entscheidungstraining
(Voll-)Übung	Realistische Darstellung komplexer Lagen Beübung Zusammenarbeit und Schnittstellen	Hoher Aufwand (Drehbuch!) und Kosten Unterbrechungen kaum möglich Komplexe, zeitaufwändige Nachbesprechung (-bereitung)	Unbedingt vermeiden: – Dynamik und realerVerlauf werden an Drehbuch und »Übungsziel« angepasst – »Schönreden« (wegen Aufwand und externer (Medien-)Präsenz)

fragt werden. Auch wenn es generelle Prinzipien und Erfahrungswerte für die beschriebenen Methoden gibt, »funktioniert« dennoch nicht alles angesichts unterschiedlicher Vorausbildung, Hintergrund, Erfahrung, Kultur oder Geschlecht.

7.3.5 Teilnehmereinbindung und Nachbesprechung

Eine der wichtigsten Komponenten einer erfolgreichen Ausbildung ist eine standardisierte Nachbesprechung der Fallbeispiele, für die daher auch ausreichend Zeit eingeplant werden muss. Die Nachbesprechung muss auch an den Ausbildungsstand der Gruppe angepasst werden.

Eine »Expertengruppe« benötigt den Ausbilder oft nur noch als Moderator. Ein bewährtes System ist es, den mit der Versorgung des Verwundeten primär betrauten Teilnehmer zuerst nach seinen Eindrücken und seiner Bewertung der Situation zu fragen. Dann kommen weitere Helfer und der Verletztendarsteller zu Wort, der vor allem ein Feedback hinsichtlich seiner Versorgung (z. B. Wärmeerhalt?) und Betreuung geben sollte. Erst dann kommentiert der Ausbilder die genannten Punkte, ergänzt seine Wahrnehmungen und positive, aber natürlich auch negative Punkte. Wenn der Teilnehmer selbst die wichtigen »lessons identified« bereits genannt hat, wird die Aufgabe des Trainers mehr eine Zusammenfassung (Wiederholung des Lernzieles dieser Ausbildung, kurze Darstellung des zeitlichen Verlaufs, evtl. bei komplexen Lagen Gliederung in Phasen) oder die – wohldosierte – Platzierung von wichtigen Tipps oder Kernpunkten (Materialorganisation, Kommunikation, Reassessment, Lageüberblick u. ä.) sein. Klar am Beispiel begründete Empfehlungen für Verbesserungen werden in diesem Verlauf meist gut akzeptiert. Man sollte dabei also zwar Prinzipien im Hinterkopf haben (z. B. mit etwas Positivem beginnen), aber es ist noch wichtiger, authentisch zu bleiben. Bei einem katastrophalen Durchgang muss man nicht zwingend etwas Positives suchen, sollte aber unbedingt nach Ursachen und Problemen fragen: Eigener Fehler in der Falldarstellung? »Luft raus für heute?« Vielleicht hat sich auch ein kleiner Effekt zu einer Kette entwickelt etc.

Wenn ein einzelner Teilnehmer »völlig auf dem Schlauch stand«, könnte eine vorausgehende, kurze Abklärung unter vier Augen sinnvoll sein. Außerdem sollte man erklären, dass selbst bei einem »schlechten« Durchgang eine gute Nachbesprechung, in der eben die Probleme vom Versorger selbst erkannt oder gemeinsam herausgearbeitet werden, einen größeren Lernerfolg mit sich bringen kann, als eine fehlerfreie Versorgung. Auch wenn man unbedingt ausreichend Zeit für die Nachbesprechung einplanen sollte, sind Stringenz und Beschränkung auf Wesentliches genauso wichtig. Das »Zerreden« eines Beispiels macht möglicherweise den gesamten Aufwand wieder zunichte – daher vorher überlegen, welche Punkte man ansprechen möchte.

Alle organisatorischen, zum Übungsbild gehörenden Maßnahmen sollten vor Beginn der Nachbesprechung abgeschlossen sein (d. h. z. B. Sicherheit an den Waffen hergestellt, Verletztendarsteller von Verbänden und Zugängen befreit, Materialaufbereitung abgeschlossen). Außerdem sollten Störungen der Nachbesprechung vermieden werden (Nebengeräusche durch Funk oder Motoren, Parallelgruppe übt noch etc.).

Ein Video-Debrief ist zwar prinzipiell ein hervorragendes Tool, das insbesondere unnötige Diskussionen vermeidet, beansprucht aber einen hohen Zeitaufwand, der auf Kosten der – meistens viel wichtigeren – Wiederholung geht. Gerade bei mobilen Lagen oder z. B. in schwerem Gelände ist der organisatorische Aufwand wiederum sehr hoch. Prinzipiell gilt: »je komplexer die Versorgung und je größer das Team«, umso sinnvoller wird dieses Mittel sein.

Entscheidend ist es, den Teilnehmern die Erkenntnis zu vermitteln: Jeder in der Ausbildung identifizierte Fehler, hilft Fehler in der Realität zu vermeiden. Dazu müssen natürlich der Umgang miteinander und das Lernumfeld passen. »Good teaching is as much about passion as it is about reason.« [16] (Gute Lehre hat ebenso viel mit Leidenschaft wie mit Erklärungen zu tun.)

» Erzähle es mir – und ich werde es vergessen.
Zeige es mir – und ich werde mich erinnern.
Lass es mich tun – und ich werde es behalten.
(Konfuzius 553–473 v. Chr.)

Literatur

1. Reuchlein H; DGUV Fachbereich Erste Hilfe (2014) Revision der Ersten Hilfe Aus- und Fortbildung. http://www.dguv.de/dguv/medien/fb-erstehilfe/de/documents/revision.pdf abgerufen 01.02.2015
2. DGUV Fachbereich Erste Hilfe (2014) Ausbildungsgebühren 2015. http://www.dguv.de/dguv/fb-erstehilfe/Nachrichten/Meldungen-2014/Ausbildungsgeb%C3%BChren/index.jsp abgerufen 01.02.2015
3. Hockauf H, Karutz H (2000) Die Schulung von Ersthelfern. Eine kritische Betrachtung der Ausbildungspraxis. Teil 1. Rettungsdienst 23: 42–47
4. Hockauf H, Karutz H (2000) Die Schulung von Ersthelfern. Eine kritische Betrachtung der Ausbildungspraxis. Teil 2. Rettungsdienst 23: 32–35
5. Breckwoldt J, Kreimeier U (2013) Ausbildung von Schülern zu Ersthelfern bei der Reanimation. Notfall Rettungsmed 16:356–360
6. Schwartz RB, McManus JG (2011) Tactical Medicine – Competency Based Guidelines. Prehospital Emergency Care 15: 67–82
7. Siegert P (2010) Notfallmedizinische Systeme innerhalb deutscher Spezialeinsatzkommandos der Bundespolizei und der Länderpolizeien. Master-Thesis, Zentrum für Praxisorientierte Informatik der Donau-Universität Krems
8. Vella JK (2002) Learning to Listen, Learning to Teach. Jossey-Bass, San Francisco
9. Hutchinson T (1978) Community Needs Analysis Methodology. Unpublished paper. University of Massachusetts. Cited in [7]
10. Goetzmann D (2012) Dialogue Education Step by Step. Global Learning Partners
11. NAEMT (Hrsg.) (2008) Präklinisches Traumamanagement – Das PHTLS Konzept. Elsevier, München
12. Enke K, Kuhnke R (2013) Lernfeld Rettungsdienst. Wege zum handlungsorientierten Unterricht. Stumpf + Kossendey, Edewecht
13. Sozialministerium Baden-Württemberg/AG Rettungsdienstschulen B-W (2014) Rahmenlehrplan Ausbildung zum Notfallsanitäter. Anlage Erlass vom 25.09.2014
14. DRK-, ASB-Schulen und ProMedic Baden-Württemberg (2014) Rahmenlehrplan Ausbildung zum Notfallsanitäter zur Vorlage beim Sozialministerium Baden Württemberg. Stand 31.03.2014 online-Abruf: http://www.drk-ls-bw.de/fileadmin/dokumente/RD/Rahmenlehrplan_Stand_310314.pdf
15. Karutz H (2011) Notfallpädagogik. Konzepte und Ideen. Stumpf + Kossendey, Edewecht
16. Beebe D (2008) Beyond »See One, Do One, Teach One« – Tips for Terrific Training. UMC Dpt of Family Medicine, Resident Orientation
17. Bierhoff HW (2009) Psychologie prosozialen Verhaltens: Warum wir anderen helfen. Urban-Taschenbücher, 418. Kohlhammer, Stuttgart
18. Norman G (2014) The Things We Know, The Things We Think We Know but Don't, The Things We Don't Know but Should. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung, Hamburg. http://www.gma2014.de/documents/GMA2014_Geoff_Norman.pdf. (McMaster University, Hamilton, Canada)
19. Koppenberg J, Henninger M (2014) Simulationsbasierte Trainings zur Verbesserung der Patientensicherheit. Notfall + Rettungsmedizin 17: 373–378
20. Maslow AH (1966) The Psychology of Science, p.15

Taktische Verwundetenversorgung

Kapitel 8 **Grundlagen TCCC – 111**
K. Ladehof

Kapitel 9 **Leitlinien zur Verwundetenversorgung – 127**
C. Neitzel, K. Ladehof, F. Josse

Kapitel 10 **Analgesie im Einsatz – 213**
F. Josse, F. Spies

Kapitel 11 **Triage und MASCAL/MANV – 221**
K. Ladehof

Grundlagen TCCC

K. Ladehof

8.1 Hintergründe und Prinzipien – Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst – 112

8.2 Phasen und Zonen der Versorgung – 115

8.3 Verletzungen und Todesursachen im Bereich TCCC – 118

8.3.1 Verletzungsmuster: Woran stirbt man? – 118

8.3.2 »Die-off curve«: Wann stirbt man? – 120

8.4 Vorgehensweise: SICK – 121

8.4.1 S – Sicherheit und Lagefeststellung (»scene assessment«) – 122

8.4.2 Versorgung des Verletzten – 123

Literatur – 125

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_8, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Taktische Medizin ist der Oberbegriff für ein System der präklinischen Versorgung, bei dem aufgrund einer besonderen Rahmenlage angepasste Prinzipien zur Anwendung kommen. Charakteristisch ist, dass die Versorgung in definierten Phasen durchgeführt wird und auch die medizinischen Maßnahmen an die Situation adaptiert werden.

Taktische Verwundetenversorgung steht nicht im Widerspruch zu zivilen Versorgungskonzepten wie z. B. ATLS/PHTLS (»Advanced Trauma Life Support«/»Prehospital Trauma Life Support«), sondern basiert auf diesen und setzt sie konsequent für das Arbeiten in einer Bedrohungslage und für ein spezifisches Traumaspektrum um.

»Tactical Combat Casualty Care« (TCCC) ist wiederum das System zur zielgerichteten, präklinischen Versorgung von Patienten, das für militärische Lagen entwickelt wurde. Wie in der Einleitung dargestellt, wurde es 1996 erstmalig beschrieben [1] und wird seitdem kontinuierlich über ein Fachgremium (CoTCCC) weiterentwickelt. Die präzise Vorgehensweise bei der medizinischen Versorgung und die Bedeutung einzelner Maßnahmen werden in ▶ Kap. 12 dargestellt. In diesem Kapitel sollen die Grundlagen und Hintergründe für das System der taktischen Verwundetenversorgung, wesentliche Prinzipien und Abweichungen zu zivilen Verfahren sowie die generelle Herangehensweise im Rahmen der taktischen Medizin erläutert werden. Dieses System wird aufgrund seiner Entstehung und seiner besonderen Relevanz für diesen Bereich vor allem an militärischen Lagen veranschaulicht.

Es ist jedoch für polizeiliche Lagen ebenso wie für Situationen im Rettungsdienst, die mit einer besonderen Gefährdung einhergehen, hervorragend geeignet, um die bestmögliche Versorgung durchzuführen. Im Regelfall wird auch bei diesen eine spezielle zeitliche (Eile sowie Vorgehen in Phasen) und räumliche (Abstand bzw. geschützte Bereiche) Komponente eine entscheidende Rolle spielen und ebenso die medizinische Versorgung gravierend beeinflussen.

Als Beispiel wird es bei einer Geisellage einen sog. »inneren Ring«» geben, in dem aufgrund einer potenziellen Bedrohung durch den oder die Täter zunächst keine Rettungsdienstkräfte zum Einsatz kommen können. Schießt ein Täter auf Geiseln oder Einsatzkräfte, muss im Vordergrund stehen, ihn an weiteren Aggressionen zu hindern. Wird ein Beamter verletzt, muss er aus dem unmittelbaren Wirkbereich gerettet und soweit nötig im ersten geschützten Bereich versorgt werden. Im polizeilichen Bereich haben die sinnvollen Modifikationen zu einer abweichenden Benennung geführt: das sog. TEMS-System wird in ▶ Kap. 24–28 ausführlich beschrieben.

8.1 Hintergründe und Prinzipien – Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst

Für die Rettungskräfte sollte immer der Grundsatz gelten: die **Sicherheit am Einsatzort** und der **Schutz der eingesetzten Kräfte** haben höchste Priorität beim Vorgehen. Er gilt in besonderem Maße, wenn eine Bedrohungslage, im Extremfall feindlicher Beschuss, vorliegt. Bei der Annäherung müssen also zunächst die möglichen Gefahren identifiziert werden, um dann weitere Schritte einleiten zu können. Auch die medizinische Versorgung wird meist erst möglich sein, wenn es gelingt, die Bedrohung zu verringern. Für TCCC resultiert daraus der Kernsatz für die erste Versorgungsphase: **»The best medicine on any battlefield is fire superiority«** (Die beste Medizin auf dem Gefechtsfeld ist Feuerüberlegenheit). Um diese zu erreichen, kann sowohl die Feuerkraft des Sanitäters als auch, wenn noch möglich, die des Verwundeten ein wichtiger Faktor sein. Auch wenn keine unmittelbare Gefahr erkennbar ist, muss unbedingt zuerst ein Überblick über die Gesamtlage gewonnen werden. Das Spektrum weiterer Bedrohungen kann von der Verminung der offensichtlichsten Ausweichstelle bis zur Waffe in der Hand des verwundeten, bewusstseinsgetrübten Kameraden reichen.

Auch die Möglichkeit eines Zweitanschlages muss bedacht werden, selbst wenn die Reaktionsmöglichkeiten darauf begrenzt sind (▶ Kap. 8). Bereits aus einer ersten Explosion können zahlreiche Sekundärgefahren resultieren, z. B. Brände, instabile Infrastrukturen oder austretende Gase. Im schlimmsten Fall ist eine Annäherung an die Verwundeten aufgrund von anhaltendem Beschuss

oder auch durch Einsatz von Kampfstoffen gar nicht möglich. Als eher etwas hilflose Reaktion auf solche Lagen wurde der Begriff »remote assessment« geprägt, der beschreibt, dass eine begrenzte Beurteilung und ggf. auch Anleitung eines Verwundeten zu sinnvoller Selbsthilfe auch aus einer Deckung heraus machbar ist.

Die **Grundsätze** des TCCC gelten unabhängig davon, wer die erste notfallmedizinische Versorgung unter Bedrohung oder in einer taktischen Situation leistet. Die Prinzipien treffen für einen »Tactical Medic«, Rettungsassistenten oder Notarzt in gleicher Weise zu. Auch der in ▶ Kap. 11 im Detail dargestellte Algorithmus wird analog angewendet. Natürlich werden Entscheidungen für komplexere Maßnahmen abhängig vom Ausbildungsstand gefällt und mit zunehmender Erfahrung wird man sich auch nicht immer exakt an den Ablauf halten. Ein Algorithmus ist kein Dogma. Dennoch ist die präzise Kenntnis eine wichtige Handlungsgrundlage, wenn bei größerer Belastung und höherem Stress kreatives Denken schwieriger wird. Gerade wenn ein Bekannter oder Freund betroffen ist, ermöglicht das »stumpfe Abarbeiten« eines Algorithmus als Rückfallposition dennoch zielgerichtetes Arbeiten und kritische Punkte werden nicht vergessen. Außerdem erfolgen die Maßnahmen unter Berücksichtigung ihrer Dringlichkeit. Die gemeinsame Arbeitsgrundlage und Sprache (»Der Patient entwickelt ein B-Problem«) erleichtert die Zusammenarbeit, die Integration weiterer Kräfte und die Übergabe. Wenn also z. B. ein Helfer hinzukommt, während der Primärversorger die Stabilität des Brustkorbes prüft, weiß er, dass als nächstes die Drehung des Patienten erfolgt. Er kann jetzt wiederum abhängig von der Lagebeurteilung entweder eine Unterlage für den Verwundeten vorbereiten oder den Kopf bei der Drehung stabilisieren bzw. diese Maßnahmen vorschlagen.

Die medizinische Versorgung ist nur ein Teil einer komplexen – taktischen – Lage.

Dabei ist das medizinische Personal im Regelfall einem taktischen Führer unterstellt, der die Gesamtverantwortung für den Einsatz trägt. Dies trifft für den militärischen Führer genauso wie für den Einsatzleiter der Feuerwehr oder der Polizei zu. Damit hat ein »Taktiker« auch die letztendliche Entscheidungskompetenz in medizinischen Fragen (z. B. Evakuierungsentscheidungen), ohne diese in der Tiefe beurteilen zu können. Ein gutes Vertrauensverhältnis, gemeinsames Üben und Verständnis für die Abläufe des Anderen sind damit Voraussetzung für eine gute Versorgung des Patienten. Dies beginnt bereits vor einem Einsatz mit der Entscheidung, ob und wie weit der Einsatzleiter z. B. Kräfte des Rettungsdienstes mit »nach vorne« bzw. in eine »heiße Zone« nimmt. Dies wiederum hängt von zahlreichen Faktoren ab: ist es überhaupt vom taktischen Ausbildungsstand her vertretbar, diese Nichtkombattanten bzw. Nichtpolizeibeamten in die Lage einzubinden? Kann der Gesamtverantwortliche dieses Fachpersonal ausreichend schützen (sowohl materiell in Form von ballistischem Schutz als auch durch die Begleitung durch eine Schutzkomponente)? Was für Vorteile haben seine Einsatzkräfte oder andere durch die Lage betroffene Personen durch den Einsatz dieser Spezialisten? Kann er medizinische Fähigkeiten im Bereich der Einsatzstelle durch eigene Kräfte (z. B. weitergebildete Polizeibeamte ▶ Kap. 19–24) sicherstellen?

Voraussetzung für die Gewährleistung einer qualifizierten Versorgung unter Bedrohung wird also einerseits eine notfallmedizinische (Basis-)Ausbildung aller beteiligten Kräfte sein. Andererseits ist eine taktische Ausbildung auch für die medizinischen Spezialisten unverzichtbar.

Der Führer wiederum muss fundierte Grundkenntnisse über die lageangepasste Notfallmedizin, also TCCC, sowie die Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Komponenten haben, um auf dieser Basis seine Entscheidungen treffen zu können. Konkurrieren die Interessen des Patienten und des Auftrages miteinander, kann es im Extremfall dazu kommen, dass bereits durch den Sanitäter selbst oder durch den für die Gesamtoperation Verantwortlichen zugunsten des Auftrages entschieden wird. Damit ist unter Umständen auch eine Zurückstellung der medizinischen Versorgung zur Fortsetzung des Einsatzes notwendig, ggf. sogar unter Inkaufnahme einer eingeschränkten individualmedizinischen Versorgung. Dies kann zwingend erforderlich sein, da von der weiteren Durchführung einer Operation möglicherweise das Leben oder die

Gesundheit einer größeren Anzahl von Menschen abhängt.

Besonderer Einfluss der taktischen Lage

- Gute medizinische Versorgung kann eine schlechte taktische Entscheidung sein.
- Eine schlechte taktische Entscheidung kann mehr Verluste und/oder das Fehlschlagen der Mission zur Folge haben.
- Bei militärischen Operationen liegt meist nicht nur ein medizinisches, sondern auch ein taktisches Problem vor, wenn es Verwundete gibt.
- Sowohl für den Verwundeten als auch für den Auftrag muss das bestmögliche Ergebnis erreicht werden.

(Nach Frank Butler)

Zusätzliche Erschwernisse oder Limitierungen für die medizinische Versorgung auf dem Gefechtsfeld bzw. in Bedrohungslagen sind die weiteren meist **ungünstigen Rahmenbedingungen**: militärische Operationen (insbesondere im Bereich von Spezialkräften, wo das System des TCCC in den ersten Jahren weiterentwickelt wurde) werden ebenso wie polizeiliche Einsätze häufig nachts durchgeführt. Bei zusätzlich vorliegender Bedrohung verbietet sich die Nutzung von weißem Licht, da es über Kilometer als Zielmarkierung für Feindkräfte dienen kann. Daraus ergibt sich, dass sowohl die medizinische Versorgung mit Nachtsichtgeräten als auch unter einem Poncho, der als Lichtabschirmung Verwundeten und Helfer bedeckt, erforderlich sein kann (sog. »low light techniques«) und daher im Vorfeld eines Einsatzes geübt werden muss (▶ Kap. 20).

Insbesondere wenn es bei bodengebundenen, nicht fahrzeuggestützten Bewegungen zu Verwundeten kommt, werden diese nur sehr eingeschränkt gegen Umwelteinflüsse geschützt werden können. Dadurch erhalten Maßnahmen gegen die Hypothermie eine noch größere Bedeutung. Unter Umständen stehen nur behelfsmäßige Tragemittel zur Verfügung (▶ Kap. 2 und 3).

Weitere Einflussfaktoren sind gerade bei asymmetrischer Kriegsführung (»low intensity conflicts«) bzw. Operationen gegen irreguläre Kräfte die potenziell großen Distanzen zwischen den medizinischen Versorgungseinrichtungen. Außerdem kann es auch durch schwieriges Gelände, schlechte oder zerstörte Infrastruktur, eingeschränkte Verfügbarkeit von Lufttransportmitteln (Nachtflugfähigkeit? Schutzkomponente für medizinische Hubschrauber verfügbar? etc.) sowie anhaltende, feindliche Bedrohung zu deutlich verlängerten Transportzeiten und auch dadurch zu einer verzögerten Anschlussversorgung kommen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Helfer bei einem militärischen oder polizeilichen Einsatz mit einer größeren Anzahl von Verwundeten konfrontiert werden, ist leider wesentlich höher als im »Rettungsdienstalltag«. Die Ressourcen an qualifiziertem Personal sind per se vor Ort verhältnismäßig klein, sodass schon geringe Zahlen von Verwundeten einen MASCAL (»Mass casualty«) bedingen können. Zusätzlich werden die materiellen Ressourcen schneller erschöpft sein, da einerseits die Transport- bzw. Tragekapazität der eingesetzten Mittel und Kräfte begrenzt ist und andererseits in einer taktischen Lage wie einem Gefecht eine Folgeversorgung erschwert oder nicht durchführbar ist. Umso wichtiger ist es, die materielle Ausstattung zu optimieren und sie modular gestaffelt auf alle vorhandenen Einsatzmittel zu verteilen. Ebenso wird die Nachalarmierung und Zuführung von Spezialisten (was bereits den Notarzt einschließt) meist nicht möglich sein, sondern im Regelfall wird der Transport zur nächsthöheren Versorgungsebene in der Verantwortung der Erstversorger liegen.

Durch all diese Faktoren kommt es zu Modifikationen und Abweichungen von »zivilen« Behandlungsalgorithmen, auf die nun und in ▶ Kap. 9 näher eingegangen werden soll. Dabei geht es nicht einmal darum, Menschen, die infolge eines Auftrages Gesundheit und Leben riskieren, höherwertig zu versorgen. Es ist lediglich das Ziel, trotz der Einschränkungen durch die Rahmenlage eine Versorgung zu gewährleisten, die diese Nachteile soweit möglich ausgleicht. Dies bedeutet einen erhöhten Ausbildungs- und finanziellen Aufwand.

Taktische Medizin zielt darauf ab, trotz schlechter Bedingungen das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

Die Vorgehensweisen im Bereich TCCC werden auch auf der Basis einer sorgfältigen Auswertung der leider großen Fallzahlen weiterentwickelt, die insbesondere die US- und die britische Armee vor allem in Afghanistan und im Irak haben. Sie sind damit zunehmend »evidence-based« und werden kontinuierlich durch das CoTCCC unter Gewährleistung des Praxisbezuges angepasst. Auch unter dem Aspekt, dass die Katastrophenmedizin aufgrund steigender Häufigkeit von Terroranschlägen und Naturkatastrophen eine Renaissance erlebt, erfolgt die **Übernahme von** immer mehr Prinzipien und **Verfahren durch den zivilen Rettungsdienst** [2]. So ist auch die temporäre Tourniquet-Anwendung z. B. seit kurzem Bestandteil der aktuellen ATLS-Leitlinien und der S3-Leitlinie zur Polytraumaversorgung [3]. Weitere Beispiele sind der gestiegene Stellenwert der permissiven Hypotonie, der Einsatz von hämostatischen Substanzen (Hämostyptika) und die Nutzung von intraossären Zugängen bei Erwachsenen. Die fundamentale Bedeutung der sekundären Hypothermie und die Verfahren und materiellen Möglichkeiten zu ihrer Verhinderung werden ebenfalls im militärischen Bereich erforscht und die Ergebnisse finden schnelle Verbreitung.

Gleichzeitig gibt es Aspekte, die in der zivilen Notfallmedizin keinen Stellenwert haben (z. B. die orale Flüssigkeitstherapie) oder die aufgrund der hohen Dichte von hochqualifiziertem Personal eine geringere Bedeutung haben (z. B. die Delegation der Analgesie und die Schaffung einer »Regelkompetenz«).

8.2 Phasen und Zonen der Versorgung

Definitionen

- **»Care under Fire«** (CuF): Versorgung am Ort der Verwundung noch unter feindlichem Feuer oder anderer unmittelbarer Bedrohung.
- **»Tactical Field Care«** (TFC): Versorgung in der ersten Deckung bzw. nach Verlassen des unmittelbar gefährdeten Bereiches.
- **»Tactical Evacuation Care«** (TEC): Versorgung während des Transportes nach Besetzen des eigenen oder Aufnahme durch ein Fahrzeug oder nach Übergabe des Verwundeten an ein Rettungsmittel.

Die **Versorgung im Rahmen der taktischen Verwundetenversorgung** erfolgt in Anpassung an die taktische Lage **in Phasen bzw. Zonen** (Abb. 8.1). Dabei liegt in der **CuF-Phase** der Schwerpunkt darauf, auf die Bedrohung zu reagieren und sie entweder zu beseitigen oder den Verwundeten und sich in Sicherheit zu bringen. Das kann bedeuten, dass auf medizinische Maßnahmen vollständig verzichtet werden muss oder nur solche durchgeführt werden können, die bei minimalem Zeitaufwand einen entscheidenden – lebenswichtigen – Vorteil für den Patienten mit sich bringen. Dies wird im Regelfall bedeuten, dass nur die Blutstillung mittels Tourniquet und evtl. die Atemwegssicherung mit einem Wendl-Tubus als Maßnahmen in Frage kommen. Dabei darf jedoch nie vergessen werden, dass es auch eine maßgebliche Bedeutung haben kann, den vielleicht noch kooperativen Verwundeten selbst zu sinnvollen Handlungen anzuleiten. Dies wiederum kann die Unterstützung des Feuerkampfes, die Selbstanlage eines Tourniquet oder z. B. das simple Stillen oder Reduzieren einer Blutung am Hals durch direkten Druck sein. (»Versuche mit Deiner Hand auf diese Stelle zu drücken, so fest Du kannst. Ich werde die Wunde dann gleich verbinden«). In der Katastrophenmedizin findet diese Phase in der sog. **»heißen Zone«** statt. Der Begriff wurde v. a. im Zusammenhang mit Gefahrstofflagen geprägt, gilt aber genauso für polizeiliche Lagen. Schwerpunkt ist es auch hier, die Gefährdung zu beenden oder ihr durch schnelle Evakuierung in einen nicht oder weniger gefährdeten Bereich auszuweichen. Das kann auch einfach bedeuten, ein einsturzgefährdetes Gebäude mit dem Patienten schnellstmöglich zu verlassen oder ausreichend Abstand zwischen sich und einen Sprengsatz zu bringen.

Der erreichte, weniger gefährdete Bereich wiederum ist die sog. **»warme Zone«**, die der ersten Deckung entspricht, und in der dann die **TFC-Phase** durchgeführt wird. Hier kann die Versorgung so-

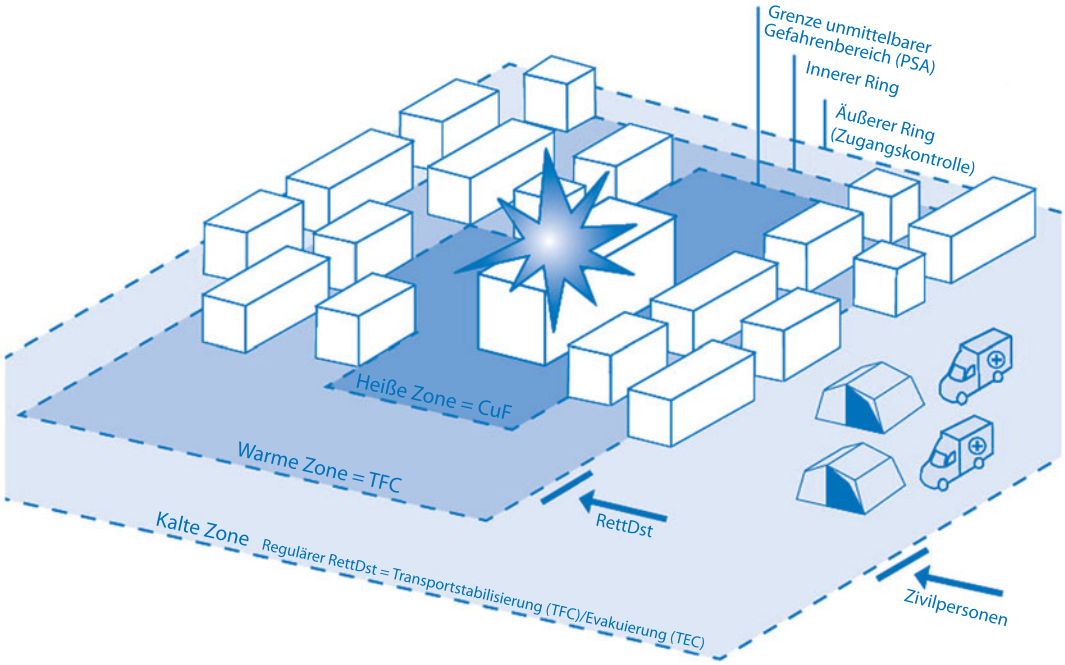


Abb. 8.1 Zonen der Versorgung. *CuF* »Care under Fire« (schnelle Rettung, ggf. Tourniquet); *TFC* »Tactical Field Care« (Notfallmaßnahmen in 1. Deckung – treat & go); *TEC* »Tactical Evacuation Care« (Versorgung beim Transport)

weit fortgesetzt oder überhaupt erst geleistet werden, die nötig ist, um akute Lebensbedrohungen abzuwenden und eine Stabilisierung des Patienten zu erreichen. Es handelt sich also mit höchster Priorität um die »klassischen Maßnahmen« zur unmittelbaren Abwendung einer vitalen Bedrohung bei einem Sichtungskategorie-1-Patienten (SK1 bzw. Triage Group 1, T1 oder »immediate«) (▶ Kap. 11). Wenn in der taktischen Lage ausreichend Zeit zur Verfügung steht bzw. kein zeitnaher Transport erfolgen kann, werden auch weniger dringende Verletzungen versorgt. Neben dem Verletzungsmuster (insbesondere aufgrund schnellstmöglichen Transportbeginns bei einer inneren Blutung) können also z. B. die zwingend notwendige Fortsetzung des Auftrages, der Feind- oder Zeitdruck sowie die eingeschränkte Verfügbarkeit von Mitteln die Durchführung nicht unmittelbar zwingend notwendiger Maßnahmen verhindern. Demgegenüber kann reichlich Zeit für eigentlich nicht dringende Maßnahmen (wie die Anlage eines intravenösen Zuganges) zur Verfügung stehen, weil – leider – auf die Evakuierung bis zum Morgen, bis zur Klärung einer IED-Lage oder bis zur erfolgreichen Bekämpfung von Feindkräften gewartet muss.

Immer kommt der Blutstillung ausschlaggebende Bedeutung zu, da im Regelfall erst in einer stationären Versorgungseinrichtung die Gabe von Erythrozytenkonzentraten, Gerinnungsfaktoren bzw. Vollblut erfolgen kann. Je länger sich die Anschlussversorgung verzögern kann, umso mehr muss gelten: »**Jeder Erythrozyt** (und jeder Gerinnungsfaktor) **zählt**.« Wenn also z. B. bereits feststeht, dass der Transport zur ersten chirurgischen Behandlungseinrichtung mehrere Stunden dauert, sollte die Indikation zur Tourniquet-Anwendung auch auf weniger kritische Blutungen ausgedehnt werden, dann jedoch unbedingt die schnellstmögliche Umwandlung aller Tourniquets angestrebt werden. (Die genauere Darstellung der Maßnahmen folgt in ▶ Kap. 9).

Die **TEC-Phase** beginnt mit der Übergabe des Verwundeten an ein Transportmittel bzw. mit der Einleitung des Transportes. In dieser Phase sollten bei einer sorgfältigen Einsatzplanung und -vorbereitung weitere Ressourcen zur Verfügung stehen.

Dies kann von personellen und materiellen Ressourcen in Form einer weiteren Materialtasche auf dem eigenen bodengebundenen, taktischen Verbringungsmittel bis zu einem kompletten, beweglichen Arzttrupp mit Erfahrung im Lufttransport von Verletzten auf einem Rettungshubschrauberäquivalent reichen.

Die Notwendigkeit des eigenständigen Transportes durch die erstversorgenden (Einsatz-)Kräfte wird in polizeilichen Lagen oder bei Großschadensereignissen deutlich seltener vorliegen. Dennoch ist es z. B. bei einem Zwischenfall im Rahmen der Überwachung eines Gehöfts in einer abgelegenen Gegend durchaus möglich, dass zumindest der Transport zu einem sinnvollen Rendezvous-Punkt mit dem Rettungsdienst durch polizeiliche Kräfte erfolgen sollte. Dadurch kann die präklinische Versorgungsdauer u. U. gravierend reduziert werden.

Die »**kalte Zone**« wird in militärischen Lagen meist erst in einer vorgeschobenen Operationsbasis oder einem Feldlager erreicht werden, sodass hier keine unmittelbare Gleichsetzung mit TEC erfolgen kann. In Einsätzen, die in einem primär nichtfeindlichen (»permissive«) Umfeld stattfinden, kann sie bereits vor einem Gebäude beginnen oder in ausreichender Entfernung von einem Sprengsatz erst einige Häuserblocks entfernt liegen. Prinzipiell ist sie sicher genug, um die Bereitstellung von Rettungsdienstmitteln bis hin zum Aufbau von Strukturen wie einem Behandlungsplatz zu ermöglichen. Bei polizeilichen oder nichtmilitärischen Ereignissen wird sie meist in relativer räumlicher Nähe liegen. Dies gilt auch bzw. gerade bei einem Massenanfall von Verwundeten, wenn auch dies wiederum durch die mögliche Gefahr eines Sekundäranschlages seine Grenzen findet. Je näher die kalte Zone liegt bzw. je schneller sie zu erreichen ist, umso mehr müssen insbesondere zeitraubende Maßnahmen im Rahmen des TFC kritisch auf ihre Notwendigkeit hinterfragt werden. Dies gilt natürlich nur unter der Voraussetzung, dass dort tatsächlich Rettungsmittel, Behandlungseinrichtungen oder höher qualifiziertes Personal zur Verfügung stehen. Es macht keinen Sinn, mit geringer materieller Ausstattung in einer ersten Deckung über die zwingende Stabilisierung hinaus zu behandeln, wenn mehr oder qualifiziertere Helfer leicht erreichbar sind. Außerdem sollte geprüft werden, ob Spezialisten oder zusätzliches Material nachgezogen werden können. Wenn z. B. bei einer Geisellage durch Festnahme der Täter bereits vollständige Sicherheit hergestellt werden kann, spricht nichts dagegen, schnellstmöglich einen BAT (beweglicher Arzttrupp) oder Rettungsdienstkräfte zum Verwundeten zu bringen. Da sie zudem professionellere Tragemittel mitführen, kann dies die Evakuierung sogar beschleunigen.

Tipp

Entscheidend ist die aus dem ATLS-Konzept bekannte und bereits bei den »essenziellen Prinzipien« aufgeführte Regel »Mach' nicht mehr kaputt.« bzw. »Verschwende keine Zeit mit nicht wirklich wichtigen Maßnahmen.« Anders gesagt ist die Frage nicht: »Was kann ich für den Patienten tun?«, sondern »Was sollte bzw. muss ich jetzt für den Patienten tun?« Und im Rahmen der kontinuierlichen Neubewertung der Gefährdungslage immer wieder: »Was kann ich tun ohne mich oder ihn unnötig zu gefährden?«

Die jeweils beste **Managementstrategie** hängt von diesen räumlichen Verhältnissen und dem durch sie bedingten Zeitbedarf bis zum Erreichen höherwertiger Versorgungseinrichtungen ab.

Für Verwundete, die aufgrund innerer Blutungen nicht durch die Erstversorger anhaltend stabilisiert werden können, ist die Einleitung eines zügigen Transportes zur ersten chirurgischen Behandlungseinrichtung entscheidend. Auch dort wiederum werden die Maßnahmen in Anpassung an die Gesamtlage und die aktuelle Situation des Patienten durchgeführt. Eine solche Vorgehensweise wird im Regelfall auf »damage control surgery« (DCS), also die Durchführung der zu diesem Zeitpunkt zwingend erforderlichen chirurgischen Maßnahmen hinauslaufen – unter Zurückstellung weiterer rekonstruktiver Eingriffe. Der entscheidende Punkt ist also die Dauer bis zum Erreichen einer DCS-befähigten Einrichtung. Das weitere Vorgehen ist abhängig von der Art der Verwundung und dem Zeitraum, der seit der Verwundung vergangen ist. Wurde z. B. ein Soldat in einem Feldlager durch Steilfeuer verwundet und liegt unmittelbar vor dem Eingang eines Feldlazarettes, sollte er unter Auf-

rechterhaltung unmittelbaren Druckes auf die Wunde lediglich in dieses hineingetragen werden. Andererseits muss bei einer möglicherweise mehrstündigen Transportzeit versucht werden, die dadurch bedingten Nachteile unter Nutzung aller zur Verfügung stehenden Mittel bestmöglich zu kompensieren. Dies kann von der schrittweisen Blutstillung unter temporärer Tourniquet-Anlage und Verwendung moderner Hämostyptika bis zur intravenösen Gabe von Antibiotika und Novoseven (▶ Kap. 3 und 9) reichen.

Der Grundsatz: »**Jede Maßnahme ist lageabhängig**« bezieht sich also einerseits auf die geschilderte Entfernung zu weiteren Versorgungseinrichtungen, spiegelt aber andererseits auch die weiter oben dargestellte Anpassung an die taktische Lage wieder.

8.3 Verletzungen und Todesursachen im Bereich TCCC

Neben den bereits dargestellten Unterschieden ist auch die Verteilung der Patienten auf Krankheitsbilder und Verletzungsmuster völlig anders als in der zivilen Rettung in einem westeuropäischen Land.

Bei internistischen Krankheitsbildern im Bereich der taktischen Medizin handelt es sich meist um Infektionserkrankungen. Dies ist einerseits durch Wundinfektionen, andererseits durch die Problematik des gemeinsamen Lebens auf engem Raum und zum Dritten durch die Lage vieler Einsatzländer im (sub-)tropischen Bereich bedingt [4]. Für weitere Erkrankungen, mit denen die »Tactical Medics« möglicherweise aufgrund isolierter Einsätze konfrontiert werden (z. B. allergische Reaktionen, Verhaltensauffälligkeiten oder Nasenbluten), gibt es definierte Protokolle [5]. Die überwiegende Anzahl von Patienten wird jedoch verletzt bzw. verwundet sein. Bei diesen wiederum wird bei einer Vielzahl von Ereignissen das »ballistische Trauma« mit penetrierenden Verletzungen überwiegen. Im Gegensatz dazu ist der Unfallmechanismus bei Rettungsdiensteinsätzen in Deutschland in 95 % der Fälle das stumpfe Trauma. Die Unfallursache in nahezu 60 % dieser Fälle sind Verkehrsunfälle, etwa je 15 % entfallen auf Stürze bis und über 3 m Höhe (DGU-Traumaregister 2008).

Sinnvollerweise sind die Versorgungsstandards im zivilen Rettungsdienst an diese Situation angepasst, sodass z. B. die möglichst umgehende Stabilisierung der Halswirbelsäule (HWS) eine sehr hohe Priorität hat. Auch hier findet diese Priorität jedoch ihre Grenzen, sobald die Sicherheit der Retter oder des Patienten gefährdet ist. Dies kann bereits bei einem einfachen Verkehrsunfall auf einer nächtlichen Landstraße der Fall sein, wenn noch keine Absperrmaßnahmen eingeleitet werden konnten. Umso mehr muss die HWS-Immobilisation mit dem damit verbundenen Aufwand und Zeitbedarf bei einer militärischen Lage mit unmittelbarer Bedrohung vernachlässigt werden. Der mögliche Vorteil muss gegenüber der wahrscheinlicheren – erneuten – Verwundung von Helfer und Betroffenem abgewogen werden. Selbst beim klassischen Hochgeschwindigkeitstrauma im Rahmen eines Verkehrsunfalls profitieren weniger als 3 % der Patienten von der HWS-Immobilisation [6]. (Die 97 %, die diese Maßnahme nicht benötigen, haben jedoch auch keine Nachteile dadurch, sodass sie bei diesem MOI im Zweifelsfall durchgeführt werden sollte.) Zusätzlich zeigen Studien, dass bei einem penetrierenden Trauma im Halsbereich noch weniger Patienten einen Vorteil durch die Ruhigstellung der HWS hätten. Wenn das Trauma (z. B. Sturz bei »Fast rope-Infiltration« oder Anprall am Fahrzeugdach durch Detonation einer Sprengladung unter dem Kfz) dies erfordert und die Lage es erlaubt, sollte die Maßnahme jedoch auch im Einsatz unbedingt durchgeführt werden (▶ Kap. 9.3).

8.3.1 Verletzungsmuster: Woran stirbt man?

Welche Maßnahmen in der Versorgung auf dem Gefechtsfeld die größte Bedeutung haben, wird bereits offensichtlich, wenn man die Todesursachen bei militärischen Einsätzen aufschlüsselt (◘ Abb. 8.2) [7]. Dies wird von den US-Streitkräften seit dem Vietnamkrieg getan und das entstandene Traumaregister unter unterschiedlichsten Gesichtspunkten ausgewertet. Die relative Verteilung der Todesursachen hat sich in den Konflikten seither nicht wesentlich geändert und würde bei einem analogen Ereignis im zivilen Umfeld, also z. B. bei einem Ter-

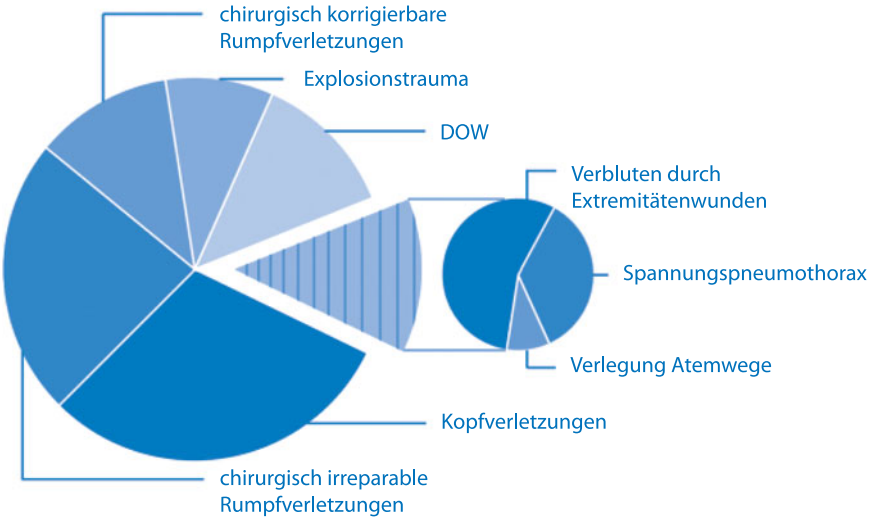


Abb. 8.2 Todesursachen auf dem Gefechtsfeld und Anteil der einfach verhinderbaren Todesfälle (*DOW* »died of wounds«)

roranschlag mit konventionellem Sprengstoff, ähnlich ausfallen: Mehr als die Hälfte der Verwundeten, die versterben, hat so schwere Verletzungen an Kopf und Rumpf, dass sie auch durch unmittelbare chirurgische Maßnahmen nicht gerettet werden könnten. Ein Teil hätte zwar durch eine sofortige operative Versorgung gerettet werden können, diese wurde aber im erforderlichen Zeitfenster nicht erreicht. Hier könnte schnellerer Transport, aber v. a. ein engeres Netz von Transportmitteln und Versorgungseinrichtungen einen Unterschied machen. Die Patienten, die erst verzögert v. a. an Wundinfektionen oder Multiorganversagen versterben, werden unter dem Begriff »died of wounds« (DOW) erfasst. Bei diesen Patienten könnte insbesondere bei langer Transportzeit die frühzeitige und im Idealfall auch intravenöse Gabe von Antibiotika diesen Verlauf verhindern (▶ Kap. 9.3).

Tragisch ist es, wenn ein Verwundeter an einem Problem verstirbt, das leicht hätte behoben werden können. Daher muss in der frühzeitigen, präklinischen Versorgung der **Schwerpunkt auf den 15 % der Verwundeten** liegen, **die an einfach verhinderbaren Todesursachen versterben**. Bei diesen steht mit zwei Dritteln (dieser 15 %) das **Verbluten an Extremitätenwunden** im Vordergrund, was die Bedeutung des Tourniquets für TCCC und TEMS erklärt. Das heißt bis zu 10 % aller Verwundeten können mit einer 10 s dauernden Maßnahme gerettet werden. Die zweithäufigste, verhinderbare Todesursache bei dieser Ausgangssituation ist die Entwicklung eines **Spannungspneumothorax**. Deshalb hat die Behandlung dieser im Zivilen seltenen Problematik im Bereich der taktischen Verwundetenversorgung einen so hohen Stellenwert. Außerdem muss die Maßnahme »feldtauglich«, also schnell und mit einem vergleichsweise geringen Ausbildungsaufwand durchführbar sein. Dies spricht gegen eine Thoraxdrainage und führt zur Favorisierung der natürlich nicht definitiven Maßnahme der Entlastungspunktion zu einem möglicherweise frühen Zeitpunkt (Näheres ▶ Kap. 9.3). Weitere knapp 10 % dieser präklinisch verhinderbaren Todesursachen liegen in der **Verlegung der Atemwege** begründet. Es betrifft also nur 1,5 % aller Verwundeten, aber erneut kann der Tod mit einfachsten Mitteln verhindert werden: als erste »probatorische« Maßnahme kann nach der Mundraumkontrolle der Esmarch-Handgriff angewendet, ggf. der Kopf überstreckt werden. Diese Maßnahme würde den Helfer jedoch anhaltend binden. Die einzige einfache Möglichkeit die Atemwegsverlegung durch Flüssigkeiten anhaltend zu beseitigen, besteht in der stabilen Seitenlage. Diese wird daher bei einer größeren Anzahl von Verwundeten (▶ Kap. 15) ebenso wie bei Patienten, die nicht durchgängig be-

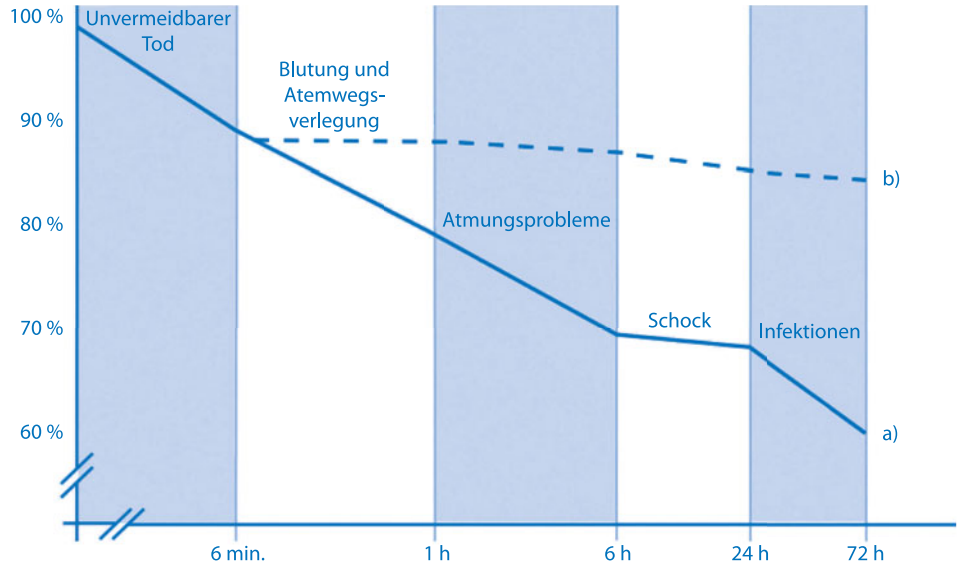


Abb. 8.3 Mortalitätskurve bei penetrierendem Trauma *a* Verlauf ohne Behandlung, *b* bei vollständiger Versorgung nach TCCC-Prinzipien

obachtet werden können, die beste Option sein. Ein Transport in stabiler Seitenlage wird in einer taktischen Lage jedoch im Regelfall nicht realisierbar sein. Aus diesem Grunde sind Wendl- oder Guedel-Tubus Mittel der Wahl, wobei ersterer wegen der geringeren Gefahr Erbrechen auszulösen und aufgrund der »stabileren Lage« bevorzugt werden sollte (ausführlicher ▶ Kap. 9.2).

8.3.2 »Die-off curve«: Wann stirbt man?

Gemäß dem Prinzip »Behandle zuerst, was zuerst tötet« können die oben angeführten Maßnahmen nur dann das Überleben eines möglichst hohen Anteils von Verwundeten erzielen, wenn sie in der richtigen Reihenfolge bzw. mit der richtigen Priorität zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt werden. Hierfür ist die Betrachtung der Sterblichkeit durch die verschiedenen Todesursachen im zeitlichen Verlauf an der Mortalitätskurve für penetrierende Verletzungen hilfreich (Abb. 8.3).

Wenn man die Gesamtheit der Verwundeten betrachtet, wird ein Teil so schwere Verletzungen aufweisen, dass sie bei bester Versorgung, also selbst bei unmittelbarer chirurgischer Intervention, innerhalb der ersten Minuten sterben werden. Wichtige Botschaft in diesen Fällen: Das Versterben des Patienten liegt nicht am Versagen der Helfer! Allerdings sollten »Tactical Medics« ebenso wie das Rettungsdienstpersonal im Rahmen der Möglichkeiten darauf vorbereitet werden.

- **Es gibt Verwundete, die sterben werden, egal was Du für sie tust,**
- **es gibt Verwundete, die überleben werden, egal was Du tust und**
- **es gibt Verwundete, die nur sterben werden, wenn Du jetzt nichts für sie tust!**

Manche Merksätze könnten leicht als »zu heroisch« missverstanden werden, aber sie bringen die Problematik auf den Punkt und prägen sich gut ein. Damit können sie auch in einer Stresssituation erinnert werden und sollten dann dazu führen, dass nicht die Verzweiflung über Dinge, die vom Erstversorger nicht geändert werden können, das Handeln bestimmt, sondern das zielgerichtete Arbeiten nach einem erlernten und trainierten Algorithmus beginnt, um rettbare Kameraden tatsächlich zu retten.

Lediglich durch die Verbesserung der persönlichen Schutzausstattung (»personal protective

equipment«, PPE) konnte dieser Anteil in den letzten Jahrzehnten geringfügig verringert werden. Der einzige Weg, um diesen Anteil weiter zu reduzieren, liegt in der Anpassung der militärischen Taktik an die Bedrohungslage und damit z. B. an die verwendeten Sprengsätze und ihre beabsichtigte Wirkung. Im Mittelpunkt stehen hierbei Abstand und Panzerung. Da in diesem Fall jedoch »beide Seiten« ihre Verfahren weiterentwickeln, ist der Erfolg dieser Maßnahmen begrenzt.

Innerhalb der ersten Stunde würden weitere 10–15 % der Verwundeten versterben: im Vordergrund stehen, wie oben dargestellt, Blutungen im Halsbereich und an den Extremitäten sowie Atemwegsverlegungen. Dies wird häufig mit dem Konzept der »golden hour« beschrieben, das von Dr. R. Adams Cowley entwickelt wurde. Ebenso wie die »platinum ten minutes«, sozusagen dem Nachfolgemodell, handelt es sich um ein wertvolles Konzept, um zu verdeutlichen, dass eine möglichst frühzeitige Intervention ausschlaggebend ist, um das Leben eines Verwundeten zu retten bzw. sein Behandlungsergebnis zu verbessern. Beide Begriffe sind jedoch nicht wissenschaftlich belegt und selbst in Cowley's Nachlass wurden keinerlei Unterlagen gefunden, die eine wissenschaftliche Evidenz belegen könnten. Unter Vergegenwärtigung des Blutvolumens des Menschen (ca. 1/13 des Körpergewichts) und seines Herzminutenvolumens (bereits in Ruhe beim Erwachsenen 4,5–5 l) wird schnell klar, dass eine stark blutende Wunde so schnell wie möglich und unbedingt innerhalb der ersten Minuten versorgt werden muss (▶ Kap. 9.3) [8, 9].

»Das Schicksal des Verwundeten liegt in den Händen dessen, der den ersten Verband anlegt.«

Dies kommt auch in der von PHTLS gerne zitierten Stellungnahme von Nicholas Senn (1844–1908) zum Ausdruck: »The fate of the wounded rests in the hand of the one who applies the first dressing« (1898). Senn war u. a. Gründer der Vereinigung der Militärärzte der USA und wiederum Fan von Friedrich von Esmarch (1823–1908) [10] und dessen Buch von 1869 »Der Erste Verband auf dem Schlachtfelde« [11].

Da das Gehirn nur einen kurzfristigen Sauerstoffmangel erträgt (»Ischämietoleranz«), führen Atemwegsverlegungen innerhalb weniger Minuten zum Tod. Daher müssen sie (»A-Probleme«) trotz ihrer relativ geringeren Häufigkeit (▶ Kap. 8.3) vordringlich behandelt werden.

Innerhalb der ersten 6 h ab der Verwundung können weitere 10 % an zunehmenden Atmungsproblemen (»B-Problemen«) versterben, wobei, wie bereits dargestellt, der Spannungspneumothorax im Vordergrund stehen wird.

Außerdem sind die Folgen eines prolongierten Schocks in diesem und den folgenden Intervallen für weitere Todesfälle verantwortlich. Gemeinsam mit dem resultierenden Multiorganversagen sowie Infektionen liegen hier die Hauptursachen für die verzögerten Todesfälle im späteren Verlauf nach einer Verwundung.

Daraus ergeben sich auch zwingende **Schlussfolgerungen für die Konzeption und Planung**:

Wenn klar ist, welche Maßnahmen zu welchem Zeitpunkt durchgeführt werden müssen, folgt daraus auch, welche Fähigkeiten den Verwundeten in welchem Zeitfenster erreichen müssen. In den ersten Minuten ist die Selbst- und Kameradenhilfe mit dem Schwerpunkt effektiver und lageangepasster Blutstillung sowie das Freimachen und -halten der Atemwege entscheidend. Wenn ein Verwundeter nach 30 min an seinem Spannungspneumothorax versterben würde, muss er bzw. ihn bis dahin jemand erreichen, der in der Durchführung einer Entlastungspunktion ausgebildet ist. Dann kommen zunehmend erweiterte Fähigkeiten zur Stabilisierung des Verwundeten zum Tragen, die insbesondere die Medikamentengabe und Volumentherapie, das erweiterte Atemwegsmanagement sowie Thoraxdrainage und Sauerstoffgabe umfassen. In der Folge ist dann die chirurgische Intervention entscheidend.

8.4 Vorgehensweise: SICK

Herangehensweise/erste Schritte an der Einsatzstelle: SICK

- **S** »Scene Safety/Security« – Sicherheit → Überblick (10-for-10/Ruhe bewahren)
- **I** Impression/orientierender Blick/Erster Eindruck/Bewusstseinslage (AVPU)
- **C** »Critical Bleeding«
- **K** »Kinematics/Mechanism of Injury« (MOI) – Kinematik/Unfallhergang (HWS)

8.4.1 S – Sicherheit und Lagefeststellung (»scene assessment«)

In der Annäherung an eine Einsatzstelle bzw. einen Schadensort ist es entscheidend, einen **Überblick über die Lage** zu gewinnen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der **Sicherheit**: Der kritische Punkt ist das Erkennen aller Bedrohungen, Schadensursachen und -folgen (wie z. B. instabile Infrastrukturen oder austretende Gase nach einer Explosion). Militärisch steht natürlich die Reaktion auf Feindkräfte im Vordergrund. Eine weitere Besonderheit kann bei taktischen Lagen darin bestehen, dass gar nicht versucht wird, die Sicherheit der gesamten Einsatzstelle herzustellen. Oftmals kann diese in nicht vollständig kontrolliertem Gebiet auch gar nicht erreicht werden. Auftragsabhängig oder aus Zeitgründen muss die Sicherheit eines Teilbereiches oder eine sich selbst sichernde bewegliche Gruppe u. U. erst einmal ausreichen, um innerhalb einer gefährdeten Zone vorzugehen. Auf diese Weise kann auch die medizinische Versorgung in diesen Bereich transportiert werden, was jedoch einen hohen taktischen Ausbildungsstand der dort eingesetzten Kräfte erfordert. Ziel ist die Rettung des Verwundeten und unmittelbares Ausweichen. Bei einer Amoklage wiederum bewegt sich je nach Einsatzkonzept u. U. (auch) ein Rettungsteam im Objekt, das sich selbst beim Vorgehen und der Versorgung sichert und primär ebenfalls versuchen wird, mit dem Verletzten den gefährdeten Bereich schnellstmöglich zu verlassen (▶ Kap. 32).

Unbedingt notwendig ist es, beim Vorgehen die Balance zwischen zügiger Lagefeststellung und -beurteilung und der Vermeidung von überstürztem Handeln und Detailfokussierung zu halten.

Aus Untersuchungen zu Fehlerursachen bei teamorientierter Patientenversorgung wurde das Prinzip »10 s für 10 min« entwickelt [12]. Die Kernaussage dabei ist, dass ein kurzer Moment der Orientierung erforderlich ist, um alle Fakten zu erfassen, ggf. Informationen aus dem Team oder von anderen Beteiligten zusammenzutragen und alle wichtigen Aspekte eines Problems wahrzunehmen. Auf dieser Basis kann dann »10 min« zielgerichtet vorgegangen werden: das sorgfältige Hinsehen lässt den Draht erkennen, der die zweite IED (»improvise explosive device«) auslösen würde; das kurze Erinnern unter dem Aspekt »situational awareness« (ist irgend etwas ungewöhnlich oder anders als sonst?) führt erst zu der Wahrnehmung, dass auffallend wenig Personen auf der Straße sind oder ein seltsamer Geruch in der Luft liegt; der Patient berührt noch die stromführende Leitung, die bereits zu seinem Problem geführt hat und jetzt den Helfer gefährdet – die Liste der Beispiele kann jeder Leser aus seinem eigenen Erfahrungsschatz ergänzen. Viele Wahrnehmungen lassen sich nicht genau beschreiben, sondern sind das berühmte »Bauchgefühl«, die Intuition. Der Punkt ist jedoch: man braucht auch ein paar Sekunden, um dieses potenziell lebensrettende Gefühl wahrzunehmen. Die weniger moderne Beschreibung dieses Vorgehens lautet: »Fühle zuerst Deinen eigenen Puls«. Besonders wichtig ist dieses kurze Innehalten, wenn man als Team arbeitet oder wenn mehrere Helfer eintreffen: die zeitliche Investition, die erforderlich ist, um eine schnelle Aufgabenverteilung vorzunehmen, wird den Patienten nicht töten, ermöglicht aber erst die Nutzung aller Ressourcen (»Crew Ressource Management«). Wenn es sich um ein größeres Ereignis, z. B. einen Massenanfall von Verwundeten (MANV) oder MASCAL, handelt, ist jetzt der Zeitpunkt, Einsatzbereiche festzulegen. Da dies den organisatorischen Aufwand erhöht und Kräfte und Mittel teilt, muss diese Maßnahme sorgfältig abgewogen werden. Allerdings kann sie bereits aufgrund verschiedener Evakuierungsrouten oder wenn sich mehrere Verwundetennester bzw. Patientenablagen bilden, erforderlich sein. Beispiele für eine solche Situation sind: zwei Eindringstellen ohne Verbindung innerhalb des Objekts, zwei betroffene Fahrzeuge in einem Konvoi oder wenn Trümmer eines Gebäudes nach einem Anschlag zwei Annäherungsrichtungen notwendig machen.

Je ungünstiger das Kräfteverhältnis Helfer zu Verwundeten ist, um so frühzeitiger muss eine Lagemeldung bzw. der Notruf mit der gezielten Nachforderung von Kräften abgesetzt werden.

Weitere Aspekte der Annäherung bei größeren Ereignissen werden in ▶ Kap. 11 behandelt.

Grundlegende Aspekte der Sicherheit, auch im Rettungsdienst, betreffen die persönliche Schutzausstattung. Bei militärischen Lagen sind sie teil-

weise noch schwieriger umzusetzen (z. B. ist bei Handschuhen der Interessenkonflikt zwischen erforderlichem mechanischen Schutz und erhaltenem Gefühl noch höher), haben aber eine noch größere Bedeutung (z. B. Schutzbrillen nicht nur als Spritz-, sondern auch als ballistischer Schutz).

8.4.2 Versorgung des Verletzten

I – Impression (erster Eindruck)

Der erste Eindruck, den man von der Gesamtlage hat, mündet in einer zunehmend präziseren Lagebeurteilung. Das gleiche Prinzip setzt sich in der Arbeit am Patienten fort: Erster Eindruck und Orientierung sind für die Behandlung des Patienten entscheidend. Impression, persönlicher subjektiver Eindruck und Intuition sowie ein standardisiertes Vorgehen nach einem Algorithmus helfen auch, wichtige Nebenbefunde wahrzunehmen, das kurze »feel your own pulse first« verhindert, sich »auf die offensichtlichste Verletzung zu stürzen«.

Die erste Untersuchung und Behandlung des Patienten verfolgt zwei Ziele: die schnelle Identifikation kritischer Patienten (und daraus folgend zügiger Transportbeginn, wenn es die Lage erlaubt) sowie die vorrangige Behandlung lebensbedrohlicher Probleme.

Mit dieser Grundüberlegung erübrigt sich auch die Diskussion über den idealen Umfang der Maßnahmen vor Ort. Es geht nicht darum, ob »scoop and run« oder »stay and play« geeignetere Prinzipien sind, sondern darum welches Vorgehen für den jeweiligen Patienten geeigneter ist. In jedem Fall ist die möglichst kurze Aufenthaltsdauer vor Ort (»limited scene intervention«) anzustreben. Dennoch sollte dies bei einer inneren Blutung tatsächlich auf »scoop and run« (und die Durchführung der Maßnahmen während des Transportes) hinauslaufen. Demgegenüber kann die beste Versorgung z. B. im Falle einer komplizierten Fraktur des Unterschenkels ohne jegliche Bedrohung die möglichst schonende Reposition nach Erreichen ausreichender Analgesie und sorgfältige Schienung (und damit mehr oder weniger »stay and play«) sein. In vielen Fällen wird der »goldene Mittelweg« »treat and go« ideal sein.

Die Feststellung des Bewusstseinszustandes (»level of consciousness«, LOC) erfolgt mit der orientierenden Untersuchung nach dem **AVPU-Schema** (»**A**lert – **V**erbal response – **P**ain – **U**nresponsive«, ▶ Kap. 9.3).

<C> – Critical Bleeding

Parallel dazu wird nach offensichtlichen Blutungen geschaut. Starke Extremitätenblutungen werden lageabhängig umgehend mit einer Tourniquet versorgt (▶ Kap. 9.2). Welche Intensität eine Blutung für diese Bewertung haben muss (und ob man sie kritisch, massiv oder lebensbedrohlich nennt), hängt von der Lage, der persönlichen Erfahrung und der Routine im Umgang mit einer Tourniquet ab. Im Zweifelsfall sollte sie als **temporäres** Mittel großzügig genutzt werden.

K – Kinematik

Im nächsten Schritt muss der **Unfallmechanismus** (»mechanism of injury«, MOI; Kinematik) beurteilt werden. Dies ist u. U. schon ein »Nebenergebnis« der Lagebeurteilung. Wenn es sich um Verwundungen infolge einer Explosion handelt, ist bereits klar, dass man abhängig von Energie und Entfernung das volle Spektrum der Explosionsverletzungen erwarten sollte. Handelt es sich um eine Schussverletzung, sind besondere Merkmale der Wundballistik zu beachten (▶ Kap. 12 und 13). Die Einsatzstelle muss unter dem Aspekt begutachtet werden, welche Bewegungen der Verwundete vollzogen hat und insbesondere welche Kräfte auf ihn gewirkt haben. Dafür wird der Begriff Kinematik verwendet [13]. Primäres Ziel ist es, Anhaltspunkte für die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens bestimmter Verletzungen zu sammeln, um daraus Schlussfolgerungen für die Behandlung zu ziehen. Faktoren, die für eine Verletzung der HWS und des Beckens sprechen, haben in diesem Zusammenhang die größte Relevanz, wie in ▶ Kap. 9.3 eingehend thematisiert wird.

Weitere Versorgung nach ABCDE-Schema

Das »ABC-Schema« basiert auf dem leicht zu merkenden, in immerhin knapp zwei Dritteln der Welt verwendeten lateinischen Alphabet. Eine Schwierigkeit beim Erinnern und Abarbeiten ist jedoch, dass auch die Feststellung des Bewusstseinszustandes sowie der Schutz der HWS »A« zu-

Tab. 8.1 Vorgehensweise, Schemata und Merkhilfen zur (weiteren) Versorgung des Verletzten

Maßnahme		<C>ABCDE		MARCH
Stillen starker Blutungen	<C>	ritical Bleeding	M	assive Bleeding
Freimachen bzw. Freihalten der **Atemwege**	A	irway	A	irway
Sicherstellung einer ausreichenden Atmung und Atemmechanik (**Brustkorb**)	B	reathing	R	espiration
Kreislaufmanagement	C	irculation	C	irculation
Kontrolle von neurologischen Problemen/**Defiziten**	D	isability	H	ead
Vollständige Untersuchung (**Entkleidung**) und Schutz vor Umwelteinflüssen (z. B. Wärmeerhalt)	E	xposure and Environment		and Hypothermia

8

geordnet werden und die Sicherheit als Grundvoraussetzung »nebenbei erwähnt« wird. Um diese grundlegenden Feststellungen und Maßnahmen zu strukturieren und die kritische Blutung »rechtzeitig zu stillen«, wurde »SICK« entwickelt.

Das weitere Vorgehen nach ABCDE garantiert, dass die neben **»<C>«** lebensbedrohlichsten Probleme in der richtigen Reihenfolge angegangen werden (Tab. 8.1). Im Detail wird dies im folgenden Kapitel dargestellt.

Wie in ▶ Abschn. 8.3 dargestellt, müssen mit höchster Priorität diejenigen medizinischen Probleme des Verwundeten behandelt werden, die am schnellsten zum Tode führen würden. Massive Blutungen können innerhalb weniger Minuten zum Verbluten führen und einmal verlorene Erythrozyten und Gerinnungsfaktoren sind auf dem Gefechtsfeld meist über lange Zeit nicht ersetzbar. Auf die Kontrolle von starken Blutungen wird daher bei der taktischen Verwundetenversorgung im Gegensatz zum zivilen ATLS/PHTLS eine höhere Priorität gelegt, so dass das ABCDE-Schema in jedem Fall ergänzt werden muss. Eine andere Möglichkeit der Darstellung, die unter anderem beim Battlefield Advanced Trauma Life Support (BATLS) eingeführt wurde, stellt für »catastrophic hemorrhage« (katastrophale Blutung) ein <C> in eckigen Klammern voran [14].

Das Merkwort MARCH findet im amerikanischen und neuerdings auch europäischen Raum zunehmend Verwendung. Die Bedeutung ist deckungsgleich mit <C>ABCDE.

Beide Merkworte sind gut anwendbar. <C>ABCDE ist allerdings zum PHTLS/ATLS-System »vollständig kompatibel«. Verständigungsprobleme, z. B. im Rahmen der Übergabe im Schockraum (»Der Patient hat ein B-Problem«), sind im Gegensatz zu MARCH damit ausgeschlossen.

Die entscheidenden Grundsätze bei der Versorgung unabhängig vom verwendeten Schema noch einmal zusammengefasst:

»Feel your own pulse first«	Fühle den eigenen Puls zuerst
»Treat first what kills first«	Behandle zuerst, was zuerst tötet
»Every Erythrocyte counts«	Jeder Erythrozyt zählt
»Identify critical patients«	Identifiziere kritische Patienten
»Do no further harm«	Mach' nicht mehr kaputt/ Vermeide Unnötiges

Die englischen Begriffe und Merkhilfen werden bewusst verwendet, da auch im Einsatz zunehmend im Verbund mit anderen Nationen gearbeitet wird und sie aufgrund der Verbreitung anderer internationaler, präklinischer Versorgungssysteme – PHTLS, ITLS (»International Trauma Life Support«), ETC (»European Trauma Course«) – einen hohen Wiedererkennungswert haben. Außerdem treffen die Formulierungen die Kernaussage oft präziser, als die deutsche Übersetzung es vermag.

Literatur

1. Butler FK, Jr., Hagmann J, Butler EG (1996) Military Medicine 161, Supplement 1
2. Streets CG (2009) Lessons from the battlefield in the management of major trauma. British Journal of Surgery 96: 831–832
3. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (federführende Hrsg.) (2011) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung, AWMF-Register Nr. 012/019 (109–111)
4. Grau LJ, Jorgensen WA (1997) Beaten by the bugs. Military Review 77 (6):30
5. US Special Operations Command (2008) Updated Tactical Medical Emergency Protocols. Journal of Special Operations Medicine 8: 108 Training Supplement
6. Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR (1998) Selective cervical spine radiography in blunt trauma. Ann Emerg Med 32(4):461
7. Champion H, Bellamy R (2003) A Profile of Combat Injury. Journal of Trauma 54: S13–19
8. Committee on Trauma, American College of Surgeons (2008) ATLS: Advanced Trauma Life Support Program for Doctors, 8th ed. American College of Surgeons, Chicago
9. Spahn DR, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernandez-Mondejar E, Gordini G, Stahel PF, Hunt BJ, Komadina R, Neugebauer E, Ozier Y, Riddez L, Schultz A, Vincent JL, Rossaint R; Task Force for Advanced Bleeding Care in Trauma. (2007) Management of bleeding following major trauma: a European guideline. Critical Care 11(1): R17
10. Smith DC (1999) Nicholas Senn and the origins of the Association of Military Surgeons of the United States. Military Medicine April 1999
11. Esmarch, Friedrich (1869) Der Erste Verband auf dem Schlachtfelde. Schwers'sche Buchhandlung, Kiel
12. Rall M, Glavin RJ (2008) The '10-seconds-for-10-minutes principle'. Bulletin of the Royal College of Anaesthetists 51: 2614–16
13. NAEMT (Hrsg.) (2008) Präklinisches Traumamanagement – Das PHTLS Konzept. Elsevier, München
14. Hodgetts TJ, Mahoney PF (2006) ABC to <C>ABC: redefining the military trauma paradigm. Emerg Med J 23(10):745–746

Leitlinien zur Verwundetenversorgung

C. Neitzel, K. Ladehof, F. Josse

9.1 Lagebeurteilung – 128

9.2 Care under fire – 128
9.2.1 Retten – 128
9.2.2 Kontrolle lebensbedrohlicher Extremitätenblutungen – 129
9.2.3 Atemwegsmanagement – 134

9.3 »Tactical Field Care« – 134
9.3.1 Körperliche Untersuchung – 135
9.3.2 Atemwegsmanagement und HWS-Immobilisierung – 136
9.3.3 Brustkorb und Atmung – 147
9.3.4 »Circulation« – 156
9.3.5 Disability – 183
9.3.6 Exposure and environment – 188

9.4 Tactical Evacuation Care – 196
9.4.1 Atemwegsmanagement – 200
9.4.2 Brustkorb und Atmung – 200
9.4.3 Blutungskontrolle – 201
9.4.4 Infusionstherapie – 202
9.4.5 Hypothermieprophylaxe – 202
9.4.6 Überwachung – 202

9.5 Prolonged Field Care – 203
9.5.1 Atemwegsmanagement – 203
9.5.2 Brustkorb und Atmung – 203
9.5.3 Circulation – 204
9.5.4 Merkwort STAUSEE – 204
9.5.5 Warmblutspende – 209

Literatur – 210

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_9, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

9.1 Lagebeurteilung

Taktische Verwundetenversorgung beginnt mit der Feststellung und Beurteilung der Lage. Ist eine weitere Gefährdung für Verwundete und Helfer ausgeschlossen, kann eine umfangreichere Versorgung mit medizinischem Schwerpunkt unmittelbar erfolgen. Stehen Patienten dagegen weiter unter Beschuss und müssen sich andere Soldaten bei der Rettung selber hochgradig gefährden, dominieren militärische Aspekte: das Vorgehen orientiert sich an den Richtlinien der Phase »Care under Fire«. Einzelheiten zur Lagefeststellung und -beurteilung wurden in ▶ Kap. 8 dargestellt.

Die Leitlinien der TREMA e.V. sind als Abbildungen in den Text eingegliedert. Sie lassen sich zusammenhängend ebenso wie die jeweils aktuellen Versionen von Taschen- (◘ Abb. 9.7) und Verletztenanhängekarte (◘ Abb. 9.57) im Downloadbereich des Internetauftrittes des Vereins herunterladen: www.tremaonline.info.

9.2 Care under fire (◘ Abb. 9.1)

Die Phase »Care under Fire« (Versorgung unter Beschuss, CuF) ist gekennzeichnet durch eine hohe Bedrohung. Bei Gefechten handelt es sich dabei meist um direkten oder indirekten Beschuss ohne ausreichende Deckung. Aber auch ungesicherte IED-Lagen, Brände oder Absturzgefahr können schnelles, zielgerichtetes Handeln mit kalkuliertem Risiko zur Vermeidung weiterer Ausfälle notwendig machen.

Befindet sich die betroffene Einheit unter effektivem gegnerischem Feuer, rücken die medizinischen Maßnahmen in den Hintergrund. Priorität hat das Führen des Gefechts, um die eigenen Möglichkeiten des Handelns zu erweitern. Zumindest muss das gegnerische Feuer soweit unterdrückt werden, dass die Rettung und Versorgung Verwundeter möglich wird. Insbesondere bei kleineren Einheiten kann jede verfügbare Waffe für den Ausgang des Gefechts entscheidend sein, sodass auch die Feuerkraft der Sanitäter im Rahmen der Selbstverteidigung wichtig ist.

Nach Möglichkeit sollte es vermieden werden, weitere Soldaten durch die Versorgung und Rettung von Verwundeten zu gefährden. Sind diese selbstständig in der Lage, kriechend eine Deckung zu erreichen, eine Blutstillung mittels Tourniquet durchzuführen und weiter den Feuerkampf zu führen, sollten sie dazu aufgefordert werden. Sind Verwundete bewusstlos, ist von einer schweren Verwundung mit entsprechender Prognose auszugehen. Die Gefährdung von Helfern bei der Rettung aus der Schusslinie wird daher meist nicht gerechtfertigt sein. Ist ein Verwundeter ohne Deckung noch bei Bewusstsein, muss ein Rettungsversuch gut abgewogen werden. Liegt der Verwundete in einem Bereich, der vom Gegner mit Feuer effektiv überwacht werden kann (»kill zone«, »X«), oder ist von der Anwesenheit von IED, Schützenabwehrminen o. ä. auszugehen, resultiert ein Rettungsversuch meist lediglich in weiteren Verwundeten und sollte zunächst unterlassen werden. Hier ist die Priorität auf das Zurückgewinnen der Kontrolle über die taktische Lage zu legen.

Auf dem Gefechtsfeld ist Feuerüberlegenheit die beste Medizin!

9.2.1 Retten

Wird ein Rettungsversuch unternommen, muss vor dem Verlassen der Deckung jedem Beteiligten das Vorgehen klar sein. Auch der Verwundete sollte per Zuruf, Funk o. ä. informiert werden. Nicht unmittelbar an der Rettung beteiligte Elemente sollten diese mittels Deckungsfeuer unterstützen (»keine Bewegung ohne Feuer«). Die Koordination liegt dabei in den Händen des taktischen Führers vor Ort.

Rettung von Verwundeten

Verschiedene Techniken zur Rettung aus dem Gefahrenbereich sowie behelfsmäßige und industriell gefertigte Rettungsmittel werden ausführlich in ▶ Kap. 5 beschrieben.

Eine Immobilisierung von Wirbelsäule oder Extremitäten hat in der Phase »Care under Fire« keinen Stellenwert. Sie dauert zu lange und setzt den Verwundeten ebenso wie die Helfer weiter dem gegnerischen Feuer aus. Der zu erwartende Nutzen steht damit im Regelfall in keiner Relation zum Risiko (▶ Kap. 8.2 und ▶ Abschn. 9.3.2).

»Care Under Fire«

(Erstversorgung unter feindlichem Feuer, im Bereich direkter Gefahr, am Anschlagsort, außerhalb einer Deckung)

- Feuer erwidern und in Deckung gehen. Die Feuerkraft jedes Einzelnen kann entscheidend sein.
- Den Verwundeten auffordern, sich weiter am Gefecht zu beteiligen, falls dies möglich ist.
- Oder den Verwundeten anweisen, in Deckung zu gehen und Selbsthilfe-Maßnahmen zu treffen, sofern er dazu in der Lage ist. Bei Bedarf medizinisches Material zuwerfen.
- Nach Möglichkeit verhindern, dass der Verwundete weitere Verletzungen erleidet. Die „beste Medizin" auf dem Gefechtsfeld ist die Feuerüberlegenheit.
- Den Verwundeten/Verwundete so schnell wie möglich, aber unter Beachtung des Eigenschutzes, aus brennenden Fahrzeugen oder Gebäuden bzw. dem Gefahrenbereich retten. Brände wenn möglich löschen.
- Mit dem Atemwegsmanagement sollte bis zur „Tactical Field Care-Phase" (Erstversorgung außerhalb des feindlicher Feuers) gewartet[1] werden.
- Lebensbedrohliche äußere Blutungen stoppen, wenn dies unter den gegebenen taktischen Gesichtspunkten möglich ist:
  - Den Verwundeten dazu anleiten, die Blutung durch Selbsthilfe (mittels Tourniquet[2]) unter Kontrolle zu bringen, falls er dazu in der Lage ist.
  - An allen anatomisch geeigneten Körperstellen ein vom CoTCCC empfohlenes Tourniquet anwenden. Tourniquet proximal der Blutungsstelle am Oberarm/ Oberschenkel[3] über der Bekleidung anbringen, ausreichend festziehen und den Verwundeten in Deckung bringen[4].

1 Kann je nach Lage allenfalls mit einem Wendl-Tubus (Nasopharyngealtubus), der an einer standardisierten Stelle und gut erreichbar am Mann getragen wird, durchgeführt werden. Diese Maßnahme darf jedoch nicht zu einer unnötigen Verlängerung der Gefährdung von Verwundetem und Helfer führen.
2 Vom CoTCCC empfohlene Tourniquets sind: C.A.T.; SOF-T; EMT.
3 In der Phase CUF / als temporäre Maßnahme - Anlage so proximal wie möglich. Schnell anzulegen, geringer Kraftaufwand nötig, stoppt sicher distale Blutungen
4 Siehe Algorithmus Anlage Tourniquet. Beachte ausreichend festes Anziehen/Zudrehen um eine venöse Stauung mit Blutungsverstärkung zu vermeiden.

Abb. 9.1 Leitlinie »Care under Fire«

9.2.2 Kontrolle lebensbedrohlicher Extremitätenblutungen

Die mit Abstand häufigste vermeidbare Todesursache auf dem Gefechtsfeld ist der Tod durch Verbluten [1]. Da man durch die Verletzung großer Blutgefäße schneller verbluten als durch Atemwegsverlegungen sterben kann und hohen Blutverlusten bei den häufig langen Evakuierungszeiten eine deutlich größere Bedeutung beigemessen werden muss, werden massive Blutungen mit oberster Priorität versorgt [59]. Seit der verstärkten Nutzung von Schutzwesten treten dabei insbesondere Extremitätenblutungen in den Vordergrund [1]. Sie lassen sich schnell und effektiv mit der Anlage von Tourniquets beherrschen. Ihr Einsatz kann daher in der Phase »Care under Fire« im Gegensatz zu allen anderen medizinischen Maßnahmen sinnvoll sein. Die Kontrolle von starken Blutungen am Körperstamm ist meist aufwändiger und muss daher zu diesem Zeitpunkt wahrscheinlich zurückgestellt werden. In vielen Situationen lässt sich durch direkten Druck auf die Blutungsquelle eine ausreichende Blutstillung bewirken, um eine Deckung erreichen

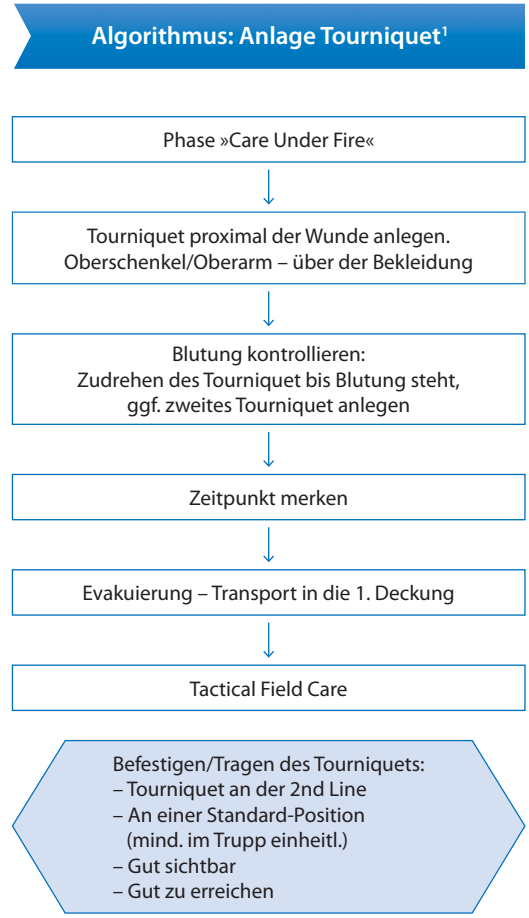
zu können. Bleibt der Retter in dieser Phase statisch, z. B. weil er das Feuer erwidern muss, kann die Ausübung von Druck mit einem Knie sinnvoll sein. Dies ist auch im Bereich der zuführenden Gefäße möglich, z. B. in der Leistenregion bei Blutungen im Bereich des Beines. Der Einsatz von Hämostyptika bindet Helfer und Verwundete für mehrere Minuten im Bereich des gegnerischen Feuers und ist daher im Regelfall nicht sinnvoll. Grundsätzlich sollten in dieser Phase nur lebensbedrohliche Blutungen behandelt werden.

Tourniquets (Abb. 9.2)

Als oberstes Ziel bei der Versorgung von Verwundeten gilt, jeglichen vermeidbaren Blutverlust zu verhindern. Für die initiale Kontrolle von Extremitätenblutungen sollten daher immer Tourniquets genutzt werden, da ihre Anlage schnell und zuverlässig Erfolg bringt. Sie eignen sich optimal für die Nutzung als **temporäre Maßnahme**, um Zeit für andere lebenswichtige Maßnahmen zu gewinnen (»A« und »B« – »airway« und »breathing«) oder um Blutverluste bei der Anlage eines Verbandes zu minimieren (Tab. 9.1). Ein Wechsel auf Druckverbände, ggf. in Verbindung mit Hämostyptika, kann dann lageabhängig zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Tourniquets sollten bei der initialen Beherrschung starker Blutungen nicht erst als **»Mittel der letzten Wahl«** (»last resort«) angewendet werden, wenn Druckverbände, Hämostyptika, Hochlagerung, Abdrücken etc. erfolglos geblieben sind. Diese Maßnahmen brauchen viel Zeit, binden Personal, und der Verwundete verliert weiterhin Blut.

Insbesondere das Zeitfenster bis zur Kontrolle von Blutungen ist kritisch: Leistenblutungen aus der A. femoralis verursachen Blutverluste von über 1 l/min und führen somit in wenigen Minuten zum Tod durch Verbluten [60]. Die Anlage eines vorgefertigten Tourniquets ist bei guter Erreichbarkeit und Training in deutlich weniger als 1 min möglich. Da die Mortalität erheblich ansteigt, wenn Tourniquets erst bei bestehendem Schock genutzt werden, sollten stark blutende Extremitätenverletzungen immer unmittelbar mit einem Tourniquet versorgt werden [12]. Bei kombinierten Verletzungen von Extremitäten und Körperstamm sollte zuerst die Extremitätenblutung mit einem Tourniquet gestoppt werden, um sich dann auf die Rettung oder die meist aufwändigere Versorgung des Körperstamms zu konzentrieren [59].

Tourniquets können nur dann effektiv eingesetzt werden, wenn sie bei starken Blutungen sofort zur Hand sind. Grundsätzlich sollte daher jeder Soldat mindestens ein, besser zwei Tourniquets gut sichtbar außen an der Ausrüstung befestigt haben. Es sollte mit beiden Händen gut erreichbar sein, um es auch bei Verwundung eines Armes noch mit dem anderen ergreifen und an sich selbst anwenden



[1] In taktischen Lagen, Gefahrensituationen und/oder unter Zeitdruck ist das Anlegen von Tourniquets die einzige, schnellste und effektivste Maßnahme um weitere Blutverluste zu verhindern. Lebensrettende Methode mit niedriger Inzidenz von Komplikationen bei präklinischer Anwendung von Tourniquets bei »combat related injuries«.

Abb. 9.2 Leitlinie Anlage Tourniquet

Tab. 9.1 Vergleich der Anwendung von Tourniquets als »temporäre Maßnahme« oder »last resort« (Mittel der letzten Wahl); *TFC* »Tactical Field Care«, *TEC* »Tactical Evacuation Care«

Temporäre Anlage	»Last resort«
Kurzzeitige Problemlösung, um Zeit für AB(C) zu gewinnen	Versagen aller anderen Maßnahmen
Bei »Care under Fire« **<C>**(ABCDE)	(<C>AB)**C**(DE)
In Phase TFC/TEC schnellstmögliche »Umwandlung« in Druckverband o. ä.	»Life before limb«
Eine Handbreit von Leiste bzw. Achsel entfernt	So nah oberhalb der Wunde, wie noch effektiv
Über der Bekleidung	Unbedingt Wunde darstellen
Häufig noch tolerabel (Katecholamine)	Zunehmende Schmerzen
(Bei CuF) Zeit »im Hinterkopf«	Anlagezeitpunkt notieren (Stirn, Tourniquet, Dokumentationskarte)

zu können. Zur Blutstillung sollte grundsätzlich das Tourniquet des Verwundeten genutzt werden. Vom CoTCCC («Committee on Tactical Combat Casualty Care«) empfohlene Tourniquets – derzeit: CAT (»Combat Application Tourniquet«), SOFTT (»Special Operations Forces Tactical Tourniquet«), EMT (»Emergency And Military Tourniquet«) – haben ihre Effektivität bei der Blutstillung in Studien nachgewiesen. Tourniquets unterliegen dem Verschleiß, werden durch UV-Licht spröde und sind im Regelfall Einwegprodukte. Für Ausbildung und Übung verwendete Tourniquets sollten daher entsprechend markiert (z. B. rote Sprühfarbe) und nicht mehr für Ernstfälle genutzt werden.

Ein Tourniquet wird in der Phase CuF (»Care under Fire«) so fest angelegt, dass die Blutung zum Stehen kommt. Später muss sichergestellt werden, dass der periphere Puls tatsächlich nicht mehr tastbar ist [59]. Kann die Blutung mit einem Tourniquet nicht kontrolliert werden bzw. ist nach Anlage noch ein peripherer Puls tastbar, sollte ein zweites Tourniquet neben dem ersten (möglichst auf der dem Körperstamm zugewandten Seite) angelegt werden (Abb. 9.3) [12]. Dies ist insbesondere bei der An-

Abb. 9.3 Insuffiziente improvisierte Tourniquets wurden durch proximale Anlage von je einem CAT ergänzt. (Aus [59])

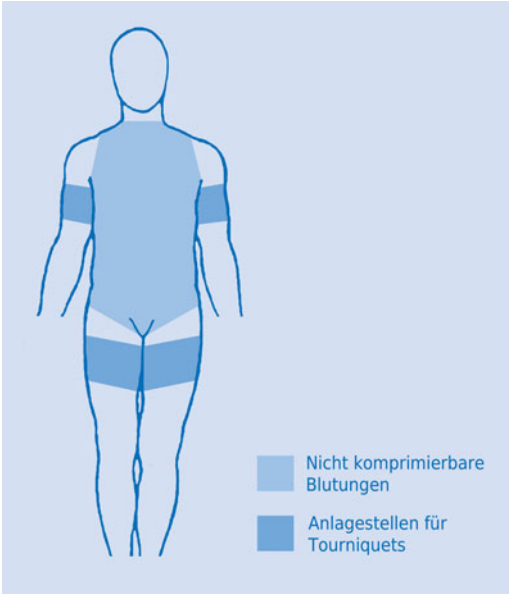


Abb. 9.4 Darstellung idealer Anlagestellen für Tourniquets (insbesondere als temporäre Maßnahme) und des Bereiches, in dem typischerweise nicht komprimierbare Blutungen auftreten können

lage am muskulösen Oberschenkel teilweise notwendig [60, 67]. Vor Nutzung des Knebels sollte der Gurt des Tourniquets so straff wie möglich gezogen werden. Dies mindert Fehlfunktionen erheblich [12]. Ist die Blutungsquelle genau zu lokalisieren, sollte der entsprechende Teil der Extremität im Idealfall von Bekleidung und Ausrüstung befreit werden und das Tourniquet ca. 1–2 Querfinger oberhalb (körperstammnah) der Verwundung angelegt werden. Aufgrund der Gefahr der Schädigung von Gewebe, insbesondere Nerven, und der häufig schlechten Wirksamkeit darf aber keine Anlage auf oder unmittelbar neben Gelenken erfolgen. Ein guter Weichteilmantel durch Muskelgewebe sollte an der Anlagestelle gegeben sein (Abb. 9.4).

Der für eine Abbindung notwendige Druck bei der Anlage eines Tourniquets wird von den meisten Anwendern erheblich unterschätzt. Erfahrungsgemäß verursacht das suffizient angelegte Tourniquet häufig stärkere Schmerzen als die Verwundung selbst. Aus diesem Grund wurden sie in vielen Fällen nicht fest genug angelegt. Eine adäquate Analgesie sollte daher möglichst frühzeitig erfolgen.

In Einzelfällen kommt es bei der Anwendung von Tourniquets an Unterarm oder -schenkel trotz ausreichenden Drucks zu persistierenden Blutungen. Diese sind bedingt durch eine bei manchen Menschen dem Druck schlecht zugängliche, zwischen den Knochen verlaufende Arterie (Abb. 9.5). Bluten z. B. Amputationsverletzungen (auch aus dem eröffneten Knochenmarksraum) weiter, sollten sie durch einen Druckverband auf dem Stumpf, direkten Druck auf die Blutungsquelle oder die Verlagerung des Tourniquets an Oberschenkel oder -arm unter Kontrolle gebracht werden. Im Rahmen von CuF sollten Tourniquets grundsätzlich an Oberarm oder Oberschenkel ca. eine Handbreit von Leiste/Achsel entfernt über der Kleidung platziert werden. Hierdurch werden alle körperstammfernen Blutungen kontrolliert, sodass bei offensichtlicher Extremitätenblutung eine zeitaufwändige Suche nach dem genauen Ort der Verwundung nicht notwendig ist. Bei der Anlage über der Kleidung muss zur Vermeidung von Druckschäden besonders darauf geachtet werden, dass der Riemen nicht über gefüllten Taschen angelegt wird. Nach Anbringen eines Tourniquets sollte schnellstmöglich die Anlagezeit dokumentiert werden. Idealerweise erfolgt dies auf einem entsprechenden Feld auf dem Tourniquet, wie es bei den aktuellen Generationen von CAT und SOFTT vorgesehen ist. Ergänzend sollte die Zeit mit wasserfestem Stift und der Ergänzung »T« auf der Stirn des Verwundeten vermerkt werden, da dieser Bereich auch bei sorgfältigem Wärmeerhalt gut sichtbar bleibt. Im Idealfall erfolgt eine gleichzeitige Dokumentation auf Tourniquet, Stirn und in der Patientendokumentation (Verletztenanhängekarte, z. B. Abb. 9.57), auch um sicherzustellen, dass das angelegte Tourniquet im weiteren Verlauf nicht übersehen wird.

Das **Tourniquet-Syndrom** (Syn.: Reperfusionssyndrom) beschreibt eine lebensbedrohliche Komplikation nach Lösen einer Abbindung. Sie wurde v. a. für Abbindungszeiten von mehr als 6 h beschrieben, kann in Verbindung mit ausgedehnten Weichteilverletzungen aber auch früher auftreten. Aufgrund von Sauerstoffmangel kommt es durch Bildung von Laktat zur metabolischen Azidose in der abgebundenen Extremität, und absterbende Zellen setzen insbesondere Kalium und Myoglobin frei. Außerdem erhöht sich die Durchlässigkeit der

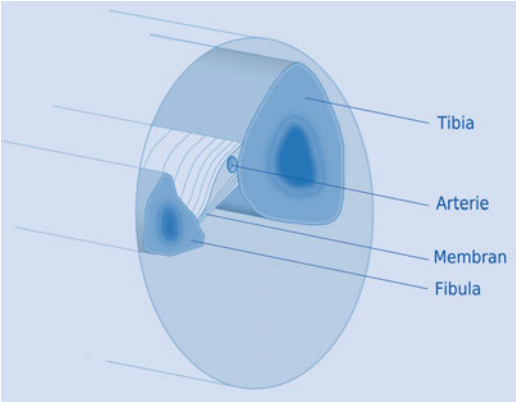


Abb. 9.5 Zwischen Knochen verlaufende Arterien sind teilweise für die Kompression durch ein Tourniquet schlecht zugänglich. Manchmal muss daher vom Unterarm oder -schenkel auf Oberarm oder -schenkel ausgewichen werden

Gefäßwände, wodurch sich ein Ödem ausbildet. Dieses Ödem kann ein Kompartmentsyndrom (Druckerhöhung in den Muskellogen) verursachen, das auch nach Lösen der Abbindung eine Durchblutungsstörung bedingt und bei fehlender chirurgischer Behandlung bis zum Verlust der Extremität führen kann. Auch Störungen der Blutgerinnung sind beschrieben.

Das nach dem Öffnen des Tourniquets in den Körperkern eingespülte saure Blut trägt zur Ausbildung der letalen Trias des Schocks bei (▶ Abschn. 9.3), und die Erhöhung des Serumkaliumspiegels kann Herzrhythmustörungen auslösen. Kommt es in extremen Fällen zu einem massiven Absterben von Muskelzellen (Rhabdomyolyse), kann das in großen Mengen freigesetzte Myoglobin ein akutes Nierenversagen verursachen (Crush-Niere). Diese aus dem operativen Krankenhausalltag geschilderten Fälle stehen im Widerspruch zu den häufigen Tourniquet-Anwendungen in der Militärmedizin im letzten Jahrzehnt. Gesichert ist, dass eine Rhabdomyolyse nicht selten ist und meist bei ausgedehnten Weichteilverletzungen auftritt. Ob die Ursache letztlich die Tourniquet-Anwendung oder die Verwundung ist, lässt sich schwerlich feststellen. Die Erfahrungen aus tausenden von Tourniquet-Anwendungen im Irak- und Afghanistankrieg zeigen, dass sie hocheffektive Hilfsmittel sind, die nur sehr geringe Nebenwirkungen haben [19, 45]. Nur ca. 1,7 % der Patienten klagten über vorübergehende Gefühlsstörungen im Bereich der Tourniquet-Anlagestelle, eine lediglich durch Anlage eines Tourniquets verursachte Amputation war nie notwendig. Auch bei unkritischer Anwendung ohne echte Indikation waren in keinem Fall schwerwiegende Störungen nachweisbar [16, 25, 34]. In Einzelfällen wird sogar von Tourniquet-Liegedauern über 14–16 h ohne Amputationsnotwendigkeit berichtet [10, 33, 47]. In diesen Kriegen erhobene Daten zeigen aber eine deutliche Senkung der Sterblichkeit bei lebensbedrohlichen Extremitätenblutungen durch Tourniquet-Anlage [19], während bei Verzicht auf Tourniquets mit hoher Wahrscheinlichkeit die Patienten auch dann verstarben, wenn sie noch lebend eine medizinische Behandlungseinrichtung erreichten [34]. Die positive Abwägung zwischen möglichen Komplikationen und dem Nutzen von Tourniquets bei starken Extremitätenblutungen hat dazu geführt, dass ihre Anwendung mittlerweile auch in Deutschland in den aktuellen Leitlinien der Fachgesellschaften empfohlen wird [72, 74].

Eine Liegedauer über einen Zeitraum von erheblich mehr als 2 h sollte dennoch grundsätzlich vermieden werden. Trotz der erfreulichen Studienlage zu den von Tourniquets verursachten Komplikationen, sind Schmerzen kaum zu vermeiden und gravierende Folgen (Reperfusionssyndrom) bei längerer Liegezeit nicht auszuschließen [25]. Kompartmentsyndrome treten zwar regelhaft auf, sind aber scheinbar meist verletzungsbedingt. Die durch ein Tourniquet-Syndrom bedingten Ödeme können deren Verlauf aber wesentlich verschlechtern [25, 57].

Grundsätzlich sollte ein Tourniquet nach Anlage nicht mehr geöffnet werden, da die für eine ausreichende Normalisierung der Stoffwechselsituation in der abgebundenen Extremität notwendige Öffnungszeit von 15–30 min [2] gleichbedeutend mit einem erheblichen Blutverlust, Schock und drohendem Verblutungstod ist. Die einzige Ausnahme stellt der Versuch dar, das Tourniquet durch einen Druckverband zu ersetzen (▶ Abschn. 9.3). Sind eine Evakuierungszeit unter 2 h wahrscheinlich und die Schmerzen im Anlagebereich tolerabel oder durch Analgetika kontrollierbar, kann das Tourniquet belassen werden. Liegt es länger als 2 h, sollte es bis zum Erreichen einer medizinischen Behandlungseinrichtung nicht mehr geöffnet werden.

»Tactical Field Care«

(Erstersorgung außerhalb der Einwirkung des feindlichen Feuers)

Untersuchung folgt dem <C>ABCDE Algorithmus[1]

- Alle Maßnahmen abhängig v. Bedrohungslage/Scene Safety & Verletzungsmechanismus/MOI[2]
  -> bei entsprechendem Trauma z.B. HWS-Stabilisierung[3]/C-spine control

- Verwundete mit verändertem/auffälligem psychischem Zustand sind sofort zu entwaffnen.

<C> Critical Bleeding (lebensbedrohliche Blutungen)

Falls noch nicht in der Phase „Care Under Fire" geschehen, erfolgt nun die *primäre temporäre* Blutstillung an Extremitätenwunden durch Anlage eines Tourniquets, bei nicht mittels Tourniquet kontrollierbaren massiven äußeren Blutungen durch Kompression und Wundtamponade, ggf. unter Verwendung eines Hämostatikums.

1 Siehe auch TREMA e.V. Taschenkarte „Initial Assessment" im Anhang
2 MOI – Mechanism of Injury.
3 HWS-Stabilisierung: Nur Inline-Stabilisierung. Achsengerechter Längszug auf die HWS darf nach aktuellen Empfehlungen nicht erfolgen.

Abb. 9.6 Leitlinie »Tactical Field Care«

Wird der Verwundete beim Öffnen eines Tourniquets kreislaufinstabil, besteht der Verdacht auf ein Tourniquet-Syndrom. Präklinisch sollte dieses symptomatisch mit Infusionstherapie, Sauerstoff und ggf. Katecholaminen therapiert werden.

9.2.3 Atemwegsmanagement

Atemwegsmanagement in der heißen Zone erfordert in der Regel zu viel Zeit und verlängert dadurch die Gefährdung für Verwundeten und Helfer. Atemwegsverlegungen sind auf dem Gefechtsfeld meist durch Bewusstseinsstörungen aufgrund eines schweren SHT (z. B. durch Kopfschuss), fortgeschrittenen Schock oder durch ein direktes Trauma der Atemwege bedingt. Während schwere Verletzungen im ZNS-Bereich ohnehin eine schlechte Prognose haben und eine erhebliche Gefährdung von Rettern nicht rechtfertigen, dauert die Atemwegssicherung bei ausgedehntem Trauma der Atemwege zu lange, um dies unter effektivem feindlichem Feuer durchzuführen. Schockbedingte Bewusstseinsstörungen hingegen sind symptomatisch für einen massiven Blutverlust und sollten die Blutstillung zunächst in den Fokus rücken. Ist ein Freihalten der Atemwege zwingend notwendig, und die taktische Lage erlaubt dies, kann ggf. ein Wendl-Tubus eingelegt oder der Bewusstlose bei ausreichender Deckung in Seitenlage positioniert werden. Mit weiterführenden Maßnahmen sollte bis zum Erreichen sicherer Deckung (Phase »Tactical Field Care«) gewartet werden.

9.3 »Tactical Field Care« (Abb. 9.6)

Die Phase »Tactical Field Care« (TFC) beginnt, sobald eine sichere Deckung erreicht wird und kein wirksames gegnerisches Feuer mehr zu erwarten ist. Dies kann hinter dem Schutz einer Mauern, hinter einem oder im Inneren eines geschützten Fahrzeugs, in einem Straßengraben oder in einem ge-

sicherten Gebäude der Fall sein. Die eingesetzten Helfer müssen dabei durch andere Kräfte gesichert werden, um sich auf die Versorgung konzentrieren zu können. Die Art der vom Gegner eingesetzten Waffen und Munition spielt eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung, welche Deckung ausreichend ist. So ist der Innenraum eines Transportpanzers bei Beschuss mit Panzerfäusten nicht als sichere Deckung zu werten, da Panzerabwehrhandwaffen Schutzausstattung dieser Kategorie für gewöhnlich durchdringen können.

Der schnelle Abtransport des Patienten kann jederzeit notwendig werden, z. B. durch vorzeitig eintreffende Hubschrauber oder Nachsetzen des Gegners. So früh wie möglich sollte daher eine geeignete Tragehilfe unter dem Patienten positioniert werden (z. B. Bergetuch), um ihn im Bedarfsfall sofort bewegen zu können. Außerdem ist es sinnvoll, immer nur das Material aus dem Rucksack zu entnehmen, das in diesem Moment auch tatsächlich gebraucht wird, und ihn sofort wieder zu verschließen. Grundsätzlich sollte zu jedem Zeitpunkt eine Verlegebereitschaft innerhalb von 2 min hergestellt werden können.

Lebensbedrohliche Blutungen sollten bereits während der Phase »Care under Fire« versorgt worden sein. Der Erfolg der Maßnahmen muss nun kontrolliert werden, und noch nicht gestillte starke Blutungen unter Kontrolle gebracht werden. Sind lagebedingt massive Extremitätenblutungen bisher noch nicht gestillt, sollten diese zunächst schnellstmöglich mit einem Tourniquet gestoppt werden. Auf nicht unmittelbar lebenswichtige Interventionen sollte nach Möglichkeit verzichtet werden, wenn sie den Abtransport zu chirurgischen Behandlungseinrichtungen verzögern und es sich um lebensbedrohliche Verwundungen handelt (»critical patients«) [59]. Erfordert es die taktische Lage, kann die medizinische Versorgung sich auch darauf beschränken, einen Verwundeten schnellstmöglich einem Fahrzeug oder Hubschrauber zuzuführen und zu evakuieren [27]. Dies gilt insbesondere für unkontrollierbare (innere) Blutungen.

Patienten mit Bewusstseinsveränderung (z. B. durch Schock, Analgetika) sollten umgehend entwaffnet werden, um eine Selbst- und Fremdgefährdung auszuschließen. Dies umfasst auch Spreng- und Kampfmittel.

Sauerstoff steht in dieser Phase meist nicht zur Verfügung, da Druckgasflaschen zu schwer, sperrig und aufgrund der Explosionsgefahr zu gefährlich sind, um sie im Rucksack unter Gefechtsbedingungen mitzuführen. Unter manchen Bedingungen kann die Mitführung von chemischen Sauerstofferzeugern sinnvoll sein. Nähere Erläuterungen zur Thematik finden sich in ▶ Abschn. 9.4.

Der Transport von Verwundeten kann in der Phase TFC koordinierter und unter Einsatz von effektiveren Hilfsmitteln erfolgen. Normale Feldkrankentragen sind meist nicht verfügbar, da sie auch zusammengeklappt aufgrund ihrer Länge, außer in Sanitätsfahrzeugen, nur schwer mitgeführt werden können. Ausführlichere Darstellung der Thematik Verwundetentransport ▶ Kap. 5.

Wichtig ist, dass überall innerhalb der Einheit ausreichend Tragehilfen für den Verwundetentransport vorhanden sind und sie nicht erst herangeführt werden müssen.

Daher sollte im aufgesessenen Einsatz pro Fahrzeug und im abgesessenen Einsatz pro Trupp mindestens eine Tragehilfe mitgeführt werden. Während zur Nutzung auf Fahrzeugen Falttragen oder auch außen angebrachte Spineboards sinnvoll sind, haben sich am Mann insbesondere leichte Bergetücher (z. B. Poc-Kit Stretcher, Fa. Combat Medical) oder Schleiftragen (z. B. Foxtrott Litter) außerordentlich bewährt.

9.3.1 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung des Patienten folgt einem festen Ablauf, um stressresistent das Erkennen und Behandeln lebensbedrohlicher Zustände in der Reihenfolge ihrer Bedrohlichkeit zu ermöglich (»treat first what kills first«). Die Untersuchung folgt daher dem <C>ABCDE-Schema, und jedes erkannte Problem wird behandelt. Die körperliche Untersuchung wird aufgeteilt in eine »erste Untersuchung« (»initial assessment«) und eine »eingehende Untersuchung und Behandlung« (»rapid trauma assessment«).

Die »erste Untersuchung« soll schnell und zielgerichtet unmittelbar lebensbedrohliche Zustände (z. B. spritzende Blutung, Atemwegsverlegung, Span-

nungspneumothorax) erkennen und therapieren helfen. Sobald ein liegender Patient zur Inspektion des Rückens dabei auf die Seite gedreht wird, sollte vor dem Zurückdrehen eine Transportmöglichkeit (z. B. Tragetuch) und eine Isolationsschicht zum Wärmeerhalt (z. B. Rettungsdecke, Isomatte) untergelegt werden. Ist eine genauere Untersuchung der Körperrückseite in der Lage nicht möglich, sollte diese zumindest mit den Händen abgefahren werden, um Blutungen zu entdecken (»blood sweep«). Die relevanten Krankheitsbilder, Befunde und Therapieoptionen werden in diesem Kapitel eingehend erläutert.

Die »eingehende Untersuchung und Behandlung« erfolgt entweder unmittelbar im Anschluss an die »erste Untersuchung« oder zum nächstmöglichen Zeitpunkt. Dabei ist besonderer Wert auf eine gründliche und vollständige Untersuchung und Behandlung aller Befunde zu legen (»from head to toe, treat as you go«). Besonders häufig werden aufgrund von nicht sorgfältig durchgeführten Untersuchungen Blutungen im Bereich des Schritts, Genitals oder Gesäßes übersehen. Gerade im taktischen Umfeld mit schlechten Überwachungsmöglichkeit und Einhüllen des Patienten zur Hypothermieprophylaxe gehen bei längeren Evakuierungszeiten auch bei unerkannten Sickerblutungen schnell größere Blutmengen verloren. Gleiches gilt für Blutungen im Fußbereich, die aufgrund der Blutansammlung im Stiefel häufig längere Zeit verborgen bleiben. Die Stiefel sollten daher immer ausgezogen oder zumindest eine Finger bis zur Fersenkappe in den Stiefel gesteckt und auf Blut kontrolliert werden. Das Gesäß sollte wenn möglich entkleidet werden und der Schritt zumindest durch Tasten überprüft werden.

Der Ablauf der Untersuchungen ist auf den entsprechenden Taschenkarten detailliert aufgeführt (◘ Abb. 9.7) (Download unter: http://www.trema-online.info/download.html).

9.3.2 Atemwegsmanagement und HWS-Immobilisierung

(◘ Abb. 9.8)

Atemwegsverlegungen auf dem Gefechtsfeld sind bei den Patienten nahezu ausschließlich durch Gesichts- und Halsverletzungen bei Schuss- oder Explosionsverletzungen, Inhalationstrauma [59] oder durch Bewusstlosigkeit verursacht [40]. Während traumatische Ursachen und Schwellungen im Bereich der Atemwege regelmäßig eine Koniotomie erforderlich machen, ist bei Atemwegsverlegungen infolge nachlassendem Muskeltonus und verminderter Schutzreflexe durch Bewusstseinsstörungen häufig die einfache Einlage eines Wendl-Tubus oder eine stabile Seitenlagerung lebensrettend und angesichts der besonderen Situation im Gefecht angemessen. Insbesondere bei Blutungen oder Erbrochenem im Rachenraum kann bei Bewusstlosen die stabile Seitenlage bis zur Verfügbarkeit einer Absaugung die wesentliche lebensrettende Maßnahme sein.

Neben diesen einfachen Maßnahmen sind im taktischen Umfeld **supraglottische Atemwegshilfsmittel**, insbesondere der Larynxtubus, eine gute Option. Auch mit ihnen sollte der Anwender jedoch im Regelfall eine ausreichende Handlungssicherheit im klinischen Umfeld erworben haben. Die klassische endotracheale Intubation hat insbesondere aufgrund des hohen Ausbildungsaufwandes eine eher nachgeordnete Bedeutung. Bei den häufig eine Atemwegssicherung notwendig machenden Verletzungen der Atemwege ist eine Intubation aufgrund von massiver Blutung, Gewebsfetzen und zerstörter anatomischer Merkmale gerade für den Unerfahrenen regelmäßig sehr schwierig. Hier kann für den geübten Anwender die Videolaryngoskopie die Erfolgschance unter den ohnehin schwierigen Bedingungen deutlich verbessern.

Bisher ist nicht nachgewiesen, dass die Intubation beim Thoraxtrauma ohne respiratorische Insuffizienz eine verbesserte Prognose bewirkt [15]. Bei respiratorischer Insuffizienz, z. B. aufgrund eines Thoraxtraumas, ist die endotracheale Intubation zur Optimierung der Ventilation dagegen klar indiziert. Alternativ kann aber auch eine Koniotomie erfolgen, wenn die endotracheale Intubation nicht verfügbar ist. Da supraglottische Atemwegshilfsmittel einfach anzuwenden und häufig ausreichend sind, und ein Instrumentarium zur Koniotomie als alternativlose letzte Option beim schwierigen Atemweg ohnehin unverzichtbar ist, muss in Abhängigkeit von Ausbildungsstand, Auftrag, Lage und sonstiger Ausrüstung die Notwendigkeit zum Mitführen von Intubationsinstrumentarium individuell beurteilt werden.

Alle Maßnahmen abhängig von Bedrohungslage / Scene Safety & Verletzungsmechanismus / MOI ⇨ **bei entsprechendem Trauma** also z.B. **HWS-Stabilisierung** / C-spine control

Erste Untersuchung (INITIAL ASSESSMENT)

- **AVPU** - Bewusstseinszustand: (**a**lert, **v**erbal, **p**ain, **u**nconscious)

<C> Nach **lebensbedrohlichen Blutungen** schauen (ggf. **Tourniquet** !!!)

A **Airway / Atemwege**

- Atmung kontrollieren (ggf. „sehen, hören, fühlen")

Bei Eingetrübten / Bewusstlosen zusätzlich:

- Mundraum inspizieren, ggf. Ausräumen
- Guedel- / **Wendl**-Tubus einlegen / evtl. stabile Seitenlage
- Wenn für Atemweg nicht ausreichend & abhängig von Ausbildungsstand: ggf. Intubation bzw. Alternativen (Larynxtubus o.ä.) oder Koniotomie
- Nochmals Atmung kontrollieren

B **Breathing / Brustkorb**

- **I**nspiziere Brustkorb (und Hals) komplett einsehen / freimachen:
  - Kehlkopf & Halsvenen betrachten: verschoben bzw. gestaut ?
  - Wunden / Blutungen ? ⇨ Alle Thorax-Wunden mit einem sterilen u./o. (dreiseitig) luftdichten o. Ventil-Verband verschließen !
- **A**uskultieren (Abhorchen) der Lungen (Thorax vorne, 1x beidseits)
- **P**alpieren (Abtasten) des Thorax
- **C**heck the Back (Rücken auf Wunden untersuchen; ggf.(MOI) durch Kreuzgriff) (vorher HWS-Stabilisierung ?!) evtl. (insbes. bei zweitem Mann) jetzt bereits Tragetuch unterlegen.
  !! Alle Verletzungen, die zu einer Verschlechterung der Atmung führen (z.B. Spannungspneumothorax), müssen **sofort** behandelt werden (z.B. 14G 2.ICR in MCL).
- Erneut **A** kontrollieren

C **Circulation / Kreislauf**

- Pulse tasten (A.**carotis** und A.**radialis**, ggf. femoralis gleichzeitig)
- **Blood Sweep** (Pat. kpl. abtasten und nach weiteren Verletzungen / **Blutungen** suchen ⇨ Kopf, Bauch, Becken, Beine, Schritt, Arme; dabei immer auf die Hände achten: Blut ?)
- Blutungen stoppen (Tourniquet, Druckverband, Hämostatika, evtl. Gefäßklemme)
- Möglichst Herzfrequenz bestimmen (Verlauf?) * ➢ Erneut **A** kontrollieren

D **Disability** **AVPU** (besser GCS), Pupillen, orientierend neurologische Defizite#

E **Environment** Wärmeerhalt / (WS-)Immobilisation falls nötig/möglich

Kritischer Patient ⇨ Transportentscheidung ⇨ Evakuierung

!!! Alle Maßnahmen sollten innerhalb von 3 Min. abgeschlossen sein !!!

!!! Jetzt **Meldung** an TrpFhr / JOC / Leitstelle / Med.Einsatzleitung:
- Was wurde festgestellt / weitere Versorgung / Transportprioritäten? (Maßnahmen, Zeit bis Transportfähigkeit, „9-liner")

➢ *evtl. **i.v. / i.o. Zugang** (ggf. Volumen- / #Schmerztherapie) alt. Mo-Autoinjektor / Actiq®

!!! Vitalfunktionen und Maßnahmen regelmäßig kontrollieren !!!

© TREMA Stand August 2012

Abb. 9.7 Taschenkarte »Initial Assessment« und »Rapid Trauma Assessment«, Stand 2012. (TREMA e.V.)

Eingehende Untersuchung & Behandlung (RAPID TRAUMA ASSESSMENT)

Nur wenn zeitlich versetzt zum Initial: Alle Maßnahmen, die bisher getroffen wurden, überprüfen:

Falls verfügbar:
Sauerstoffgabe
Monitoring

- **A** - **AVPU** (Bewusstseinszustand überprüfen)
  - Atmung und Atemwegssicherung kontrollieren
- **B** - Auskultieren der Lungen (Thorax vorne, 1x beidseits)
  - Kontrolle luftdichter Verbände / erneut entlüften
- **C** - Pulse kontrollieren (A.carotis und A.radialis/A. femoralis gleichzeitig)
  - Abbindungen kontrollieren (zeitabhängig **Tourniquet durch Druckverband ersetzen** – falls mgl.)
  - evtl. Infusion überprüfen, evtl. jetzt Blutdruckmanschette anlegen (RR systolisch/diastolisch)

Beim INITIAL bisher festgestellte größere Verletzungen sollen jetzt – ggf. provisorisch – versorgt werden.
Schema anschließend trotzdem vollständig abarbeiten.
Vor Rapid sollten der i.v.- Zugang liegen und ggf. Schmerzmedikamente verabreicht worden sein.

Eingehende Untersuchung und Behandlung (von Kopf bis Fuß / „from head to toe, treat as you go"):
!! Jetzt werden **alle Blutungen** und **Verletzungen,** die gefunden werden, **sofort** behandelt !!
(Bei/nach Maßnahmen: wie reagiert der Pat. – z.B. Atmung besser/schlechter, Schmerz ⇩/⇧?)

Kommunikation mit dem Patienten ☺

- **Kopf**
  - **AVPU** (Bewusstseinszustand überprüfen)
  - Pupillenkontrolle: **PERRLA** (**p**upils **e**qual, **r**ound, **r**eact to **l**ight, **a**ccommodate)
  - Inspektion (Anschauen) von Mund, Nase, Ohren (Blut, Liquor ??!!)
  - Palpation (Abtasten) der Schädelknochen
- **Hals**
  - Inspektion der Trachea (mittig?) und Halsvenen (gestaut?)
  - Palpation der Halswirbelsäule
    (bei Deformität/DS spätestens jetzt **HWS-Schiene** + Inline-Stabilisierung (Spineboard)
- **Thorax**
  - ! Brustkorb muss komplett freigemacht werden !
  - **I** nspektion des Brustkorbs (asymmetrische, paradoxe Atmung etc.)
  - **A** uskultieren (Abhorchen) Lungen und Herz (Thorax vorne, 3x beidseits)
  - **P** erkussion (Abklopfen) des Brustkorbes (Thorax vorne, 3x beidseits)
  - **P** alpieren (Abtasten) des Thorax (Druckschmerz, Instabilität, Krepitation?)
  - **C** heck the Back! (Hose öffnen! Rücken - einschließlich Gesäß- untersuchen)
    - dazu Kleidung entfernen: Inspektion und Palpation ⇨ Stabilität Wirbelsäule
    (!! Spätestens jetzt vor dem Zurückdrehen Tragetuch unterlegen !!)
- **Abdomen**
  - Inspektion und Palpation des Abdomens in 4 Quadranten
- **Becken**
  - Inspektion des Beckens und der Genitalien
  - Palpation des Beckens (nochmals Stabilität prüfen)
- **Untere Extr.** !! Kleidung während Untersuchung/Behandlung entfernen / verschieben !!
  - Inspektion und Palpation (auch Beweglichkeit der Gelenke überprüfen)
  - distale Pulse tasten / nervale Versorgung prüfen
  - ⇨ **MCS** (**m**otoric, **c**irculation, **s**ensory = DMS **D**urchblutung **M**otorik **S**ensibilität)
- **Obere Extr.**!! Kleidung während Untersuchung/Behandlung entfernen o. verschieben !!
  - Inspektion und Palpation (auch Beweglichkeit der Gelenke überprüfen)
  - distale Pulse tasten / nervale Versorgung prüfen ⇨ MCS überprüfen

i.v.-Zugang ? Medikamente ? Blutdruck-Messung über Manschette.
➔ **Dokumentation !!!** (evtl. + SAMPLE)

Jetzt können alle Maßnahmen, die längere Zeit in Anspruch nehmen, getroffen werden:
Abhängig von Lage, Material, Ausbildungsstand:

- Schienen von Frakturen
- MAST / PASG erwägen
- Wundreinigung / Wundversorgung
- Gabe **weiterer Medikamente** ⇨ Antibiotika, Antiemetika
- ggf. (vor MedEvac) Thoraxdrainage
- spätestens jetzt ggf. Becken-Orthese/-Schlinge
- ggf. (prolonged care) Magensonde / Blasenkatheter

!! Während der gesamten Versorgung auf den Wärmeerhalt achten !!

© TREMA Stand August 2012

Abb. 9.7 (Fortsetzung)

A Airway (Atemwegsmanagement)

- Bewusstseinszustand feststellen: AVPU
  - A – Alert
  - V – Verbal
  - P – Pain
  - U – Unresponsive

- Atmung kontrollieren (ggf. „sehen, hören, fühlen")
- Mundraum inspizieren, ggf. Ausräumen
- Ansprechbare Verwundete mit Gesichtsschädelverletzungen und drohender Verlegung der Atemwege:
  Der Verwundete kann jede Haltung einnehmen, auch aufrecht sitzend, die seine Atemwege freihält. Auf eine Ablaufmöglichkeit für Blut nach außen achten bzw. Verwundeten möglichst entsprechend anleiten.

- Algorithmus/Eskalationsstufen zur Atemwegsfreihaltung:
  - Anheben des Kinns oder Esmarch-Handgriff
  - Nasopharyngeal-Tubus (Wendl-Tubus)
  - Falls möglich: stabile Seitenlage
  - Supraglottische Atemwegsmittel[1] ggf. ETI
  - Invasiver Atemweg: Koniotomie

- Indikationen Koniotomie[2]:
  - Vital bedrohliche glottische/supraglottische Verlegung
  - (Gesichtsschädelverletzung & Schwellung bei Anaphylaxie)
  - erfolglose Anlage oder Fehlen von alternativen Atemwegssicherungen
  - (Larynxmaske, Larynxtubus, Kombitubus etc.)
  - erfolglose endotracheale Intubation
  - Cannot ventilate – cannot intubate Situation !

- Endotracheale Intubation (ETI)[3]:
  In der Phase „Tactical Field Care" ist die ETI nicht indiziert und wird grundsätzlich nicht empfohlen.

1 Wir empfehlen die Anwendung des Larynxtubus LTS-D #4 und 5. Weitere supraglottische Atemwegshilfsmittel wie Larynx maske, Combitubus können je nach Ausbildungsstand und Verfügbarkeit ebenso eingesetzt werden. (ETI = endotracheale Intubation)
2 Die Koniotomie ist eine „ultima ratio" Maßnahme und darf nur bei Vorliegen der und entsprechend der zwingenden Indikationen durchgeführt werden. Eine entsprechende Ausbildung zur Durchführung einer Koniotomie ist zwingend erforderlich.
3 Die ETI ist übungs-, zeit- & materialintensiver als die supraglottischen Atemwegshilfsmittel, benötigt eine tiefe Bewusstlosigkeit bzw. Narkose und eine anschließende Beatmung. Im Regelfall wird sie für die Phase „Tactical Evacuation Care" empfohlen, wenn entsprechendes Material zur Verfügung steht. Je nach Ausbildungsstand und Übung kann jedoch eine ETI sinnvoll sein. Dies ist vom jeweiligen Anwender gegen die Alternativen abzuwägen.

Abb. 9.8 Leitlinie »Airway« (Atemwegsmanagement)

Die Intubation bietet sich als Verfahren an, wenn der Anwender einen hohen Ausbildungsstand hat, ausreichend Kräfte für das Beatmen des Verwundeten und das Tragen des beatmeten Verwundeten sowie eine Möglichkeit zum Liegendtransport vorhanden sind, adäquate Überwachungsmöglichkeiten bestehen und eine Beatmungsmöglichkeit mit einer ausreichend langen Durchhaltefähigkeit verfügbar ist.

Die zur Intubation notwendige Narkoseeinleitung zieht zwingend eine **Beatmung** nach sich, die nicht nur hohe logistische Anforderungen hinsichtlich der Durchhaltefähigkeit (Sauerstoffvorrat!) von Beatmungsgeräten stellt, sondern auch stets Helfer durch den aufwändigeren Transport und die kontinuierlich notwendige Überwachung bindet. Es bestehen darüber hinaus wissenschaftliche Hinweise darauf, dass eine präklinische Beatmung bei Patienten im Schock deren Prognose verschlechtern könnte. Als Ursache wird eine Verminderung des venösen Rückstroms zum Herzen durch beatmungsbedingte intrathorakale Druckerhöhung vermutet [15]. Ist sie daher nicht absolut indiziert (z. B. Apnoe, Hypoventilation), sollte die Indikation zur Einleitung einer Narkose und Beatmung im taktischen Umfeld generell zurückhaltend gestellt werden. In manchen Fällen, wie z. B. nach Atemwegssicherung mittels Koniotomie, kann lageabhängig beim spontan atmenden Patienten der Verzicht auf eine Narkoseeinleitung und Beatmung auch vertretbar und taktisch sinnvoller sein.

Die Gefahr einer **Tubusfehllage** in Hypopharynx oder Ösophagus hat im taktischen Umfeld aufgrund der erschwerten Überwachung besondere Bedeutung. Da Patienten häufig ohne besondere Vorsicht bewegt werden müssen, besteht ein deutlich erhöhtes sekundäres Dislokationsrisiko. Da sie die gefährlichste Komplikation einer endotrachealen Intubation oder Koniotomie ist [15], sinngemäß aber auch auf supraglottische Hilfsmittel übertragen werden kann, ist die Nutzung eines kompakten und leichten Kapnometers (z. B. Easy Cap II, Fa. Nellcor; EMMA, Fa. phasein) empfehlenswert. Es erlaubt die laufende Kontrolle der korrekten Tubuslage, z. B. auch während der Patient über längere Strecken getragen wird.

Pharyngeale Atemwegshilfsmittel

Nasopharyngealtuben (NPA, Wendl-Tubus) oder Oropharyngealtuben (OPA, Guedel-Tubus) verhindern eine Atemwegsverlegung durch ein Zurücksinken des Zungengrundes beim bewusstlosen Patienten. Sie eignen sich daher hervorragend zur Verwendung bei Patienten mit Bewusstseinsstörungen, nicht aber zur Sicherung der Atemwege bei Atemwegsverlegungen durch Verletzungen im Kopf-Hals-Bereich oder Inhalationstrauma. Aus grundsätzlichen Erwägungen kontraindiziert ist der Nasopharyngealtubus, wenn Brillenhämatom, Liquoraustritt oder stärkere Blutungen aus Ohr oder Nase auf ein Schädel-Hirn-Trauma mit Beteiligung der Schädelbasis hinweisen, um eine mögliche intrazerebrale Fehllage zu vermeiden. Stehen keine Alternativen zur Verfügung, kann die Anwendung beim SHT aber in Einzelfällen sinnvoll sein. Darüber hinaus bieten pharyngeale Atemwegshilfmittel keinerlei Schutz vor Aspiration von Erbrochenem oder Blut. Im Vergleich zum Guedel-Tubus wird der Wendl-Tubus auch von somnolenten (»verbal«) und soporösen (»pain«) Patienten meist gut toleriert und sollte daher bevorzugt werden. Die Einlage von Wendl-Tuben kann in trockenem, staubigem Klima aufgrund der meist ausgetrockneten Nasenschleimhäute schwieriger sein. Eine ausreichende Benetzung mit geeignetem Gleitmittel ist daher besonders wichtig. In taktischen Lagen kann zur Beschleunigung der Maßnahmen in Notfällen auch Speichel als Gleitmittel verwendet werden. Aus Infektionsschutzgründen sollte dieser nach Möglichkeit vom Verwundeten stammen.

Koniotomie (Abb. 9.9)

Gerade Verletzungen von Gesicht und Hals erfordern häufig eine Koniotomie zur Sicherung der Atemwege [59]. Bei penetrierenden Halsverletzungen ist die frühzeitige definitive Sicherung der Atemwege durch endotracheale Intubation oder Koniotomie wichtig, da Hämatome schnell die Luftwege verlegen können [40, 43]. Ähnliche Probleme kann ein Inhalationstrauma verursachen [59].

Die Koniotomie ist die weltweit anerkannte »ultima ratio« des sonst nicht beherrschbaren Atemweges [43]. Auf ein Koniotomie-Set, gleich welcher Technik, darf somit nicht verzichtet werden. Im taktischen Umfeld wird daher häufig zugunsten

Algorithmus Chirurgischer Atemweg »Koniotomie«

- Material vorbereiten (chirurgisch[1] oder Koniotomiesets)
- Lagerung: Kopf überstrecken (CAVE bei V.a. HWS-Verletzung)
- Mit der linken[2] Hand den Kehlkopf von kranial (oben) am Schildknorpel fixieren
- Mit rechter Hand das Lig. conicum aufsuchen (ggf. LA oder Ket S i.v. / i.m.)
- Haut - Längsschnitt[3] über dem Lig. conicum
- Stumpfe Präparation auf das Lig. conicum
- Querschnitt durch das Lig. conicum
- Spreizen des Loches (Lig. Conicum) zw. Schild und Ringknorpel mit einem Spekulum -alternativ mit dem Rückenteil („klingenfernen Ende") des Skalpells oder mit einer Schere
- Einführen eines Tubus 6,0 (Spiraltubus) bis der Cuff sicher in der Trachea platziert ist – Nicht tiefer ! (Gefahr der einseitigen rechtsbronchialen Belüftung)
- Lageüberprüfung, Auskultation, Fixierung

1 Skalpell 11er, 6-0 Spiraltubus, 10ml Blockerspritze, ES-Kompressen, Fixierungsmittel (Tape, Mullbinde), Handschuhe, ggf. Werkzeug zum Spreizen (Schere, Klemme, Nasenspekulum)
2 bei Linkshändern ist jeweils die andere Hand zu Verwenden bzw. je nach Möglichkeit an dem Verwundeten zu arbeiten zu variieren.
3 Die Meinungen zu der Frage Längs oder Querschnitt der Haut differieren aktuell. Wir empfehlen den Längsschnitt aufgrund der deutlich bessern und sicheren Handhabung, der geringeren Gefahr der Gefäßdurchtrennung (bei zu distaler Inzision besteht dennoch die Gefahr der Isthmus Verletzung der Schilddrüse) mit folgender Blutung und Sichtverlust und einer deutlich besseren anatomischen Orientierung insbesondere bei Verschiebung der Haut.

Abb. 9.9 Leitlinie Koniotomie

von Wendl-Tubus, supraglottischem Atemweg und einem chirurgischen Koniotomie-Set auf Material zur endotrachealen Intubation verzichtet.

Aufgrund der eingeschränkten Ressourcen und des Zeitbedarfs sollte eine Bewusstlosigkeit alleine unter taktischen Gegebenheiten keine Indikation zur Durchführung einer Koniotomie darstellen [12]. Andererseits ist im taktischen Umfeld eine definitive Atemwegssicherung aufgrund der häufig rauen Transportbedingungen und der eingeschränkten Überwachungsmöglichkeiten anzustreben. Eine Indikation zur Koniotomie besteht daher nicht nur, wenn mit anderen Hilfsmitteln eine adäquate Oxygenierung nicht sichergestellt werden kann. Die relative Indikation zur Koniotomie kann auch gegeben sein, wenn eine endotracheale Intubation nicht möglich ist (z. B. bei ausgedehnten Verletzungen, nicht vorhandenem Intubationsbesteck etc.) und die Atemwegssicherung mittels supraglottischer oder pharyngealer Atemwegshilfsmittel nicht ausreichend erscheint [43, 23].

Die Durchführung einer Koniotomie ist in chirurgischer Technik oder mittels entsprechender Punktionssets möglich. Beide Varianten weisen Vor- und Nachteile auf. Grundsätzlich sollte die Technik gewählt werden, die erlernt wurde und beherrscht wird. Sie sollte innerhalb einer Einheit standardisiert sein, um Material austauschen zu können.

Der Zeitbedarf für eine Koniotomie in chirurgischer Technik wird, je nach Ausbildungsstand, mit

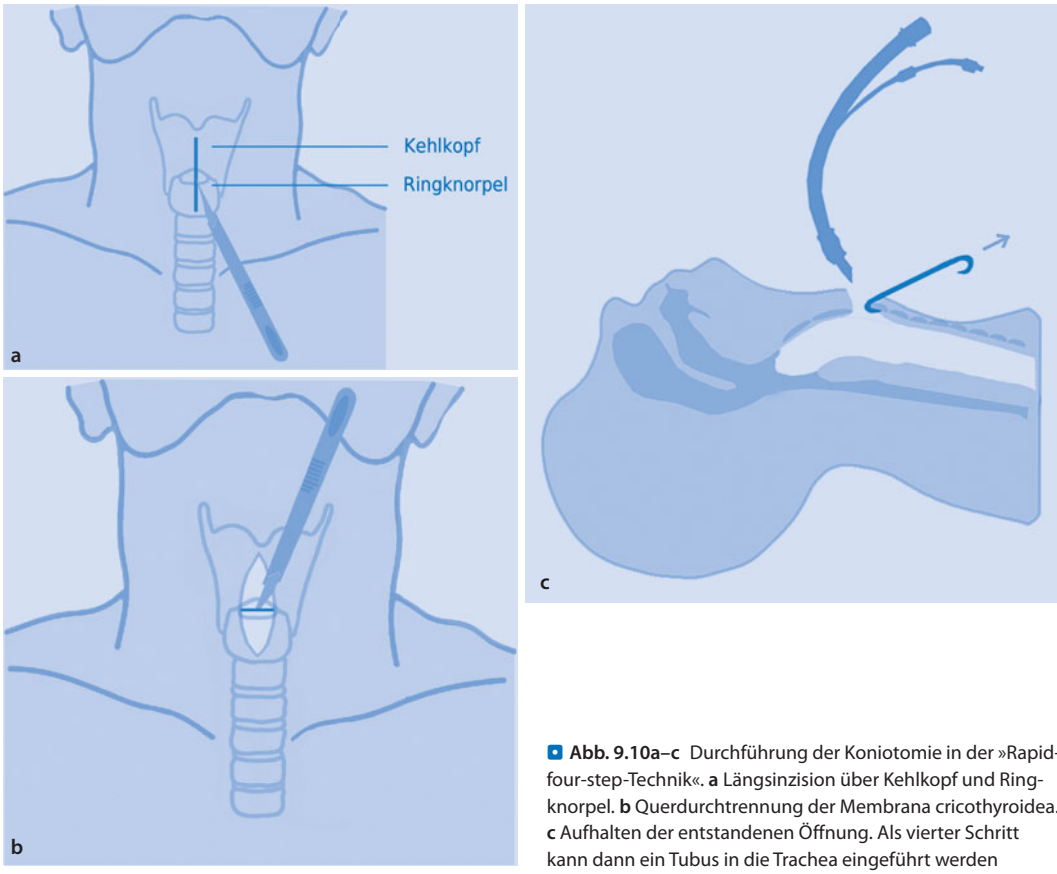


Abb. 9.10a–c Durchführung der Koniotomie in der »Rapid-four-step-Technik«. **a** Längsinzision über Kehlkopf und Ringknorpel. **b** Querdurchtrennung der Membrana cricothyroidea. **c** Aufhalten der entstandenen Öffnung. Als vierter Schritt kann dann ein Tubus in die Trachea eingeführt werden

30–180 s angegeben [43]. Eigene Erfahrungen und Berichte aus den aktuellen Konflikten zeigen, dass eine chirurgische Koniotomie bei häufigem Üben am (Tier-)Modell auch unter Beschuss regelmäßig in unter einer Minute durchgeführt werden kann [59].

Die im TREMA-e.V.-Algorithmus empfohlene Vorgehensweise entspricht der in der Literatur beschriebenen »Rapid-four-step-Technik« [44] und ist erfahrungsgemäß einfach zu erlernen und anzuwenden (Abb. 9.10). Der vertikale Hautschnitt mindert die Gefahr der Verletzung der lateral der Trachea verlaufenden Gefäß-Nerven-Bündel und erleichtert gleichzeitig das Auffinden der Membrana cricothyroidea [43]. Nach Durchtrennung der Membran kann die Öffnung mittels Gefäßklemme oder Nasenspekulum aufgehalten werden (Abb. 9.11). Als Alternative haben sich Trachealhaken (»cric hook« bewährt, mit deren Hilfe der Ringknorpel nach vorne und fußwärts gezogen und so eine ausreichend große Öffnung zur Einlage des Tubus erzeugt wird (Abb. 9.12).

Als Provisorium kann der Skalpellgriff quer in die Öffnung eingeführt und zum Spreizen um 90° gedreht werden, wodurch sich im Regelfall ausreichend Platz zum Einführen des Tubus gewinnen lässt.

Wie bei allen Koniotomietechniken kann es zu Blutungen und Verletzungen verschiedener Strukturen kommen. Besonders gefährdet sind Larynx, Trachea, Ösophagus und Schilddrüse [43]. Insbesondere die möglichen ausgeprägten und häufig schwer zu kontrollierenden Blutungen sind bei chirurgischen Eingriffen im Halsbereich sehr gefürchtet und können auch bei der Koniotomie auftreten. Als Normvariante verfügen manche Menschen über einen zusätzlichen Schilddrüsenlappen, den Lobus pyramidalis (Abb. 9.13). Dieser

Abb. 9.11a–d Die chirurgische Koniotomie am Leichenpräparat. **a** Längsschnitt über dem Kehlkopf. **b** Aufsuchen der Membrana cricothyreoidea zwischen Kehlkopf und Ringknorpel. **c** Querdurchtrennung der Membran. **d** Nasenspekulum als Einführhilfe. (Fotos: F. Josse)

liegt im Regelfall über der M. cricothyroidea und wird bei der Koniotomie durchtrennt. Die resultierende Blutung kann erheblich und für den Patienten lebensgefährlich sein! Sie muss mittels direkten Drucks kontrolliert werden, um die Übersicht nicht zu verlieren. Punktionssets führen seltener zu relevanten Blutungen, bei ihrer Verwendung kommen schwerwiegende Verletzungen benachbarter Strukturen (z. B. Ösophagus) aber wesentlich häufiger vor [23]. Eine typische Komplikation bei Punktionssets ist das Perforieren der Tracheahinterwand mit retrotrachealer Einlage des Tubus oder in der chirurgischen Technik die prätracheale subkutane Einführung zwischen Haut und Trachea. In beiden Fällen liegt der Tubus außerhalb des Tracheallumens, eine Beatmung ist dementsprechend nicht möglich. Wird die Fehllage nicht erkannt, erstickt der Patient.

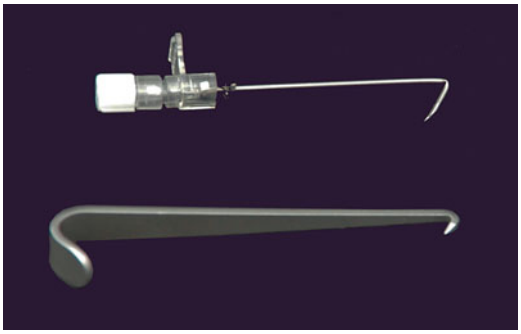


Abb. 9.12 Trachealhaken (»cric hook«) von NA Rescue. Das Werkzeug kann auch improvisiert aus einer Flexüle o. ä. hergestellt werden, indem mit Hilfe der Schutzkappe die Spitze im 45°-Winkel abgeknickt wird. (Foto: Dr. C. Neitzel)

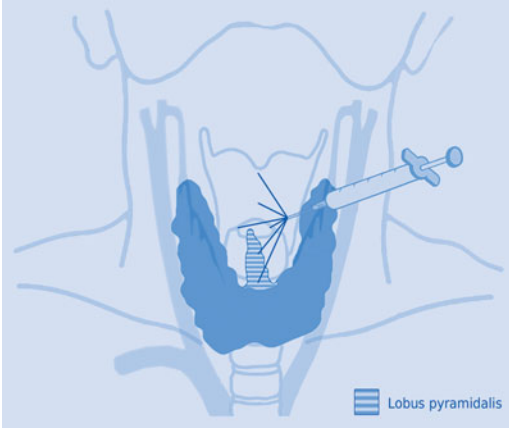


Abb. 9.13 Lage der Schilddrüse und des bei manchen Menschen vorhandenen Pyramidenlappens. Darstellung des Infiltrationsbereiches für eine Lokalanästhesie bei Wachkoniotomie

Auch bei sachgerechter Durchführung kann ein zwischen den Faszienschichten des Halses bestehendes Hämatom eröffnet werden und so zum einen die Übersichtlichkeit des Zugangsweges erheblich verschlechtern, zum anderen bereits zum Stillstand gekommene Blutungen erneut aktivieren [40, 43]. Ist der Kehlkopf selbst zerstört, bleibt häufig nur die Tracheotomie als Zugangsweg. Hierbei kann durch den nicht in der Technik der Tracheotomie Ausgebildeten als nicht sachgerecht durchgeführte, aber lebensrettende Notfallmaßnahme eine Querinzision zwischen den Knorpelspangen der Trachea und Einlage eines Tubus erfolgen. Der Schnitt sollte streng über der Vorderseite der Luftröhre und möglichst dort erfolgen, wo die Luftröhre gut zu tasten ist. Zu beachten ist, dass die großkalibrigen Halsgefäße unmittelbar benachbart verlaufen. Eine starke Blutung durch Verletzung der Schilddrüse muss erwartet werden.

Nur bei blockbaren Tuben ist ein adäquates Atemminutenvolumen (AMV) von ~15 l/min zu erzielen. In Studien konnten nichtblockbare Kanülen durch Leckage nur ein nicht ausreichendes AMV von 5 l/min erzielen. Gerade bei Patienten mit SHT (Schädel-Hirn-Trauma) ist dies problematisch, da die aus einer Hypoventilation resultierende Hyperkapnie und Hypoxie vermieden werden sollten [15, 43]. Ungeblockte Systeme bieten darüber hinaus keinen Aspirationsschutz, der gerade bei Blutungen im Mund-Rachen-Raum von besonderer Wichtigkeit ist [17, 44]. Deshalb werden die Einlage eines blockbaren ET-Tubus mittels chirurgischer Technik oder blockbare Punktionssets empfohlen (z. B. QuickTrach II, Fa. VBM; Crico Kit, Fa. Portex) [23]. Das für die chirurgische Technik minimal notwendige Instrumentarium ist aber deutlich kleiner und robuster verpackbar als vorgefertigte Punktionsbestecke und eignet sich dadurch besser für das Mitführen im Rucksack.

Für Koniotomien genutzte Tuben sollten für eine atraumatische Einführung nicht zu groß (6–7 mm Durchmesser) sein. Üblicherweise können Spiral- (Woodbridge-), Magill- oder Murphy-Tuben verwendet werden. Spiraltuben sind besonders atraumatisch und weniger anfällig für eine Verlegung durch Abknicken oder Zusammenquetschen. Magill- oder Murphy-Tuben sind dagegen etwas steifer und lassen sich dadurch meist auch ohne Einführhilfe in die Trachea einführen. Häufig werden die letztgenannten mit einer Schere am hinteren Ende gekürzt, um Handhabung und Patiententransport zu erleichtern. Dies kann allerdings das Verrutschen des kompletten Tubus in die Luftröhre begünstigen [12]. Auch vorgefertigte Trachealkanülen sind nutzbar, sollten allerdings blockbar sein. Im Notfall lassen sich zum reinen Offenhalten auch die ebenfalls nicht blockbaren Wendl-Tuben einlegen, was mangels geeignetem Beatmungsanschluss aber nur beim spontan atmenden Patienten Sinn macht.

Aufgrund des steilen Einführwinkels, der kleinen Öffnung und der aufgrund von Blutung häufig stark eingeschränkten Sicht kann das Einführen des Tubus Schwierigkeiten bereiten, zu Verletzungen führen und extratracheale Fehllagen provozieren. Als Einführhilfe hat sich daher im Sinne einer Seldinger-Technik ein **Führungsstab** bewährt (Abb. 9.14). Da starre Intubations-Führungsstäbe hier ein erhöhtes Risiko der Verletzung der Trachearückwand mit folgender Lage des Tubus außerhalb der Luftröhre haben, sollte ein elastischer Führungsstab (z. B. Frova-Stab, Elastic Boogie) bevorzugt werden (Abb. 9.15).

Im Rahmen einer Koniotomie eingebrachte Tuben sollten wie bei der endotrachealen Intubation gut gesichert werden, da sie sonst schnell dislozieren – im Regelfall im ungünstigsten Moment. Neben vorgefertigten Tubusbefestigungen haben sich

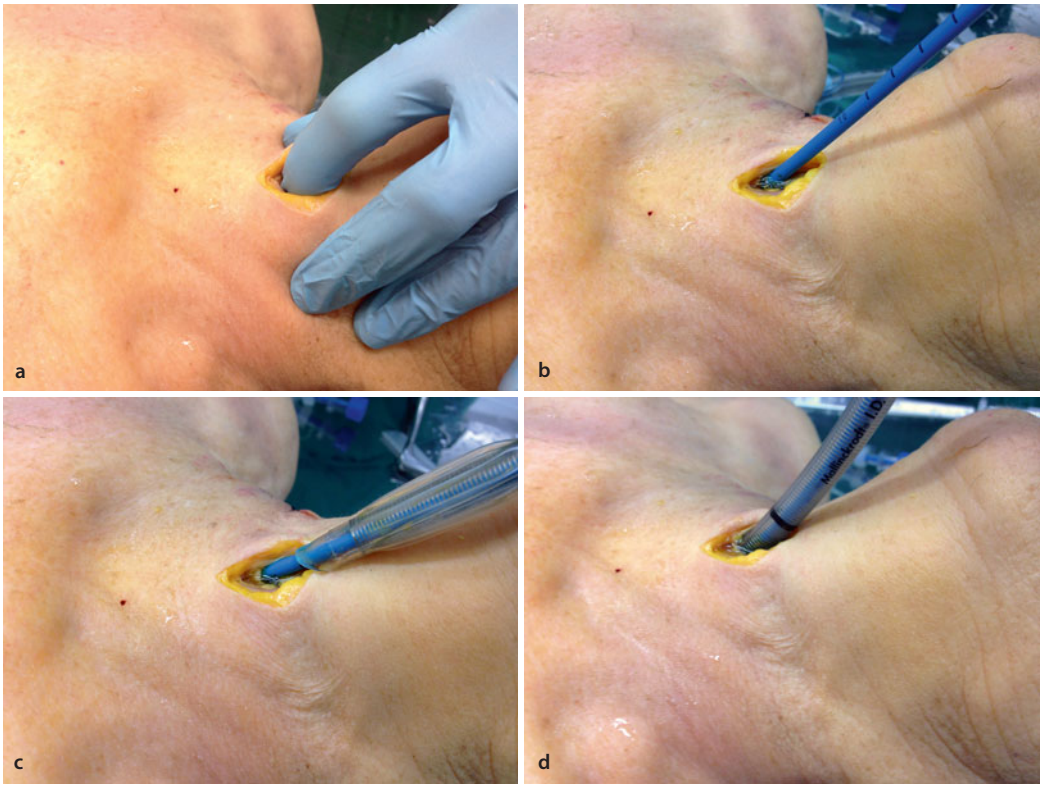


Abb. 9.14a–d Seldinger-Technik zur Erleichterung des Einführens bei schwieriger Anatomie. **a** Ertasten der hohlen Trachea mit dem Finger. **b** Einführen des Führungsstabes entlang des Fingers, dabei Kontrolle der intratrachealen Lage. **c** Vorschieben des Tubus über den Führungsstab. **d** Festhalten des Tubus und Herausziehen des Führungsstabes. (Fotos: F. Josse)

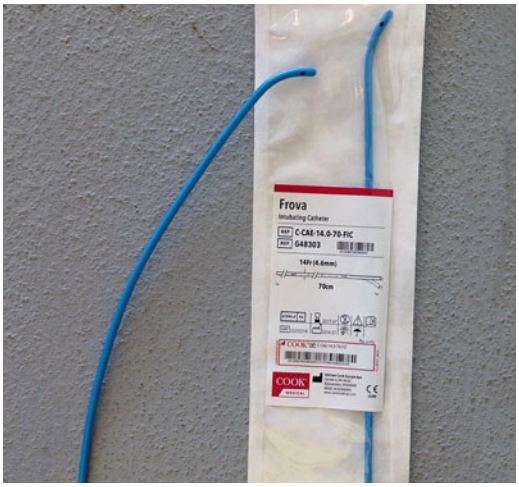


Abb. 9.15 Im Gegensatz zum starren herkömmlichen Intubations-Führungsstab hat der elastische Führungsstab eine atraumatische Spitze und reduziert so das Risiko für extratracheale Tubuslagen. (Fotos: F. Josse)

einfache Mullbinden oder um den Hals gelegte und um den Tubus verknotete Schläuche von Infusionssystemen bewährt.

Koniotomien müssen bei Hals- und Gesichtsverletzungen und beim Inhalationstrauma teilweise auch beim wachen, noch spontan atmenden Patienten durchgeführt werden (Abb. 9.16). Für diesen Fall sollte Lokalanästhetikum für eine Infiltrationsanästhesie verfügbar sein (Abb. 9.13).

Supraglottische Atemwegshilfsmittel

Als supraglottische Atemwege im Notfall werden Larynxmasken, Kombitubus und Larynxtubus empfohlen. Sie sind im Vergleich zur endotrachealen Intubation in der Regel einfacher erfolgreich zu platzieren [17]. Auch wenn supraglottische Atemwegshilfsmittel keine definitive Sicherung der Atemwege auf dem Niveau einer endotrachealen Intubation sicherstellen, bieten sie doch einen ge-

Abb. 9.16a–c Koniotomie bei Gesichtsverletzung. **a** Schussverletzung des Gesichts mit erheblich erschwerten Intubationsbedingungen; klassische Koniotomie-Indikation. **b** Problemlose Beherrschung der Blutungen durch Tamponade des Mund-Rachen-Raumes nach Sicherung des Atemweges. **c** CT-Rekonstruktion mit Unter- und Oberkieferfraktur. Als röntgendichte Wolke sind Zahn- und Geschosssplitter zu sehen. (Fotos mit freundlicher Genehmigung von J. Schwietring)

wissen Aspirationsschutz, insbesondere bei Blutungen im Nasen-Rachen-Raum [59]. Die Möglichkeit zur Platzierung einer Magensonde (z. B. LTS/LTS II, Fa. VBM) verringert das Risiko von durch Erbrechen bedingter Aspiration erheblich [17].

Die Wahl zwischen Larynxmaske oder -tubus sollte sich in erster Linie an dem Ausbildungs- und Erfahrungsstand mit dem jeweiligen Hilfsmittel orientieren. Die Möglichkeit eines »blinden« Einführens erleichtert das Arbeiten ohne Licht, was gerade beim Versorgen in Dunkelheit vorteilhaft ist, und verringert die notwendige Vorbereitungszeit erheblich, was hypoxämische Phasen reduzieren hilft. Larynxmasken und insbesondere -tuben weisen meist, bezogen auf Körpergröße und -gewicht des Patienten, eine hohe Anwendungsbreite auf und verringern damit den Umfang des mitzuführenden Materials. Wichtig ist, dass die Hilfsmittel beim Füllen des Cuffs nicht festgehalten werden, um sich richtig platzieren zu können [17]. Der Combitubus ist aufgrund seiner Rigidität und der daraus resultierenden Verletzungsgefahr und der notwendigen tiefen Bewusstlosigkeit oder Narkose nicht optimal geeignet. Die Verwechslungsgefahr bei jeweils zwei unabhängigen Konnektoren für den Beatmungsbeutel und zwei Cuffs zum Blocken machen ihn als Hilfsmittel für den Unerfahreneren nach Meinung der Autoren weniger empfehlenswert.

Die aufgrund der Besonderheiten des taktischen Umfelds (z. B. häufige Positionsänderungen, Versorgung von Verwundeten durch einen einzelnen Helfer, Belassen des Schutzhelms mit Kinnriemen am Patienten) häufig schwierige Maskenbeatmung kann durch die Verwendung supraglottischer Atemwegshilfen in vielen Fällen ersetzt werden.

Tipp

Ein VBM-Larynxtubus LTS/LTS II der Größe 4 ist für die Anwendung bei Patienten mit Körpergröße 155–180 cm zugelassen. Das Modell LTS II verfügt darüber hinaus über einen Einführungskanal für das problemlose Legen einer Magensonde. Dieses und ähnliche Modelle anderer Hersteller decken damit nahezu alle Erfordernisse in der taktischen Notfallmedizin ab.

Immobilisierung

Beim Polytraumapatienten wird gemäß ziviler Leitlinien bis zum Beweis des Gegenteils immer von einer HWS-Verletzung ausgegangen, sodass eine prophylaktische HWS-Immobilisierung obligatorisch ist [55]. Hierbei handelt es sich aber nahezu ausschließlich um Patienten mit stumpfem Verletzungsmechanismus. Bei Gefechtshandlungen kommen dagegen häufig Patienten mit penetrierendem Trauma der Wirbelsäule vor. Schon Studien im Vietnamkrieg haben gezeigt, dass nur 1,4 % der Patienten mit penetrierenden Halsverletzungen von einer HWS-Immobilisation profitiert hätten [3]. Ebenso sind bei Schussverletzungen des Kopfes schwere begleitende HWS-Verletzungen durch Schleudertrauma eher selten [45]. Darüber hinaus verdichten sich Studienergebnisse, dass bei penetrierendem Wirbelsäulentrauma eine Immobilisierung nicht nur Nutzen für den Patienten hat, sondern (z. B. wegen Zeitverlust durch Immobilisationsmaßnahmen) sogar die Sterblichkeit erhöhen kann [21]. Aufgrund dessen wird im militärischen Bereich bei penetrierenden Wirbelsäulenverletzungen zunehmend auf Immobilisationsmaßnahmen zugunsten einer schnellen Evakuierung verzichtet, zumal diese häufig sehr aufwändig sind und die Helfer massiv gefährden können. Die aufgrund des für eine adäquate Immobilisierung der HWS mit durchschnittlich 5,5 min angegebenen Zeitbedarfs [45] entstehende Gefährdung für Helfer und Patient steht insbesondere in der Phase »Care under Fire« in keinem Verhältnis zum Nutzen [8]. Nach Möglichkeit sollte sie zu einem späteren Zeitpunkt, nachgeholt werden. Bei penetrierenden Halsverletzungen kann die Anlage einer Halskrause über einem Verband zur Blutstillung durch zusätzlichen Druck und Immobilisierung beitragen.

Ist ein stumpfer oder kombiniert penetrierend-stumpfer Verletzungsmechanismus gegeben (z. B. IED-Anschlag, Verkehrsunfall), sollte aufgrund der dabei häufig auftretenden Wirbelsäulenverletzungen dagegen immer eine adäquate Immobilisation erfolgen, wenn die Lage dies zulässt [12]. Im Zweifelsfall müssen Risiko und Nutzen gegeneinander abgewogen werden [45]. Neben den handelsüblichen Modellen zur HWS-Immobilisierung (z. B. Stiffneck, Fa. Laerdal oder X-Collar, Fa. Next) kann auch eine improvisierte Zervikalstütze aus einem um den Hals gewickelten SAM-Splint hergestellt werden.

Bei einem Verwundeten mit schwerem stumpfem Schädel-Hirn-Trauma sollte von einer begleitenden HWS-Verletzung ausgegangen werden. Sofern die Lage dies zulässt, sollte daher eine Immobilisierung erfolgen. Die Zervikalstütze darf dabei aber nicht zu eng angelegt werden, um eine Hirndrucksteigerung durch Verschlechterung des venösen Abflusses zu vermeiden.

9.3.3 Brustkorb und Atmung

(Abb. 9.17)

Penetrierende Thoraxverletzungen

Penetrierende Thoraxverletzungen werden im taktischen Umfeld im Regelfall durch Schuss-, Splitter- oder Stichverletzungen verursacht. Die Pathomechanismen werden in ▶ Kap. 12 und 13 behandelt.

Beim penetrierenden Thoraxtrauma liefern Ein- und ggf. Austrittswunde nur bedingt Hinweise auf das wahre Ausmaß der intrathorakalen Verletzung. So kann auch bei kleinen Ein- und Austrittswunden ein erheblicher Schaden an den im Brust-

B Breathing (Atmung/Brustkorb)
• Alle offenen Brustverletzungen sind unverzüglich mit abdichtenden Verbandmitteln[1] zu schließen, die entsprechend fixiert werden. Der Verwundete ist hinsichtlich der möglichen Entwicklung eines Spannungspneumothorax sowie eines hämorrhagischen Schocks[2] zu beobachten.
• Ein sich entwickelnder Spannungspneumothorax muss frühzeitig erkannt werden und mit einer großlumigen Kanüle (empfohlen 14G) entlastet werden[3].
Algorithmus Entlastungspunktion bei Spannungspneumothorax:
• Punktion mit 14 G (orange - 50 mm) [4]
• Punktion auf der selben Seite der Verletzung !
• 2. Interkostalraum (ICR) in Medioclavicularlinie (MCL)
• Punktion nicht medial d. Brustwarze - mögl. Punktion d. A. mammaria - mögl. Verletzung von Herz/Gefäßen
• Punktion oberhalb d. Rippe („ dran, drauf, drüber") [5]
• anschließend komplett entfernen

1 Die Art und Weise der Anlage eines luftdichten/dreiseitigen/ Ventil-Verbandes ist unerheblich. Die Effektivität ist entscheidend. Eine klare Empfehlung zu bestimmten Produkten kann hier nicht gegeben werden. Je nach Ausstattung und Verfügbarkeit ist das vorhandene Material zu nutzen. Ein intensives Training ist zwingend notwendig.
2 Bei unkontrollierten Blutungen in eine Körperhöhle (Thorax, Abdomen bzw. das Becken) ist die permissive Hypotension indiziert. Siehe unten.
3 Die Entlastungspunktion ist, wenn korrekt angewendet, effektiv. Sie ist jedoch nur eine Maßnahme um eine zeitlich begrenzte Entlüftung /Druckentlastung zu gewährleisten. Eine erneute Punktion/Entlastung bei wieder auftretender Spannungskomponente kann notwendig werden.
4 Die üblicherweise benutzte 14 G Venenverweilkanüle kann ggf. nicht lang genug sein, um den Pleuraspalt zu erreichen. Eine kommerziell hergestellte längere Entlastungspunktionskanüle muss ggf. in Betracht gezogen werden.
5 Die zur Punktion verwendete Kanüle kann, wenn sie belassen wird, durch Blut oder Gewebe verlegt/verklebt werden, drainiert somit dann keine Luft mehr und wird durch die Atemexkursionen des Thorax verlegt/abgeknickt. Eine erneute Punktion kann im Verlauf notwendig sein.

Abb. 9.17 Leitlinie »Breathing« (Atmung/Brustkorb

korb liegenden Organen vorliegen. Für die präklinische Versorgung besonders relevant sind Schädigungen des Herzens und der großen Gefäße sowie der Lunge und Trachea. Bei ausgedehnten Gewebeschädigungen von Herz oder großen Gefäßen tritt der Tod meist rasch ein und der Verwundete ist kaum einer Therapie zugänglich. Lediglich bei sehr kurzen Transportzeiten kann eine schnelle Evakuierung zur chirurgischen Versorgung lebensrettend wirken [55].

Offener Pneumothorax

Eröffnet eine penetrierende Thoraxverletzung den Pleuraspalt, strömt Luft hinein. Der normalerweise dort vorherrschende leichte Unterdruck, der die Lunge entfaltet hält, wird aufgehoben und die Lunge kollabiert mehr oder weniger stark. Bei Atembewegungen strömt Luft v. a. durch das Loch in der Thoraxwand in den Brustkorb, statt durch die Trachea in die Lunge. Sie wird nicht mehr entfaltet und belüftet, wodurch dem Patienten erheblich

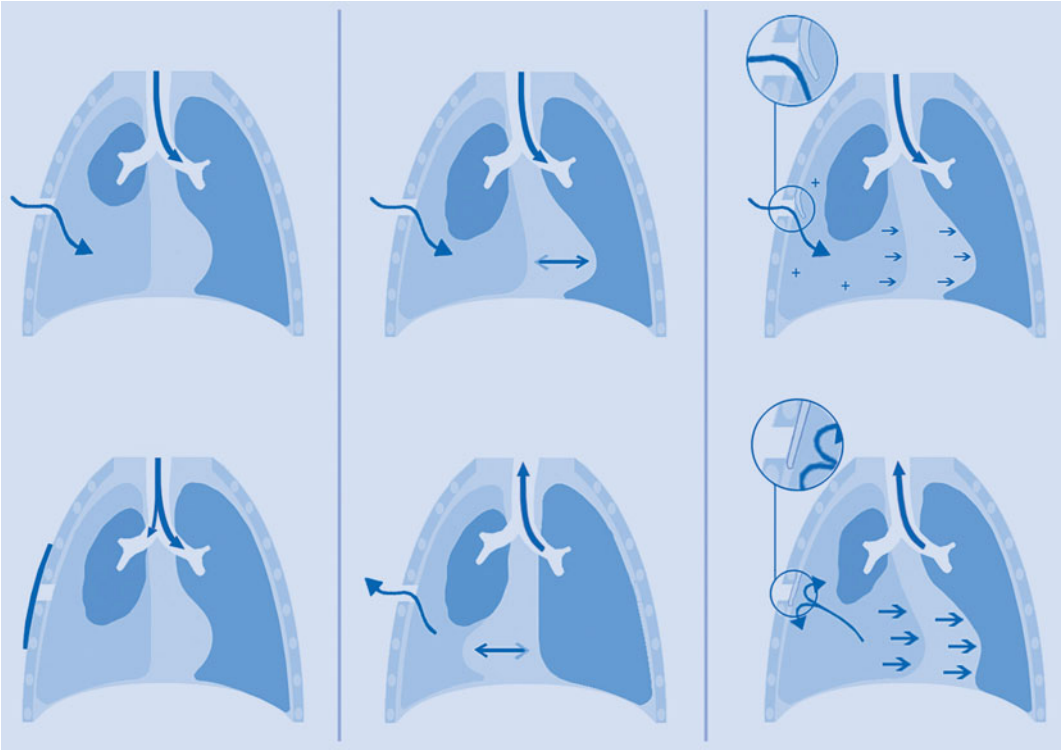


Abb. 9.18 *Links*: Ein Okklusivverband (»chest seal«) verhindert das Eindringen von Luft durch die Thoraxwunde in der Inspiration. Dadurch wird eine Restventilation des kollabierten Lungenflügels erzielt. *Mitte*: Pendelatmung bei penetrierendem Thoraxtrauma. *Rechts*: Spannungspneumothorax. Bei Inspiration dringt Luft durch die Wunde ein, bei Exspiration verhindert ein Ventilmechanismus das Ausströmen

weniger Fläche für den alveolären Gasaustausch zur Verfügung steht. Übersteigt die Wundöffnung in der Thoraxwand einen Durchmesser von ca. 2 cm, wird der betroffene Lungenflügel beim Atmen nahezu nicht mehr belüftet, und es entsteht eine Pendelatmung (Syn.: Mediastinalflattern) durch Hin- und Herbewegung des Mediastinums zwischen beiden Lungenflügeln. Dadurch werden die noch entfaltete Lunge der Gegenseite und die obere und untere Hohlvene in ihrer Funktion beeinträchtigt (Abb. 9.18 Mitte). Bei kleineren Löchern bleibt eine gewisse Restventilation der betroffenen Lungenseite bestehen, da der Widerstand für die einströmende Luft in der Trachea geringer als durch das Loch in der Thoraxwand ist [45].

Als besonders gefährliche Form des Pneumothorax kann gerade bei kleineren Löchern durch einen Ventilmechanismus ein Spannungspneumothorax entstehen (s. unten). Verursacht eine Gefäßverletzung eine Ansammlung von Blut im Pleuraspalt, spricht man vom **Hämatothorax**. Die Unterscheidung von Pneumothorax und Hämatothorax ist präklinisch von nachgeordneter Wichtigkeit. Sie ist ohnehin nur durch eine gewissenhafte Perkussion möglich, die bei Umgebungslärm schwierig ist [53].

Patienten mit Thoraxverletzung, die bei Bewusstsein sind, nehmen meist spontan eine Schonhaltung ein, die nach Möglichkeit belassen werden sollte. Toleriert der Verwundete eine Positionsänderung, empfiehlt sich die atmungserleichternde Lagerung sitzend oder mit hochgelagertem Oberkörper. Bei Bewusstlosigkeit sollte der nichtbeatmete Patient in der stabilen Seitenlage auf der verletzten Thoraxseite gelagert werden, um eine optimale Entfaltung und Belüftung der unverletzten Seite zu ermöglich. Diese Seite wird aufgrund der guten Belüftung dann auch am besten perfundiert (Euler-

Abb. 9.19 Durch Blut verschmutzte Ventile eines Bolin Chest Seal mit fraglicher Effektivität. Die Blutansammlungen unter der Klebefläche deuten auf eine teilweise Ablösung hin, die fast den Rand des Pflasters erreicht. (Foto: F. Josse)

Liljestrand-Reflex) und somit der bestmögliche Gasaustausch in der Lunge sichergestellt.

Zur standardisierten Versorgung von penetrierenden Thoraxverletzungen haben sich **Okklusivverbände** (»chest seals«) durchgesetzt. Es handelt sich um Klebeverbände, die die Wunde luftdicht verschließen. Sie machen aus einem offenen einen **geschlossenen Pneumothorax**. Bei Löchern größeren Durchmessers wird so eine gewisse Ventilation des betroffenen Lungenflügels bewirkt und eine Pendelatmung wirkungsvoll verhindert. Gerade bei spontan atmenden Patienten kann dadurch eine wesentliche Verbesserung der Atmung erreicht werden (Abb. 9.18 links). Außerdem werden die erkannten Ein- und Austrittswunden für die spätere Weiterbehandlung deutlich sichtbar markiert. Luftdichte Okklusivverbände bieten darüber hinaus den Vorteil, dass sie bei Wunden kleineren Durchmessers einen durch einen Ventilmechanismus an der Thoraxwand verursachten äußeren Spannungspneumothorax sicher verhindern. Da aber meist auch eine Lungenverletzung mit Verbindung zu den Atemwegen und einem möglichen Ventilmechanismus vorliegt, erhöht der luftdichte Verschluss der Brustkorbwunden andererseits die Gefahr eines **inneren Spannungspneumothorax**. Manche Modelle verfügen daher über Ventile, die in diesem Fall theoretisch den Ausgleich des Überdrucks garantieren sollen. Da die Ventile häufig durch Blut verstopft und nicht mehr funktionsfähig sind und ihre Wirksamkeit generell bisher nicht nachgewiesen ist, waren sie zwischenzeitlich von geringerer Bedeutung (Abb. 9.19) [45]. Weil aktuell sehr gut haftende Okklusivverbände mit Ventilmechanismus marktverfügbar sind, werden sie aufgrund theoretischer Überlegungen wieder als Versorgungsstandard empfohlen. Der sicheren Haftung des Okklusivverbandes an der Haut kommt aber die höchste Priorität zu, so dass im Zweifelsfall dem sicher abdichtenden Verband auch ohne Ventil der Vorzug gegeben werden sollte. Eine möglichst durchgehende Überwachung ist für frühes Erkennen und rasche Therapie eines möglicherweise (erneut) entstehenden Spannungspneumothorax, wie bei jedem Patienten mit penetrierender Thoraxverletzung, besonders wichtig (Abb. 9.20).

Da sich die Ausdehnung der Brustkorbhöhle durch die Atmung laufend verschiebt, sollten alle penetrierenden Verletzungen oberhalb des Bauchnabelniveaus und unterhalb des Kehlkopfes inkl. des Schulterbereiches als mögliches penetrierendes Thoraxtrauma behandelt und mit luftdichten Verbänden versorgt werden.

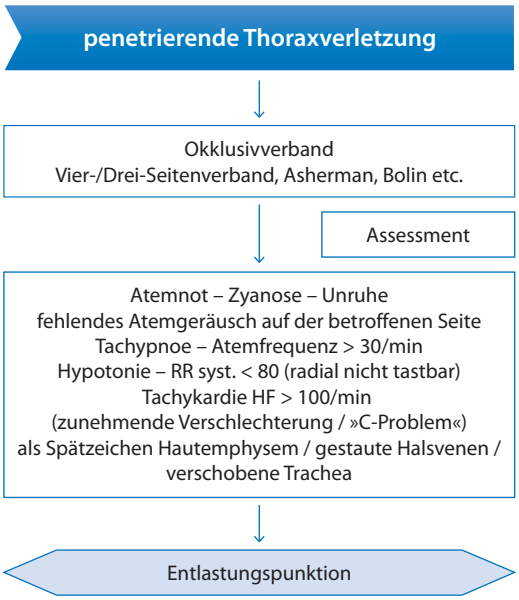


Abb. 9.20 Leitlinie penetrierende Thoraxverletzung

Die industriell hergestellten »chest seals« werden in ▶ Kap. 3 beschrieben. Zum improvisierten Verschluss lassen sich aber auch luftdichte Folien (z. B. Verpackung von Infusion oder Brandwundenverbandtuch Bw, Kompressenverpackung, Folie etc.) an vier Seiten mittels Pflasterstreifen fixieren. Werden nur drei Seiten festgeklebt, kann die lockere Seite theoretisch als Flatterventil fungieren und Luft nach außen entweichen lassen. Die Wirksamkeit ist allerdings nicht bewiesen [45]. Besonders bewährt hat sich hier Gewebeband oder Sporttape, da es auch auf schweißnasser Haut vergleichsweise gut haftet. Im Notfall ist auch die Nutzung des Wundklebers Cyanacrylat (z. B. Dermabond) möglich, der allerdings bei Entfernung des Verbandes Hautschäden hinterlässt. Diese Techniken können auch zur zusätzlichen Abdichtung oder Befestigung von vorgefertigten Okklusivverbänden bei schlechter Haftung genutzt werden. In jedem Fall sollte die Haut vor Aufbringen eines Okklusivverbandes für eine bestmögliche Haftung mit einer Kompresse o. ä. von Feuchtigkeit und Schmutz gereinigt werden.

Als sehr gute Alternativen haben sich Hydrogelfolien, wie sie zum Bau von Sprengladungen verwandt werden (z. B. Hydrogel [USA] Roll, Fa. EVAC Safety Products, www.EVAC.nl), wie auch Frischhaltefolie bewährt. Letztere kann bei sehr geringem Packmaß und -volumen große Flächen abdecken und ist daher optimal für die Versorgung multipler Thoraxwunden geeignet, kann aber bei zu fester zirkulärer Wicklung die Atmung oder Beatmung behindern. Sie ist zudem gut geeignet für die Versorgung von Thoraxverletzungen beim Diensthund (▶ Kap. 23) und kann im Notfall auch als Provisorium zur Abdeckung großflächiger Wunden, z. B. Verbrennungen, eingesetzt werden. Sowohl Hydrogelfolie, als auch Frischhaltefolie sind nicht als Medizinprodukte zugelassen und dürfen daher theoretisch nicht zur Behandlung am Menschen eingesetzt werden. Andere Möglichkeiten zum luftdichten Verschluss bieten (jodhaltige) Fettgaze (z. B. Inadine, Betaisodona-Wundgaze) oder Defibrillatorelektroden.

Spannungspneumothorax

Ein Spannungspneumothorax entsteht aus einem Pneumothorax, wenn während der Inspiration in den Pleuraspalt eingeströmte Luft bei der Ausatmung aufgrund eines Ventilmechanismus nicht mehr ausströmen kann. Der Ventilmechanismus wird beim penetrierenden Thoraxtrauma meist durch Gewebefetzen im Bereich der Wunde gebildet, die sich von innen vor die Öffnung legen. Ein Spannungspneumothorax kann auch durch Lungenverletzungen verursacht werden, die eine Verbindung zwischen den Atemwegen und dem Pleuraspalt herstellen. Sie werden häufig durch ein (primäres) Explosionstrauma oder iatrogen durch die Beatmung verursacht [55].

Durch den steigenden Druck in der betroffenen Thoraxseite wird das Mediastinum zunehmend in Richtung der unverletzten Thoraxseite gedrückt, sodass sich der dortige Lungenflügel nicht mehr richtig entfalten kann und die Atmung eingeschränkt wird. Der erhöhte intrathorakale Druck verschlechtert durch Kompression der oberen und unteren Hohlvene den venösen Rückstrom zum Herzen und kann so einen Schock verursachen oder verstärken (Abb. 9.18 rechts).

Ein Spannungspneumothorax ist v. a. durch zunehmende Atemnot und einen Abfall der Sauerstoffsättigung gekennzeichnet, auch wenn diese Symptome sehr unspezifisch sind [53]. Auf der betroffenen Thoraxseite bestehen ein abgeschwächtes Atemgeräusch und hypersonorer Klopfschall. Es

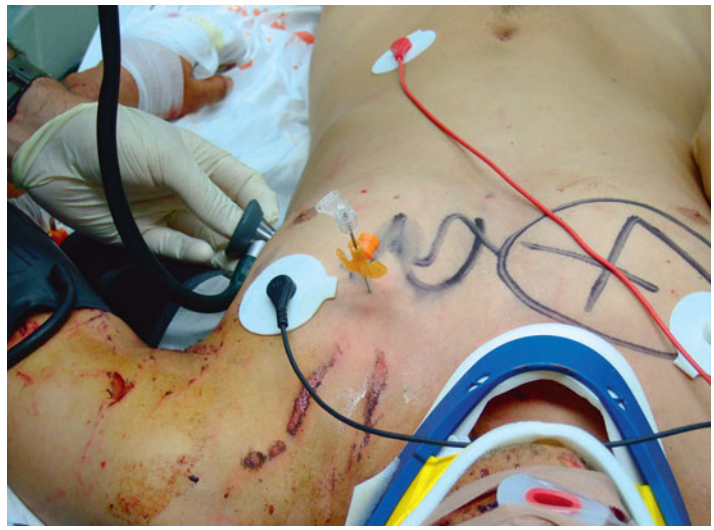


Abb. 9.21 Nadelentlastung eines Spannungspneumothorax. Die Punktionsstelle liegt zwar streng in der Medioklavikularlinie, aber dennoch deutlich medial der Brustwarze. Eine weiter lateral durchgeführte Punktion verringert die Komplikationsgefahr deutlich. (Foto: F. Josse)

kommt wie beim Pneumothorax außerdem zu Tachykardie und Hypotension mit dem entscheidenden Unterschied, dass diese kontinuierlich progredient sind (»zunehmendes C-Problem«). Im Verlauf kommt es durch die intrathorakale Druckerhöhung zur Kompression der Hohlvene und einer dadurch verursachten Jugularvenenstauung. Liegt gleichzeitig ein hämorraghischer Schock vor, kann das Hervortreten der Halsvenen als Zeichen der oberen Einflussstauung durch Hypovolämie und Zentralisation maskiert werden [55]. Beim sehr ausgeprägten Spannungspneumothorax kann es als spätes Zeichen zur Verschiebung der Luftröhre zur unverletzten Thoraxseite hin kommen [55]. Diese Trachealdeviation ist am Hals fühl- und teilweise sichtbar. Manchmal sind knisternde Luftblasen unter der Haut tastbar (Hautemphysem).

Ein Spannungspneumothorax kann in Ausnahmefällen innerhalb weniger Minuten entstehen und zum Tod führen. Häufig bilden sich Symptome aber erst nach deutlich längeren Zeiträumen von bis zu über einer Stunde. Dies verdeutlicht die besondere Bedeutung einer durchgehenden Überwachung von Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma.

Ein Spannungspneumothorax führt ohne Therapie unweigerlich zum Tod des Betroffenen. Der bestehende Überdruck muss daher zügig entlastet werden. Da die Anlage einer Thoraxdrainage unter Gefechtsbedingungen sehr zeitaufwändig ist, einen vergleichsweise hohen Materialverbrauch bedeutet und nur schwer unter ausreichend sterilen Bedingungen erfolgen kann, hat sich die **Nadeldekompression** als Standard etabliert (Abb. 9.21).

Sie ist bei der akuten Entlastung eines Spannungspneumothorax ebenso effektiv wie die Anlage einer Thoraxdrainage [28], stellt aber keine definitive Versorgung dar. Vielmehr überbrückt die Nadelentlastung den Zeitraum, bis die Lage die Anlage einer Thoraxdrainage erlaubt. Im Idealfall erfolgt sie bei kurzen Evakuierungszeiten unter sterilen Bedingungen im Schockraum der aufnehmenden Behandlungseinrichtung.

Zwar ist die angesprochene Auskultation eines einseitig fehlenden Atemgeräusches das wichtigste und zuverlässigste diagnostische Verfahren bei der präklinischen Diagnose eines Spannungspneumothorax [53], aber sie kann im taktischen Umfeld aufgrund der Hintergrundgeräusche in der Regel nicht durchgeführt werden. Daher kann meist nur aufgrund zunehmender Atemnot und Kreislaufinstabilität bei penetrierendem Thoraxtrauma auf das Vorliegen eines Spannungspneumothorax geschlossen werden. Häufig muss in kurzer Zeit ohne weitere Untersuchungsmöglichkeiten eine Thera-

pieentscheidung getroffen werden. Die Indikation für eine Nadelentlastung bei penetrierendem Thoraxtrauma und zunehmender Dyspnoe sollte daher großzügig gestellt werden [59]. Da beim penetrierenden Thoraxtrauma nahezu immer ohnehin ein Pneumothorax vorliegt, in der Literatur keine Todesfälle durch nichtindizierte Nadelpunktionen des Thorax beschrieben worden sind und ein nicht erkannter oder behandelter Spannungspneumothorax dagegen in der Regel tödlich endet, ist das geringe Risiko unter den gegebenen Umständen gerechtfertigt. Besteht ohne penetrierendes Thoraxtrauma der Verdacht auf einen Spannungspneumothorax, ist die Indikation zurückhaltender zu stellen, weil dann ein Pneumothorax erst durch die Punktion verursacht werden kann.

Ein penetrierendes Thoraxtrauma in Verbindung mit zunehmender Atemnot und Schocksymptomatik rechtfertigt eine Entlastungspunktion auf der verletzten Thoraxseite!

Die Entlastungspunktion eines Spannungspneumothorax sollte in der sog. **Monaldi-Position** im 2. oder 3. Interkostalraum (ICR) in der Mediolavikularlinie (MCL) erfolgen. Die MCL wird gerade von Helfern mit niedrigem Ausbildungsstand oftmals zu weit medial vermutet, da die tatsächliche Lage von Beginn und Ende der Klavikula nicht bekannt ist. Gerade unter dem Stress und den schlechten Bedingungen des Gefechtsfeldes ist auch in Untersuchungen ein Trend feststellbar, dass zu nahe am Sternum punktiert wird. Dies gefährdet nicht nur Herz und große Gefäße, sondern verletzt auch häufig die A. mammaria interna, die seitlich entlang des Sternums verläuft [57]. Zunehmend wird daher empfohlen, mindestens drei Querfinger lateral des Sternumrandes [53], besser aber seitlich der Brustwarze im 2. oder 3. ICR zu punktieren (Abb. 9.22) [45, 57].

Tipp

Die Knochennaht zwischen Manubrium und Corpus sterni lässt sich beim liegenden oder sitzenden Patienten nahezu immer gut tasten. Sie dient als einfache und verlässliche Orientierung zum Auffinden der Punktionsstelle im 2. ICR in MCL (Abb. 9.22).

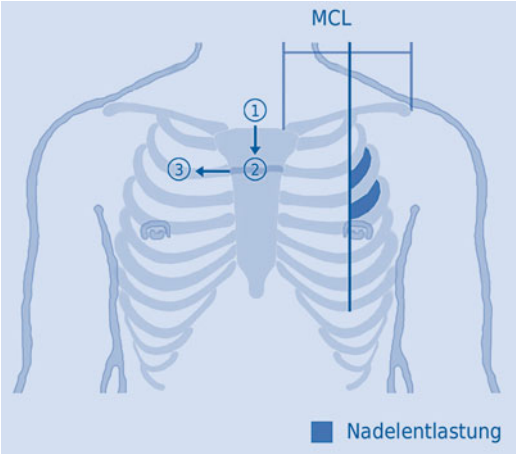


Abb. 9.22 Die Nadelentlastung wird im 2. oder 3. ICR lateral der MCL oder der Brustwarze. Zum Auffinden wird der Oberrand des Sternums an der Drosselgrube (Fossa jugularis) getastet (*1*), ca. 2 Querfinger fußwärts ist eine wulstige, quer verlaufende Knochennaht auf dem Brustbein zu tasten (*2*). An ihr setzt seitlich die 2. Rippe an. Folgt man ihr zur Seite, findet man fußwärts den 2. ICR

Da an der Unterkante der Rippen Gefäß-Nerven-Bündel verlaufen, muss die Punktion immer auf der Oberseite der Rippen senkrecht zur Hautoberfläche erfolgen (Abb. 9.23). Das Durchdringen der Brustwand kann häufig aufgrund des Widerstandsverlustes gefühlt werden. Besteht ein Spannungspneumothorax, entweicht in diesem Moment zischend Luft. Bei der Verwendung von Venenverweilkanülen ist es wichtig, vorher die hintere Verschlusskappe komplett zu entfernen! Auch wenn kein zischendes Geräusch zu hören war (z. B. bei Umgebungslärm), ist die schlagartige Besserung der Atemnot des Patienten ein nahezu sicherer Hinweis für die erfolgreiche Therapie eines Spannungspneumothorax. Bleibt diese aus, ist die Punktion etwas weiter lateral (ggf. mehrfach) zu wiederholen. Erfolgt weiterhin keine Besserung, sollte die Verdachtsdiagnose »Spannungspneumothorax« überdacht werden. Besteht weiterhin der hochgradige Verdacht auf einen Spannungspneumothorax, ist bei frustraner Nadelpunktion die Anlage einer Thoraxdrainage indiziert. Zur unmittelbaren Lebensrettung reicht hier auch ohne Einlage einer Drainage die Eröffnung des Brustkorbes zur Druckentlastung. Wird keine Thoraxdrainage mitgeführt, kann

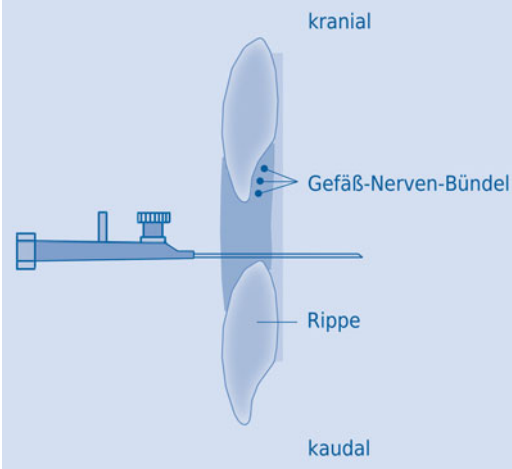


Abb. 9.23 Die Nadelentlastung muss nahe der kopfwärts gelegenen Kante der Rippe erfolgen, um das an der Unterkante gelegene Gefäß-Nerven-Bündel nicht zu verletzen

Abb. 9.24 Nach Entlastungspunktion im Brustkorb belassener Katheter mit typischem Knick. (Foto: F. Josse)

als Provisorium z. B. auch ein Endotrachealtubus o. ä. verwendet werden.

Nach der erfolgreichen Nadelentlastung kann der Plastikkatheter im Brustkorb belassen oder wieder entfernt werden. Wird die entfernte Entlastungsnadel mit aufgesteckter Schutzkappe neben der Entlastungsstelle auf den Brustkorb geklebt, ist sie für erneut notwendige Punktionen jederzeit griffbereit und kennzeichnet die durchgeführte Entlastungspunktion. Bei den amerikanischen Streitkräften ist es üblich, den Plastikkatheter im Brustkorb zu belassen und zu fixieren. Dies markiert für nachfolgend tätige Helfer (z. B. nach Übergabe an Hubschrauber) auch ohne ausführliche Übergabe, dass ein Spannungspneumothorax vorgelegen hat und entlastet worden ist. Durch diese »Mikrothoraxdrainage« kann theoretisch kein erneuter Spannungspneumothorax entstehen, da die Luft bei zunehmendem Druck entweichen könnte. Da Venenverweilkanülen beim Patiententransport aber häufig abknicken oder durch Blut verstopfen, ist die im Thorax belassene Nadel meist nicht effektiv (Abb. 9.24).

Sie verleitet aber zu einer unzureichenden Überwachung des Patienten, weil der Spannungspneumothorax vermeintlich ausgeschlossen ist. Ein Tiegel- oder Heimlich-Ventil muss nicht zwingend angebracht werden. Durch den geringen Durchmesser einer Entlastungsnadel können keine ausreichend großen Luftmengen strömen, um die Atemmechanik wesentlich zu beeinflussen [45].

In zivilen Studien wurden Brustwanddicken im Bereich des 2. ICR in der MCL von unter 2,5 cm ermittelt, bei anderen Untersuchungen waren 5-cm-Nadeln nur in 4 % der Fälle nicht lang genug, um die Thoraxhöhle zu erreichen. Für Nadelentlastungen werden daher 5 cm lange Nadeln als ausreichend lang angesehen [10]. Aufgrund des meist erheblich besseren Trainingszustandes ist beim Brustmuskel von Soldaten eine höhere durchschnittliche Brustwanddicke zu erwarten, ähnliches gilt für adipöse Patienten. Studien an amerikanischen Soldaten haben dies bestätigt, die durchschnittliche horizontale Brustwanddicke lag im 2. ICR in der Medioklavikularlinie bei 5,36 cm ± 1,19 cm, mit Einstichwinkel 90° zur Hautoberfläche bei 4,86 cm ± 1,1 cm. Übliche 5-cm-Nadeln (z. B. übliche 14-G-Venenverweilkanülen) sind daher nach dieser Studie für eine sicher erfolgreiche Entlastungspunktion häufig nicht lang genug [20]. Allerdings handelt es sich um CT-gestützte Messungen der Brustwand, die eine mögliche Kompression der Muskulatur beim Punktionsversuch nicht berücksichtigen. Es sind daher in der Bundeswehr und den meisten alliierten Streitkräften lange Entlastungsnadeln als Standard eingeführt worden [59]. Als stabilere und längere

Alternative zu normalen Kanülen können lange Venenverweilkanülen (CE-zertifiziert: z. B. Angiocath 12G, Fa. BD) oder auch Babythoraxdrainagen verwendet werden. Bei letzteren weist der Trokar allerdings einen relativ stumpfen Kegelschliff auf, der bei der Überwindung des Hautwiderstandes viel Druck erforderlich macht. Eine vorherige Stichinzision mit Skalpell oder Nadel empfiehlt sich, erfordert aber zusätzlich Zeit und Material.

Als Alternative kann im Notfall eine Punktion in **Bülau-Position** (▶ Abschn. 9.4) erfolgen. Hier ist die Thoraxwand dünner als im Bereich des Brustmuskels. Die Punktion darf nicht unterhalb der Brustwarzenhöhe erfolgen, um die Gefahr einer Verletzung von Zwerchfell, Leber oder Milz zu minimieren. Weil die Punktion in dieser Position meist auch bei angelegter Schutzweste möglich ist, wird sie zunehmend zu einer Alternative für das taktische Umfeld. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Luft sich je nach Position des Patienten eher kopfwärts oder vorne sammelt.

Herzbeuteltamponade

Durch Verletzungen des Herzmuskels kann sich Blut im Herzbeutel sammeln und durch zunehmenden Druck in der Diastole die Füllung des Herzens behindern. Die Symptomatik der Perikardtamponade kann der eines Spannungspneumothorax ähneln (Tab. 9.2). Sie ist gerade im taktischen Umfeld schwierig zu erkennen. Da Herzverletzungen häufig unmittelbar tödlich verlaufen, ist die Ausbildung dieser Perikardtamponade aber selten. Eine Infusionstherapie kann bei Volumenmangel den Patienten vorübergehend stabilisieren [8]. Bei sicherer Diagnose (z. B. präklinische Sonographie) oder hinreichendem Verdacht und Lebensgefahr kann bei Beherrschen der Technik eine Nadelpunktion zur Entlastung der Tamponade wertvolle Zeit verschaffen. Die Sinnhaftigkeit einer Nadelpunktion ist umstritten, da sich weder geronnenes Blut entfernen, noch die zugrunde liegende Blutung aus dem Ventrikel stoppen lässt [53]. Da es meist zu einer begleitenden Lungenverletzung kommt, steht in der Regel deren Therapie und die schnelle Evakuierung im Vordergrund.

Tab. 9.2 Für die Differenzialdiagnose von Spannungspneumothorax und Herzbeuteltamponade relevante Untersuchungsbefunde

	Spannungspneumothorax	Herzbeuteltamponade
Atemgeräusch	Einseitig aufgehoben	Beidseits vorhanden
Perkussion	Hypersonor	Normal
Trachea	Verschoben	In der Mittellinie

Pulsoxymetrie

In der Phase TFC sind Fingerpulsoxymeter ausgesprochen nützlich zur Beurteilung der Atmung. Sie sind klein und leicht genug, um am Mann mitgeführt zu werden. Gerade wenn ein Patient längere Zeit getragen werden muss, liefert ein Pulsoxymeter durch Anzeige von Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz wertvolle Hinweise zum Zustand des Patienten, ohne diesen wiederholt absetzen zu müssen. Sie können außer am Finger ebenso an Zehen oder am Ohr angelegt werden. Wichtig ist, dass ein Pulsoxymeter nicht an einer durch ein Tourniquet abgebundenen Extremität angelegt wird. Besonders nützlich sind Pulsoxymeter bei Patienten, deren Prognose erheblich von einer ausreichenden Gewebeoxygenierung abhängt (z. B. SHT) oder bei denen durch Störung der Atemmechanik oder des Gasaustausches eine Störung der Gewebeoxygenierung zu erwarten ist (Thoraxverletzungen, Bewusstlosigkeit, Explosions- oder Inhalationstrauma der Lunge).

Ein $SpO_2 \geq 95\,\%$ ist ein Hinweis auf eine ausreichende Atmung. Ein Abfall kann neben fehlendem Atemantrieb oder einer Atemwegsverlegung auch einen Hinweis auf einen progredienten (Spannungs-)Pneumothorax oder eine Lungenkontusion (»blast lung«) darstellen. Fehlmessungen oder eine schwache Signalstärke (häufig durch orange Warnlichter gekennzeichnet) sind meist ein Zeichen für eine gestörte periphere Perfusion im Schock [45]. Wichtig ist das Verständnis dafür, dass Pulsoxymeter nur die Sättigung des vorhandenen Hämoglobins anzeigen können. Ist die Hämoglobinkonzentration durch Blutverlust stark gesunken, kann trotz einer Sättigung von 100 % zu wenig Sauerstoff für eine ausreichende Gewebeoxygenierung transportiert werden. Hier sind Kombinationsgeräte mit integrierter Messung des Hämoglobingehaltes im Blut hilfreich. Andere Kombinationsgeräte, die auch mit

Kohlenmonoxid besetztes Hämoglobin (COHb) messen können, liefern darüber hinaus Hinweise auf eine CO-Intoxikation, wie sie z. B. bei Fahrzeugbränden auftreten kann. Da COHb von normalen Pulsoxymetern nicht erkannt und eine falsch-hohe Sättigung angezeigt wird, sind sie eine wertvolle Hilfe bei der Differenzialdiagnostik von Bewusstseinsstörungen, die auf Volumengabe nicht reagieren. Kombinationsgeräte sind zwar am Markt verfügbar, allerdings noch nicht in der Größe eines Fingerpulsoxymeters. Sie eignen sich daher eher für eine Nutzung in Fahrzeugen als am Mann.

Wie alle Überwachungsgeräte ersetzen Pulsoxymeter nicht die sorgfältige klinische Überwachung des Patienten. Im Schock oder bei Unterkühlung sind die ablesbaren Werte aufgrund der eingeschränkten peripheren Perfusion häufig nicht verlässlich.

9.3.4 »Circulation« (Abb. 9.25)

Blutungskontrolle (Abb. 9.26)

Tourniquets

Die Stillung von relevanten Blutungen hat auch in der Phase TFC Priorität vor allen anderen Maßnahmen. Im Vorfeld angelegte Tourniquets müssen unmittelbar auf Effektivität kontrolliert werden und bei noch bestehender Blutung oder tastbarem peripherem Puls fester angezogen oder mit einem zweiten Tourniquet ergänzt werden. Alle noch nicht versorgten starken Extremitätenblutungen können auch jetzt zunächst mit einem Tourniquet versorgt werden. Auch wenn das Tourniquet nur temporär genutzt wird, kann dadurch bis zur Anlage eines Druckverbandes der Blutverlust minimiert werden. Die durch das Tourniquet schnell und effektiv gestillte Blutung kann dann zunächst in den Hintergrund rücken und dringlichere Probleme behandelt werden (z. B. starke Blutungen des Körperstamms). Lassen sich Extremitätenblutungen mittels anderer Maßnahmen nicht kontrollieren, sollten Tourniquets als Mittel der letzten Wahl 1–2 Querfinger oberhalb der Verwundung angelegt und dann belassen werden (Abb. 9.27). Zur temporären Blutstillung in den Phasen CuF oder TFC angelegte Tourniquets sollten schnellstmöglich ersetzt werden, sobald die Lage dies erlaubt und wenn längere Versorgungs- oder Evakuierungszeiten zu erwarten sind. Da eine Liegezeit von unter 2 h unkritisch ist und die Blutungen kontrolliert sind, kann der Versuch eines Wechsels auf einen Druckverband grundsätzlich aber warten, bis Maßnahmen mit höherer Priorität abgearbeitet sind. Bei Verwundeten, die sich bereits im Schock befinden, sollte das Tourniquet belassen werden, um keinen weiteren Blutverlust zu riskieren [45].

Der Ersatz eines Tourniquets durch einen Druckverband reduziert in der Regel den Analgetikabedarf des Verwundeten und vermindert die Wahrscheinlichkeit eines Tourniquet-Syndroms. Die Anwendung von Hämostyptika erhöht die Erfolgschance dabei deutlich. Einmal angelegte Tourniquets sollten auch nach dem erfolgreichen Wechsel auf einen Druckverband vollständig gelöst in ihrer Position belassen werden, um eine erneut beginnende Blutung schnell stoppen zu können. Wird eine Wunde zur Untersuchung freigelegt, sollte ein weiterhin notwendiges, aber noch auf der Kleidung platziertes Tourniquet nach Möglichkeit im Rahmen dieser Maßnahme direkt auf der Haut angelegt werden.

Nach einer Liegezeit von 15–30 min ist mit dem Auftreten eines erheblichen Ischämieschmerzes zu rechnen. Dieser addiert sich zu den Schmerzen durch die Verwundung und die schmerzhafte Kompressionswirkung des Tourniquets selber und erfordert in aller Regel spätestens in der Kombination die Behandlung mit potenten Schmerzmitteln. Die auftretenden Schmerzen sind normal und kein Zeichen einer falschen Verwendung des Tourniquets.

Tourniquets können falsch oder nicht fest genug angelegt sein, sich im Laufe der Zeit lockern, verschieben oder durch Materialfehler keine Wirkung mehr haben. Außerdem ist es möglich, dass der Verwundete das Tourniquet aufgrund der Schmerzen oder der durch den Blutverlust bedingten Verwirrung selbst öffnet. Sie sollten daher regelmäßig kontrolliert werden, insbesondere bei Umlagerung und Transport des Patienten. Bei Verwundeten im Schock kann es notwendig sein, liegende Tourniquets nach einiger Zeit fester anzuziehen, da durch Infusionstherapie der Blutdruck ansteigen und erneut eine Blutung beginnen kann [59, 67].

Auf der Arbeitsebene wird zunehmend eine Mindestliegezeit des Tourniquets von 30 min vor dem Wechsel auf Druckverband empfohlen, da sich bis zu diesem Zeitpunkt Gerinnsel ausreichend ver-

C Circulation (Blutungen/Kreislauf/Volumen)
*„Blood Sweep“: Absuchen / Abstreichen des gesamten Körpers des Verwundeten und Stoppen sämtlicher noch nicht erkannter Blutungen gemäß dem „Initial Assessment“- Algorithmus (siehe Taschenkarte).
• Alle Blutungen werden in der Reihenfolge der Untersuchung gestoppt. („From head to toe - Treat as you go“)
• Lebensbedrohliche Blutungen an für die Tourniquet-Anlage anatomisch geeigneten Stellen, werden, falls noch nicht geschehen, mittels eines vom CoTCCC empfohlenem Tourniquet temporär gestoppt. Später erfolgt die Anwendung definitiv blutstillender Maßnahmen.
• Komprimierbare, durch Tourniquets nicht behandelbare Blutungen, werden mit besonders saugendem Material[1] und Hämostyptika[2] gemäß dem unten aufgeführten Algorithmus behandelt. Unabhängig vom verfügbaren Hämostyptikum ist ein direkter Druck von mind. 3, besser 5 Minuten Dauer anzuwenden um eine effektive Blutstillung zu gewährleisten. Eine zusätzliche Sicherung des Paketes mittels Verband, ist zwingend notwendig, um eine Ablösung und somit erneute Blutung zu vermeiden. Regelmäßige Kontrolle der Blutung/des Verbandes auf dem Transport[3].
• Tiefe Wunden, die nicht mit herkömmlichen Verbänden und Wundauflagen bedeckt werden können, müssen austamponiert werden („Packing“). Hier muss saugendes und/oder hämostyptisches Verbandmaterial bis an den Grund der Wunde gebracht, die Wundhöhle komplett ausgefüllt und anschließend ein direkter Druck ausgeübt werden.
• Wenn die Anlage des Tourniquet nicht mehr unter Bedrohung / extremem Zeitdruck erfolgt, wird der Knebel soweit „zugedreht“, bis kein distaler Puls mehr tastbar ist. Ein bereits in der Phase CUF angelegtes Tourniquet muss bei noch tastbarem Puls weiter gestrafft oder durch die Anlage eines zweiten Tourniquets ergänzt werden.
• Sämtliche Extremitäten mit angebrachten Tourniquets komplett untersuchen. Dazu im betroffenen Areal bekleidungsfrei machen, jedoch den schnellst- und bestmöglichen Wärmeerhalt bedenken (z.B. Bekleidung partiell belassen). Lösen des Tourniquets anstreben.
1 Besonders saugende Materialien sind z.B. Kerlix oder chirurgische Bauchtücher. Auch die neuen Verbände wie zB. die ER Bandage oder die OLAES Bandage haben gut saugende Auflageflächen, dominieren aber eher durch die elastische Binde. Ein Packing ist hiermit nicht möglich. Dazu eignet sich insbesondere Kerlix. 2 Für die Anwendung von Hämostyptika ist eine gesonderte Ausbildung und praktische Einweisung auf das jeweilige Produkt notwendig um eine effektive und fehlerfreie Anwendung zu gewährleisten. 3 Ein Entfernen des Verbandmaterials zur Kontrolle der erfolgreichen Blutung ist kontraindiziert.

Abb. 9.25 Leitlinie »Circulation«

festigt haben und das Risiko einer erneuten Blutung minimiert sein soll. Zu dieser Theorie gibt es bisher keine wissenschaftlichen Studien, sodass Nutzen oder Risiko dieses Vorgehens nicht beurteilt werden können.

Direkter Druck

Die Kontrolle von Blutungen ohne Anlage eines Tourniquets erfolgt sowohl an den Extremitäten als auch am Körperstamm durch Druck und ggf. die Anwendung von Hämostyptika. Manuelle Kompression führt auch bei starken Blutungen fast immer zum Erfolg, bindet den Helfer aber dauerhaft, ist während des Transportes kaum aufrechtzuerhalten und daher nur kurzfristig durchführbar. Direkter Druck eignet sich gut, um Zeit zur Heranführung von Helfern oder zur Vorbereitung von Material zu gewinnen. Wichtig ist, dass ausreichend

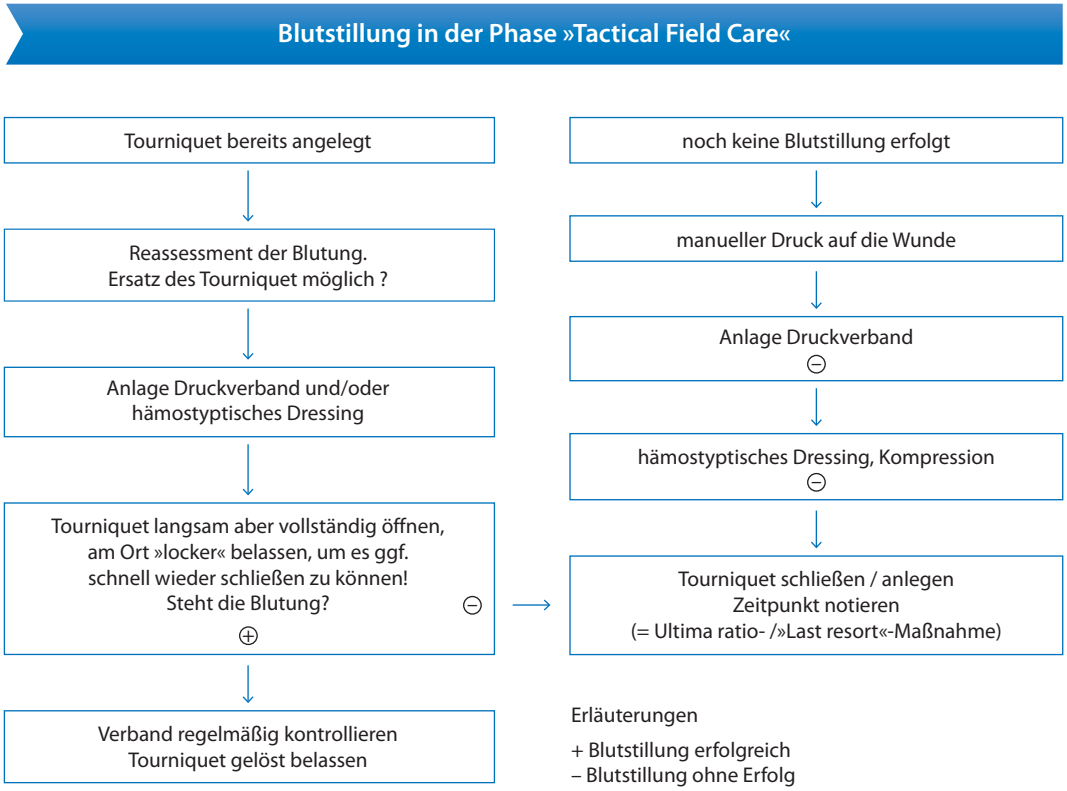


Abb. 9.26 Leitlinie Blutstillung in der Phase »Tactical Field Care«

großer Druck aufgebaut wird und der Patient auf festem Untergrund als Widerlager liegt. Bewährt hat sich dabei eine Technik analog zur Haltung bei der Herzdruckmassage mit durchgedrückten Ellbogen und zwei Händen. Ist der Helfer alleine, kann vorübergehender Druck mit dem Knie beide Hände zum Arbeiten freimachen [51]. Im amerikanischen Raum wurden Hilfsmittel eingeführt, die Blutungen der Beine durch Kompression der Leistenarterien kontrollieren sollen (»Junctional Tourniquet«) (▶ Kap. 3). Mit Einschränkungen lassen sich einige dieser Produkte auch im Bereich der Schulter anwenden. Sie sind in die aktuellen TCCC-Leitlinien als Empfehlung aufgenommen worden, praktische Erfahrungen im größeren Maßstab stehen noch aus [70]. Im Entwicklungsstadium befinden sich derzeit ein Tourniquet, das die abdominelle Aorta komprimiert, und das Produkt abdominal foam, bei dem zur Kontrolle von intraabdominellen Blutungen ein aushärtender Schaum in die Bauchhöhle gespritzt wird. Vor- und Nachteile dieser Ansätze können bisher nicht bewertet werden. Es bleibt abzuwarten, ob sie auf breiter Ebene tatsächlich in die präklinische Nutzung kommen.

Wundtamponade

Die Durchführung einer Wundtamponade (»wound packing«) ist in Deutschland unüblich, gehört aber in der Ausbildung von US-amerikanischem Sanitätspersonal, insbesondere im Bereich der Spezialkräfte, seit Jahrzehnten zum Standard. Es hat sich schon vor Einführung moderner Hämostyptika bewährt und ist dem klassischen europäischen Druckverband überlegen, da gerade bei tiefen oder zerklüfteten Wunden erheblich mehr Druck auf die Wundränder und insbesondere die blutenden Gefäße erzielt werden kann. Traditionell bewährt hat sich dabei **Kerlix**, ein sehr saugfähiger elastischer Verbandmull. Alternativ lassen sich auch gängige Verbandmittel wie Mullbinden,

Lösen des Tourniquets

- Zielsetzung nach Anlage eines Tourniquet zur temporären Blutstillung ist es, dieses so schnell wie möglich durch andere blutstillende Maßnahmen zu ersetzen[1].
- Bevor bei Verwundeten ein Tourniquet entfernt wird, muss eine effektive Blutstillung auf anderem Weg[2] erfolgt sein.
- Überprüfung vorhandener Tourniquets. Wunde freilegen, mit einem adäquaten Verband versorgen (Druckverband, ggf. mit „Packing" oder Hämostyptikum) und feststellen, ob das Tourniquet noch erforderlich ist. Wenn dies der Fall ist, das Tourniquet nicht mehr auf der Bekleidung, sondern direkt auf der Haut, ca. 5 bis 10 cm oberhalb der Wunde platzieren[3].
- Zeitpunkt der Anbringung des Tourniquets deutlich mit wasserfestem Stift auf der Stirn vermerken[4].
- Zeitpunkt der Anlage und Lokalisation des Tourniquets sind auf der TREMA e.V.- Dokumentationskarte oder primär behelfsmäßig zu notieren.
- Bei Extremitätenblutungen vermindert, zusätzlich zum angelegten Verband, Ruhigstellung/ Immobilisation der Extremität den Blutverlust und fördert die Blutgerinnung.

Frakturen bedeuten zusätzlichen, oft nicht sichtbaren Blutverlust. Eine Immobilisation der Extremität oder des Beckens bzw. eine achsengerechte Lagerung bewirken eine Verringerung des Blutverlustes bzw. eine Reduzierung der Blutung.

1 Zeitfaktor: Innerhalb der ersten 30 min sollte ein Ersatz des Tourniquets versucht werden. Beträgt die Transportzeit weniger als 30 Minuten, ist ein Lösen des Tourniquets nicht zwingend notwendig. Bis max. 2 Stunden ist ein Ersatz durch weitere blutstillende Maßnahmen mit Lösen des Tourniquets möglich. Bei längeren Liegezeiten sollte die Lösung nur unter kontrollierten Bedingungen, am besten in Anwesenheit eines Arztes erfolgen. Bei schon angelegten Tourniquets (ohne genaue Kenntnis des Anlagezeitpunktes) wird eine Abnahme nur unter kontrollierten Bedingungen empfohlen.
2 Verband, Druckverband, Hämostyptika oder ähnliches. Siehe Algorithmus Tourniquet.
3 Hierzu wird empfohlen mit einem zweiten Tourniquet zu arbeiten um einen Blutverlust beim Öffnen und Versetzen des Tourniquets zu vermeiden.
4 Eine zusätzliche Dokumentation ist zwingend erforderlich. Z.B. behelfsmäßig auf dem „Doku-Tape", auf der TREMA Doku-Karte und ggf. auf dem Tourniquet selbst.

Abb. 9.27 Leitlinie Lösen des Tourniquets

Bauchtücher, langgezogene Kompressen etc. verwenden.

Zunächst wird die Blutung durch Druck unter Kontrolle gebracht. Im Zweifelsfall kann dies bei großen Wunden oder starken Blutungen mit der Faust oder dem Handballen geschehen. Blut, das sich in der Wunde gesammelt hat, wird mit Kompressen, Mullbinden, Verbandpäckchen o. ä. herausgewischt, um die Blutungsquelle bestmöglich zu identifizieren. Strömt erneut viel Blut in die Wunde, wird die Position der komprimierenden Hand verändert und das Blut entfernt. Dieser Vorgang wird schnell und zielgerichtet solange wiederholt, bis die Blutung durch Kompression unter Kontrolle ist. Bei Verletzungen im Bereich großer Gefäße (z. B. Leiste) ist häufig ein Druck auf die herznah gelegene Seite des Wundrandes erfolgreich, da hier im Regelfall das stark blutende Gefäßende liegt. Eine Blutung aus kleineren Gefäßen kann häufig auch durch Kompression mit den Fingerspitzen unter Kontrolle gebracht werden. Nach Reinigung der Wunde von Blut, kann durch einzelnes Anheben der Finger nacheinander recht genau ermittelt werden, wo die Hauptblutungsquelle liegt. Diese Stelle gilt es, mit größtmöglichem Druck zu tamponieren.

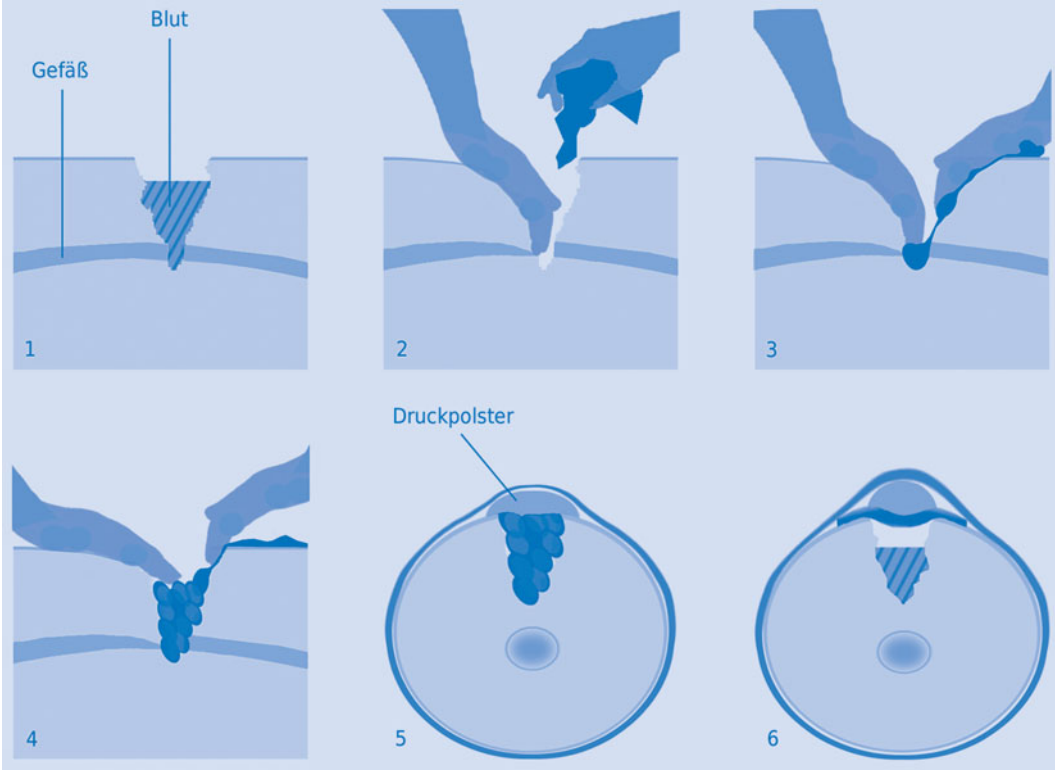


Abb. 9.28 Prinzip der Wundtamponade: *1* Wunde mit Blutansammlung, *2* manueller Druck kontrolliert die Blutung (Handballen, Fingerspitzen, Faust), die freie Hand wischt vorhandenes Blut aus, *3* während eine Hand weiter die Blutung kontrolliert, tamponiert die andere Hand die Blutungsquelle, *4* die Wunde wird nach und nach mit komprimiertem Verbandmaterial gefüllt, die andere Hand erhält dabei den Druck auf die Tamponade aufrecht, *5* zum Schluss wird ein Druckverband über der Wundtamponade angelegt, *6* zum Vergleich: traditioneller Druckverband, der bei tiefen, zerklüfteten Wunden unzureichend ist

Wird ein bindenförmig aufgerolltes Material zum Tamponieren genutzt (z. B. Kerlix, Mullbinde), sollte das Ende mit einem Knoten versehen werden, der gezielten Druck auf die Blutungsquelle ermöglicht. Alternativ kann die freie Hand einen ca. kirschgroßen, festen Ball aus dem Verbandmaterial formen. Der Knoten oder Ball wird auf die noch durch manuellen Druck stillstehende Blutungsquelle gelegt und dann fest darauf gepresst, um die Blutung weiterhin zu kontrollieren. Anschließend stopft die freie Hand in Zick-Zack-Bewegungen oder Kreisen auf und um die Blutungsquelle herum die Wunde solange mit komprimiertem Verbandmaterial aus, bis sie über das Hautniveau hinaus aufgefüllt ist. Der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei darin, dass das Verbandmaterial möglichst gut verdichtet wird. Die andere Hand muss permanent Druck auf die Blutungsquelle ausüben und darf nur kurz gelockert werden, um die nächste Schicht an Tamponade unter ihr einzubringen. Sobald das Hautniveau leicht überschritten ist, wird ein Druckverband über der Tamponade angelegt. Dessen Druck wird durch das komprimierte Verbandmaterial gut auf die Wundränder übertragen und kontrolliert Blutungen insbesondere bei tiefen Wunden effektiver als ein herkömmlicher Druckverband (Abb. 9.28). Wird unmittelbar auf der Blutungsquelle zu Beginn ein Hämostyptikum eingebracht, erhöht dies die Erfolgswahrscheinlichkeit erheblich und verzeiht leichte handwerkliche Fehler bei der Durchführung. Grundsätzlich lässt sich eine Wundtamponade aber mit jeglichem saugfähigen, elastischen Material erfolgreich durchführen [51]. Im Notfall ist z. B. auch eine Wundtamponade mit

Baumwoll-T-Shirts möglich, wenn hygienische Aspekte hinter akuter Lebensgefahr zurückstehen müssen.

Hämostyptika + Tamponade + Druck + Druckverband = Erfolg

Gerade an schwer zugänglichen Stellen mit großen Gefäßen wie Leiste, Achsel und Halsansatz, können Wunden mit geringem Durchmesser manchmal eine Wundtamponade mit Verbandmaterial unmöglich machen. Hier bietet sich eine interne Tamponade mit Blasenkathetern oder Endotrachealtuben an. Nach dem Einführen in die Wunde werden sie mit Flüssigkeit (notfalls auch Luft) geblockt und können durch direkten Druck eine sonst nicht zugängliche Blutung manchmal stillen. Bei langen Schusskanälen bietet sich ggf. die Nutzung einer Sengstaken-Blakemore-Sonde aufgrund ihres längeren Ballons an [13]. Auch Tamponaden zur Kompression unstillbaren Nasenblutens lassen sich nutzen (z. B. Rapid Rhino, Fa. ArthroCare).

Verbände

Druckverbände können die meisten Blutungen bei sorgfältiger Anlage effektiv kontrollieren. Dies trifft insbesondere in Kombination mit einer Wundtamponade zu. Vorgefertigte Druckverbände mit integriertem Druckpolster erleichtern die Anlage (▶ Kap. 3). Der »Notverband« (israelischer Druckverband) konnte in Studien nachweisen, dass durch den integrierten Plastikbügel sehr effektiv und selektiv Druck auf die Wunde erzeugt werden kann, während unnötig hoher Druck unter dem restlichen Verlauf der Binde vermieden wird [54].

Bei **Amputationsverletzungen** ist es in der Regel schwer, effektiven Druck durch die Anlage von Druckverbänden zu erzeugen. Hier empfiehlt sich die primäre Verwendung eines Tourniquets, um Blutverluste durch frustrane Anlageversuche von Druckverbänden zu verhindern. Sobald die Lage es zulässt, kann dann bei einer erwarteten Transportzeit von deutlich mehr als zwei Stunden oder unzureichenden Mitteln zur Analgesie zumindest ein Versuch unternommen werden, das Tourniquet durch einen Stumpfverband zu ersetzen. Auch Laien können erfolgreich in der Technik eines suffizienten Verbandes für eine Amputationsverletzung ausgebildet werden [30]. Entscheidend ist auch hier das

Abb. 9.29a,b Prinzip des Druckverbandes im Leistenbereich. Der Gürtel dient dabei als Anker für Bindengänge und sollte daher nicht zur Untersuchung zerschnitten werden. Alternativ lässt sich mit einer weiteren Binde, Dreiecktuch o. ä. ein Gürtel improvisieren. Je höher das Druckpolster ist, umso effektiver kann Druck ausgeübt werden. (Fotos: Dr. C. Neitzel)

Tamponieren der Wunde bzw. Auffüllen der Defekte und dann der Wechsel zwischen zirkulären »Ankerschlägen« und im 90°-Winkel davon ausgehenden Zügeln zum dosierten Druckaufbau über dem Stumpf.

Effektive Druckverbände sind insbesondere in Leiste, Achsel, Schulterbereich und am Halsansatz schwer anzubringen. Während im Schulter-Hals-Bereich ein Kontern um die gegenseitige Achsel oder Halsseite meist möglich ist, erfordert die Versorgung von **Leistenblutungen** erheblich mehr Aufwand. Die effektivste Möglichkeit ist die Nutzung eines Gürtels oder einer um die Hüfte gewickelten Binde als Umschlagpunkt. Die Bindengänge laufen dann abwechselnd um den Oberschenkel und zum Gürtel, um den sie herumgeführt werden (Abb. 9.29). Je nach Lage der Blutung können zusätzliche Ankerpunkte am Gürtel (z. B. vorne,

Abb. 9.30 Eviszeration von Darm bei Schussverletzungen des Abdomens. Die kopfwärts des Bauchnabels liegenden Wunden sollten dabei wie Verletzungen des Thorax behandelt und luftdicht verschlossen werden. (Foto mit freundlicher Genehmigung von J. Schwietring)

seitlich und hinten) sinnvoll sein, um in Kreuzgängen ausreichend Druck auf die Wunde bringen zu können. Ein ausreichend großes, längliches Druckpolster (ggf. auch eine SAM-Splint-Schiene) erhöht die Effektivität und macht ggf. auch die Anlage eines Verbandes möglich, der abwechselnd zirkulär um Oberschenkel und Hüfte herum Druck aufbaut.

Die gerne genutzten selbsthaftenden Binden haben im taktischen Umfeld deutliche Nachteile und sollten deswegen zurückhaltend genutzt werden: Gerade bei höheren Temperaturen und komprimierter Lagerung im Rucksack verkleben sie häufig, lassen sich dann schlecht abwickeln und zerreißen gelegentlich dabei. Selbsthaftende Idealbinden vermindern durch die fehlende Verschieblichkeit der einzelnen Bindengänge darüber hinaus die erzielbare Kompressionswirkung. Selbsthaftende Binden können aber gerade bei anatomisch schwierigen Regionen oder Amputationsverletzungen eine wertvolle Hilfe darstellen. Neben industriell vorgefertigten Druckverbandpäckchen mit eingearbeiteter Wundauflage und Druckpolster eignen sich breitere Kompressionsbinden hervorragend zur Nutzung bei Druckverbänden.

Wurden bei **penetrierenden Abdominalverletzungen** Baucheingeweide nach außen verlagert (Eviszeration, Abb. 9.30), sollten sie ohne Druck steril abgedeckt werden. Hierfür eignen sich gerade bei großflächigeren Verletzungen Brandwundenverbandtücher oder spezielle Abdominalverbände (z. B. Emergency Bandage, Fa. First Care). Bei Bedarf können Ringpolster (z. B. aus Dreiecktüchern) eingesetzt werden, um die Kompression von hervorstehenden Eingeweiden zu vermeiden. Ist eine verzögerte Evakuierung zu erwarten, kann es sinnvoll sein, Baucheingeweide nach Spülung ohne Gewaltanwendung in die Bauchhöhle zu reponieren. Bei Schuss- und Splitterverletzungen ist dies aufgrund des meist engen Wundkanals häufig nicht oder nur mit Gewalt möglich und sollte dann unterlassen werden.

Wunden mit minimaler Blutung ohne Gefahr der Beteiligung großer Blutgefäße können mit einfachen Verbänden versorgt werden, sobald die Lage dies erlaubt und alle Maßnahmen mit höherer Priorität abgearbeitet sind. Ist dies nicht der Fall, können sie bis zum Erreichen einer Behandlungseinrichtung unversorgt bleiben [45]. Die Evakuierung sollte keinesfalls für das Verbinden geringfügiger Wunden verzögert werden. Entscheidend ist hier das Monitoring, ob anfangs wenig blutende Wunden später doch beginnen, kontinuierlich zu bluten.

Hämostyptika

Hämostyptika sind blutgerinnungsfördernde Produkte. Sie erhöhen die Erfolgschancen bei der Kontrolle einer Blutung durch direkten Druck oder die Anlage eines Druckverbandes erheblich, wenn sie unmittelbar an der Blutungsquelle platziert werden [59]. Vor ihrer Anwendung muss die Blutung durch direkten Druck bestmöglich gestillt und die Wunde durch Auswischen mit einer Kompresse, der Hand etc. von überschüssigem Blut befreit werden, da sich der Wirkstoff sonst bereits dort verbrauchen könnte. Ist das Hämostyptikum eingebracht, wird unter kontinuierlicher Blutungskontrolle durch Druck die restliche Wunde mit komprimiertem Verbandmaterial gefüllt (s. oben). Anschließend wird je nach Produkt 3–5 min flächig fester manueller Druck auf das Verbandmaterial ausgeübt. Ist danach kein Durchbluten des Verbandes feststellbar, wird ein Druckverband angelegt, der den Druck auf die Wunde aufrechterhält [59].

QuikClot Granulat der 1. Generation als bekanntester Vertreter der modernen Hämostyptika erwies sich als hochwirksam bei der Kontrolle von Blutungen, verursachte aber im Reaktionsgebiet große Hitze (~70 °C) und entsprechende Gewebedefekte [1]. Es wird daher heute nicht mehr angewendet. Andere Wundauflagen der ersten Generation (HemCon) sind gut wirksam, durch ihre Steifheit allerdings ohne erheblichen Aufwand nur auf glatten Wundflächen anwendbar und neigen dazu, besseren Kontakt zu den Handschuhen des Anwenders als zur Wunde herzustellen.

Bei der Anwendung von Hämostyptika sollte denen der 3. Generation (QuikClot Gauze, Celox Gauze, Celox Trauma Gauze, Chitogauze, ggf. auch Traumastat) der Vorzug gegeben werden. Sind diese nicht verfügbar, können alternativ solche der 2. Generation verwendet werden (QuikClot ACS+, Celox Pulver, Hemcon Chitosan oder Chitoflex) [59]. Allen Granulaten und Pulvern ist gemeinsam, dass sie bei engeren Wundverhältnissen und starkem Wind teilweise schlecht angewandt werden können und durch verwehtes Granulat Augenschädigungen verursacht werden können, starke Blutungen sie vor Wirksamwerden aus der Wunde spülen und nach ihrem Einbringen nur schwer unmittelbarer Druck auf die Wunde ausgeübt werden kann. Die Verpackung in Beutelchen löst diese Probleme teilweise, schafft aber gerade bei engen Wundkanälen größere Schwierigkeiten in der Anwendung.

Die modernen Wirkstoff-beschichteten Gaze-Produkte, wie z. B. Combat Gauze, bzw. Quik Clot Gauze, und Celox Gauze, sind aufgrund ihrer einfacheren Anwendbarkeit und der guten Wirksamkeit besonders zu empfehlen. Ihre Anwendung ist deutlich weniger ausbildungsintensiv, die Erfolgsraten sind nach Erfahrung der Autoren größer als bei Granulaten und Pulvern, und sie sind für den Einsatz als Verbandmittel zur Wundtamponade durch die Kombination von Wirkstoff und erzielbarem Druck ideal geeignet. Combat Gauze ist als derzeitiges Standardhämostyptikum der US-Streitkräfte und der deutschen Spezialkräfte eingeführt und bewährt sich hervorragend. Es ist darüber hinaus klein verpackt. Celox Gauze ist ungefähr gleich effektiv, erscheint aber besonders empfehlenswert wegen seiner von der Konzentration der Gerinnungsfaktoren, ggf. vorhandenen Antikoagulanzien und Hypothermie unabhängigen Wirksamkeit [16].

Da ausreichend große Studien noch ausstehen, kann eine klare Empfehlung hinsichtlich der Überlegenheit eines Produktes noch nicht gegeben werden. Die Auswahl sollte daher abhängig von der Art der Wunde, dem eigenen Ausbildungsstand und Erfahrungswerten erfolgen.

Hals- und Gesichtsblutungen

Blutungen im Hals- und Gesichtsbereich sind besonders häufig. Sie liegen in modernen Konflikten bei ca. 20–50 % der Verwundeten vor [41]. Neben der erheblichen psychologischen Wirkung auf Verwundete und Helfer sind diese Verletzungen aufgrund der zahlreichen lebenswichtigen und auf engem Raum verlaufenden Strukturen (große Blutgefäße, Atemweg, Ösophagus, HWS) gerade im Halsbereich besonders problematisch. Eine Weichteilschwellung oder ein sich ausbreitendes Hämatom kann schnell zu einer Verlegung der Atemwege führen, was neben der Blutstillung insbesondere dem Atemwegsmanagement eine zentrale Bedeutung zukommen lässt [41]. Weniger bekannt ist die drohende Gefahr der Erblindung durch die Entstehung eines retrobulbären Hämatoms (▶ Kap. 16) [18].

Blutungen im Gesichtsbereich lassen sich relativ einfach beherrschen, sobald der Atemweg durch Koniotomie oder endotracheale Intubation defini-

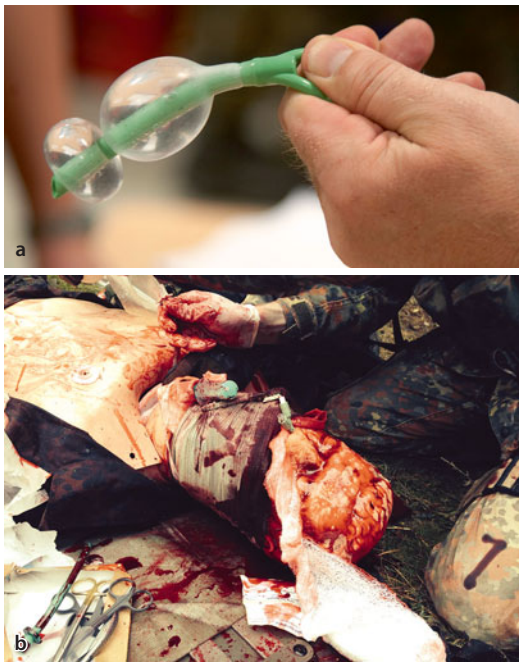


Abb. 9.31a,b Existaxis-Katheter. **a** Geblockt mit 10 bzw. 30 ml. Flüssigkeit. **b** Eingebrachter Katheter

tiv gesichert ist. Ein einfaches Austamponieren der Mund-Rachen-Höhle mit Verbandmaterial (Kerlix, Bauchtücher, Mullbinden etc.) und anschließender Anlage eines Druckverbands um den Kopf herum sind meist erfolgreich (Abb. 9.16). Zur Stillung von inneren Mittelgesichtsblutungen eignen sich **Epistaxis-Katheter** mit zusätzlichem Pharynxballon besonders gut (Abb. 9.31). Alternativ kann pro Nasenloch jeweils ein **Blasenkatheter** eingebracht, geblockt und nach vorne gezogen werden. Zur Fixierung werden beide Katheterschläuche vor der Nase verknotet. Auf diese Weise wird im Pharynxbereich Kompression ausgeübt. Die Nasengänge müssen dann auf herkömmliche Weise mittels Verbandmaterial oder mit Einballon-Epistaxis-Kathetern (z. B. Rapid-Rhino) tamponiert werden. Besonders gut zum Tamponieren eignet sich in diesem Zusammenhang auch Merocel, ein dünner länglicher PVA-Schwamm, der sich gut einführen lässt und unmittelbar im Anschluss durch Aufquellen Kompression ausübt.

Hämostyptika können dabei auch im Bereich der Schleimhäute angewandt werden, sollten im Bereich der Augenhöhle aber nur bei anders nicht beherrschbarer Lebensgefahr genutzt werden. Starke Blutungen im Halsbereich sind im Regelfall durch Kompression und Hämostyptika gut beherrschbar. Bei der Anlage von zirkulären Druckverbänden muss auf die Sicherung der Atemwege geachtet werden. Es besteht darüber hinaus die Gefahr eines starken Blutdruckabfalls durch Reizung der Drucksensoren im Bereich der Halsschlagader-Gabelung. Eine Alternative stellt das Aufnähen eines Druckpolsters dar. Dazu wird mit einem starken Faden (2-0, 3-0 entlang des Wundverlaufs jeweils reichlich Gewebe beidseits der Wundränder gefasst und die Knoten über einer auf die Wunde gelegten komprimierten Rolle aus Kompressen, Mullbinden o. ä. mit festem Zug geknotet. Leichtere Blutungen lassen sich häufig durch einen Verschluss mittels Hautnaht oder Klammernaht kontrollieren.

Eine besonders im Kopf-Hals-Bereich effektive Methode ist das Einbringen von blockbaren Blasenkathetern (z. B. 20-F-Foley-Katheter) in die Wunde. Die Spitze wird in den Schusskanal eingeführt und der Ballon mit bis zu 20 ml Luft oder Flüssigkeit geblockt, bis die Blutung sistiert [41]. Bei einem größeren Gewebedefekt auf Hautniveau kann die Wunde mittels einer groben Naht verschlossen werden, um das Herausrutschen des Ballons zu verhindern und die Tamponade zu verstärken.

Höhlenblutungen (Abb. 9.32)

Durch die breite Verfügbarkeit effizienter Tourniquets ist die nichtkomprimierbare Blutung am Körperstamm an die erste Stelle der potenziell vermeidbaren Todesursachen gerückt [59]. Diese sog. Höhlenblutungen in Thorax- und Abdominalhöhle und im Becken sind besonders schwer beherrschbar. Direkter Druck kann kaum ausgeübt werden und Hämostyptika sind nicht zielgerichtet anwendbar. Werden in den Körperhöhlen große Blutgefäße verletzt, sind die Verwundeten im Regelfall keiner präklinischen Therapie zugänglich und versterben auch bei zügiger Evakuierung meist unrettbar. Sind die Blutungen nicht unmittelbar tödlich, beschränkt sich ihre Versorgung im Wesentlichen auf eine angepasste Infusionstherapie (permissive Hypotonie, s. unten), die Gabe von Tranexamsäure (s. unten) und den schnellstmöglichen Transport zu chirurgischer Versorgung. Patienten mit nichtkontrollierbaren

Nicht komprimierbare (Höhlen-)Blutungen

- Höhlenblutungen sind schwer bzw. präklinisch meist nicht zu kontrollieren. Neben den penetrierenden Verletzungen, bei denen die Blutungsquellen offensichtlich erscheinen, sind stumpfe Traumata aufgrund der primär nicht sichtbaren Blutung heimtückisch. Explosionsverletzungen können sowohl penetrierende (insbesondere sekundäres Explosionstrauma) als auch stumpfe Verletzungen[1] (insbesondere primär und tertiär) verursachen.
- Außer bei der Beckenfraktur ist eine effektive Blutstillung mit den vor Ort gegebenen Mitteln schwierig[2].
- Um eine weitere Blutung nicht zu fördern und um ggf. durch Vermeidung einer infusions bedingten Hämodilution der körpereigenen Blutgerinnung Möglichkeit zur Hämostase zu ermöglichen ist hier die permissive Hypotension[3] indiziert.

Die permissive Hypotension ist ebenso bei nicht stillbaren/nicht komprimierbaren Blutungen am Körperstamm indiziert.

1 Bei penetrierenden Verletzungen kann der Versuch der „inneren" Tamponade z.B. mit Hilfe des Cuffs eines Blasenkatheters unternommen werden. Dies erfordert jedoch Übung, Erfahrung und genaue anatomische Kenntnisse um diese effektiv einsetzten zu können.
2 siehe Algorithmus „interne Blutungen / Höhlenblutung"
3 permissive Hypotension: restriktive Volumen- und Katecholamingabe um den Blutdruck systolisch. bei ca. 80 mmHg (= radial tastbarer Puls) zu halten. Hier wird im Sinne der Blutgerinnung und der Verringerung des Blutverlustes eine vorübergehende Hypotonie akzeptiert. Ein weiteres Abfallen des Blutdruckes unter 70 mmHG muss mit Volumengabe behandelt werden, da sonst die Hirnperfusion gefährdet wird.

Abb. 9.32 Nicht komprimierbare (Höhlen-)Blutungen

Blutungen sollten auch im Schock nicht in Schocklage, sondern flach gelagert werden. Dies soll eine Verstärkung der Höhlenblutung aufgrund eines Blutdruckanstieges verhindern. Ist der Kreislauf dekompensiert und kein Radialispuls mehr tastbar, ist diese Maßnahme als ultima ratio dennoch indiziert.

Aufgrund des sich bei der Atmung laufend verschiebenden Zwerchfells können alle Verwundungen unterhalb der Brustwarzen und oberhalb des Schambeins eine Verletzung der Abdominalhöhle bedeuten, während alle Verwundungen oberhalb des Bauchnabels und unterhalb des Kehlkopfes die Thoraxhöhle eröffnen können [8]. Auch die Penetrationsrichtung des Projektils sowie das schwer beurteilbare Zerstörungsausmaß durch die Bildung einer temporären Wundhöhle muss bei Schuss- und Splitterverletzungen beachtet werden (▶ Kap. 12).

Bei instabilen **Beckenverletzungen** kann durch Kompression der Beckenschaufeln das Beckenvolumen und damit der maximale Blutverlust begrenzt werden [8].

Verwundete mit Amputationsverletzungen beider Beine weisen häufig eine begleitende Beckenfraktur auf!

Beim Patient mit Verdacht auf instabile Beckenfraktur sollten beide Beine durch Längszug auf die gleiche Länge gebracht (Korrektur einer vertikalen Beckenverschiebung) und in Innenrotation mit einer Binde aneinander fixiert werden. Industriell hergestellte **Beckenschlingen** (SAM Pelvic Sling, T-Pod) erzielen dabei gute Resultate, sind aber häufig zu sperrig zum Mitführen im Rucksack. Eine improvisierte Beckenschlinge lässt sich gut mit Hilfe einer Rettungsdecke, einer Uniformjacke oder -hose o. ä. herstellen (»pelvic sheeting«). Die Schlinge muss einen ausreichend breiten (ca. 20 cm) Kompressionsgürtel um das Becken herum gewährleisten. Die Enden werden um den Patienten gelegt, zur Kompression gegeneinander gezogen (Abb. 9.33) und anschließend befestigt (z. B. mittels Gefäßklemmen, Klebeband o. ä.).

Mittels einer **Schockhose** (»military anti-shock trouser«, MAST) kann versucht werden, das maxi-

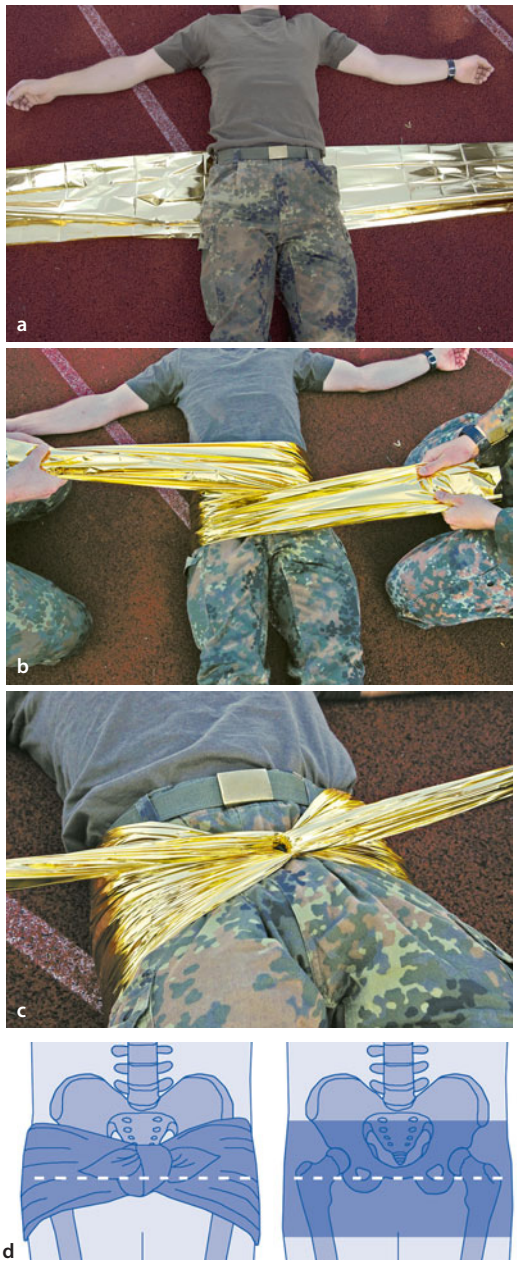


Abb. 9.33 a–c Beckenstabilisierung mit Rettungsdecke. Die zusammengefaltete Decke wird unter dem Becken hindurchgeführt und das Becken mit Zug komprimiert. Die Enden werden einmal gegeneinander verdreht und dann befestigt (z. B. mittels Klebeband oder Knoten). Wenn sie nicht ausreichend fest anliegt, kann der Druck (vorsichtig!) mittels eines Knebels erhöht werden. **d** Die Mittellinie der Beckenschlinge sollte über dem großen Rollhügel des Oberschenkels (Trochanter major) liegen. (Fotos: Dr. C. Neitzel)

mal ins Abdomen passende Blutvolumen bei intraabdominalen Blutungen zu begrenzen. Hierfür sollten die im Beinbereich liegenden Teile nicht aufgeblasen werden, um die Höhlenblutung nicht durch Autotransfusion des in den Beinen noch befindlichen Blutes zu verstärken. Die Anwendung der MAST kann bei längerer Liegezeit zur Ausbildung eines Kompartmentsyndroms in den Beinen führen. Die intraabdominelle Druckerhöhung kann durch eine Einschränkung der Zwerchfellbeweglichkeit zur Atemdepression führen und intrathorakale Blutungen verstärken [8]. Eine generelle Empfehlung zum Einsatz von Schockhosen beim Abdominaltrauma lässt sich daher nicht geben. Eine Ausnahme stellt die Kreislaufdekompensation dar (kein Radialispuls mehr tastbar), in diesem Fall kann eine Autotransfusion durch Befüllung der Beinteile zur Kreislaufstabilisierung als ultima ratio sinnvoll sein.

Innere Blutungen aus der Thoraxwand lassen sich teilweise mit blockbaren Kathetern kontrollieren [8]. Bei Vorliegen eines Hämatothorax oder einer supraklavikulärer Wunde kann dazu ein Blasenkatheter durch die Wunde tief in den Brustkorb vorgeschoben, der Ballon nach Blocken gegen die Thoraxwand zurückgezogen und dann unter Zug fixiert werden (z. B. mittels Annaht oder Pflasterstreifen). Teilweise gelingt so auch die sonst nur schwer erzielbare Kontrolle einer Blutung aus der A. subclavia durch Kompression des Gefäßes gegen Klavikula oder erste Rippe [13].

Schocktherapie

Pathophysiologie des hämorrhagischen Schocks

Ein durch größeren Blutverlust verursachter Volumenmangel verringert die kardiale Vorlast und führt zum Absinken des Herzminutenvolumens (HMV) [56]. Durch die Ausschüttung der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin erhöht sich das HMV durch Zunahme von Herzfrequenz und Schlagkraft, und Arteriolen und venöse Kapazitätsgefäße ziehen sich zusammen [56]. Der Körper kann dadurch den Blutdruck eine gewisse Zeit auf normalem Niveau halten. Ein junger, sportlicher Patient kann so einen Verlust von bis zu 30 % des Blutvolumens ohne sichtbare Zeichen verbergen (Tab. 9.3) [55]. Der nicht mehr reversible Schock, der nahezu immer im Tod endet, wird im Regelfall

Tab. 9.3 Klassifikation des hämorrhagischen Schocks[a]. (Modifiziert nach [45])

	I°	II°	III°	IV°
Puls	<100	100–120	120–140	>140
Blutdruck	Normal	Normal	Verringert	Verringert
Atemfrequenz	14–20	20–30	30–40	>35
Urinproduktion [ml/h]	>30	20–30	5–15	<5
Blutverlust [ml][b]	<750	750–1.500	1.500–2.000	>2.000
Blutverlust[c]	<15 %	15–30 %	30–40 %	>40 %

[a] Erst bei Blutverlusten von >750 ml sind frühe Symptome eines Schocks festzustellen, bis zu 30 % Blutverlust können ohne Blutdruckabfall kompensiert und daher leicht falsch eingeschätzt werden.
[b] Bei einem normalgewichtigen Mann.
[c] In % des Gesamtblutvolumens.

durch einen Blutverlust von 50 % des Körperblutvolumens ausgelöst [6].

Erstes Symptom eines Schocks ist meist eine Tachykardie, die allerdings wenig spezifisch ist und auch durch Anstrengung, Angst, Schmerz etc. bedingt sein kann. Blasse Haut und Schleimhaut sowie Kaltschweißigkeit sind Zeichen für eine bestehende Anämie, eine Zyanose für eine Hypoxämie, Kaltschweißigkeit für Sympathikusaktivierung und Zentralisation. Ein deutlicher Abfall des Blutdrucks unter 100 mmHg tritt häufig erst nach 30–40 % verlorenem Blutvolumen auf [8]. Weitere frühe Symptome können das ZNS betreffen: gerade eine für die betroffene Person ungewöhnliche Ängstlichkeit, Verwirrtheit oder Teilnahmslosigkeit kann ein Hinweis auf einen Blutverlust sein und sollte zu einer sorgfältigeren Untersuchung – und Entwaffnung – des Patienten führen.

Tipp

Die kapilläre Reperfusionszeit (Nagelbettprobe) ist ein im taktischen Umfeld einfach zu erhebendes Schockzeichen. Sie wird ermittelt durch Druck auf einen Fingernagel, bis das Nagelbett blass wird. Dauert es nach Beendigung des Drucks länger als 2 s, bis die rosa Färbung zurückkehrt, ist sie verlängert und ein Schock wahrscheinlich. Bei Hypothermie mit Zentralisation ist die Reperfusionszeit ebenfalls verlängert.

Die Auswirkungen des Schocks gehen deutlich über den klinisch sichtbaren Abfall des arteriellen Blutdrucks hinaus. Die Konstriktion peripherer Gefäße bewirkt eine Zentralisation der Durchblutung auf lebenswichtige Organe. Das restliche Gewebe wird unzureichend durchblutet, eine Mikrozirkulationsstörung mit weitreichenden Folgen entsteht [56]:

- **Anämie**: Blutungen verursachen den Verlust von Erythrozyten als Sauerstoffträger und verschlechtern so die Versorgung des Gewebes.
- **Metabolische Azidose**: Die schlechte Gewebeperfusion führt zu einer Sauerstoffmangelversorgung, sodass die hypoxischen Zellen vermehrt Laktat als Abfallprodukt ihrer Energiegewinnung produzieren. Das anfallende Laktat führt zur Bildung einer metabolischen Azidose, die ihrerseits ödematöse Gewebeschwellungen verursacht und damit die kapillare Perfusion weiter verschlechtert [51]. Die Azidose verschlechtert die Wirksamkeit von Gerinnungsfaktoren: So ist bei pH 7,2 die Aktivität der meisten Gerinnungsfaktoren um die Hälfte reduziert [62], Faktor VIIa hat bei einem pH von 7,1 (Normalwert 7,35–7,45) nur noch 10 % seiner normalen Aktivität [24].
- **Hypothermie**: Die Energieproduktion durch Laktatbildung verringert die körpereigene Wärmebildung und trägt so zur akzidentellen Hypothermie bei (▶ Kap. 38). Die Hypothermie wirkt sich ebenfalls negativ auf die Blutgerin-

nung aus: In tierexperimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass es bei 35 °C Körpertemperatur zu Störungen der Thrombozytenaggregation und der plasmatischen Gerinnung kommt [37].

- **Koagulopathie**: Azidose und Hypothermie führen zu einer Gerinnungsstörung [51, 62]. Durch den Blutverlust gehen auch Thrombozyten und Gerinnungsfaktoren als wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Blutungsstillung verloren [51].

Diese »**letale Trias**« aus Hypothermie, Koagulopathie und metabolischer Azidose stellt einen der wesentlichen Risikofaktoren für Schwerstverwundete dar, an ihren Verletzungen zu versterben [55]. Bei manchen Patienten (ca. 20 %) scheint sich auch unabhängig von Hypothermie und Azidose als primäre Reaktion auf das Trauma relativ früh eine Gerinnungsstörung (Hyperfibrinolyse) zu entwickeln. Diese wird zunehmend als eigenständiges Krankheitsbild unabhängig von der »letalen Trias« eingestuft und als »early trauma-induced coagulopathy«, ETIC) bezeichnet [36, 51, 68, 76].

Die Mikrozirkulationsstörung verstärkt die Störung der Makrozirkulation und mündet dadurch in den Teufelskreis des Schocks [56]. Wird sie nicht durchbrochen, endet im Gewebe nach einiger Zeit aufgrund von Hypoxie die Zellaktivität, die Zellen sterben schließlich ab und das Blut übersäuert. Der Schock dekompensiert durch Dilatation der präkapillaren Gefäße, u. a. weil Katecholamine schlechter an den Gefäßen wirken [56]. Auf kapillarer Ebene entstehen weitreichende Störungen der Blutviskosität und -gerinnung [56]. Die Kapillarpermeabilität steigt, Plasma geht in den Extravasalraum verloren und vergrößert damit den intravasalen Volumenmangel [56]. Eine länger bestehende schwere Hypovolämie erhöht die Sterblichkeit durch die Stimulation von Vasopressoren und Immunantworten, die in einem Multiorganversagen enden können [27].

Strategien zur Volumentherapie

Wesentliches Merkmal des Schocks ist eine durch eine Mikrozirkulationsstörung verminderte Gewebeoxygenierung, die durch ein vermindertes HMV, Anämie und Hypoxie verursacht sein kann. Die Therapieansätze orientieren sich daher an der Wiederherstellung eines ausreichend hohen Blutdrucks, Wiederherstellung eines ausreichenden Hämoglobingehaltes und der Sicherstellung eines optimalen Sauerstoffangebotes [8]. Das Sauerstoffangebot kann durch Sauerstoffgabe auch präklinisch verbessert werden, während eine vorhandene Anämie nur mittels präklinisch kaum verfügbarer Erythrozytenkonzentrate oder Vollblut behoben werden kann. Die Behandlung einer Hypotension kann mittels Volumengabe oder der Applikation von vasokonstriktorisch wirksamen Medikamenten erfolgen (Abb. 9.34).

Eine **Schocklagerung** verteilt in den Beinen vorhandenes Blut in den zentralisierten Körperkern um. Damit werden dem Kreislauf nicht nur zusätzliches Volumen, sondern auch Erythrozyten als Sauerstoffträger sowie Blutplättchen und Gerinnungsfaktoren zur Optimierung der Blutgerinnung zur Verfügung gestellt.

Vor jeder Infusionstherapie sollte daher zunächst eine Lagerung des Patienten mit erhöhten Beinen erfolgen, sofern keine unstillbare Blutung am Körperstamm vorliegt.

Das Ziel der Kreislauftherapie ist das Beheben der Mikrozirkulationsstörung, um eine ausreichende Gewebeperfusion zu erhalten oder wiederherzustellen, den Teufelskreis des Schocks zu durchbrechen und dadurch ein Multiorganversagen aufgrund insuffizienter Organperfusion zu vermeiden [35]. Die Anwendung von blutdrucksteigernden Medikamenten sollte dabei erst erwogen werden, wenn eine bestehende Hypovolämie durch Flüssigkeitsersatz ausreichend therapiert worden ist [8]. Der Gebrauch dieser **Vasopressoren** (z. B. Arterenol, Akrinor) gehört in jedem Fall in die Hand des erfahrenen Anwenders.

Eine wesentliche Säule der präklinischen Schocktherapie ist daher die Verabreichung von **Infusionen**. Sie füllt im Idealfall bei frühzeitiger aggressiver Gabe das im Gefäßsystem zirkulierende Volumen wieder so auf, dass eine Zentralisation überflüssig wird und auch nicht lebenswichtige Organe wieder durchblutet werden können. Dadurch wird die Ausbildung einer Laktatazidose mit ihren negativen Folgen, insbesondere auf das Gerinnungssystem, vermieden oder abgeschwächt und ein drohendes Multiorganversagen verhindert.

Volumenersatz

- Beurteilen, ob ein hämorrhagischer Schock vorliegt:
  veränderter geistiger Zustand (sofern keine Kopfverletzung vorliegt)
  schwacher oder fehlender peripherer Puls (RR < 80 mmHG).
- Bei massivem Blutverlust und Schockzeichen ist bzw. wäre ein Bolus mit 250 ml HyperHaes6%[1] oder einer anderen hyperton-hyperonkotischen Lösung zu Beginn der Behandlung indiziert.
- Als Volumenersatz bei Hämorrhagie ist primär eine 6%ige balancierte kolloidale Lösung[2] indiziert.
- Initial 500 ml Kolloide i.v. als Bolus. Weitere Infusionen bis max.1500 ml sind möglich.
- Auch bei einem schweren SHT (AVPU: < PU) ist HyperHaes6% zu empfehlen[3].
- Nach initialer HyperHaes Gabe[1] ist eine weitere Volumentherapie mit kristalloiden[4]- und kolloidalen Lösungen indiziert.
- Forcierte, anhaltende Volumentherapie ist gegen logistische und taktische Belange sowie die Gefahr weiterer Verluste abzuwägen.
- Eine Volumentherapie mit über max. 1500 ml kolloidalen und 1000 ml kristalloiden Lösungen führt zu einem Verdünnungseffekt mit beeinträchtigter Blutgerinnung und ist bei anhaltendem Schock zurückhaltend[5] zu verabreichen.

Bei Verwundeten mit Exsikkose kann, unabhängig vom Blutverlust oder Trauma, je nach Jahreszeit, eine weitere Flüssigkeitszufuhr oral oder mit kristalloiden Lösung indiziert sein.

1 „Small volume resuscitation" mit HyperHaes6%, (eine hyperosmolare (enthält 7,2 % NaCL), kolloidalen (enthält 6% Haes) Lösung, die ohne großen Verdünnungseffekt einen effektiven Volumenersatz erzeugt), fördert die Mikroperfusion und steigert den Perfusionsdruck beim SHT. Derzeit ist HyperHAES leider nicht verfügbar.
2 Aktuell wird eine balancierte kolloidale Lösung ohne Lactat empfohlen w.z.b. Vitafusal 6% 130/0,42 oder Voluven 6% 130/0,4. Diese haben geringere blutgerinnungshemmende Eigenschaften und einen guten Volumeneffekt (Blutverlust/Kolloidaler Volumeneffekt 1:1,2)
3 Nach derzeitiger Datenlage kann – nicht muss- es gegeben werden.
4 Als kristalloidale Lösung werden isotone balancierte Lösungen ohne Lactat empfohlen. Ringerlösung (Chlorid): Isoton (309 mosm/l) E153 (Acetat): isoton (303 mosm/l) Jonosteril (Actetat): leicht hypoton (290 mosm/l)
5 Bei Transportzeiten von über 60 min kann, entsprechende Mittel vorausgesetzt, eine darüber hinaus gehende Volumentherapie bei anhaltenden Schockzeichen durchgeführt werden. Dies ist gegen die vorhandenen Mittel, Transportzeit und Auftrag abzuwägen.

Abb. 9.34 Leitlinie Volumenersatz

Da Infusionen aber das verlorene Blut nicht gleichwertig ersetzen können, treten in Abhängigkeit von der verabreichten Menge auch negative Effekte auf. Die im Blutkreislauf noch vorhandenen Gerinnungskomponenten (Thrombozyten und Gerinnungsfaktoren) werden verdünnt. Kolloidale Infusionslösungen können darüber hinaus durch eine Störung der Fibrinvernetzung die Bildung und Stabilisierung von Blutgerinnseln stören. Sind die Infusionslösungen beim Eintritt in den Körper nicht ausreichend erwärmt, tragen sie zur Entstehung einer Hypothermie bei. Diese führt ihrerseits wiederum zu einer Gerinnungsstörung und senkt die Überlebenswahrscheinlichkeit. Nicht optimal auf die physiologischen Verhältnisse des Blutes abgestimmte (nichtbalancierte) Lösungen können darüber hinaus durch Verdünnung des im Blut enthaltenen Bikarbonats eine Dilutionsazidose bedingen, die die ohnehin vorliegende metabolische Azidose weiter verstärken kann [37]. Wird durch Überinfu-

sion eine Hypervolämie erzeugt, kann es auch zu ausgeprägten, lebensbedrohlichen Gewebsödemen, z. B. Hirn- und Lungenödemen, kommen [49].

Wesentlicher Nachteil aller Infusionslösungen ist, dass sie zwar die Perfusion verbessern, aber keine Sauerstofftransportkapazität und Gerinnungsverbesserung bieten können [27]. In der kritischen Phase bis zum Erreichen chirurgischer Behandlungseinrichtungen hat die dem Patienten erhalten bleibende Blutmenge daher entscheidende Bedeutung für die Gewebeoxygenierung!

Eine Volumengabe sollte daher nicht zu einem weiteren Verlust von Erythrozyten führen. Die Anhebung des Blutdrucks auf Normalwerte kann bei nicht kontrollierten Blutungen aber genau dies bewirken: Wenn der systolische Blutdruck im Schock unter 90 mmHg fällt, können sich häufig Blutgerinnsel bilden, die stabil genug sind, um bei dem niedrigen Druck im Gefäß nicht ausgeschwemmt zu werden. Eine zu aggressive Volumenzufuhr mit erzielter Normalisierung des Blutdrucks über 85–90 mmHg hinaus kann zur Ausspülung bestehender Thromben führen und somit bereits stehende Blutungen erneut reaktivieren [24, 27, 49]. Wird der Blutverlust weiter mit Infusionslösungen ersetzt, verstärkt sich die Blutung in die Körperhöhlen. Weil laufend Blut verloren geht, kommt es nicht zu einer Zunahme des zirkulierenden Volumens, es erfolgt aber eine zunehmende Verdünnung des Blutes und der Gerinnungsfaktoren, was Gewebeoxygenierung und Blutgerinnung weiter verschlechtert (Abb. 9.35). Eine hypotone Kreislaufsituation vermindert den Blutverlust, führt aber durch die dadurch bedingten Mikrozirkulationsstörungen zu den o. g. lebensbedrohlichen Folgen bis hin zum Multiorganversagen [27].

Bereits im 1. und 2. Weltkrieg wurde die Beobachtung gemacht, dass ein Anheben des systolischen Blutdrucks über 80 mmHg hinaus bis zum Erreichen chirurgischer Versorgung bei nicht kontrollierter Blutung die Prognose des Patienten deutlich verschlechterte. Auch aus dem Falkland-Krieg gibt es Berichte von englischen Militärchirurgen, dass Patienten ohne eine im Feld eingeleitete Infusionstherapie eine bessere Überlebenschance hatten. Das daraus abgeleitete Therapiekonzept ist heute unter der Bezeichnung »**permissive Hypotonie**« bekannt. Es zielt in erster Linie darauf ab, niedrige Blutdruckwerte zu tolerieren, um bei nichtkontrollierbaren Blutungen weiteren Blutverlust und -verdünnung zu vermindern (Abb. 9.36). Gleichzeitig soll die Mikrozirkulation zumindest soweit aufrechterhalten werden, dass Fortschreiten und Dekompensation des Schocks und die Ausbildung von Organschäden verhindert werden [27, 35, 37, 59] und der Verwundete lang genug am Leben bleibt, um eine chirurgische Versorgung erreichen zu können [8].

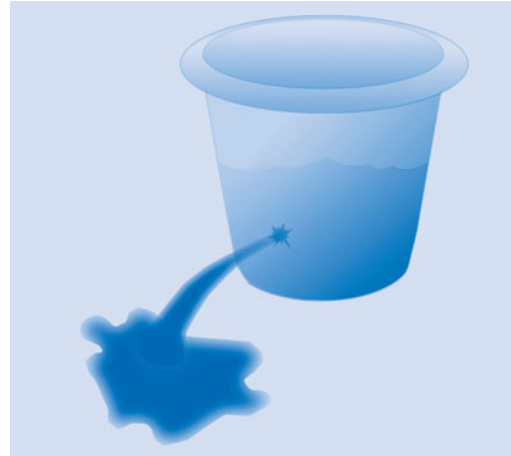
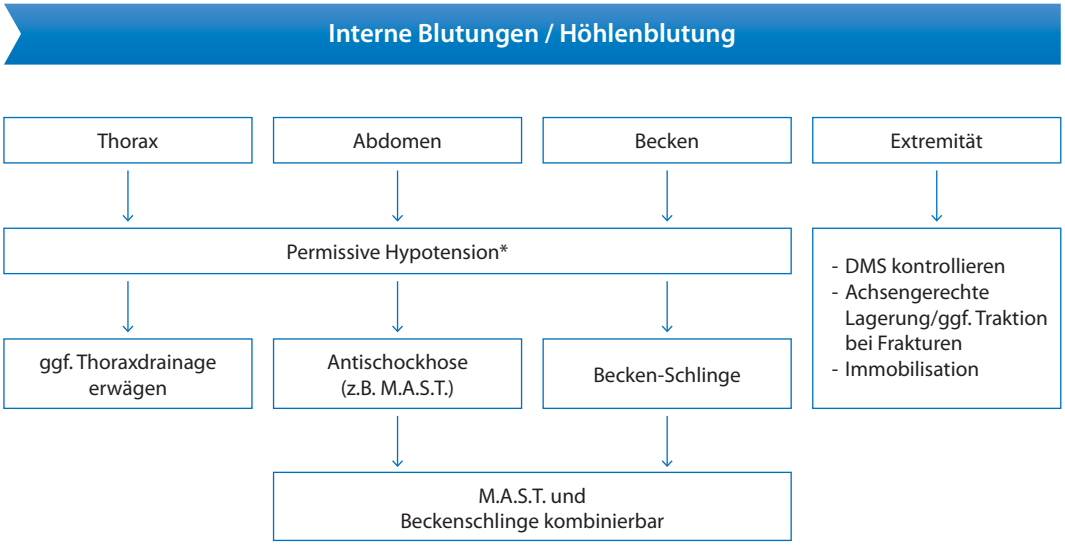


Abb. 9.35 Das Konzept der permissiven Hypotonie lässt sich gut mit einem Eimer mit Loch vergleichen: Blut läuft nur solange hinaus, bis der Flüssigkeitsstand unter das Niveau des Loches absinkt (vergleichbar $RR_{sys} = 80$ mmHg). Wird nun Wasser nachgegossen (Infusionstherapie), wird der Flüssigkeitsstand erhöht, und Blut läuft erneut aus. Je häufiger der Vorgang wiederholt wird, umso mehr wird das Blut im Eimer verdünnt, der Flüssigkeitsstand lässt sich aber kaum erhöhen

Die Abwägung aller genannten vielfältigen Faktoren ist schwierig, zumal nicht in allen Aspekten belastbare Forschungsergebnisse bestehen. Eine allgemeingültige Empfehlung für einen restriktiven oder aggressiven Ansatz bei der Flüssigkeitstherapie ist daher schwer auszusprechen [42].

Über den rein medizinischen Ansatz hinaus müssen Therapiekonzepte jedoch auch die **militärischen Realitäten** berücksichtigen. Häufig steht im Gegensatz zu den nahezu unbegrenzten Ressourcen des zivilen Rettungsdienstes oder Schockraums nur eine sehr begrenzte Menge von Infusionslösungen zur Verfügung, die möglichst effektiv eingesetzt wer-



Erläuterungen

DMS Durchblutung, Motorik, Sensibilität
M.A.S.T Military Anti-Shock Trousers bzw. Pneumatic Anti-Shock Garment (PASG)
* Gilt nicht bei gleichzeitigem »schwerem« SHT (GCS <8)

Abb. 9.36 Leitlinie Interne Blutungen/Höhlenblutungen

den muss. Dies bedingt auf der einen Seite von Natur aus einen eher restriktiven Volumenersatz. Zum anderen ist die möglichst sichere und einfache Identifizierung solcher Patienten wichtig, für die eine Infusionstherapie lebensrettend ist [27]. Auf dem Gefechtsfeld gut erhebbare und leicht zu beurteilende Werte sind der systolische Blutdruck und die Bewusstseinslage des Patienten. Ein RR_{sys} <80 mmHg ist ebenso wie eine bestehende Unruhe oder Bewusstseinsstörung bis hin zur Bewusstlosigkeit (ohne andere erkennbare Ursache) ein Zeichen für eine eingeschränkte Organperfusion [35]. Eine Bewusstlosigkeit, die nicht durch ein SHT, Medikamente oder weitere, bei jungen Soldaten seltene Gründe (wie z. B. Hypoglykämie) verursacht ist, tritt meist bei einem RR_{sys} ≤50 mmHg ein. Da die Blutdruckmessung mittels Blutdruckmanschette vergleichsweise aufwändig ist und Stethoskop und Manschette im taktischen Umfeld häufig nicht zur Verfügung stehen oder kaum anwendbar sind, wird der Radialispuls als Ersatz genutzt. Das Vorhandensein eines peripheren Pulses am Handgelenk zeigt einen systolischen Blutdruck von zumindest 80 mmHg an und stellt damit eine ausreichend aussagefähige Alternative dar [27]. Ein vorhandener Femoralispuls entspricht etwa einem systolischen Blutdruck von 70 mmHg, ein Carotispuls von 60 mmHg (Abb. 9.37).

Die aktuellen Standards der US-Streitkräfte sehen eine restriktive Flüssigkeitszufuhr vor. Nur Patienten mit fehlendem Radialispuls oder Bewusstseinstrübung als Zeichen einer Mikrozirkulationsstörung sollen Infusionen erhalten. Um eine möglichst übersichtliche Handhabung zu erreichen, wird dann generell die Applikation eines Bolus von 500 ml kolloidaler Infusionslösung empfohlen, wenn keine Blutprodukte zur Verfügung stehen. Bessert sich der Bewusstseinsstatus und ein Radialispuls ist wieder palpabel, ist vorerst keine weitere Volumengabe indiziert [27]. Wird in einem Zeitfenster von 30 min keine Besserung durch die Bolusgabe erzielt, erfolgt einmalig eine zweite Gabe von 500 ml [45]. Kristalloide Lösungen können als Alternative eingesetzt werden, wenn keine kolloidalen zur Verfügung stehen.

Die Bolusgabe kann als Schwerkraft- oder Druckinfusion erfolgen. Letztere ist durch manuelle Kompression, mittels Druckinfusions- oder Blutdruckmanschette möglich. Feldmäßig kann die In-

Blutdruckmessung

- Ein behelfsmäßiges Erfassen des Blutdruckes ist mit dem jeweils tastbaren Puls an den großen Arterien möglich (tastbarer Puls bedeutet, der Blutdruck beträgt im Regelfall minimal):
  - A. radialis ≈ 80 mmHg
  - A. femoralis ≈ 70 mmHg
  - A. carotis ≈ 60 mmHg

- Grundsätzlich ist, für eine differenzierte Volumentherapie, eine Blutdruckmessung nach Riva Rocci mit Hilfe einer Blutdruckmanschette und eines Stethoskopes oder insbesondere bei lauter Umgebung palpatorisch (nur syst.RR) anzustreben[1]. Dies ist jedoch je nach Lage und Ausrüstung nicht immer möglich und sinnvoll.

- Weitere Symptome für einen erniedrigten Blutdruck / Schock sind:
  - Verlängerte Rekapillarisationzeit[2]
  - Veränderter geistiger Zustand – verminderte Vigilanz[3] - Unruhe
  - Blasse, kaltschweißige Haut
  - Erhöhte Herzfrequenz bei peripher fehlendem o. schwachem Puls
  - Zyanose

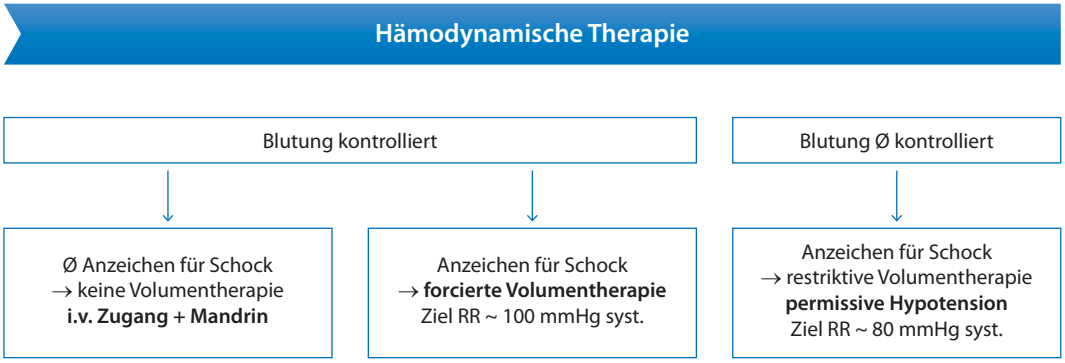
1 Eine elektronische Blutdruckmessung kann hier sinnvoll sein, wobei diese Geräte sehr störanfällig sind und zusätzliches Material bedeuten.
2 Normale Rekapillarisationszeit > 2 sec. Die Rekapillarisationszeit (capillary refill) kann ebenso bei Hypothermie verlängert sein und darf nicht allein als sicheres Schockzeichen gewertet werden.
3 Sofern kein SHT vorliegt oder Schmerzmittel bzw. Sedativa verabreicht worden sind.

Abb. 9.37 Leitlinie Blutdruckmessung

fusion auch im Kreuzbein- oder Schulterbereich unter den Patienten gelegt werden, um das eigene Körpergewicht zur Kompression des Infusionsbeutels zu nutzen [58]. Dadurch wird, abhängig von der Isolation unter dem Patienten, die Infusion zusätzlich warmgehalten. Aus dem gleichen Grund kann eine Infusion mit Druckinfusionsmanschette beim Patienten innerhalb der Maßnahmen zum Wärmeerhalt (z. B. Schlafsack) platziert werden.

In allen genannten Fällen muss zur Vermeidung von Luftembolien das Infusionssystem komplett luftleer sein. Dazu wird das Infusionssystem in den Beutel gesteckt, geöffnet, der Beutel auf den Kopf gedreht und durch Zusammendrücken solange Flüssigkeit ins System gepresst, bis es (inkl. Tropfkammer!) vollständig entlüftet ist.

Dieses Vorgehen macht aus den o. g. Gründen beim Verwundeten mit **nicht kontrollierbaren Blutungen**, insbesondere des Körperstamms, Sinn. Alternativ kann bei der erstmaligen Volumengabe auch die Gabe von 250 ml einer hyperonkotisch-hyperosmotische Lösung (z. B. RescueFlow) zum Einsatz kommen. Ist eine durchgehende Überwachung möglich, kann die Infusion auch unmittelbar nach der Wiederkehr eines radialen Pulses oder Aufklaren des Patienten gestoppt werden, um den erreichten, minimal notwendigen systolischen Blutdruck nicht durch weitere Volumengabe wesentlich zu überschreiten und ggf. erneut Blutungen zu provozieren [59]. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass nur solche Patienten Infusionslösungen erhalten, die wesentlich von ihnen profitieren. Dadurch werden nicht nur Infusionen gespart, sondern der Arbeitsaufwand durch Anlage von Zugängen und Überwachung der laufenden Infusion wird für die Helfer deutlich reduziert. Verwundete mit wahrscheinlich höherem Blutverlust, aber noch vorhandenem Radialispuls und klarem Bewusstsein sollten vorerst keine Infusionen erhalten. Die Anlage eines venösen Zugangs ist aber zum frühestmöglichen Zeit-



CAVE
Schweres SHT (GCS<8) bzw. AVPU < PU. **Ziel RR 120 mmHG syst.** → Volumen (HyperHaes)

Abb. 9.38 Leitlinie Hämodynamische Therapie

punkt sinnvoll, um bei weiterer Verschlechterung unmittelbar eine Volumengabe durchführen zu können. Zum Offenhalten von venösen Zugängen wird eine Fließgeschwindigkeit von ca. 30 ml/h benötigt [35], oder es werden in regelmäßigen Abständen (etwa alle 10 min) wenige Milliliter Volumen gegeben. Alternativ können die Zugänge mit Mandrins abgestöpselt werden. Leichtverwundete mit geringen Verletzungen und niedrigem Blutverlust benötigen vor Erreichen einer Behandlungseinrichtung meist nicht unbedingt die Anlage eines i.v. Zugangs [27].

Verwundete mit **kontrollierten Blutungen** und Hinweis auf ein Schockgeschehen profitieren dagegen im Regelfall von einer Infusionstherapie. Verwundete, die deutliche Zeichen einer verminderten Organperfusion (fehlender Radialispuls, Bewusstseinstrübung) zeigen, sollen Flüssigkeitsboli bis zur Wiederherstellung der Mikrozirkulation (tastbarer Radialispuls, Wiedererlangung des Bewusstseins) erhalten [7]. Stehen ausreichend Ressourcen zur Verfügung und liegen keine nichtkontrollierbaren Blutungen vor, kann durchaus eine Anhebung des Blutdrucks auf normotone Werte (RR_{sys}: 100–120 mmHg) erfolgen und eine Infusionstherapie auch bei Patienten erwogen werden, die noch keine Zeichen einer verminderten Organperfusion aufweisen (Abb. 9.38).

Bei Verwundeten mit Schädel-Hirn-Trauma ist eine Anpassung des Zielblutdrucks auf höhere Werte unter Umständen sinnvoll (s. unten).

Holcomb teilt Verwundete, die eine Infusionstherapie erhalten, anhand ihrer Reaktion auf Flüssigkeitsgabe in drei Gruppen ein:

- **»responder«:** Verwundete, die auf die Volumengabe mit Zustandsverbesserung (Wiedererlangen des Bewusstseins oder Radialispulses) reagieren.
- **»transient responder«:** Verwundete, die vorübergehend mit einer Zustandsverbesserung reagieren
- **»non-responder«:** Verwundete, die keine Zustandsverbesserung zeigen.

Das Verhalten von »respondern« weist in der Regel darauf hin, dass derzeit keine stärkeren Blutungen mehr bestehen. Je nach Verletzungsmuster kann ihre Evakuierung ggf. zugunsten anderer Patienten oder besserer taktischer Rahmenbedingungen verzögert werden. Bei »transient respondern« und »non-respondern« ist dagegen eine weiter bestehende Blutung zu vermuten und somit eine schnellstmögliche Evakuierung mit dem Ziel der chirurgischen Blutstillung anzustreben. Ist diese nicht möglich, ist ihre Prognose vergleichsweise schlecht. Gleiches gilt für Patienten, bei denen die Applikation von 1.000 ml kolloidaler Lösung nicht ausgereicht hat, um sie aufklaren zu lassen und einen peripheren Puls wiederherzustellen. In beiden Fällen ist die Nutzung weiterer vorhandener Infusionslösungen von der Lage abhängig zu machen. Möglicherweise ist eine Triagierung der

Intravenöser (i.v.) Zugang

- Ein frühzeitig angelegter, sicherer, intravenöser Zugang kann im Verlauf der Rettungskette bei einem primär noch nicht zentralisierten Verwundeten Zeit sparen und eine differenzierte Therapie ermöglichen / potentiell Leben retten. Eine Volumensubstitution ist primär jedoch oft nicht indiziert.

- Als Zugang hat sich eine 18 G Venenverweilkanüle bewährt. Die Flussraten sind ausreichend und die Trefferquote gut. Primär sind die peripheren Venen der Unterarme zu punktieren. Wenn an Handgelenk oder in der Ellenbeuge punktiert wird, ist auf ein mögliches Abknicken der Venenverweilkanüle während des Transports zu achten und das Gelenk ggf. zu schienen.

- An eine sichere Fixation[1] der Venenverweilkanüle denken.

Bei frustranen Punktionsversuchen, zentralisiertem Patienten und zwingend notwendigem Volumenersatz (hämorrhagischer Schock) sowie notwendiger intravenöser Analgesie (z.B. S-Ketamin) ist ein intraossärer (i.o.) Zugang indiziert[2].

1 Hiefür ist insbesondere eine elastische Mullhaftbinde geeignet.
2 Intraossäre Zugang: Hier stehen aktuell zwei von der TREMA e.V. zu empfehlende Systeme zur Verfügung. Einmal das am Sternum einzusetzende F.A.S.T. 1 / FAST X und das an verschiedenen Körperregionen (Sternum, Tibia, Humeruskopf) anwendbare manuelle (Handdrehkaauf – ab Ebene SanFahrzeug, Fahrzeug SpezOp ist die Bohrmaschine zu empfehlen) System der E.Z. I.O. Beide Systeme sind als Alternative zum i.v. Zugang gut einsetzbar. Einweisung und Training sind zwingend erforderlich. Eine primäre Injektion mit 1-2 ml Scandicain/Lidocain 1% vor der eigentlichen 10 ml Bolusgabe ist bei wachem Verwundeten zu empfehlen. Der initiale „Flush" von 10 ml unter hohem Druck, ist ein wesentlicher Garant für eine adäquate Flussrate. Insbesondere die Tibiainjektion hat sich im Vergleich als sehr schmerzhaft gezeigt. Eine Druckinfusion ggf. mit Druckmanschette ist notwendig um einen adäquaten Fluss zu erzielen.

Abb. 9.39 Leitlinie Intravenöser (i.v.) Zugang

Verwundeten mit anschließender Zuteilung der medizinischen Ressourcen an die hoffnungsvolleren Fälle sinnvoll [8, 27].

Zugangswege

Die frühestmögliche Anlage eines i.v. oder i.o. Zugangs ist beim Notfallpatienten grundsätzlich von großer Bedeutung, um Infusionen, Analgetika und Antibiotika verabreichen zu können.

Intravenöse Zugänge (Abb. 9.39)

Ist ein Volumenersatz (noch) nicht indiziert, sollte kann wegen der möglichen Verschlechterung des peripher-venösen Status bei fortschreitendem Schock trotzdem ein peripher-venöser Zugang zur Sicherung des Venenzugangs erfolgen, insbesondere bei Patienten mit Verletzungen im Bereich von Hals und Körperstamm. Um Ressourcen zu sparen und die Handhabung des Patienten durch ein Infusionssystem nicht unnötig zu erschweren, empfiehlt sich das einfache Abstöpseln des liegenden Zugangs mit einem Mandrin. Durch die Einführung moderner i.o. Systeme ist diese prophylaktische Anlage eines Zugangs jedoch nicht mehr zwingend notwendig. Intraossäre Zugänge lassen sich auch beim Schockpatienten unabhängig von schlechten Venenverhältnissen erheblich einfacher legen, aufgrund des höheren Gewichts und Packmaßes ist die verfügbare Anzahl jedoch meist klein. Ihre Anwendung sollte in diesem Fall unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen erfolgen.

Die durch erfahrene Anwender durchschnittlich benötigte Zeit zur präklinischen Anlage eines peripher-venösen Zugangs wird mit 10–12 min bei einem Anteil von 10–40 % erfolgloser Punktionen angegeben [39, 49]. Gerade unter den erschwerten Bedingungen der taktischen Medizin wird dieser Zeitbedarf regelmäßig erreicht und überschritten. Da Material, Personal und Zeit im taktischen Umfeld in der Regel Mangelressourcen sind, sollte da-

her keine wahllose Anlage von peripher-venösen Zugängen bei Patienten ohne Notwendigkeit einer Volumentherapie erfolgen. Da gewöhnlich aufgrund medizinischer und logistischer Gründe im Feld eher eine restriktive Volumentherapie zu bevorzugen ist, ist die Anlage eines 18-G-Zugangs im Regelfall ausreichend: 500 ml sind in ca. 5 min als Druckinfusion infundierbar. Größere Flexülen sind bei den erforderlichen Fließgeschwindigkeiten nicht notwendig, führen aber gerade beim Unerfahrenen häufig zu frustranen Punktionsversuchen [27].

Die Fixierung von Zugängen ist bei der meist schweißnassen, staubigen oder verschmutzten Haut der Verwundeten problematisch. Handelsübliche Flexülenpflaster erweisen sich häufig als nicht adhäsiv genug. Etablierte Alternativen sind die Fixierung mit 2–3 Streifen Sporttape und das Umwickeln mit einer Mullbinde oder Haftbinde. Auch klare Klebefolie oder Tapete/Fixiervlies (z. B. Omnifix elastic, Fa. Hartmann) haben sich bewährt, die durchsichtige Folie (z. B. Tegaderm, Fa. 3M erlaubt dabei im Anschluss die Sichtkontrolle des Zugangs.

Intraossäre Zugänge

Intraossäre Zugänge sind indiziert, wenn kritisch verwundete Patienten zügig einen Zugang benötigen und ein intravenöser Zugang nicht angelegt werden kann [38]. Im taktischen Umfeld sprechen im Vergleich zum intravenösen Zugang v. a. die erheblich kürzere Anlagezeit und die hohe Erfolgsquote auch bei schwierigen Venenverhältnissen im Schock für die Nutzung intraossärer Zugänge als ideale Alternative [27]. Auch bei Minderung von Tastempfinden und Geschicklichkeit (z. B. bei kalten Fingern) sind sie leicht anzuwenden. Sie lassen sich in mindestens 80–90 % der Fälle beim ersten Versuch innerhalb von ca. 1–2 min erfolgreich platzieren. Halbautomatische Systeme (z. B. EZ-IO) erreichen primäre Erfolgsquoten von annähernd 100 % und sind noch schneller erfolgreich platzierbar, aber im Vergleich sehr groß und schwer [22, 38]. Intraossäre Zugänge haben in der taktischen Verwundetenversorgung alternative Gefäßzugänge wie ZVK-Anlage (»zentraler Venenkatheter«) oder die chirurgische Freipräparation von Venen fast vollständig verdrängt.

Absolute **Kontraindikationen** gibt es für die Anlage von i.o. Zugängen nicht. An gebrochenen Knochen oder Extremitäten mit Gefäß- oder größerem Weichteildefekt darf aufgrund der unsicheren Resorption aber keine Punktion erfolgen (lokale Kontraindikation). Bei erfolgloser Anwendung sollte ein zweiter Punktionsversuch an einem anderen Knochen stattfinden [22, 38].

Dosierung, Anschlagzeit und Wirkdauer von Medikamenten entsprechen denen bei i.v. Applikation [22].

Grundsätzlich sind alle gebräuchlichen Notfallmedikamente auch intraossär applizierbar. Insbesondere der sternale i.o. Zugang mit dem F.A.S.T.-1-System ist durch den Hersteller für die Applikation aller gängigen Notfallmedikamente und -infusionslösungen freigegeben. An manchen Stellen ist in der Literatur die Empfehlung zu finden, dass hypertone Kochsalzlösung (z. B. HyperHAES) wegen der Gefahr einer Ausbildung von Kompartmentsyndromen intraossär nur verdünnt verabreicht werden sollte [22]. Dies stellt das Wirkprinzip der Gabe hochkonzentrierter Kochsalzlösungen in Frage und dürfte sich ohnehin eher auf Zugänge in Tibia und Humerus beziehen. Der Stellenwert dieser Einschränkung ist für die taktische Medizin daher als gering einzuschätzen.

Als **Anlageorte** der ersten Wahl gelten beim Erwachsenen die proximale und distale Tibia sowie das Sternum, als zweite Wahl der Oberarmkopf und der Innenknöchel (Abb. 9.40). Die Nutzung von i.o. Systemen für einen sternalen Zugang bietet den Vorteil, dass ihre Anwendung bei der Verletzung von Extremitäten weiter möglich bleibt. Da Extremitätenverletzungen im militärischen Umfeld sehr häufige Verletzungsmuster darstellen, kommt diesem Gesichtspunkt besondere Bedeutung zu. Das Sternum ist durch Schutzwesten meist gut geschützt, und schwere Verletzungen in diesem Bereich sind häufig ohnehin unmittelbar tödlich. Das F.A.S.T.-1-System ist speziell für die Anlage am Sternum konstruiert worden. Die Technik ist einfach zu erlernen und durchzuführen. Das F.A.S.T.-1 ist aufgrund seines niedrigen Profils und dem abdeckenden Plastikdom das nach Anlage am sichersten in Position bleibende System [38]. Dies ist im taktischen Umfeld mit seinen meist rauen Transportbedingungen besonders vorteilhaft. Nachteilig ist, dass es ein relativ großes und schweres Packmaß aufweist. Die Nachfolgegeneration (F.A.S.T.-X) ver-

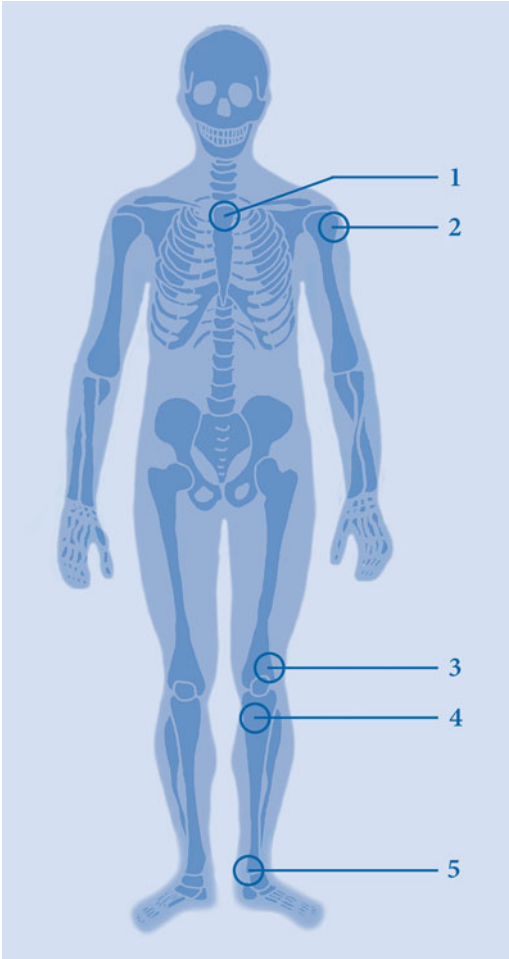


Abb. 9.40 Übliche Anlageorte für intraossäre Nadeln: *1* Sternum; *2* Oberarmkopf; *3* distaler Oberschenkel; *4* Tibiakopf; *5* Innenknöchel

Abb. 9.41 Pflasterrolle als mechanischer Schutz für eine im Tibiakopf liegende i.o. Nadel. (Foto: F. Josse)

spricht hier zumindest eine deutliche Gewichtsreduktion. Im Gegenteil zu manuellen Nadeln (wie z. B. EZ-IO Sternal Set) ist das F.A.S.T.-1 für Einmalgebrauch konzipiert, es kann mit demselben System bei erfolgter Auslösung kein zweiter Punktionsversuch durchgeführt werden [38].

Das halbautomatische EZ-IO-System verwendet eine akkubetriebene Bohrmaschine und verschiedene Nadellängen für die unterschiedlichen Injektionsstellen. Die intraossäre Nadel ist mit dem System nach Aufsuchen der korrekten Punktionsstelle sehr schnell und erfolgreich platzierbar. Neben der Tatsache, dass es durch Größe und Gewicht in der Regel nur auf Fahrzeugen mitführbar ist, stellt v. a. die aus dem Knochen herausstehende Nadel ein Nachteil dar, die beim Verwundetentransport ein höheres Dislokationsrisiko hat (Abb. 9.41). Im EZ-IO-System sind auch Sets mit Handknauf zur manuellen Einbringung der Nadel erhältlich, die für die Anwendung beim Erwachsenen gut geeignet sind. Die Handhabung sowohl des manuellen als auch des halbautomatischen Systems erfordern aufgrund fehlender Zielhilfen und der vom Anwender kontrollierten Einbringtiefe einen vergleichsweise hohen Ausbildungsaufwand.

Üblicherweise wird vor Einführen der Nadel eine Lokalanästhesie von Haut, Weichteil und Knochenhaut durchgeführt. In Studien und eigenen Erfahrungen hat sich aber gezeigt, dass der Schmerz beim Einbringen der Nadel mit dem einer peripher-venösen Punktion mit einer 14-G-Kanüle vergleichbar ist [38]. Deutlich davon abgegrenzt werden muss der Schmerz, der beim Freispülen der Knochenmarkhöhle entsteht: um eine ausreichende Fließgeschwindigkeit zu erzielen, soll nach Anlage einer intraossären Nadel ein langsames Durchspülen des Knochenmarks mit 10 ml Flüssigkeit erfolgen. Dies verursacht beim ansprechbaren Patienten einen nicht unerheblichen Injektionsschmerz, welcher durch die vorherige Gabe von 2–3 ml Lokalanästhestikum reduziert werden kann.

Nach Einbringen der Nadel wird durch Aspiration mittels einer Spritze die korrekte Lage geprüft. Ist Blut rückläufig, kann von einer erfolgreichen Platzie-

rung im Knochenmark ausgegangen werden und die Injektion des Flüssigkeitsbolus (NaCl 0,9 %, ggf. Lokalanästhetikum) nach Gebrauchsanweisung des jeweiligen Produkts erfolgen. Kann kein Blut aspiriert werden, sollte dennoch ein vorsichtiger Injektionsversuch unternommen werden. Ist die Injektion durchführbar, und eine angeschlossene Infusion läuft problemlos, ist ebenfalls eine Lage im Knochenmark anzunehmen. Vor Anschluss des Infusionssystems an die IO-Kanüle sollte ein Dreiwegehahn zwischengeschaltet werden. Dies erlaubt es, ähnlich dem Port einer Flexüle, bei laufender Infusion Medikamente zuspritzen zu können. Bei Verwendung von Dreiwegehähnen mit Schlauchverlängerung (z. B. Discofix 3 mit Verbindungsleitung, Fa. Braun) kann die mechanische Manipulation an der Nadel dabei auf ein Minimum begrenzt werden [22].

Um adäquate Infusionsgeschwindigkeiten von 40 ml/min zu erhalten, wird die Verwendung von Druckinfusionsmanschetten empfohlen [22]. Die erzielbaren Fließgeschwindigkeiten am Sternum sind im Vergleich zu anderen Punktionsstellen gut [22]. Bei Medikamentengabe über den IO-Zugang wird das Nachspülen mit 5–10 ml physiologischer Elektrolytlösung empfohlen, um das Einspülen in den Kreislauf sicherzustellen [22].

Nach eigenen Erfahrungen lassen sich beim F.A.S.T.-System auch ohne Druckinfusion Fließgeschwindigkeiten von deutlich mehr als 40 ml/min regelmäßig erreichen. Nach Platzierung im Sternum sollte der Schlauch zur Vermeidung eines puffernden Luftpolsters durch vorsichtige Aspiration komplett mit Blut gefüllt werden. Anschließend wird eine 10-ml-Spritze mit 1 ml isotoner Kochsalzlösung gefüllt, angesetzt und mit hohem Druck schlagartig injiziert, was vom Patienten kurzzeitig als unangenehm bis schmerzhaft empfunden wird. Anschließend kann die Infusion angeschlossen werden. In der Regel sind dann gute Fließgeschwindigkeiten zu erzielen.

Diese Empfehlung weicht von der Gebrauchsanweisung des Herstellers ab, hat sich aber in der Praxis bewährt. Ist im Anschluss keine ausreichende Flussrate erreichbar, kann eine weitere Spülung entsprechend der Herstelleranweisung erfolgen.

Das F.A.S.T.-System ist vergleichsweise einfach anzuwenden, aber relativ schwer und weist ein großes Packvolumen auf. Cook- oder Jamshidi-Nadeln sind als Alternative nicht geeignet. Sie sind zwar leicht und klein verpackbar, wurden aber für den Einsatz bei Kindern entwickelt. Bei Anlageversuchen am Röhrenknochen des Erwachsenen verbiegen sie sich regelmäßig aufgrund der harten und dicken Kortikalis [66]. Wird ein leichter, klein verpackter intraossärer Zugang gesucht, sind EZ-IO-Sets für manuelle Anwendung aufgrund der stabilen Nadeln meist besser geeignet. Im Vergleich zu halbautomatischen und automatischen Systemen ist ihre Anwendung aber ausbildungsaufwändiger. Sie sollten daher nur durch in der Anwendung Erfahrene genutzt werden.

Infusionslösungen

Die bestehende wissenschaftliche Studienlage konnte bisher noch keine Infusionslösung als ideal geeignet für die Behandlung von Traumapatienten identifizieren [7]. Häufig werden Studien unter Laborbedingungen und am Menschen vermischt, viele negative Auswirkungen einzelner Lösungen werden erst durch sehr hohe Dosierungen erreicht und sind somit häufig wenig praxisrelevant, und Ergebnisse aus Tierversuchen werden oft unkritisch auf den Menschen übertragen [37]. Die widerstreitenden Studienergebnisse, Expertenmeinungen und Empfehlungen machen eine allgemeingültige Schlussfolgerung zur Volumentherapie schwierig. Darüber hinaus bewerten zivile Studien die Eignung verschiedener Infusionslösungen nur für Evakuierungszeiten, die meist höchstens eine Stunde betragen. Die Ergebnisse könnten für Patienten mit penetrierenden Verletzungen und mehrstündigen Evakuierungszeiten aber völlig unterschiedlich sein. Auf dem Gefechtsfeld sind wissenschaftliche Studien kaum durchzuführen, sodass anderweitig gewonnene Erkenntnisse nie mit völliger Sicherheit auf die taktische Verwundetenversorgung übertragbar sein werden. Gerade vor diesem Hintergrund gewinnen taktische Überlegungen einen besonderen Stellenwert bei der Auswahl geeigneter Infusionslösungen und der Strategie beim Volumenersatz. Neben streng medizinischen Gesichtspunkten müssen im militärischen Umfeld zusätzlich auch logistische Aspekte (Gewicht, Volumen, Lagerungsbedingungen) bei der Festlegung von Infusionsregime und bevorzugter Infusionslösung berücksichtigt werden [1].

Kristalloide Infusionslösungen

Kristalloide Infusionslösungen sind die Standardflüssigkeiten zum Ausgleich von Flüssigkeitsdefiziten und werden als Trägerlösungen für Medikamente und zum Offenhalten von venösen Zugängen eingesetzt. Auch beim polytraumatisierten Patienten werden sie in Kombination mit kolloidalen Lösungen genutzt. Bei spezifischen Therapien, z. B. im Bereich der Verbrennungsmedizin, spielen sie eine wichtige Rolle.

Wird versucht, ein Volumendefizit v. a. mit kristalloiden Lösungen auszugleichen, müssen häufig größere Mengen verabreicht werden. Aufgrund von Diffusion in den Extravasalraum verbleiben nach 30–60 min nur ca. 20 % des infundierten Volumens im Gefäßsystem, sodass für den gleichen Volumeneffekt wie bei Kolloiden die 5fache Menge an Kristalloiden notwendig ist [45, 63]. Die Infusion größerer Mengen von kristalloiden Lösungen, insbesondere hypotoner Lösungen wie Ringer-Laktat, führt dann häufig zu einer extravasalen Flüssigkeitsüberladung [7]. Dabei können neben lebensbedrohlichen Lungen- und Hirnödemen auch massive periphere Ödemen entstehen, die die Mikrozirkulationsstörungen im Schock deutlich verstärken [49, 63]. Im Vietnam-Krieg konnte nach aggressiver Gabe von kristalloiden Infusionslösungen ein so gehäuftes Auftreten einer Schocklunge (ARDS = »acute respiratory distress syndrome«) beobachtet werden, dass sich dafür auch der Begriff »Da-Nang-Lunge« etabliert hat [1].

Nachdem den unphysiologischen Zusammensetzungen der kristalloiden Lösungen lange keine Beachtung geschenkt worden ist, rücken sie zunehmend in den Fokus. In Studien konnte gezeigt werden, dass sie zur Entstehung der frühen traumabedingten Gerinnungsstörung (ETIC) wesentlich beitragen [68]. Wird dem Körper eine kristalloide Lösung zugeführt, senkt diese durch Verdünnung die Bikarbonatkonzentration im Blut. Bikarbonat dient als Pufferbase zur Aufrechterhaltung des natürlichen pH-Wertes durch Bindung von sauren H^+-Ionen. Sinkt seine Konzentration, können weniger H^+-Ionen gebunden werden, es kommt zur Verdünnungsazidose [64]. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wird vielen Infusionslösungen Laktat beigesetzt (z. B. Ringer-Laktat). Laktat wird in der Leber in Bikarbonat umgewandelt und verringert so die bei der Infusion größerer Mengen kristalloider Infusionslösung entstehende Azidose. Die Laktatkonzentration im Blut wird damit allerdings verfälscht und kann dann im Schockraum nicht mehr als Marker für die Schwere eines Schocks genutzt werden [49]. Der Umbauvorgang zu Bikarbonat in der Leber verbraucht darüber hinaus Sauerstoff, was die Gewebeoxygenierung im Schock zusätzlich verschlechtert [49]. Ein hoher Laktatspiegel führt außerdem zum Absinken der Serumkonzentration von Kalzium, das eine Schlüsselrolle in der Blutgerinnung einnimmt und ohnehin durch Serum- und Albuminverluste bei starken Blutungen verloren geht [62]. Ringer-Laktatlösung findet daher zunehmend keine Anwendung mehr [64].

Als Alternative bieten sich Ringer-Acetat oder Ringer-Malat-Lösungen an. Beide erhöhen den Laktatspiegel nicht, werden aber ebenfalls hepatisch zu Bikarbonat metabolisiert und erhöhen so den Sauerstoffbedarf. Die Verstoffwechslung von Malat erfolgt dabei langsamer als die von Acetat, sodass sich der erhöhte Sauerstoffverbrauch im Wesentlichen auf den Zeitraum nach der präklinischen Versorgungsphase verteilt und dadurch besser kompensierbar ist [49, 64].

Kolloidale Infusionslösungen

Kolloide (auch Plasmaexpander genannt) weisen einen erheblich größeren Volumeneffekt als kristalloide Lösungen auf. Die gebräuchlichsten künstlichen Kolloide sind **Hydroxyethylstärke** (HES) und **Dextrane**. Nach Applikation verbleiben die großen Kolloidmoleküle in den Gefäßen und erhöhen den osmotischen Gradienten zugunsten des Intravasalraums. Das zusätzliche Volumen wird bis zur Verstoffwechselung oder Ausscheidung der Kolloidmoleküle über mehrere Stunden im Gefäßsystem gehalten, wodurch der erzielte Volumeneffekt deutlich länger anhält als bei Kristalloiden. Diese Eigenschaften machen Kolloide grundsätzlich zu nahezu idealen Infusionslösungen für den Einsatz auf dem Gefechtsfeld.

Leider weisen kolloidale Lösungen einen mehr oder weniger ausgeprägten negativen Einfluss auf die Gerinnung auf und können Unverträglichkeitsreaktionen bis hin zum anaphylaktischen Schock auslösen [49]. Im US-amerikanischen Raum hatten Kolloide daher in der präklinischen Volumentherapie bisher einen sehr geringen Stellenwert. Mehrere

Studien zeigten dort Überlebensvorteile für Traumapatienten bei Verwendung von Kristalloiden anstelle von Kolloiden. Diese Ergebnisse sind auf europäische Verhältnisse aber nicht zu übertragen, weil bis in jüngere Zeit in den USA lediglich Dextrane oder die in Europa aufgrund ihres schlechten Nebenwirkungsspektrums schon länger nicht mehr verwendete hochmolekulare (»high molecular weight«, HMW) HES-Lösung zugelassen war [49]. HMW-HES-Lösungen (z. B. HES 450/0,7) verursachen auch bei einmaliger Gabe niedriger Mengen erhebliche Störungen der Blutgerinnung durch Umhüllung (»coating«) der Thrombozyten, die dann schlechter aggregieren können, und Störung der Fibrinvernetzung [37]. Dextranlösungen haben von allen künstlichen Kolloiden durch eine deutliche »coating«-bedingte Thrombozytenaggregationshemmung den ausgeprägtesten negativen Einfluss auf die Gerinnung und weisen eine hohe allergene Potenz auf [37, 63].

In Europa werden dagegen seit langem mittel- und niedermolekulargewichtige HES-Präparate (MMW, »medium molecular weight«, bzw. LMW, »low molecular weight«) mit niedrigem Substitutionsgrad bevorzugt. Sie weisen ein deutlich verbessertes Spektrum unerwünschter Wirkungen auf [49]. Die Störung der Blutgerinnung beschränkt sich im Wesentlichen auf eine Beeinträchtigung der Fibrinvernetzung, wobei es sich dabei häufig um Laboreffekte handelt, die in den zulässigen Dosierungsmengen beim Patienten kaum mehr nachzuweisen sind [49]. Auch das Risiko einer anaphylaktischen Reaktion kann für moderne MMW- und LMW-HES-Lösungen aufgrund seiner geringen Wahrscheinlichkeit (HES 130/0,4) vernachlässigt werden [49]. Diese modernen HES-Lösungen der 3. Generation (z. B. Voluven, Tetraspan) weisen einen annähernd gleichen Volumeneffekt, aber eine kürzere Verweildauer auf. Ihr günstiges Nebenwirkungsprofil führte auch zu einer deutlichen Erhöhung der maximal applizierbaren Menge auf 50 ml/kg KG/Tag (HES 200/0,5: 33 ml/kg KG/Tag; Hextend: 20 ml/kg KG/Tag) [46]. Sie sollten daher für den Volumenersatz beim Traumapatienten bevorzugt werden [37].

Die Fokussierung auf Kolloide in den neueren TCCC-Leitlinien und die Entdeckung der in Europa gebräuchlichen niedrigmolekularen HES-Lösungen ist bemerkenswert und dürfte zu einer Neubewertung von Kolloiden auch in der zivilen amerikanischen Notfallmedizin führen [1].

Parallel zu dieser Entwicklung haben sich in jüngerer Zeit in verschiedenen Studien Hinweise auf ein im Vergleich zu kristalloiden Lösungen ungünstiges Nebenwirkungsspektrum gehäuft, so dass im Rahmen einer Risikoabwägung von der Europäischen Arzneimittelagentur bis auf weiteres von der Nutzung von HES-Lösungen abgeraten und ein Ruhen der Arzneimittelzulassung empfohlen wird. Diese Empfehlung wird in Fachkreisen heftig diskutiert, da sie sich im Wesentlichen auf intensivmedizinische Beobachtungen bei »kritisch Kranken« abstützt: Bei Patienten mit Sepsis führte die Gabe von Hydroxyethylstärke zum häufigeren Nierenversagen. Für die Verwendung in der präklinischen Notfallmedizin liegen keine entsprechenden Daten vor. Es ist daher fraglich, ob die Ergebnisse der Intensivmedizin sich ohne weiteres auf die kurzzeitigen Applikationen von vergleichsweise geringen Mengen in der Notfallmedizin übertragen lassen. Gleichzeitig fehlen überzeugende Alternativen: neben den bereits angesprochenen Dextran-Lösungen mit ihrem ungünstigeren Nebenwirkungsspektrum neigen auch Gelatine-Lösungen zu einem geringeren Volumeneffekt bei gleichzeitig höherem Anaphylaxie-Risiko als die gebräuchlichen HES-Lösungen. Auch das Nutzen-Risiko-Verhältnis von Humanalbumin 20 % ist nicht eindeutig belegt, gleichzeitig ist es aber um ein Vielfaches teurer. Aus Sicht der anästhesiologischen Fachgesellschaften können HES-Lösungen daher weiter eingesetzt werden, ihre Verwendung sollte aber auf Patienten mit akut vital bedrohlichen, anderweitig nicht beherrschbaren Blut- und Volumenverlusten beschränkt bleiben [74, 75]. Derzeit ergeben sich daher keine Änderungen bei der Anwendung von HES-Lösungen zur Therapie des traumatischen Volumenmangelschocks. Ob HES-Lösungen künftig für den Anwender verfügbar bleiben, hängt neben einer medizinischen Risiko-Nutzen-Abwägung aber auch immer von der Medikamentenzulassung ab (s. unten).

Neben der Abwägung von Feinheiten des Nutzen-Risiko-Verhältnisses unter den optimalen Versorgungsbedingungen der Intensivstation eines Krankenhauses müssen im Hinblick auf die Eig-

nung für den Einsatz im taktischen Umfeld auch andere Aspekte berücksichtigt werden. Kolloide bringen nämlich in logistischer Hinsicht klare Vorteile mit sich: Im Vergleich mit kristalloiden Lösungen vervierfacht sich bei gleichem Gewicht und Packmaß der erzielbare Volumeneffekt. Das im Rucksack mitführbare Volumen an Infusionslösungen beschränkt sich ohnehin meist auf wenige Liter, da die Belastungsgrenze der Soldaten durch Schutzweste, Bewaffnung, Trinkwasser, medizinische und sonstige Ausrüstung mit Lasten von insgesamt 30–50 kg bereits nahezu erreicht ist. Die geringen Nachteile der modernen kolloidalen Lösungen rücken aus Sicht der Autoren mangels Alternativen in den Hintergrund, bis bessere Optionen verfügbar geworden sind [27, 49].

Hyperton-hyperonkotische Infusionslösungen

Hyperton-hyperonkotische Infusionslösungen (HyperHAES) enthalten eine stark hypertone Kochsalzlösung (7,2 %) mit 6 % HES 200/0,5. Durch rasche Infundierung der Lösung kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Plasmaosmolalität, die zu einem schnellen Flüssigkeitseinstrom aus dem Extra- in den Intravasalraum führt [42]. Die enthaltenen HES-Moleküle binden den Großteil der eingeströmten Flüssigkeit anschließend im Gefäßbett. Dadurch können teilweise auch Patienten im sonst therapierefraktären Schock stabilisiert werden. Die Überlebenswahrscheinlichkeit im Schock kann erhöht, die Organperfusion verbessert werden [42]. Die rasche Verbesserung der Mikrozirkulation scheint nach der derzeitigen Studienlage insbesondere bei SHT und penetrierenden Verletzungen die Überlebenswahrscheinlichkeit zu erhöhen [49].

Ob die Kombination mit hyperton-hyperonkotischen Kochsalzlösungen einer Therapie nur mit herkömmlichen Kristalloiden oder Kolloiden hinsichtlich des Patientenoutcome wirklich überlegen ist, ist aber noch nicht klar und wurde bisher intensiv untersucht [49]. Die zur hämodynamischen Stabilisierung notwendige Flüssigkeitsmenge konnte bei der Anwendung von HyperHAES aber deutlich gesenkt werden [42]. Dies bringt neben dem Behandlungserfolg auch erhebliche logistische Vorteile hinsichtlich Packmaß und Gewicht mit sich. Eine akute Volumenüberladung wie bei der Anwendung von kristalloiden Lösungen ist bei hypertoner Kochsalzlösung bei einmaliger Applikation nicht zu befürchten, da die hypertone Lösung umso mehr verdünnt wird, je größer das intravasale Volumen ist. Der Flüssigkeitseinstrom ins Gefäßbett reduziert sich damit entsprechend [42].

Die in HyperHAES vorliegende Kombination von hypertoner Kochsalzlösung und MMW-HES beeinträchtigt die Gerinnselfestigkeit in experimentellen Untersuchungen weniger stark als die sehr nebenwirkungsarmen LWM-HES-Präparate. Ob sich dies klinisch auswirkt, ist aber noch nicht geklärt [36, 37].

Angesichts der Tatsache, dass die Lösungen rasch als Druckinfusion appliziert werden müssen, um ihre Wirkung zu entfalten, ist eine Steuerung des Blutdruckanstiegs über Titration schlechter möglich. Die Anwendung kann aus eher theoretischen Erwägungen somit im taktischen Umfeld problematisch sein. Gerade bei unkontrollierten Blutungen und der Indikation zur permissiven Hypotonie sollte ihr Einsatz daher gut abgewogen werden [42].

Insgesamt war die Studienlage zum Stellenwert von HyperHAES nicht einheitlich. Die positiven Anfangserfahrungen, ersten größeren Studien und klinischen Anwendungsbeobachtungen wiesen jedoch auf einen hohen Nutzen der Lösungen für die taktische Medizin hin. Selbst eine in den USA noch nicht zugelassene hyperton-hyperonkotische Kochsalz-Dextran-Lösung wird trotz des enthaltenen nebenwirkungsreichen Dextran sehnsüchtig erwartet und könnte dort als neue Standardinfusionslösung das derzeit eingeführte Kolloid Hextend 6 % in den TCCC-Leitlinien ablösen [45].

Durch die bereits angesprochene Diskussion rund um das Risikoprofil von HES wurde auf Betreiben des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte auch die Überarbeitung der Zulassung für HyperHAES gefordert. Der Hersteller verzichtete leider darauf und zog die Zulassung zurück. Das Produkt ist damit nicht mehr am Markt erhältlich. Es ist zu vermuten, dass hier weniger ein schlechtes Risikoprofil die Ursache war, als vielmehr wirtschaftliche Abwägungen. Eine Neuzulassung mit dem modernen niedermolekulargewichtigen HES 130/0,4 hätte für dieses notfallmedizinische Nischenprodukt wahrscheinlich unverhältnismäßig hohe Kosten

verursacht. Gerade für den Bereich der taktischen Medizin hinterlässt der Wegfall von HyperHAES eine spürbare Lücke, da die Infusionslösung ein sehr gutes Verhältnis zwischen Packmaß und Gewicht zu intravasaler Volumenwirkung geboten hat.

Als hyperton-hyperonkotische Infusionslösung steht alternativ RescueFlow zur Verfügung. Dessen hyperonkotische Wirkung basiert auf einem Zusatz von Dextran anstelle von HES und weist damit dessen ungünstigeres Nebenwirkungsspektrum auf.

Balancierte Infusionslösungen

Da die meisten kristalloiden und kolloiden Lösungen unphysiologisch sind, leisten sie einer Azidose durch Verdünnung häufig Vorschub (s. o.) und fördern so die letale Trias des Schocks [37, 64].

Lösungen, die im Elektrolytmuster, Osmolalität und Säure-Basen-Status die Charakteristik des Plasmas aufweisen, werden als »balanciert« bezeichnet. Sie können (mit Ausnahme einer Volumenüberladung) keine wesentlichen Störungen des Säure-Basen- und Elektrolythaushaltes auslösen [63]. Daher sollten grundsätzlich balancierte Infusionslösungen eingesetzt werden, und unbalancierte Lösungen (z. B. NaCl, RiLac) auf ein Minimum reduziert werden [7, 35, 62, 64].

In der Gesamtschau aller Infusionslösungen weisen LMW-HES-Präparate mit niedrigem Substitutionsgrad (z. B. 130/0,42) in isotoner, balancierter Lösung mit physiologischem Kalziumgehalt (z. B. Tetraspan, Fa. Braun) somit ein sehr günstiges Nebenwirkungsprofil auf und dürften damit die derzeit beste vorhandene Option für einen präklinischen Volumenersatz beim Traumapatienten darstellen [4, 62, 63].

Vorteile von 250-ml-Infusionsbeuteln gegenüber den üblichen 500-ml-Beuteln

- Sie lassen sich leichter verstauen.
- Bei Anfall einer größeren Anzahl Verwundeter kann die verfügbare Infusionsmenge bei Bedarf auf mehr Patienten aufgeteilt werden.
- Die Überwachung des infundierten Volumens wird erleichtert.

Orale Flüssigkeitszufuhr

Die im zivilen Bereich übliche Praxis, dass Verletzte zur Minderung des Risikos bei der Narkoseinleitung grundsätzlich nüchtern gelassen werden sollen, kann nicht unkritisch auf den militärischen Bereich übertragen werden. Patienten sind durch die körperliche Anstrengung im Gefecht, das Tragen der schweren Ausrüstung und aufgrund der klimatischen Bedingungen meist schon vor der Verwundung dehydriert. Bei längeren Evakuierungszeiten und limitierter Verfügbarkeit von Infusionslösungen, insbesondere von Kristalloiden, kann dies die Entstehung eines Schocks fördern. Orale Flüssigkeitsaufnahme kann helfen, Infusionen einzusparen. Sie wird daher für alle Patienten empfohlen, die nicht bewusstseinsgetrübt sind und schlucken können [45]. Bei Patienten mit Abdominaltrauma sollte die Indikation lageabhängig enger gefasst werden.

Plasma

Blut- und Plasmaprodukte stellen in vielen Fällen den derzeit besten verfügbaren Volumenersatz bei hämorrhagischem Schock dar. Plasma bietet im Gegensatz zu Infusionslösungen den Vorteil, dem Körper Flüssigkeit in physiologischer Konzentration mit allen Elektrolyten und Proteinen inkl. der Gerinnungsfaktoren zur Verfügung zu stellen [24, 51]. Es ist daher als Volumenersatz gerade bei Patienten mit drohenden oder manifesten Gerinnungsstörungen hervorragend geeignet, da es verloren gegangene Gerinnungsfaktoren ersetzen kann und Verdünnungseffekte vermeiden hilft. Es konnte bis in jüngste Zeit allerdings nur durch Einfrieren haltbar gemacht werden (»Fresh Frozen Plasma«, FFP), sodass es aufgrund der notwendigen Kühlung für den präklinischen Einsatz kaum geeignet war [59].

Bereits im 2. Weltkrieg wurde als deutlich einfacher zu handhabende Variante gefriergetrocknetes Plasma genutzt, das unmittelbar vor Anwendung wieder in Flüssigkeit gelöst werden konnte. Aufgrund von damals nicht beherrschbaren Problemen durch die mögliche Übertragung von Infektionskrankheiten wurde die Produktion verlassen [1].

In Konsensus-Konferenzen der amerikanischen Streitkräfte wurde gefriergetrocknetes Plasma 2010 als vielversprechendste Flüssigkeit im Rahmen von prolongierter präklinischer Volumentherapie bewertet [10]. Auch in den britischen Streitkräften

wird die Verwendung von Plasma auf dem Gefechtsfeld angestrebt [10]. Eine Studie über die präklinische Anwendung von Plasma als Volumenersatz der ersten Wahl bei nichtkontrollierbaren Blutungen unter militärischen Einsatzbedingungen steht noch aus, könnte aber gefriergetrocknetes Plasma als feste Behandlungsoption im präklinischen Bereich etablieren.

Entsprechende Produkte sind in den USA in der Erprobung, und ihrer Zulassung in den nächsten Jahren wird hoffnungsvoll entgegengesehen [59]. In Deutschland und Frankreich steht dagegen schon gefriergetrocknetes lyophilisiertes Plasma (LyoPlas N-w) zur Verfügung, das hinsichtlich der Lagerungsbedingungen mit einem zulässigen Temperaturbereich von 2–25 °C relativ unempfindlich ist [14]. Nach Lösen in Wasser kann es unmittelbar verabreicht werden. Es wird in großem Umfang erfolgreich in Auslandseinsätzen der Bundeswehr genutzt, allerdings bisher lediglich in der stationären Versorgung [10].

Auch wenn Plasma ein nahezu ideales Volumenersatzmittel ist, bietet sich Lyoplasma in der Präklinik nur eingeschränkt für diesen Verwendungszweck an. Es ist nicht nur teuer und nicht in beliebigen Mengen produzierbar, sondern auch nur als Trockensubstanz in Glasflaschen verfügbar und muss erst mit Wasser für Injektionszwecke aufgelöst werden. Pro Flasche stehen dann 200 ml Plasma zur Verfügung, so dass die bei relevantem Trauma notwendigen Mengen an Volumenersatz nicht nur schlecht mitgeführt werden können, sondern auch eine erhebliche Vorbereitungszeit vor Applikation brauchen.

Zur Schockraumbehandlung in medizinischen Behandlungseinrichtungen ist Lyoplasma deutlich geeigneter, da hier mehr Helfer und Lagerungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. In der Regel wird es aber aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit auch hier vor allem dazu genutzt, bei Blutungen und Gerinnungsstörungen zusätzlich Gerinnungsfaktoren zu substituieren und wird mit anderen Blutprodukten kombiniert. Grundsätzlich ist ein Verhältnis Lyoplasma : Erythrozytenkonzentrat von 1:1 zu empfehlen. In einer leistungsfähigen medizinischen Behandlungseinrichtung kann die kalkulierte Substitution von einzelnen Gerinnungsfaktoren allerdings im Vergleich dazu mehr erreichen und ist logistisch einfacher.

Einen besonderen Stellenwert hat dabei die Gabe von **Fibrinogen**. Die o. g. Trauma-induzierte Koagulopathie führt neben einer Hyperfibrinolyse, die mittels Tranexamsäure therapiert werden kann, auch zu einem massiven Verbrauch von Fibrinogen. Dieser Verbrauch tritt schon kurz nach einem Trauma auf, noch bevor eine Behandlung im Schockraum möglich ist. Bereits 1992 konnte eine Verminderung der präklinischen Fibrinogenkonzentration an polytraumatisierten Patienten gezeigt werden [78]. Aktuelle Studien aus 2012 bestätigen diese frühe Abnahme der Fibrinogenkonzentration [79]. Hinzu kommt, dass eine niedrige Fibrinogenkonzentration mit einer erhöhten Sterblichkeit vergesellschaftet ist [80]. Darum ist auch eine frühzeitige präklinische Gabe von 2–4 g Fibrinogen bei hämorrhagischem Schock und unkontrollierbaren Blutungen zur Förderung der Blutstillung zu empfehlen. Um diese Menge an Fibrinogen mittels gefriergetrocknetem Plasma zu verabreichen, müssten dem Patienten 2.000–4.000 ml Plasma infundiert werden. Dies entspricht 10–20 Glasflaschen Lyoplasma, deren Mitführung und Vorbereitung einen erheblichen logistischen Aufwand darstellen würde.

Tipp

Fibrinogen ist als Trockensubstanz in 1 g Konzentrationen in einer Glasflasche verfügbar. Diese muss mit 50 ml Wasser für Injektionszwecke aufgelöst werden, was im Einsatz auf logistische Probleme stoßen kann. Die Durchstechflaschen dürfen nicht über +25 °C gelagert werden.

Prokoagulanzien

Als präklinisches Prokoagulanz der Wahl bei nicht beherrschbaren Blutungen konnte sich mittlerweile **Tranexamsäure** (Cyklokapron, Quixil) etablieren und ist für diese Anwendung auch in die TCCC-Leitlinien aufgenommen worden [10, 70]. Tranexamsäure (TXA) hemmt die Auflösung bestehender Blutgerinnsel (Fibrinolyse) und begünstigt dadurch die Blutgerinnung. Sie vermindert nachgewiesenermaßen das Risiko zu verbluten, ist relativ kostengünstig und weist angesichts der Lebensge-

fahr ein vertretbares Nebenwirkungsspektrum auf [11]. Es gibt sogar erste Hinweise darauf, dass Tranexamsäure auch die Prognose von Patienten mit einer traumatisch bedingten intrakraniellen Blutung günstig beeinflussen kann [71]. Bei Verwundeten mit signifikantem Blutverlust (z. B. bei hämorrhagischem Schock, Amputationsverletzungen, penetrierendem Thoraxtrauma) kann standardisiert innerhalb der ersten Stunde nach der Verwundung, spätestens aber innerhalb von 3 h, 1 g Tranexamsäure als Kurzinfusion verabreicht werden. Nach Infusionstherapie mit Kolloiden kann dann eine zweite Kurzinfusion mit gleichem Wirkstoffgehalt durchgeführt werden [70].

Eine weitere Option ist die Anwendung von **Desmopressin** (Minirin). Es verstärkt die Thrombozytenadhäsion an die Gefäßwande im Bereich von Verletzungen und fördert so die Entstehung belastbarer Blutgerinnsel. In Laboruntersuchungen konnte Desmopressin die bei auf 32 °C gekühltem Blut erheblich verschlechterte Gerinnung wieder deutlich verbessern [62]. Eine Begleittherapie mit Desmopressin kann daher gemäß Stellungnahme der Bundesärztekammer bei der Therapie schwerer Blutungen bei Hypothermie indiziert sein [36]. Bei Hasen mit unkontrollierten Blutungen nach Verletzung der Aorta zeigte sich bei einer Gruppe, die normotensiv und mit Desmopressin behandelt worden ist, eine ähnliche Überlebenswahrscheinlichkeit wie bei der Kontrollgruppe mit permissiver Hypotension [50]. Für Patienten mit SHT und unkontrollierten Blutungen, bei denen zurzeit der Spagat zwischen Minimierung von Blutverlusten und optimaler Hirnperfusion kaum zu bewerkstelligen ist, könnte das Medikament daher in Zukunft eine entscheidende Prognoseverbesserung bedeuten [76].

Der Einsatz von **rekombinantem Faktor rVIIa** (NovoSeven) zeigte bei Verwundeten mit unstillbarer Blutung in Studien teilweise Überlebensvorteile. rVIIa aktiviert die intrinsische und extrinsische Gerinnungskaskade und fördert dadurch die Thrombenbildung. Damit könnte es zur Verminderung von präklinisch sonst nicht kontrollierbaren Höhlenblutungen beitragen [51]. Verschiedene US-Spezialeinheiten hatten versuchsweise mit der präklinischen Anwendung von NovoSeven begonnen, seit die neueste Generation des Medikaments nicht mehr kühlpflichtig ist. Da für eine erfolgreiche Anwendung noch ausreichend Gerinnungsfaktoren vorhanden sein müssen, macht eine Nutzung im präklinischen Bereich aber nur in einer frühen Phase des Traumas Sinn, in der der kritische Verlauf meist noch schlecht vorhersehbar ist. Da im Vergleich zu Tranexamsäure eine erhöhte Rate von Thromboembolien als Komplikation nachgewiesen worden ist, ist rVIIa eher keine Option mehr für den präklinischen Einsatz. Seine Anwendung sollte daher vornehmlich auf den klinischen Bereich beschränkt bleiben [36].

Posttraumatische Reanimation

Reanimationsversuche sollten bei traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillständen in taktischen Lagen im Regelfall im Sinne einer Triagierung unterbleiben. Sie binden massiv Material und Personal, haben aber eine sehr schlechte Prognose [45]. In entsprechend günstigen Lagen (z. B. Polizeieinsatz, einzelner Verwundeter ohne aktuelle Bedrohung) ist der Versuch aber durchaus sinnvoll und ist gerade bei eigenen Verwundeten wichtig für die Moral und die psychische Verarbeitung (»es wurde alles versucht«). Ist ein Spannungspneumothorax als Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes nicht sicher auszuschließen, sollte vor Abbruch der Reanimationsmaßnahmen unbedingt eine beidseitige Nadelentlastung durchgeführt werden [70].

9.3.5 Disability

Neurologischer Status (Abb. 9.42)

Bei der Erhebung des neurologischen Status ist insbesondere der Bewusstseinszustand aufgrund seiner Bedeutung für die Atemwegssicherung und als Maßstab der Organperfusion im Rahmen der Schockbehandlung wichtig. In Verbindung mit der Pupillenreaktion liefert er darüber hinaus auch Anhaltspunkte zur Beurteilung der Schwere eines Schädel-Hirn-Traumas.

Zur Vereinfachung ist in der taktischen Medizin eine Einteilung in AVPU (englisch) bzw. WASB (deutsch) üblich (Abb. 9.43). Die Einteilung »alert« (wach), »verbal« (antwortet), »pain« (Schmerzreaktion) und »unresponsive« (bewusstlos) deckt sich dabei mit der traditionellen deutschen Einteilung der Bewusstseinszustände (wach, somno-

D Disability (neurolog. Status / SHT / Analgesie)

- Neurologischer Status: Bewusstseinszustand feststellen nach AVPU[1]
  - A – Alert (GCS 13-15)
  - V – Verbal (GCS 8-12)
  - P – Pain (GCS 4-7)
  - U – Unresponsive (GCS 3)

- Pupillenbeurteilung nach dem PERRLA Schema:
  - P – Pupils (Pupillen)
  - E – Equal (gleich-isocor)
  - R – Round (rund)
  - RL – React to light (lichtreagibel)
  - A – Accommodate (beweglich[2])

- grob neurologische motorische/sensible Untersuchung: abhängig vom Unfallmechanismus.
  - werden alle Extremitäten gleich bewegt ?
  - bei ansprechbaren Verwundeten nach Sensibilitätsstörungen fragen
  - bei V.a. Wirbelsäulentrauma (perianale Sensiblitätsstörungen/unwillkürlicher Stuhl-/Urinabgang? –„Griff in den Schritt", ggf. bereits beim „Blood Sweep")
  - bei bewußtlosen Verwundeten ggf. Schmerzreiz bds. prüfen

1 Die im zivilen verwendete GCS (Glascow Coma Scale) ist im Einsatz nicht anwenderfreundlich, nicht stressresistent abrufbar und in taktischen Lagen nicht sicher anzuwenden. Das AVPU Schema gibt näherungsweise, effektiv und schnell einen Eindruck über die Bewusstseinslage.
2 nur bei wachen, ansprechbaren Verwundeten zu beurteilen.

9

Abb. 9.42 Leitlinie Disability (neurologogischer Status/SHT/Analgesie)

Alert – Verbal – Pain – Unresponsive

	Augen öffnen	beste sprachliche Antwort	beste motorische Reaktion
6			gezielt auf Aufforderung
5		voll orientiert	auf Schmerzreiz, gezielt
4	spontan	unvollständig, orientiert	auf Schmerzreiz, ungezielt
3	auf Aufforderung	verworren	auf Schmerzreiz, Beugesynergismen
2	auf Schmerzreiz	unverständliche Laute	auf Schmerzreiz, Strecksynergismen
1	keine	keine	keine

Abb. 9.43 Darstellung der typischen Befunde im Rahmen der AVPU-Einstufung. In der ersten Spalte sind die Werte des Glasgow-Coma-Scale (GCS) zum Vergleich aufgeführt

Schädel-Hirn-Trauma
Bei stumpfem oder penetrierendem Schädel-Hirn-Trauma:
• regelmäßig Bewusstseinszustand prüfen und dokumentieren
• HWS Immobilisation[1]
• Oberkörper 30° hochlagern
• Kopf gerade „in-line" lagern
• ggf. Freihalten der Atemwege[2]
• Ziel RR syst. 120 mmHg[3]
Ausreichende Analgesie mittels S-Ketamin[4]

1 HWS-Orthese nicht zu fest anlegen, um den venösen Rückfluss nicht zu behindern. Dies gilt auch für die gerade Lagerung des Kopfes. Keine Traktion auf die HWS erzeugen.
2 Auch mit Wendl-Tubus möglich. Bei V.a. Schädelbasisfraktur und/oder Blut/Liquor aus der Nase keinen Wendel-Tubus benutzen.
3 Ziel RR syst. ist 120 mmHg um einen ausreichenden Perfusionsdruck aufrecht zu halten. Volumenersatz mittel der 1. Wahl HyperHaes6% oder einer anderen hyperton-hyperonkotischen Lösung als Bolusgabe.
4 Analgesie mit S-Ketamin. Wirkung: erhaltene Schutzreflexe, gesteigerter Sympathikotonus mit RR Stabilisierung, erhaltener Atemantrieb (bei subanästhetischen Dosen geringe Gefahr der Hypoventilation mit Hyperkapnie), möglicherweise neuroprotektive Eigenschaften.

Abb. 9.44 Care under fire

lent, soporös, komatös). Durch die Nutzung der Anfangsbuchstaben lässt sich ein Befund gut dokumentieren und übergeben. Als Gedächtnisstütze zum Untersuchungsablauf der Pupillen und Dokumentationsmöglichkeit hat sich »PERRLA« (**p**upils **e**qual, **r**ound, **r**eactive to **l**ight, **a**ccommodate: Pupillen isokor, rund, lichtreagibel, Akkomodation) etabliert.

Eine grobe Überprüfung von Durchblutung, Motorik und Sensibilität der Extremitäten sollte durchgeführt werden, um später den Verlauf beurteilen zu können und Hinweise auf eine ggf. vorliegende Wirbelsäulenschädigung zu erhalten.

Schädel-Hirn-Trauma (Abb. 9.44)

Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma sollten zur Minderung des Hirndrucks mit erhöhtem Oberkörper (idealerweise 30°) und in der Körperachse gerade liegendem Kopf (Verbesserung des venösen Abflusses) gelagert werden. Eine Halskrause darf daher auch nicht zu fest angelegt werden. Neben der Sauerstoffgabe soll ein normal hoher Blutdruck die Optimierung der zerebralen Perfusion und der Gewebeoxygenierung sicherstellen. Unter adäquater Beatmung oder Oxygenierung ist die Anwendung von Ketamin beim SHT indiziert. Es gibt erste Hinweise, dass Ketamin ebenso wie HyperHAES einen neuroprotektiven Effekt beim SHT haben kann [49]. Die Therapie des SHT ist ausführlich in ▶ Kap. 18 dargestellt.

Schmerzbekämpfung (Abb. 9.45)

Im taktischen Umfeld kann eine große Bandbreite von Schmerzen auftreten. Neben schweren Verwundungen, die in der Regel eine Therapie mit Opiaten oder Ketamin erfordern, sind leichtere Verwundungen mit geringeren Schmerzen häufig auch durch orale Einnahme niedrigpotenterer Medikamente ausreichend versorgt. Auch bei eher banal erscheinenden Erkrankungen, wie z. B. starken Kopfschmerzen, kann nur die Verfügbarkeit geeigneter Schmerzmittel die volle Einsatzfähigkeit des Soldaten erhalten.

Analgesie

Analgesie mittels Fentanyl-„Lolli[1]" oder S-Ketamin:

- Im Einsatz keine Acetylsalicylsäure (ASS) einnehmen[2]
- Wenn Opiate i.v. eingesetzt werden, sollte Naloxon vorgehalten werden.
- Lokal- oder Regionalanästhesie abhängig vom Ausbildungsstand erwägen.
- Fentanyl-„Lollis" 800µg anwenden bei:
  Leicht- bis mittelschwer verletzten Verwundeten mit starken Schmerzen
  Ansprechbaren Verwundeten ohne Schockzeichen
  Verwundeten ohne i.v. / i.o. Zugang
- Fentanyl „Lolli" für 15' in der Wangentasche platzieren, danach erneute Beurteilung des Schmerzzustandes. Anweisung an Verwundeten, bei befriedigender Analgesie den „Lolli" eigenständig zu entfernen.
- Aus Sicherheitsgründen kann der Fentanyl-„Lolli" mit Tape am Finger des Verwundeten befestigt werden (fällt bei Vigilanzminderung ggf. aus dem Mund).
- Auf flacher werdende Atmung und reduzierte Atemfrequenz achten.

Bei anhaltendem Schmerz anschließend ggf. einen zweiten Fentanyl-„Lolli" in die andere Wangentasche legen.

1 Fentanyl „Lolli" ist eine umgangssprachliche Bezeichnung für eine Fentanyl-Lutschtablette mit Applikator, sozusagen „am Stiel", für die Mundschleimhaut. Zur Anwendung wird das Reiben des Applikators an der Mundschleimhaut empfohlen. Dies ist im Einzelfall jedoch nicht immer möglich. Das Zerbeißen und Schlucken der Tablette sollte auf jeden Fall vermieden werden.
2 ASS hemmt nicht reversibel die Thrombozytenaggregation und vermindert somit die Blutgerinnung im Fall einer Verwundung entscheidend.

Abb. 9.45 Leitlinie Analgesie

Schmerz ist eine äußerst subjektive Empfindung und korreliert nicht zwangsläufig mit der Schwere der Verwundung. Insbesondere im Gefecht werden Verletzungen häufig nicht richtig wahrgenommen. In diesen Fällen ist eine Analgesie nicht zwingend indiziert, bis Schmerzen auftreten oder die Lage es erlaubt. Verwundete profitieren durch Minderung der schmerzbedingten Aktivierung des Sympathikotonus aber generell von einer Analgetikagabe.

Weil die intravenöse Schmerztherapie zwar schnell und gut wirksam ist, aber auch mit einem hohen Aufwand verbunden ist, kommt aufgrund der Besonderheiten des taktischen Umfeldes alternativen Applikationsformen (z. B. bukkal, intranasal, intramuskulär) eine besondere Bedeutung zu. Auch die voraussichtliche Dauer der Schmerztherapie im Feld muss hinsichtlich der notwendigen Überwachung, wie auch der Aufrechterhaltung der Analgesie durch Repetitivdosen, bedacht werden.

S - Ketamin - Anwendung
• Mittel bis schwerverletzte Verwundete.
• Verwundete, die Aufgrund der Verletzung nicht mehr eigenständig sitzen können.
• Verwundete mit Schockzeichen / kreislaufinstabile Verwundete.
• Verwundete mit i.v. / i.o. Zugang, auch eine i.m oder nasale[1] Applikation ist alternativ möglich.
• In Kombination mit anfangs 1-2 mg Midazolam (Dormicum) i.v. anzuwenden. Ein weiteres Titrieren des Dormicum bis zu max 5 mg bei persistierender Unruhe möglich. Wenn zeitlich möglich, Dormicum vor der Ket S Gabe applizieren.
• Mit dem Verwundeten sprechen, beginnende Wirkung d. Medikaments erläutern[2].
• Dosierung[3] (für einen durchschnittlichen Soldaten mit ca. 80 kg KG): i.v./ i.o. initial 20 mg S-Ket[4], Wirkeintritt in 2-3', dann weiter vorsichtig bis zur Schmerzfreiheit in 10 mg-Schritten titrieren.
• Repetitionsdosis nach ca. 15-20', in 10 mg-Schritten[5] bis zur Schmerzfreiheit titrieren (i.m. initial 80-100 mg S-Ket -alleinige Gabe- Wirkeintritt nach 5-10').
• Midazolam (Dormicum) anwenden bei: Angstzuständen, Agitation, Aufregung, Panik. In Kombination mit S-Ketamin.
• Dosierung[6] (für einen durchschnittlichen Soldaten mit ca. 80 kg KG): i.v./ i.o. 2 mg (ggf. bis max. 5 mg in 1 mg-Schritten titrieren); i.m. initial 10 mg.
1 Die nasale Appikation ist eine alternative Möglichkeit, die eine Wirkstoffaufnahme über die Nasenschleimhaut ermöglicht. Dies ist noch in der Erprobungsphase und genaue Angaben sowie Erfahrungen fehlen hier noch. Die Gabe von 1-2 ml unverdünntem Ket S mit 25mg/ml kann initial zur Analgesie verabreicht werden. Hier sind die gleichen Nebenwirkungen wie bei den anderen Applikationswegen zu beachten. 2 S-Ketamin bewirkt eine Ataranalgesie mit dissoziativer Wirkung. Verwundete können lärmempfindlich sein und äußere Einflüsse als unangenehm empfinden. Ebenso sind unvorhersehbare psychische Reaktionen möglich, weshalb S-Ketamin nicht bei leicht verletzten, noch eigenständig mobilen Verwundeten angewendet werden sollte. Hier werden Opiate in Form von „Fentanyl-Lollis" empfohlen (siehe oben). 3 Dosierung für Ket-S nach Fachinformation 0,125 – 0,25 mg / kgKG i.v. und 0,25 – 0,5 mg / kgKG i.m. (i.m. ggf. bis zu über 1mg/kgKG notwendig) Vorsicht: Auf die Verdürnung der verfügbaren Ampullen achten. Hier sind unterschiedliche Konzentrationen pro Ampulle (mg/ml) auf dem Markt. 4 S-Ketamin bewirkt eine Ataranalgesie. Es wirkt kreislaufstabilisierend, erhält die Schutzreflexe, erhält bei sub anästhetischen Dosen den Atemantrieb, wirkt in kurzer Zeit hoch analgetisch und hat eine kurze Halbwertszeit – was allerdings die kontinuierliche Wiederholung der Gabe erfordert. Vorsicht. Bei Überdosierung ist ebenso eine Atemdepression für kurze Zeit möglich. 5 Bei beginnendem Nystagmus oder Schließen der Augen bzw. wenn der Verwundete nicht mehr ansprechbar ist keine weitere Gabe von S-Ketamin. 6 Dosierung für Midazolam nach Fachinformation 0,025 – 0,05 mg / kgKG i.v.

Abb. 9.46 Leitlinie S-Ketamin-Anwendung

Ketamin (Abb. 9.46)

Ketamin ist ein fast ideales Analgetikum für den Schwerverletzten im taktischen Umfeld. Durch die große therapeutische Breite, den Erhalt von Atemantrieb und Schutzreflexen bei analgetischen Dosierungen und die positiven hämodynamischen Effekte ist es relativ anwendungssicher.

E	Environment & Exposure (Weitere Untersuchung, Versorgung, Wärmeerhalt, Antibiose, Überwachung, Dokumentation...)
	Frakturen:
	• Offene Frakturen sind keimarm abzudecken.
	• Ein Tourniquet kann nur bedingt die transossäre Blutung stillen.
	• Nur in Extremfällen kann die Anlage temporär bis zur Anlage von Verbänden/Hämostyptika indiziert sein.
	• Frakturen achsengerecht lagern und immobilisieren, wenn möglich schienen.
	• Periphere Pulse vor und nach Schienung kontrollieren.

Abb. 9.47 Leitlinie Environment & Exposure

9

Analgesie im Einsatz

Auf die Bedeutung der frühzeitigen Schmerztherapie und ihre praktische Durchführung wird detailliert im ▶ Kap. 10 eingegangen.

9.3.6 Exposure and environment

In diesem Abschnitt der Versorgung erfolgt lageabhängig eine Entkleidung zur vollständigen körperlichen Untersuchung. Dabei werden dann auch nicht unmittelbar lebensbedrohliche Verletzungen versorgt, eine Hypothermieprophylaxe und weitere Maßnahmen (wie Antibiotikatherapie und Dokumentation) durchgeführt.

Frakturen (Abb. 9.47)

Alle Frakturen sollten immobilisiert werden, um eine Schmerzreduktion zu erzielen und weitere Gewebeschädigungen zu vermeiden. Nach Möglichkeit sollte eine Fehlstellung dabei unter axialem Zug vor der Schienung reponiert werden. Bei Frakturen der unteren Extremität bewirkt eine Traktionsschienung eine erhebliche Schmerzminderung (z. B. CT-6-Karbonschiene). Vakuum- und Luftkammerschienen sind im taktischen Umfeld eher zurückhaltend anzuwenden, da sie bei Beschädigung der Hülle ihre Funktion weitgehend verlieren. Bewährt haben sich SAM-Splints oder auch herkömmliche Leiterschienen. Auf eine gute Polsterung, insbesondere über gut tastbaren Knochen, ist zu achten. Die Schienen sollten in Erwartung einer folgenden Gewebeschwellung und ggf. nicht durchgehend möglicher Überwachung nicht zu fest angewickelt werden. Für Armverletzungen ist meist eine Ruhigstellung in einer mittels Dreiecktuch improvisierten Armschlinge ausreichend, die mit einer Dreiecktuchkrawatte am Oberkörper festgelegt werden kann. Alternativ kann auch die Binde, mit der die Unterarm-Schiene festgewickelt wird, mehrfach um den Hals geführt und so eine improvisierte Trageschlaufe hergestellt werden (Abb. 9.48). Vor Reposition und Schienung sowie im weiteren Verlauf sollten regelmäßig die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität kontrolliert werden. Liegt bei einer frakturierten Extremität eine periphere Pulslosigkeit vor, muss in jedem Fall ein Repositionsversuch unternommen werden, um ischämiebedingte Schädigungen zu verhindern. Dieser sollte in Zusammenarbeit mit dem Patienten und unter bestmöglicher Analgesie erfolgen.

Verbrennungen (Abb. 9.49)

Hat ein Patient Verbrennungen erlitten, sollten diese keimfrei oder zumindest keimarm mit nichtanhaftendem Verbandmaterial abgedeckt werden.

Abb. 9.48 Die Binde, mit der die Schiene am Unterarm befestigt wird, kann auch für eine improvisierte Trageschlaufe genutzt werden. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Bei großflächigen Verbrennungen hat sich die Nutzung von Rettungsdecken bewährt. Verbrennungsverletzte haben häufig einen hohen Analgetikabedarf und sind besonders hypothermiegefährdet. Bei Verbrennungen im Gesichts-/Halsbereich oder Inhalation von heißer Luft kann es zu einer akuten Verlegung der Atemwege durch Zuschwellen kommen. Dadurch kann eine Koniotomie unumgänglich werden. Verbrennungspatienten erhalten präklinisch häufig erheblich zu viel Volumen. In der ersten Stunde sollten daher max. 1.000 ml kristalloide Lösung infundiert werden, sofern der Patient hämodynamisch stabil ist.

Tipp

Die »10er-Regel« gibt einen vereinfachten Anhalt zur initialen Infusionstherapie für normalgewichtige Patienten (40–80 kg): Infusionsvolumen pro Stunde= 10 ml pro % II–III° VKOF. Für schwerere Patienten erhöht sich der Volumenbedarf je 10 zusätzliche kg um 100 ml/h.

Die Versorgung von Verbrennungen beschreibt ▶ Kap. 15 detaillierter.

Penetrierende Augenverletzungen

(Abb. 9.50)

Penetrierende Augenverletzungen resultieren immer in einer hohen Infektionsgefahr, die auch bei Bagatellverletzungen das Augenlicht gefährdet. Kann der Patient schlucken, ist die orale Gabe von Gyrasehemmern (z. B. Ciprofloxacin, Moxifloxacin) sinnvoll. Je nach Einsatzland können teils erhebliche Abweichungen bei den Erregerresistenzen bestehen, die bei der Wahl des Antibiotikums berücksichtigt werden sollten. Nach Möglichkeit sollte die Wahl mit der für andere Verwundungen identisch sein, um die Handhabung zu vereinfachen.

Soll keine systemische Analgosedierung erfolgen, ist die örtliche Betäubung durch lokalanästhetische Augentropfen (z. B. Ophtacain-N) möglich. Sind diese nicht verfügbar, können auch normale, zu Injektionszwecken bestimmte Lokalanästhetika ins Auge getropft werden. Diese lösen im Regelfall ein nicht unerhebliches Brennen aus, das aber nach Minuten abklingt. Bevor das verletzte Auge abgedeckt wird, sollte die verbliebene Sehfähigkeit überprüft werden. Das andere Auge sollte dabei geschlossen sein oder zugehalten werden. Orientierend kann geprüft werden, ob Schrift lesbar ist (z. B. Verwundetenanhängekarte nutzen), die Anzahl gezeigter Finger erkannt wird, Bewegung mit der Hand vor dem Auge gesehen wird oder zumindest die Unterscheidung zwischen hell und dunkel möglich ist.

Das Abdecken sollte mittels einer **starren Augenklappe** erfolgen, um Druck auf das Auge zu verhindern (Abb. 9.51). Dieser könnte zu weiterer Verletzung und dem Herauspressen von Augeninhalt führen. Ersatzweise kann auch eine Schutzbrille genutzt werden. Nur das Abdecken beider Augen stellt das verletzte Auge bestmöglich ruhig, resultiert aber auch in völliger Hilflosigkeit und häufig resultierenden Angstreaktionen des Patienten. Der für ihn nötige Aufwand erhöht sich somit erheblich, und der Verwundete kann sich im Notfall nicht mehr am Gefecht beteiligen. Die Maßnahme ist daher im Wesentlichen von der Lage abhängig zu machen. Die Versorgung von Augenverletzungen wird in ▶ Kap. 16 näher beschrieben.

Verbrennung

- Gesichtsverbrennungen (insbesondere die in geschlossenen Räumen oder durch Verpuffung/Explosion erlittenen) sind häufig mit Inhalationstraumen kombiniert.
  Verstärktes regelmäßiges Kontrollieren des Atemweges.
  Beachten der Pulsoxymetrie.
  Ggf. chir. Atemweg bei Verlegung der oberen Atemwege in Betracht ziehen.
- Verbrannte Körperoberfläche (VKOF) mit Hilfe der 9%-Regel bestimmen.
- Verbrennungen mit trockenen, keimarmen Verbänden[1] abdecken.
- Verbrennungsopfer sind besonders Hypothermie-gefährdet. Immer den Wärmeerhalt[2] beachten
- Ausreichende Analgesie (gemäß Abschnitt Analgesie, s.o.) - Volumensubstitution[3] bei über 20 % KOF i.v. oder i.o.: -> Initial in der ersten Stunde max. 1000ml balancierte kristalloide Lösung[4]

Bei zusätzlichem hämorraghischem Schock, ist nach oben genanntem Schema vorzugehen, wobei die Volumentherapie primär im Vordergrund steht.

1 Zu empfehlen sind mit Metalline beschichtete Verbände. Sterile Kompressen oder kommerzielle Verbände wie die ER-Bandage können bei Fehlen von speziellen Wundauflagen ebenso verwendet werden. Wichtig ist es, eine weitere Verunreinigung der Wunde zu vermeiden!
2 Die Verwendung einer Rettungsdecke BW/zvil gold/silber bzw. oliv/silber wird hier dringend empfohlen. Außerdem auf dem Markt erhältlich und empfehlenswert sind „Blizzard Survival Blanket /Blizzard Rescue Blanket"
3 Parkland/Baxter Formel VKOF in % x 4 ml/h x kgKG innerhalb 24 Std. 50% in den ersten 8 Stunden, 25 % jeweils in den weiteren 2 x 8 Stunden. Dies ist eine grobe Orientierung und nur für lange Transportwege anzuwenden.
4 Jonosteril, E 153

Abb. 9.49 Leitlinie Verbrennungen

Penetrierende Augenverletzung

- schnelles Überprüfen der Sehkraft.
- Auge mit einer festen Augenklappe abdecken.
  Keinen Druck auf das Auge ausüben.
  Keine Kompressen verwenden.
  Keine Medikamente/Salben lokal anwenden.
  falls taktisch möglich, beide Augen abdecken.
- An ausreichende Analgesie denken. Lokalanästhetika[1] erwägen.
- Gabe von oralen Antibiotika (z.B. Ciprofloxacin 500 mg[2])

1 Lokalanästhetika-Augentropfen (wie z.B. Ophtacain-N (Tetracain); Einzelanwendung mit je 1-2 Tropfen pro Auge) in den Bindehautsack tropfen. Wiederholung bei erneuten Schmerzen über längere Zeit möglich.
2 Moxifloxacin Tagesdosis 2 x 500mg

Abb. 9.50 Leitlinie Penetrierende Augenverletzungen

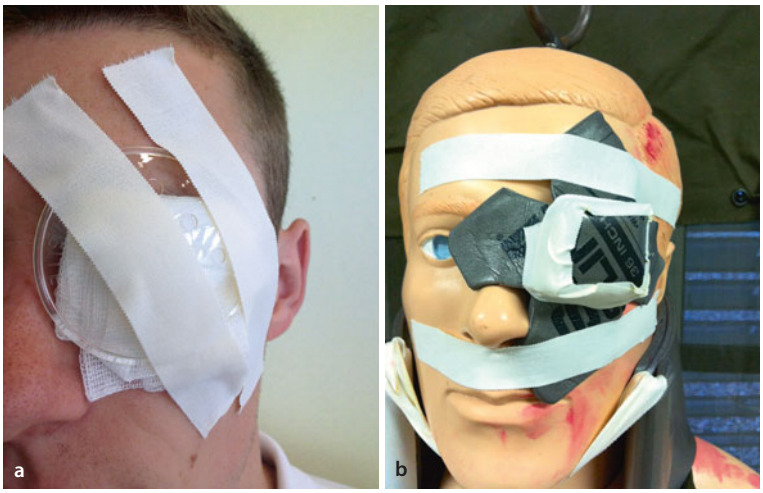


Abb. 9.51a,b Augenklappe. **a** »Eye shield« (starre Augenklappe) aus SanAusstg BAT. **b** Improvisierte Augenklappe aus SAM-Splint

Hypothermie[1]
• Verwundeten so wenig wie möglich den Wettereinwirkungen[2] aussetzen.
• Schutzbekleidung so weit wie praktikabel am Verwundeten belassen.
• Frühzeitig den Kontakt des Verwundeten zum Boden isolieren (Lagerung auf Tragetuch, wenn möglich Isoliermatte).
• Wärme-/Isolierdecken verwenden[3].
• Kopf gegen Auskühlung schützen.
• Nasse Kleidung wenn möglich durch trockene ersetzen.
• Alle Materialien verwenden, die den Verwundeten warm und trocken halten.
1 Die Hypothermie gehört neben der Koagulopathie und Azidose zu der letalen Trias. Ebenso ist die Blutgerinnung maßgeblich von der Körpertemperatur abhängig. Die Blutgerinnungsfähigkeit reduziert sich mit jedem Grad Körpertemperatur. Somit ist die Prävention der Hypothermie gleichzeitig eine Maßnahmezur Blutstillung 2 Wind, Regen Kälte (Insbesondere vom Boden ausgehend). 3 Rettungsdecke, Blizzard Rescue Blanket, chemische Wärmedecken (z.b. Ready Heat), ggf. Poncholiner, Schlafsack, Kälteschutz, Kleidung etc.

Abb. 9.52 Leitlinie Hypothermie

Hypothermie (Abb. 9.52)

Eine Hemmung der Gerinnung durch Hypothermie erhöht den Blutverlust nachweislich, da eine Verringerung der Körperkerntemperatur (KKT) um 1 °C die Effektivität der Gerinnungsfaktoren um ca. 10 % senkt [31]. Die Hypothermie beim Traumapatienten (akzidentelle Hypothermie) ist wesentlich bedrohlicher als eine einfache Unterkühlung. Sie hat schwerwiegende Auswirkungen auf das Gerinnungssystem und verschlechtert die Prognose

Antibiotika

- Antibiotikagabe für alle[1] offenen „combat related injuries" indiziert.
- Gefahr der anaphylaktischen Reaktion auf Antibiotika beachten. Siehe Anaphylaxie.
- Bei ansprechbaren Verwundeten, bei denen eine orale Gabe möglich ist:
  Ciprofloxacin 500mg p.o.
- wenn keine orale Gabe möglich ist bzw. ein i.v. /i.o. Zugang vorhanden ist:
  Tazobac[2] 1x 4,5g i.v.

1 unter dem Begriff „alle offenen Verletzungen" sind hier keine Bagatellverletzungen (wie z.B. kleine Schnitt und Quetschwunden) gemeint. Diese sind mit dem zuständigen Arzt zu besprechen und meist mit einer lokalen Behandlung ausreichend versorgt.
2 Tazobac 3 x 4,5 g/Tag (Piperacillin und Tazobactam). Dies deckt grampositive Erreger, gramnegative Erreger und Anaerobier (eine zusätzliche Gabe von Metronidazol ist hier primär präklinisch nicht mehr notwendig) ab. Dies gilt aktuell insbesondere für Afghanistan. Je nach Einsatzland und Erregerspektrum können andere Antibiosen zu empfehlen sein wie z.B. die Kombination von Cefuroxim 1,5 g und Metronidazol 0,5 g i.v. Dies ist ebenso bei bekannter Penicillin-Allergie sinnvoll, da Tazobac nicht gegeben werden darf.

Abb. 9.53 Leitlinie Antibiotika

deutlich. Die kritische Körperkerntemperatur liegt in der Traumatologie bei ca. 34 °C [31]. Wird eine KKT von 32 °C unterschritten, liegt die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Schwerverwundeten nahe 0 %. Gerade unter Gefechtsbedingungen ist der zur Vermeidung einer Hypothermie notwendige Aufwand weitaus geringer, als die Behandlung eines hypothermen Patienten [51]. Die Vermeidung einer Hypothermie ist daher eine wesentliche Aufgabe in der Versorgung [59].

Spätestens zu diesem Zeitpunkt muss in der Behandlung ein Schwerpunkt auf den Erhalt der Körpertemperatur gelegt werden. Einfache Maßnahmen sind das Einhüllen in eine Rettungsdecke, Poncholiner, Schlafsack oder sonstiges isolierendes Material, Unterlegen einer Isomatte, Verbringen in Windschatten und Anwendung von aktiv wärmeerzeugenden Produkten, wie z. B. Ready-Heat-Decken. Diese chemischen Wärmeerzeuger sollten vor der Verwendung für ein bis 2 min an der Umgebungsluft Sauerstoff aufnehmen können, um warm zu werden [59]. Aber auch im Vorfeld können alle Maßnahmen möglichst wärmeerhaltend durchgeführt werden, in dem Kleidung nur dort vorübergehend geöffnet wird, wo der Körper untersucht oder behandelt wird. Auf das Aufschneiden der Kleidung sollte nach Möglichkeit verzichtet, feuchte Kleidung aber entfernt und Infusionen möglichst vorgewärmt verabreicht werden. Ziel aller Maßnahmen muss immer der Wärmeerhalt, nicht die Wiedererwärmung sein. Die Thematik wird eingehend in ▶ Kap. 38 behandelt.

Antibiotikatherapie (Abb. 9.53)

In Gefechten verursachte Wunden sind meist zerklüftet und hochgradig verschmutzt [59]. Präklinisch verabreichte Antibiotika sollen in erster Linie keine bestehende Infektion behandeln, sondern sie durch einen entsprechenden Wirkstoffspiegel im verletzten Gewebe bestmöglich verhindern [69]. Dazu ist die frühestmögliche Applikation notwendig. Während die Gabe innerhalb einer Stunde nach Verwundung nachweisbar den Verlauf günstig beeinflusst, ist dieser Effekt bei einer erst nach 6 h erfolgten Applikation nach derzeitiger Studienlage nicht mehr sicher nachweisbar [45]. Daher sollten schnellstmöglich Antibiotika verabreicht werden, wenn eine Behandlungseinrichtung nicht innerhalb von 3 h nach Verwundung erreicht wird. Die unmittelbare Gabe von Antibiotika konnte bei prolongierten Evakuierungszeiten die Wundinfektionsrate teilweise von 30 auf 0 % senken [45]. Im angloamerikanischen Raum ist daher die Ausgabe eines Antibiotikums zusammen mit Schmerztabletten

üblich, die vom Patienten unmittelbar nach der Verwundung selbstständig eingenommen werden sollen. Die Wahl fiel auf Moxifloxacin, da es eine ausgezeichnete orale Bioverfügbarkeit bietet, ein geringes Risiko einer allergischen Reaktion aufweist und das übliche Keimspektrum in Gefechtswunden gut abdeckt [59]. Die im Afghanistaneinsatz häufig relevanten Problemkeime bei Infektionen (z. B. Pseudomonas, Citrobacter, Hämophilus ducreii) scheint der Wirkstoff Ciprofloxacin noch optimaler abdecken zu können. Er wird daher in den aktuellen Leitlinien der TREMA e.V. empfohlen.

Die orale Gabe von Antibiotika ist bei Patienten mit Bewusstseinsstörung/Narkose, schwerer Gesichts- oder Abdominalverletzung und aufgrund der unsicheren intestinalen Resorption im Schock nicht sinnvoll. Hier sollte eine i.v. Antibiotikatherapie erfolgen [45]. Eine i.v. Antibiotikatherapie lässt sich bei längeren Transportzeiten gut während des Transports verabreichen. Bei kurzen Transportzeiten bietet eine präklinische Applikation keinen wesentlichen Vorteil zur Gabe im Schockraum. Der Transport des Verwundeten sollte daher in keinem Fall durch eine Antibiotikagabe verzögert werden [59]. In den aktuellen TCCC-Leitlinien werden Ertapenem und Cefotetan aufgrund des guten Wirkungsspektrums und der geringen Nebenwirkungen als i.v. Antibiotikatherapie empfohlen. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Regularien des CoTCCC fordern, dass aufgrund der einfacheren Handhabbarkeit eines einzelnen Medikaments keine Kombination aus mehreren Antibiotika-Einzelpräparaten als Empfehlung in die Leitlinien aufgenommen werden soll. Da Ertapenem und verwandte Antibiotika der Wirkstoffgruppe der Imipeneme aber eines der wenigen verbleibenden Medikamente sind, die auch bei Infektionen mit Problemkeimen wie Acinetobacter baumannii wirken und generell ein Reserveantibiotikum darstellen, folgen die in diesem Buch dargestellten Leitlinien dieser Empfehlung nicht.

Die Kombination zweier Antibiotika erzielt ein ebenso gutes oder sogar besseres Wirkungsspektrum bei geringem Mehraufwand bei Vorbereitung und Applikation und keiner wesentlichen Vergrößerung von Packmaß und Gewicht. Darüber hinaus können bei entsprechender Auswahl die gleichen Antibiotika für orale und i.v. Gabe genutzt werden, sodass eine Fortführung der Therapie möglich ist. Sinnvoll kann z. B. eine Kombination von Ciprofloxacin oder Moxifloxacin mit Metronidazol sein, da Letzteres eine gute Wirksamkeit gegen Clostridien aufweist und damit die hoch gefährlichen Gasbrandinfektionen vermeiden hilft.

Mit **Tazobac** (Piperacillin + Tazobactam) steht ein Antibiotikum mit breitem Wirkspektrum (inkl. Clostridien) zur i.v. Gabe zur Verfügung, das auch in mitteleuropäischen Schockräumen häufig Standard ist. Nachteilig sind die Verpackung in einer Glasflasche und die Tatsache, dass es bei Penicillinallergie aufgrund möglicher schwerer allergischer Reaktionen nicht verabreicht werden darf. Daher ist idealerweise die Auswahl eines Antibiotikums für die präklinische Gabe in Kenntnis von individuellen Allergien der Einheit durch den zuständigen Arzt unter Berücksichtigung des Keimspektrums im Einsatzland im Vorfeld festzulegen. Bei unbekannten Patienten muss nach Möglichkeit eine entsprechende Anamnese vor Applikation erhoben und mit allergischen Reaktionen gerechnet werden.

Zunehmend treten im Rahmen von Auslandseinsätzen bisher wenig relevante Keime mit ausgeprägten Multiresistenzen auch bei deutschen Soldaten auf, z. B. Acinetobacter baumanii [52]. Manche Experten warnen, dass dies durch die breite antibiotische Therapie nach Verwundung bedingt ist, die nach Eradikation der üblichen sensiblen Keime für die übrig gebliebenen multiresistenten Formen hervorragende Wachstumsbedingungen hinterlassen [48]. In Studien konnte aber keine erhöhte Infektionsrate mit multiresistenten Keimen bei Einmalgabe von Antibiotika nach Verwundung nachgewiesen werden [69].

Neuere wissenschaftliche Untersuchungen zur präklinischen Antibiotikatherapie in den US-Streitkräften lassen allerdings Zweifel an deren Wirksamkeit aufkommen. Ein greifbarer Unterschied hinsichtlich der Infektionsraten zwischen Verwundeten mit und ohne präklinische Antibiotikagabe ließ sich in ersten Studien entgegen der Erwartungen bisher nicht feststellen [69]. Bis ausreichend große Studien eine klare Empfehlung möglich machen, sollte aus grundsätzlichen Erwägungen an der frühestmöglichen Verabreichung einer Einzeldosis festgehalten werden.

Anaphylaxie
• Wenn möglich Zufuhr des Allergens stoppen[1].
• Wenn der Verletzte ansprechbar ist, etwaige Allergien erfragen.
• Bei Kreislaufinsuffizienz (Tachycardie >100; Hypotonie < 80mmHg) Suprarenin 0,5 mg i.m. i.v. Zugang vorhanden: 0,1 mg Suprarenin i.v. (1:10.000)
• großzügige Volumengabe 500 -1000ml balancierte, kristalloide Lösung
• als weitere Therapiemaßnahme Gabe von H1[2] und H2 Antagonisten i.v., sowie Kortison (SDH) 250-1000 mg i.v.
• regelmäßige Kontrolle des Atemweges auf Anschwellen der Schleimhäute Bronchospasmus
o bei Verlegung der oberen Atemwege ggf. chirurgischen Atemweg etablieren.
1 Stoppen der Antibiotika oder HAES Infusion. Giftstachel entfernen o.ä. 2 H1- Antagonist z.B. Dimentiden (Fenistil) 8 mg (2 Ampullen) + H 2 Antagonist z.b. Ranitidin (Zantic) 50 mg (1 Ampulle)

Abb. 9.54 Leitlinie Anaphylaxie

Anaphylaxie (Abb. 9.54)

Allergische Reaktionen können auch im taktischen Umfeld auftreten und durchaus lebensbedrohliche Formen annehmen. Neben Medikamentenapplikation können auch anaphylaktische Reaktionen auf Insektengifte etc. auftreten.

Überwachung der Vitalfunktionen (Abb. 9.55)

Während der Phase TFC sollten Bewusstseinszustand, Atmung und Kreislauf regelmäßig kontrolliert werden. Sie sind nicht nur von Bedeutung für das frühzeitige Erkennen von Verschlechterungen, sondern auch um den Erfolg eigener Maßnahmen beurteilen zu können [55]. Auch eine regelmäßige Kontrolle der erfolgten eigenen Maßnahmen (Durchbluten von Verbänden, Dichtigkeit von »chest seals«, Wiederholung einer Entlastungspunktion etc.) sollte erfolgen.

Dokumentation (Abb. 9.56)

In der zivilen Notfallmedizin begleitet das Personal des als erstes beim Patienten eintreffenden Rettungsmittels in aller Regel den Patienten bis zur Aufnahme im Krankenhaus. Die erhobenen Befunde, Diagnose und durchgeführte Therapie lassen sich daher auch während des Transportes schriftlich dokumentieren und im Zweifelsfall in Notaufnahme oder Schockraum persönlich übergeben. Diese Möglichkeit besteht im taktischen Umfeld grundsätzlich nicht. Meist erfolgt eine lang andauernde Versorgung im Rahmen der erweiterten Selbst- und Kameradenhilfe mit teilweise umfassenden notfallmedizinischen Maßnahmen. Im Regelfall wird der Patient dann im Verlauf an sanitätsdienstliche Elemente vor Ort und von diesen wiederum an Hubschrauber übergeben. Durch Lärm, Dreck, die umfangreiche Kleidung und Ausrüstung, Feind- und Zeitdruck gehen dabei zwangsläufig alle nicht schriftlich dokumentierten Befunde verloren. In den US-Streitkräften wurden 2007 weniger als 10 % der Verwundeten beim Erreichen einer Behandlungseinrichtung durch eine schriftliche Dokumentation begleitet [45]. Dies kann Patienten erheblich gefährden, wenn Verwundungen später zunächst

Überwachung der Vitalzeichen

- Bewusstsein / Vigilanz
- Atemfrequenz
- Herzfrequenz
- Blutdruck
- Hautfarbe / Rekapillarisationszeit
- Pulsoxymetrie[1]

1 Die Pulsoxymetrie zeigt die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins im Blut an. Normwert ist 95-99%. Diese ist bei Sauerstoffmangel reduziert. Störfaktoren sind schlechte periphere Perfusion (z.B. durch Zentralisation im Rahmen eines Schocks oder Hypothermie), Umgebungslicht, Bewegungsartefakte oder Verunreinigungen. Ein hoher Anteil an MetHb oder COHb geben falsch hohe Werte an. Vorsicht. Die Werte der Pulsoxymetrie können bei Veränderungen der Sättigung dem Ereignis zeitlich nachhängen (z.B. rasche Veränderungen beim Spannungspneumothorax).

Abb. 9.55 Leitlinie Überwachung der Vitalzeichen

Dokumentation

- Alle erfassten Vitalzeichen, klinischen Befunde (Verletzungen), durchgeführten Maßnahmen und Änderungen des Zustandes müssen dokumentiert werden. Dies ist auf provisorische Art möglich (Zettel, Dokutape etc.) oder besser auf der „TREMA e.V. Doku-Karte" (siehe Anhang), die es ermöglicht, alle wichtigen Informationen einfach und patientennah zu dokumentieren.
- Wichtige zu dokumentierende Informationen:
  - Tourniquet: Anlageort und -zeitpunkt
  - Erkannte Verletzungen
  - Angewendete Hämostyptika
  - Vitalparameter im Verlauf
  - Verabreichte Medikamente (Infusionen, Analgetika, Antibiotika)
  - Durchgeführte Maßnahmen (z.B. Entlastungspunktion)

Abb. 9.56 Leitlinie Dokumentation

übersehen werden. Anamnestische Informationen, die gerade bei bewusstlosen oder analgosedierten Patienten nur aus dem unmittelbaren Umfeld stammen können, können später kaum noch erhoben werden und lebensgefährliche Konsequenzen haben (z. B. Pencillinallergie). Die beste in der jeweiligen Lage mögliche Dokumentation muss daher immer angestrebt werden.

Eine umfassende Dokumentation ermöglicht es, die Effektivität der Verwundetenversorgung auswerten zu können. Auf dieser Grundlage kann Verbesserungsbedarf erkannt und umgesetzt werden. Ein sorgfältiges Befüllen der Daten für das Einsatztraumaregister erhöht so die Überlebenschance unserer Verwundeten in künftigen Einsätzen!

Ein einfaches, auf das Wesentliche reduzierte Dokumentationssystem ist dabei wichtig. Die TREMA e.V.-Verwundetenanhängekarte ist von ähnlichen bei Spezialkräften eingesetzten Karten abgeleitet und hat sich vielfach bewährt (Abb. 9.57). Sie eignet sich zur Dokumentation von Befund, Diagnosen und Therapie, bietet auf der Rückseite ein Verlaufsprotokoll und weist Felder für die Einstufung der Transport- und Behandlungspriorität auf. Letztere können mittels Stift oder durch Einschneiden einer Kerbe in den Rand markiert werden. Bei einer Nachsichtung bzw. Änderung der Transportkategorie können dann zwei bzw. drei Kerben zur Aktualisierung genutzt werden (Download unter http://www.tremaonline.info/download.html). Sie sollte gut sichtbar am Patienten angebracht werden.

Eine Vorbereitung der Karten mittels Einlaminieren oder Ausdrucken auf wasserfestem Papier, Anbringen eines Loches an einer Ecke (z. B. mit handelsüblichem Bürolocher) und Durchfädeln einer großzügigen Schlinge aus Schnur oder eines Kabelbinder zur schnellen und sicheren Befestigung verbessert die Wetterfestigkeit und erleichtert die Handhabung unter Stress. Eine Befestigung durch Umhängen am Hals kann im schlechtesten Fall zur Strangulation des Patienten führen und sollte daher unterbleiben. Im Idealfall wird jeder Soldat mit einer bereits mit seinen Personalien und Allergien beschrifteten und anschließend laminierten Karte ausgestattet, die er bei seiner persönlichen Sanitätsausstattung trägt. Wenn die Lage das Ausfüllen dieser Karte verzögert, ist das Festhalten der wichtigsten Befunde (mit Uhrzeit) auf einem Tape-Streifen, z. B. am Arm des Patienten, eine schnelle Übergangslösung.

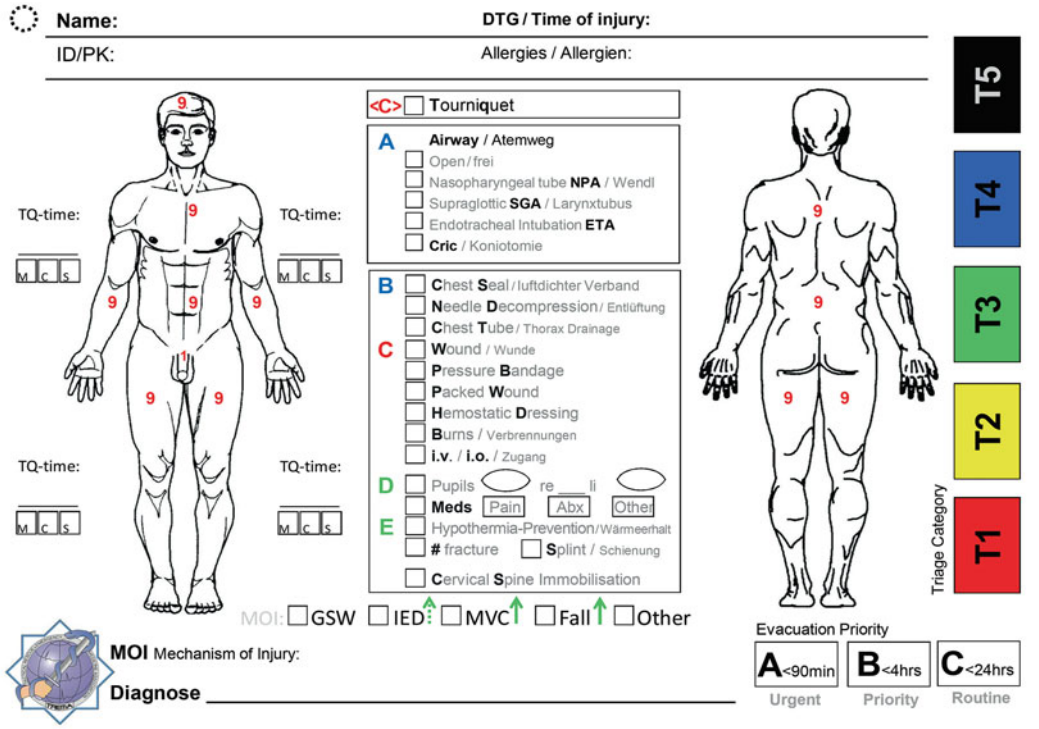
9.4 Tactical Evacuation Care

(Abb. 9.58)

Die Phase TCF beschreibt die medizinischen Maßnahmen während des Transportes von Verwundeten. Die Bandbreite der Evakuierung umfasst dabei MEDEVAC (»medical evacuation«) durch mit Fachpersonal besetzte und entsprechend ausgestattete Sanitätsfahrzeuge und -luftfahrzeuge mit Liegendtransportkapazität bis hin zu CASEVAC (»casualty evacuation«) in normalen Fahrzeugen der Truppe mit oder ohne Begleitung durch medizinisch ausgebildetes Personal (Abb. 9.59).

Die verfügbaren und sinnvollen Maßnahmen sind dabei bei allen Möglichkeiten im Prinzip identisch. Neben dem meist besseren Stand von Ausbildung und Erfahrung erleichtern die auf Sanitätsfahrzeugen verfügbaren Vorrichtungen zum Liegendtransport, die bessere Zugänglichkeit des Patienten, die vorhandenen medizinischen Geräte und die verfügbaren Ressourcen an Verbrauchsmaterial aber den Transport erheblich. Grundsätzlich sollte MEDEVAC daher immer bevorzugt werden, wenn die Lage dies erlaubt. Müssen Sanitätsfahrzeuge erst auf dem Landmarsch herangeführt werden, tritt häufig ein nicht unerheblicher Zeitverzug ein und dem Gegner wird eine weitere Bewegung als Ziel geboten. Transportiert ein vor Ort verfügbarer Rettungstrupp oder BAT (beweglicher Arzttrupp) den Patient in ein Feldlager, wird das medizinische Versorgungsniveau der Einheit verschlechtert. Außerdem muss dem Fahrzeug eine angemessene Sicherungskomponente mitgegeben werden, was die Kräfte vor Ort reduziert. Beides kann die weitere Auftragserfüllung gefährden. Aus diesen Gründen stellt bei Verfügbarkeit der sehr zeitsparende Lufttransport nahezu immer die ideale Option dar (Abb. 9.60). Gelände und Feindlage müssen den Einsatz aber erlauben. Erfolgt ein Transport mittels CASEVAC, ist bei fehlender Verfügbarkeit von Fachpersonal eine Begleitung durch einen Ersthelfer mit erweiterter Ausbildung sinnvoll, z. B. EH B (Einsatz-Ersthelfer B), CFR A/B/C (»Combat First Responder A/B/C«). Dieser fällt dann aber für die weitere Auftragserfüllung aus und kann seine Funktion (z. B. Führer, Fahrer, Hauptwaffenbediener) nicht mehr wahrnehmen. Entsprechend qualifiziertes Personal sollte daher nicht in Schlüsselverwendungen eingesetzt werden, und es muss eine entsprechende Eventualfallplanung vor Missionsbeginn durchgeführt werden.

In der Phase TFC getroffene Maßnahmen müssen vor Transportbeginn kontrolliert werden. Insbesondere i.v. Zugänge, Atemwegssicherung und Blutungskontrolle müssen überprüft werden. Die im Vorfeld erfolgte Versorgung von Verwundungen lässt sich durch das qualifizierte Personal und mit der guten Verfügbarkeit von Material auf Sanitäts-



Time / Uhrzeit		15	30	45	15	30	45	15	30	45	Notes:
Cristalloid	ml										
Colloid	ml										
HyperHaes 6%	ml										
Midazolam	mg										
S-Ketamine	mg										
Morphine	mg										
Actiq 800µg	EA										
Antibiotics / Abx											
	160										
Key / Legende:											
Tourniquet: applied ▼	140										
released ▲											
HR / Puls ●	120										
BP systolic / Blutdruck V											
BP diastolic Λ	100										
Airway / Intubation: ↓											
NDecompression: X	80										
Transport: T ----- T											
Pulse location: R=radial F=femoral; C=carotis	60										
SpO2	%										Name of Medic / Responder:
RR (RespRate) / Atemfrequenz	/ min										
AVPU / Bewusstsein											
Pain Scale / Schmerz 1-10											

© TREMA e.V. – unverändert und nichtkommerziell frei nutzbar
Stand Oktober 2013

Abb. 9.57 Vorder- und Rückseite der Verwundetenanhängekarte. (TREMA e.V.)

Grundlegende Verhaltensregeln für »Tactical Evacuation Care[1]«

(Verwundetenversorgung während des taktischen Verwundetentransports)

Vor Beginn des Transports sind der Verwundete und das Material auf Transportbereitschaft zu überprüfen:

- Ist der Atemweg frei bzw. ist die Atemwegssicherung noch suffizient?
- Sind alle Verbände noch suffizient?
- Ist die Infusion / Zugang i.v./i.o. gesichert?
- Ist der Verwundete vor Transportschäden sicher (Kopf, Extremitäten)?
- Wurde sämtliches Material/Abfall mitgenommen (Vermeide es Spuren zu hinterlassen)?
- Wurde ausreichend dokumentiert?
- Während des Transportes ist ein regelmäßiges Reassessment / Untersuchen des Verwundeten und der durchgeführten Maßnahmen nach dem ABCDE-Schema zwingend notwendig. Hier gelten die oben in der Phase „Tactical Field Care" beschriebenen Algorithmen und Empfehlungen.
- Während des Transportes ist eine Überwachung der Vitalzeichen mittels geeigneter Monitoring-Systeme (Pulsoxymetrie, EKG etc.), soweit vorhanden, zu empfehlen.
- Die Mehrzahl der Verwundeten benötigt keinen zusätzlichen Sauerstoff. In den nachfolgend genannten Situationen kann die Sauerstoffverabreichung jedoch hilfreich sein:
  - Reduzierte Sauerstoff-Sättigung (<90% in der Pulsoxymetrie)
  - Verletzungen, die eine unzureichende Sauerstoffaufnahme bedingen
  - Bewusstloser Verwundeter
  - Verwundeter mit Schädel-Hirn-Verletzung (Sauerstoff-Sättigung auf einem Wert von über 90% halten)
  - Verwundeter im Schockzustand
  - Verwundeter in großer Höhe

1 Der neue Begriff „Tactical Evacuation Care" umfasst sowohl die Maßnahmen bei Casualty Evacuation „CASEVAC" (behelfsmäßiger Verwundetentransport) als auch Medical Evacuation „MEDEVAC" (qualifizierter Verwundetentransport) gemäß der Definitionen in der Joint Publication 4-02.

Abb. 9.58 Leitlinien Grundlegende Verhaltensregeln für »Tactical Evacuation Care«

fahrzeugen meist noch verbessern. So sind im Regelfall Beatmungsgeräte, Überwachungsmonitore, erweitertes Material zur Hypothermieprophylaxe und Immobilisierung, Thoraxdrainagesets und größere Mengen an Verbrauchsmaterial (z. B. Infusionen) verfügbar. Wird auch auf allen normalen Gefechts- und Transportfahrzeugen ein Behältnis mit zusätzlichem medizinischem Material vorgehalten, können Verwundete während eines Transports auf diesen besser versorgt werden. Gleichzeitig wird ein wertvoller Materialpool für den Fall eines Massenanfalls von Verwundeten geschaffen.

- Bei einer bestehenden penetrierenden Thoraxverletzung (mit oder ohne Spannungskomponente und stattgefundener Entlastungspunktion) ist der Einsatz einer Thoraxdrainage in Erwägung ziehen, dies insbesondere, wenn keine Besserung eintritt und/oder ein langer Transport erwartet wird

- Die pneumatische Anti-Schock-Hose[1] (MAST) kann hilfreich sein um Blutungen im Becken und im Abdomen unter Kontrolle zu halten. Bei einer Beckenfraktur, die durch eine Beckenschlinge stabilisiert wurde, kann durch die Kombination mit einer MAST ein zusätzlicher Benefit erreicht werden. Das Anlegen, eine länger andauernde Verwendung sowie das Abnehmen müssen sorgfältig überwacht werden. Die pneumatische Anti-Schock-Hose ist bei Verwundeten mit Thorax- oder Schädel-Hirn-Verletzungen kontraindiziert.

- Dokumentation aller erfassten Vitalzeichen, klinischen Befunde (Verletzungen), durchgeführten Maßnahmen und Änderungen des Zustandes auf der „TREMA e.V. Doku-Karte" (siehe Anhang).

- Vorbereiten auf die Übergabe des Verwundeten an die nächste behandelnde Person/Einheit/Ebene:
  - Patient (Alter, Name, Einheit)
  - Verletzungsmuster (Was, Wodurch, Wann)
  - Aktueller klinischer Status (Vigilanz, RR, HF, AF, SpO2)
  - Durchgeführte Maßnahmen (Blutstillung, Volumentherapie, Medikamentengabe, Schienungen, Verbände)
  - Zusätzliche Informationen (Allergien, Vorerkrankungen, Medikamente, besondere Umstände - SAMPLE)
  - Übergabe der Dokumentation - Warten auf Rückfragen

1 MAST: Der Einsatz der MAST wird aktuell kontrovers diskutiert. Aufgrund der Größe ist der Einsatz vor Role 1 eher unpraktikabel. Für die Phase Tactical Evacuation Care im BAT oder im Schockraum eines Role 2 kann die Anwendung sinnvoll sein. Ist eine MAST angelegt, ist ein plötzliches Öffnen zu vermeiden und ein kontinuierliches Ablassen ggf. unter Einsatz von Vasopressoren unter Blutdruckkontrolle zu empfehlen. Dies sollte aufgrund der unvorhersehbaren Folgen grundsätzlich nur in der Klinik (RZ/FeldLaz) erfolgen.

Abb. 9.58 (Fortsetzung)

Abb. 9.59a,b Behelfsmäßiger Verwundetentransport. **a** Hubschrauber mit behelfsmäßig eingerüsteten Transportmöglichkeiten für zwei Verwundete inkl. Monitoring und Beatmung. **b** Wenn nur kleine, wendige Fahrzeuge bei Operationen eingesetzt werden können, ist eine bestmögliche Vorbereitung für den behelfsmäßigen Verwundetentransport sinnvoll. (Fotos: Dr. C. Neitzel)

Abb. 9.60 Bei der Landung von Luftfahrzeugen wird viel Dreck aufgewirbelt. Insbesondere der Gesichts-/Atemwegsbereich sollte hier so gut wie möglich geschützt werden. (Foto: Bundeswehr)

9.4.1 Atemwegsmanagement

In den Phasen CuF und TFC stellt der Wendl-Tubus die häufigste Maßnahme zum Freihalten der Atemwege dar. Vor Transportbeginn kann daher eine definitive oder zumindest bessere Sicherung der Atemwege indiziert sein. Je nach Ausbildungsstand und verfügbarer Ausrüstung kann diese von der Nutzung von Larynxtubus oder -maske über die endotracheale Intubation bis hin zur Koniotomie reichen. Ist das Transportmittel mit einem Beatmungsgerät und ausreichendem O_2-Vorrat ausgerüstet, kann eine Narkoseeinleitung und Beatmung erwogen werden. Hierbei ist jedoch immer mit erheblichen Verlängerungen der Transportdauer durch Gegner, Gelände, Wetter usw. zu rechnen. Reserven sind entsprechend zu bilden, als Faustregel sollte das Doppelte der eigentlich benötigten Menge mitgeführt werden. Im Zweifelsfall sieht man besser von einer Beatmung ab. Falls möglich, sollten ansprechbare Verwundete mit Blutungen im Hals-Nasen-Rachen-Bereich sitzend gelagert werden.

9.4.2 Brustkorb und Atmung

Patienten mit jeglichem Thoraxtrauma sollten zum frühzeitigen Erkennen eines sich entwickelnden Spannungspneumothorax engmaschig überwacht werden. Dies gilt in besonderem Maß für Verwundete mit penetrierendem Thoraxtrauma oder bereits erfolgter Nadelentlastung [45].

Sofern sie verfügbar ist, profitieren insbesondere Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma, manifestem Schock mit gestörter Gewebeperfusion, Störungen der Atemmechanik (z. B. Pneumothorax) oder des alveolären Gasaustausches (z. B. Inhalationstrauma), Höhenkranke und generell Patienten mit SpO_2 <92 % von einer Sauerstoffgabe [8, 45]. Die Verfügbarkeit von Sauerstoff ist häufig eingeschränkt und meist nur auf Sanitätsfahrzeuge begrenzt. Neben der Erhöhung der Explosionsgefahr durch die Druckgasflaschen kann auch die Sauerstoffanreicherung in der Umgebungsluft des Fahrzeugs eine erhebliche Gefährdung darstellen. Durch Leckage strömt insbesondere bei O_2-Brillen und -Masken Sauerstoff in den Innenraum, bei Beatmung mit hohem F_iO_2 enthält aber auch die in die Umgebung abgegebene Ausatemluft noch einen stark erhöhten O_2-Gehalt. Bereits bei einem O_2-Gehalt von 23 % in der Umgebungsluft besteht in Verbindung mit Baumwolle eine erheblich gesteigerte Brand- und Explosionsgefahr. Nach zivilen Richtlinien der Berufsgenossenschaften ist der Aufenthalt in einer solchen Umgebung nicht zulässig. Da eine Sauerstoffanreicherung in der Kleidung bis zu 15 min nach Verlassen der Umgebung bestehen bleiben kann, erhöht sich die Gefährdung der Insas-

sen auch in der Zeit nach Verlassen des Fahrzeugs [65]. Während die Problematik der Druckgasflaschen sich in manchen Bereichen mit chemischen Sauerstofferzeugern (z. B. EmOx) minimieren lässt, ist die erhöhte O_2-Konzentration nur durch Kreislaufbeatmungssysteme oder eine ausreichend hohe Frischluftspülung zu vermeiden.

Bei Patienten mit Pneumothorax kann zur Transportvorbereitung eine Thoraxdrainage angelegt werden. Eine Durchführung in hektischer, schmutziger Umgebung erhöht das Risiko von Fehlplatzierung und Infektion aber deutlich. Durch eine Thoraxdrainage kann weder eine Blutung tamponiert werden, noch ohne kontinuierlichen Sog eine kollabierte Lunge komplett entfaltet werden. Gleichzeitig kann ihre Durchführung die Evakuierung Verwundeter verzögern. Da sich ein Spannungspneumothorax als einzige unmittelbar lebensbedrohliche Form des Pneumothorax mit einer Nadeldekompression gut beherrschen lässt, ist eine Thoraxdrainage bei Patienten mit penetrierender Thoraxverletzung im taktischen Umfeld nur in wenigen Situationen indiziert:

- Bei sehr langen Versorgungszeiten vor Ort bis zum Abtransport
- Bei Versagen der Nadeldekompression
- Vor Lufttransport mit langen Flugzeiten und größeren Höhenunterschieden
- Bei Intubation und Beatmung [59]

Eine Thoraxdrainage kann an zwei Orten platziert werden: Der auch für Nadelentlastungen übliche Zugang nach Monaldi im 2.–3. ICR in der MCL (▶ Abschn. 9.3) zeigt in Bezug auf mögliche Komplikationen keine Vorteile zur Position nach Bülau im 4.–6. ICR in der vorderen bis mittleren Axillarlinie. In der Bülau-Position sollte jedoch nicht unterhalb der Brustwarzenhöhe oder tiefer als eine Handbreit unterhalb der Achselhöhle eingegangen werden. Die Drainage sollte unter möglichst sterilen Bedingungen angelegt und bestmöglich gegen Dislozierung gesichert werden. Sofern dies noch nicht erfolgt ist, ist grundsätzliche eine einmalige Antibiotikumgabe vor der Anlage sinnvoll. Mittelwege zwischen Nadelentlastung und Thoraxdrainage, bei denen über einen dünnen Katheter eine kontinuierliche Entlüftung erfolgen soll (z. B. Uresil TruClose), weisen in der Regel nicht die zuverlässige Wirkung einer Thoraxdrainage auf, sind schwieriger zu befestigen und knicken leicht ab [24].

Abb. 9.61 Das Tourniquet ist nach Anlage eines Verbandes geöffnet liegen gelassen worden, um eine neu auftretende Blutung jederzeit stillen zu können. (Foto: F. Josse)

9.4.3 Blutungskontrolle

Nach Möglichkeit sollte der Verwundete erneut komplett untersucht werden. Alle getroffenen Maßnahmen zur Blutstillung sind zu überprüfen und ggf. zu verbessern. Soweit möglich und sinnvoll, sollten Tourniquets durch Druckverbände ersetzt werden, die Tourniquets aber geöffnet in ihrer Position belassen werden (Abb. 9.61). Wird eine Extremität mit vorher stark blutender Wunde geschient, garantiert das Belassen eines geöffneten Tourniquets unterhalb der Schienen eine jederzeitig mögliche Kontrolle erneut auftretender Blutungen. Dafür muss das Tourniquet gut bedienbar sein (Knebel etc. müssen frei liegen) und die Schiene im Bereich der Anlagestelle ausreichend gepolstert werden.

Oft ist sogar die prophylaktische, lockere Anlage eines Tourniquets an Extremitäten sinnvoll, deren Blutung mit einem Verband bereits gestoppt worden ist. Kommt es während des Transports zu einer erneuten Blutung, erleichtert das bereits vorbereitete Tourniquet die schnelle Kontrolle erheblich [59]. Tourniquets, die noch über der Kleidung liegen, sollten nach Möglichkeit jetzt unmittelbar auf der Haut angelegt werden [45].

Abb. 9.62 Improvisierter Transport eines Verwundeten an Bord eines UH-60 D-Transporthubschraubers. Die Maßnahmen zum Wärmeerhalt an Oberkörper und insbesondere Kopf sind nicht optimal. (Foto: K. Ladehof)

9.4.4 Infusionstherapie

Auch auf dem Transport sollte die Flüssigkeitstherapie nach den gleichen Prinzipien wie in der Phase TFC erfolgen. Während die Nutzung von Erythrozyten- oder Thrombozytenkonzentraten im Regelfall nicht möglich ist oder nicht praktiziert wird, dürfte die Gabe von Plasmaprodukten eine sinnvolle und realistisch durchführbare Ergänzung der präklinischen Infusionstherapie darstellen. Liegen mehrere venöse Zugänge, empfiehlt es sich zumeist, alle bis auf einen für den Transport abzustöpseln. Dies verringert das Risiko des Hängenbleibens mit Infusionsschläuchen erheblich. Die Fließgeschwindigkeit muss eng überwacht werden, insbesondere bei Patienten mit Indikation zur permissiven Hypotonie. Pflasterstreifen halten im Regelfall auf der feuchten, verschmutzten Haut von Verwundeten schlecht und sollte nur als zusätzliche Sicherung einer anderen Methode bei der Fixierung von Venenzugängen, Tuben etc. genutzt werden [59].

9.4.5 Hypothermieprophylaxe

Die im Vorfeld durchgeführte Hypothermieprophylaxe muss auf allen Transportmitteln unbedingt fortgeführt und optimiert werden. Gerade an Bord von Hubschraubern, deren Seitentüren meist für bessere Beobachtungs- und Wirkmöglichkeiten für die Bordbewaffnung geöffnet sind, kühlen Patienten auch bei hohen Umgebungstemperaturen in der Zugluft schnell aus (Abb. 9.62). Die Isolationsschichten schränken die Zugänglichkeit des Patienten aber weiter ein. Einen guten Kompromiss stellen Systeme dar, die einen selektiven Zugang zum Patienten ermöglichen (z. B. APLS Thermal Guard).

9.4.6 Überwachung

Die meisten Transportmittel sind laut und bieten nur eine sehr eingeschränkte Zugänglichkeit des Patienten. Sie behindern die notwendige Überwachung des Patienten daher ebenso wie die häufig schlechten Straßenbedingungen oder ein Geländefolgeflug. Die Auskultation ist im Regelfall unmöglich. Überwachungsmonitore, die zumindest Herzfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffsättigung anzeigen, sind daher von großem Nutzen und sollten verwendet werden. Für beatmete Patienten ist die Möglichkeit einer Kapnometrie von herausragender Bedeutung. Im Falle von CASEVAC lässt sich ein improvisiertes Monitoring durch Verwendung von Fingerpulsoxymeter und miniaturisiertem Kapnometer (z. B. EMMA, Fa. phasein) oder Einwegkapnometern (z. B. Easy Cap II) durchführen. Die meisten Überwachungsgeräte sind insbeson-

dere bei bodengebundenem Transport aufgrund der durch Erschütterungen bedingten Artefakte nur eingeschränkt nutzbar, ihre Messwerte sind daher stets kritisch zu sehen. Insbesondere auch eine Katecholamintherapie oder Narkoseführung mittels Spritzenpumpen ist unzuverlässig und kann durch unbeabsichtigte Bolusgaben gefährlich werden.

9.5 Prolonged Field Care

Bei Spezialkräften ist eine längere Versorgungsphase von Verwundeten (»Prolonged Field Care«) aufgrund von Operationen tief hinter gegnerischen Linien nicht ungewöhnlich. Sie kann aber beim Einsatz in entlegenen Außenposten, Aufklärungsoperationen in der Tiefe des Raums, schlechten Wetterbedingungen, hohem Feinddruck, Geländebeschaffenheit oder der Dynamik des Gefechts prinzipiell jederzeit und überall vorkommen und auch konventionelle Kräfte treffen [51].

Müssen Patienten länger als einige Stunden betreut werden, verschieben sich die Schwerpunkte der Behandlung deutlich. Überlebt der Verwundete die ersten ein bis zwei Stunden nach Verwundung, wird er zunehmend durch andere Dinge als Blutungen, Störungen der Atemmechanik und Atemwegsverlegungen gefährdet: Infektion, Sepsis und Spätfolgen des Schocks bis hin zum Multiorganversagen. Erfolgt eine Evakuierung in eine Behandlungseinrichtung erst mit mehreren Stunden bis Tagen Verzögerung, wechselt der Fokus dadurch weg von notfallmedizinischen und hin zu intensivmedizinischen und pflegerischen Maßnahmen, um die Wartezeit bis zur Evakuierung überbrücken zu können.

9.5.1 Atemwegsmanagement

Atemwegsprobleme sind im Regelfall in der Frühphase der Versorgung gelöst worden. Bei zunehmenden Schwellungen oder persistierenden Blutungen im Bereich der Atemwege können auch im Verlauf Maßnahmen zur Sicherung des Atemwegs notwendig werden. Da es sich häufig um Patienten bei Bewusstsein handelt, ist eine notwendige Koniotomie entsprechend in Lokalanästhesie durchzuführen. Supraglottische Atemwegshilfsmittel und eine endotracheale Intubation erfordern im Regelfall eine Narkoseführung, um die Schutzreflexe auszuschalten. Wird diese Maßnahme gewählt, muss eine adäquate Beatmungs- und Absaugmöglichkeit verfügbar sein, und Sauerstoffvorrat sowie zur Aufrechterhaltung der Narkose notwendige Medikamente müssen ausreichend vorhanden sein. Um Druckgeschwüren und Leckagen vorzubeugen, sollte der Cuff-Druck regelmäßig kontrolliert werden.

9.5.2 Brustkorb und Atmung

Bei Patienten mit (penetrierender) Thoraxverletzung oder Beatmungspatienten muss eine engmaschige Überwachung erfolgen, um einen sich bildenden Spannungspneumothorax frühzeitig erkennen zu können. Beim Beatmungspatienten äußert sich dieser im Wesentlichen durch ansteigende Beatmungsdrücke, sinkenden SpO_2, Tachykardie und Hypotension.

Um eine rezidivierende Nadelentlastung zu vermeiden, kann eine Thoraxdrainage angelegt werden. Fördert diese unmittelbar nach Anlage weniger als 1.500 ml und über 4 h weniger als 200 ml Blut pro Stunde, ist sie fast immer als therapeutische Maßnahme ausreichend und eine spätere Thorakotomie nicht erforderlich [8, 53].

Patienten mit zunehmender Ateminsuffizienz, wie sie z. B. nach 12–24 h bei Lungenkontusionen nach Explosionstrauma vorkommen kann, erfordern häufig bei progredientem Abfall der Sättigung eine Beatmung. Bei Beatmungspatienten stehen v. a. logistische Probleme im Vordergrund: Wird ein druckbetriebenes Beatmungsgerät benutzt, begrenzt der verfügbare Vorrat an Sauerstoffflaschen die maximale Beatmungsdauer. Neben gängigen druckluftbetriebenen Geräten (z. B. Weinmann Medumat, CAREvent) existieren auch miniaturisierte Modelle (OXYLATOR von Panomed Medizintechnik). Batteriebetriebene Raumluftbeatmungsgeräte sind klein und leicht und können über mehrere Stunden die Beatmung mittels Beutel ersetzen (z. B. SAVe von AutoMedx). Sie verfügen meist über die Möglichkeit einer Sauerstoffzumi-

schung, z. B. mittels chemischer Sauerstofferzeuger (z. B. emOx von emOx international), und bieten somit eine einfache und weniger gefährliche Alternative gegenüber der Mitführung von druckbetriebenen Beatmungsgeräten.

Berechnung des O_2-Volumens

Das in Druckflaschen enthaltene O_2-Volumen lässt sich wie folgt berechnen:

O_2-Volumen bei normalem Luftdruck = Druck (bar) · Flaschenvolumen (l)

Der minütliche O_2-Verbrauch des Beatmungsgerätes beträgt:

Atemminutenvolumen (l/min) = Atemzugvolumen (l) · Frequenz (1/min)

Teilt man das vorhandene O_2-Volumen in den Flaschen durch das Atemminutenvolumen, erhält man die maximale Beatmungsdauer:

Maximale Beatmungsdauer (min) = O_2-Volumen (l) : Atemminutenvolumen (l/min)

Die Berechnung geht davon aus, dass die Flaschen vollständig ohne Restdruck geleert werden. Bei Geräten, die 50 % Raumluft zumischen können (z. B. Weinmann Medumat: »Air Mix«), verlängert sich die Beatmungsdauer dann auf ca. das Doppelte.

9.5.3 Circulation

Bleiben Tourniquets länger als 2 h angelegt, besteht ein erhöhtes Risiko für zusätzliche Schädigungen der Extremität, z. B. ein Kompartmentsyndroms. Diese müssen bei einer verlängerten Versorgungsphase von den Helfern vor Ort kontrolliert werden können, was zumeist an Ausbildungsstand und Ausrüstung scheitert. Daher ist gerade in Szenarien mit verzögerter Evakuierung ein Wechsel von Tourniquet auf Verbände (ggf. in Kombination mit Hämostyptika) anzustreben [51], allerdings nur, wenn eine Liegezeit von 2 h noch nicht überschritten worden ist und der Patient sich nicht im Schock befindet. Nach Öffnen des Tourniquets bei längerer Liegedauer ist mit einem deutlichen Anschwellen der Extremität durch das einströmende Blut und die Ausbildung von Gewebeödemen zu rechnen. Angelegte Druckverbände, Schienungen etc. sollten daher regelmäßig kontrolliert und ggf. gelockert werden.

Bei Einsatz in abgelegenen Szenarien ohne zeitgerecht erreichbare Hilfe kann es sinnvoll sein, auch nichtärztliches Personal in der Durchführung von Escharotomien (▶ Kap. 15) und Fasziotomien zu schulen. Bei Explosionsverletzungen und einer langen Tourniquet-Liegedauer kann es insbesondere an Unterarm und Unterschenkel zur Ausbildung von Kompartmentsyndromen kommen. Dabei steigt der Druck innerhalb den von derben Bindegewebsschichten (Faszien) umschlossenen Muskellogen durch Blutergüsse oder Ödembildung an, was letztlich zum Absterben des betroffenen Gewebes durch Minderdurchblutung führen kann. Es handelt sich um einen chirurgischen Notfall, der in diesem Fall nur durch Spaltung der Faszien behandelt werden kann. Die Technik muss unter Anleitung erlernt werden [24].

9.5.4 Merkwort STAUSEE

Um die umfangreichen Maßnahmen in der Phase »Prolonged Field Care« systematisch abarbeiten zu können, kann das Merkwort STAUSEE angewandt werden (◘ Tab. 9.4).

Schmerz

Die initial begonnene Analgesie sollte bedarfsorientiert fortgeführt werden. Neben der generellen Schmerzlinderung für den Patienten ist ohne Analgesie eine Wundbehandlung häufig nicht möglich. Darüber hinaus aktivieren Schmerzen den Sympathikotonus, verschlechtern die Immunantwort auf Infektionen und erhöhen das Risiko der Ausbildung einer PTBS (posttraumatische Belastungsstörung) [24].

Neben den bereits im Vorfeld angesprochenen Analgetika bietet sich für den Fall einer verlängerten Versorgungsdauer die Anwendung von Morphin an, da es im Gegensatz zu Fentanyl und Ketamin eine deutlich längere Wirkdauer zeigt. Dies dient letztlich auch der Reduktion des Packmaßes der für eine länger dauernde Analgesie notwendigen Medikamente. Eine subkutane Injektion kann die Resorption über einen längeren Zeitraum verteilen und damit die Wirkdauer strecken.

Tab. 9.4 Auflistung der im Rahmen von »Prolonged Field Care« relevanten Aspekte der Patientenversorgung

S	chmerz	Ausreichende Analgesie; Schmerzlinderung durch Immobilisierung von Frakturen, Wechsel von Tourniquet auf Druckverbände
T	emperatur	Schutz vor Unterkühlung und Überwärmung
A	ufzeichnung und Kontrolle	Regelmäßige Kontrolle und Aufzeichnung der Vitalparameter, Dokumentation durchgeführter Maßnahmen
U	lkus	Prophylaxe von Lagerungsgeschwüren
S	chläuche	Beatmungstubus, i.v./i.o. Zugänge, Magensonde, Blasenkatheter etc. ausreichend befestigt, sauber, funktionierend?
E	infuhr und Ausfuhr	Bilanzierung der zugeführten und ausgeschiedenen Flüssigkeitsmenge
E	ntzündung	Infektionsprophylaxe durch Wundversorgung und Antibiotikumgabe

Die Anwendung von nicht verschreibungspflichtigen oralen Schmerzmedikamenten verringert den Bedarf an Opiaten und ist für leichtere Schmerzen häufig ausreichend. Sind verlängerte Behandlungszeiten zu erwarten, kann die Mitführung von Schmerzpflastern (transdermales therapeutisches System, TTS) sinnvoll sein. Im Gegensatz zur häufig notwendigen Dosisrepetition bei i.v. Analgetika, liefern Fentanylpflaster (z. B. Durogesic) über mehrere Tage gleichbleibende Wirkstoffspiegel bei minimalem Packmaß und Gewicht. Intravenöse Analgetika können dann zum Durchbrechen von Schmerzspitzen genutzt werden. Die Wirkung setzt allerdings erst nach 6–8 h ein, so dass sie nur überlappend mit anderer Schmerzmedikation eingesetzt werden können. Bei Patienten im Schock ist durch die Zentralisation die transdermale Resorption meist stark eingeschränkt, so dass hier keine effektiven Wirkstoffspiegel zuverlässig erreicht werden können [24].

Zunehmend wird nichtärztliches Personal, insbesondere im Bereich der Spezialkräfte, in der Durchführung einfacher Regionalanästhesieverfahren geschult. Sie sind eine hervorragende Möglichkeit, um unter Einsparung wertvoller i.v. Analgetika für mehrere Stunden Schmerzfreiheit zu erzielen, ohne Bewusstseinseinschränkungen oder Atemdepression zu riskieren [24]. Die Verfahren sollten sich auf technisch einfach durchführbare Nervenblöcke beschränken und unter möglichst sterilen Bedingungen durchgeführt werden.

Auch eine Immobilisierung von Frakturen trägt ebenso wie der Wechsel von Tourniquet auf Druckverband wesentlich zur Schmerzreduktion bei und sollte spätestens in dieser Phase sorgfältig erfolgen, wenn die Voraussetzungen gegeben sind [24].

Temperatur

Maßnahmen zur Hypothermieprophylaxe sind von besonderer Wichtigkeit. Sie müssen fortgeführt und intensiviert werden. Bei längerer Stehzeit vor Ort können die bereits getroffenen Maßnahmen durch den Bau von Schutzeinrichtungen gegen Wind und Wetter, Wärmefeuer etc. ergänzt werden. In warmen Klimazonen und starker Sonneneinstrahlung muss auch ein Überwärmen des Patienten verhindert werden.

Aufzeichnung und Kontrolle

Die regelmäßige Bestimmung der Vitalparameter (Bewusstseinszustand, Herzfrequenz, Blutdruck, Sättigung, Urinproduktion, Temperatur) ist wichtig, um Verschlechterungen des Zustands frühzeitig zu erkennen und nach der Ursache suchen zu können. Sie dient gleichzeitig als Maß für den Erfolg eigener Maßnahmen. Pulsoxymeter sollten dabei generell nur kurzzeitig und gezielt eingesetzt werden, um eine vorzeitige Batterieentladung zu vermeiden. Eine Zyanose (Blaufärbung von Haut und Schleimhäuten) ist ein klinisches Zeichen für eine akute Hypoxämie, wird aber nur bei einem Hämoglobingehalt > 5 g/ml sichtbar. Sie kann daher bei massiven Blutverlusten trotz niedriger Sättigung nicht vorhanden sein [45].

Herzfrequenz, Blutdruck, Bewusstseinszustand und Urinproduktion können gut zur Beurteilung

des Verlaufs bei Patienten mit Schock genutzt werden [24]. Normalisieren sie sich und ist eine ausreichende Urinproduktion von 40–50 ml/h vorhanden, spricht der Verwundete auf die Therapie an. Allerdings können sich Herzfrequenz, Blutdruck und Urinproduktion schon normalisieren, ohne dass die Mikroperfusion völlig wiederhergestellt worden ist. Wird bei einer verlängerten Behandlungsphase in diesem Stadium des »kompensierten Schocks« die Behandlung nicht zielgerichtet weitergeführt, kann das die Prognose erheblich verschlechtern. Sofern diese Geräte vor Ort verfügbar sind, lassen sich zur genaueren Beurteilung der Mikroperfusion mit Hilfe von tragbaren Untersuchungsgeräten (z. B. iSTAT) im venösen Blut Laktat, pH und Basendefizit bestimmen und ihre Normalisierung als Zielparameter für die Therapie genutzt werden [24].

Ulkus

Werden bewusstlose oder immobilisierte Patienten auf hartem Untergrund gelagert, kann es schon nach etwa einer Stunde zu Druckgeschwüren kommen (Abb. 9.63). Wird ein Verwundeter nicht zeitnah evakuiert, sollten die Auflagestellen gerade auf harten Unterlagen (Spineboard, Skedco) unterpolstert werden. Bei Lagerung auf einer Trage o. ä. kann durch Wechsellagerung (abwechselnde Erhöhung der rechten oder linken Tragenseite für ca. 30 min) eine improvisierte Dekubitusprophylaxe durchgeführt werden. Alternativ kann der Patient regelmäßig umgelagert werden (z. B. wechselseitige Seitenlagerung). Auch bei Immobilisationen der Extremitäten sollte eingehend geprüft werden, ob diese ausreichend gepolstert sind und bei Bedarf entsprechend nachgebessert werden. Bei Bewusstlosen ist darauf zu achten, dass die Augen geschlossen sind, da andernfalls ein Kornealulkus droht. Bei Bedarf können die Augenlider mittels Tape-Streifen in geschlossener Position fixiert werden.

Schläuche

Alle Tuben, Schläuche und Drainagen sollten regelmäßig auf Funktion geprüft und gesäubert werden. Die Eintrittsstellen in den Körper sind dabei sorgfältig auf Entzündungszeichen zu überprüfen. Eingelegte Endotrachealtuben (inkl. Koniotomiezugängen) sollten bei Verschmutzung abgesaugt werden.

Abb. 9.63 Narbe am Hinterkopf als Resultat eines Druckgeschwüres nach mehrstündiger Lagerung auf einem Spineboard bei verzögerter Evakuierung im Afghanistaneinsatz. Ein weiteres Druckgeschwür bestand im Kinnbereich durch den angelegten Stifneck. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Steht eine Absaugung nicht zur Verfügung, kann im Notfall mit einem Blasenkatheter eine Reinigung versucht werden. Dazu wird der Katheter nach Entfernung des Tubuskonnektors in den Tubus eingeführt und der Ballon vorsichtig leicht aufgeblasen. Beim langsamen Zurückziehen wird im Schlauch befindliches Sekret dann entfernt. Bei Patienten, die spontan durch einen Tubus atmen (z. B. Koniotomie), kann die Atemluft durch Vorlegen einer dünnen, mit etwas Wasser oder Elektrolytlösung benetzten Kompresse angefeuchtet werden.

Bestehen im Bereich von Punktionsstellen Entzündungszeichen, sollten die liegenden Katheter nach Möglichkeit entfernt und an anderer Stelle neu gelegt werden. Bei intraossären Zugängen sollte aufgrund des Risikos einer Osteomyelitis die Nadel nicht länger als 24 h belassen werden. Die Mehrzahl der in 0,6–0,7 % vorkommenden Infektionen tritt nach diesem Zeitpunkt auf [38]. Die Nadel ist unter möglichst sterilen Bedingungen zu entfernen, die verbleibende Hautwunde zu desinfizieren und steril

Abb. 9.64 Schussverletzung des männlichen Genitals. (Foto: F. Josse)

abzudecken. B.I.G.- und EZ-IO-Nadeln lassen sich relativ einfach durch Aufschrauben einer Spritze mit Luer-Lock-Anschluss fassen und aus dem Knochen herausziehen. Aus diesem Grund ist das Mitführen von Spritzen mit entsprechendem Anschlussgewinde sinnvoll. Zur Entfernung der 1. Generation F.A.S.T.-1 muss das beiliegende Entfernungswerkzeug genutzt werden. Die 2. Generation des F.A.S.T.-1 wird am Schlauch herausgezogen. Sie ist an einer blauen Markierung am Schlauch erkennbar (»new = blue«). Dafür ist es wichtig, den Schlauch unmittelbar am Hautniveau fest zu ergreifen und mit einem beherzten Ruck entgegen der Insertionsrichtung die Nadel zu entfernen. Dabei reißt der Schlauch manchmal ab. Dies ist unproblematisch während der präklinischen Phase, die Nadel kann im Zweifelsfall im Knochen belassen und die Punktionsstelle desinfiziert und steril abgedeckt werden.

Einfuhr und Ausfuhr

Einfuhr

Bei Verwundeten besteht ein erhöhter Kalorienbedarf, der zur Optimierung der Prognose und der Vermeidung von Hypoglykämien bestmöglich gedeckt werden sollte. Bei Patienten ohne abdominelles Trauma oder Bewusstseinseinschränkungen sollte bei einer zu erwartenden verlängerten Versorgungszeit eine orale Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme angestrebt werden. Trinkflüssigkeit sollte nach Möglichkeit gesüßt und salzhaltig sein (▶ Kap. 36). Bei bewusstlosen Patienten kann über eine Magensonde eine Flüssigkeitssubstitution erfolgen (max. 150–250 ml/15 min), um wertvolle Infusionslösungen einsparen zu können [24]. Bei großlumigen Magensonden kann auch dünnflüssige Nahrung zur Kalorienzufuhr verabreicht werden. Beim bewusstseinsgetrübten Patienten ist die Nahrungsaufnahme immer gegen ein Aspirationsrisiko abzuwägen. Im Zweifelsfall kann auch hier die Zufuhr über eine Magensonde erfolgen.

Ausfuhr

Die Urinausscheidung als Zeichen der renalen Perfusion ist neben der Bewusstseinslage und der peripheren Durchblutung eines der »drei Fenster« zur Beurteilung der Mikrozirkulation. Eine Miktion von mehr als 40–50 ml/h ist ein Zeichen für eine ausreichende Organperfusion [55]. Verwundete sollten daher so viel Flüssigkeit oral oder parenteral aufnehmen, dass Harnbildung in diesem Umfang stattfindet. Erfolgt über einen Zeitraum von 2 h eine geringere Urinausscheidung als 20 ml/h (Oligurie), sollte eine aggressive Flüssigkeitstherapie durchgeführt werden [8]. Stehen Infusionslösungen nicht zur Verfügung, können normale Flüssigkeiten über Magensonde verabreicht werden. Beim Schwerverwundeten oder bewusstlosen Patienten sollte zur Erleichterung der Bilanzierung ein Dauerkatheter gelegt werden. Der Ballon sollte in Erwartung eines

möglichen Lufttransports mit Flüssigkeit geblockt und der Penis zur Vermeidung von Druckstellen durch einen abgeknickten Katheter mit einem Pflasterstreifen locker in Richtung Kopf auf dem Bauch festgeklebt werden.

Gerade bei Beckenfrakturen liegt häufig auch eine Verletzung der Urethra vor (6–10 %), die, ebenso wie ein direktes Genitaltrauma (Abb. 9.64), zum Harnverhalt führen kann [32]. Da ein akuter Harnverhalt ein Notfall ist, die Anlage eines Dauerkatheters in diesen Fällen aber kontraindiziert ist, sollte eine suprapubische Katheteranlage oder Blasenpunktion erfolgen. Weitere Kontraindikationen für die Anlage eines Dauerkatheters sind Blutaustritt aus der Penisöffnung, ein Hämatom im Bereich des Dammes oder eine abnorm hohe Lage der Prostata bei rektaler Palpation.

Blasenpunktion

Alternativ zum suprapubischen Katheter kann als Option im Notfall die Punktion der Blase mit einer Venenverweilkanüle erfolgen (mindestens 5 cm Länge). Die Technik darf nur bei tastbar prall gefüllter Blase erfolgen und ist dann technisch einfach und relativ komplikationslos möglich (Abb. 9.65). Nach sorgfältiger Desinfektion wird 1–2 Querfinger oberhalb der Symphysenoberkante (je nach Körpergröße des Patienten) in der Mittellinie (zwischen Bauchnabel und Schambein) senkrecht zur Hautfläche eingestochen und die Flexüle unter Aspiration vorgeschoben, bis Urin in die aufgesetzte Spritze einströmt. Dann wird der Plastikkatheter so weit wie möglich vorgeschoben. Die metallene Nadel darf dabei nach erfolgreicher Blasenpunktion nicht weiter vorgeschoben werden, um eine mögliche Verletzung der hinteren Blasenwand und anderer Organe zu vermeiden. Der Urin kann anschließend entweder mittels Spritze abgezogen werden oder ein leerer Infusionsbeutel wird mit Infusionssystem an die Flexüle angeschlossen, unter dem Höhenniveau der Blase platziert und läuft dann voll. Er dient als improvisierter Harnbeutel, mit seiner Hilfe ist somit auch eine grobe Bilanzierung möglich. Ist der Patient nicht bewusstlos, ist eine vorherige Infiltration des Stichkanals mit Lokalanästhetikum empfehlenswert.

Neben der Miktion muss auch mit Stuhlgang des Patienten gerechnet werden. Insbesondere beim

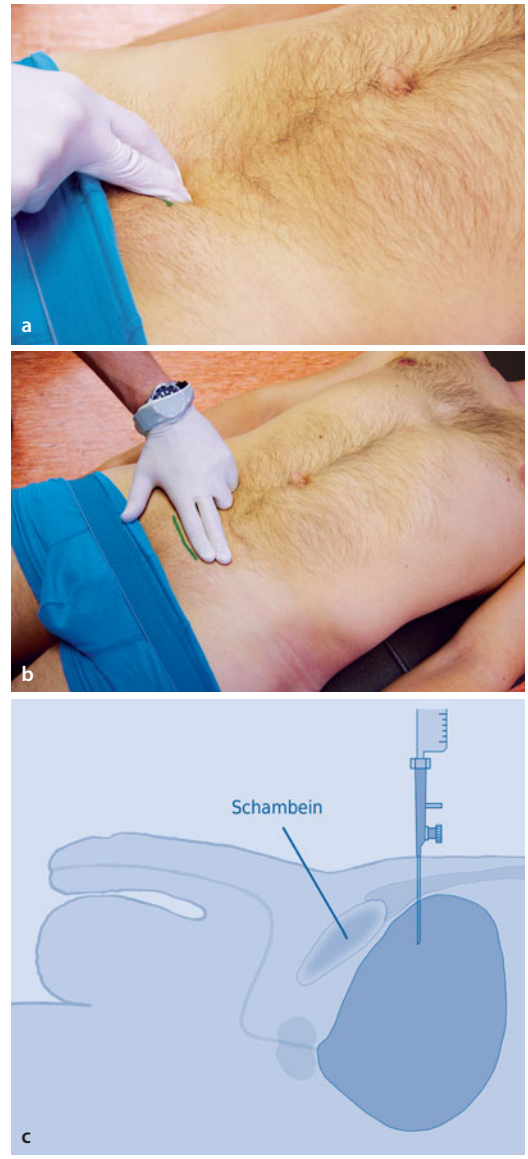


Abb. 9.65a–c Technik der suprapubischen Blasenpunktion im Notfall. **a** Aufsuchen der Schambein-Oberkante. **b** Punktionsstelle 1–2 Querfinger kopfwärts davon aufsuchen. Die prall gefüllte Blase muss unter der Haut gut zu tasten sein! **c** schematische Darstellung der Punktion. (Fotos: Dr. C. Neitzel)

Bewusstlosen ist dann die sorgfältige Reinigung des Anogenitalbereiches wichtig, um Wundliegen und Infektionen zu verhindern und das Hypothermierisiko zu mindern. Die Mitführung von entsprechendem Hygienematerial (z. B. Urinal, Steckbecken,

Feuchttücher) kann bei zu erwartender verzögerter Evakuierung absolut sinnvoll sein.

Entzündung

Wundversorgung

Haben Patienten die ersten Stunden nach der Verwundung überlebt, sind sie v. a. durch Infektionen gefährdet. Infektionen sind insbesondere an Rötung, Schwellung, Überwärmung und zusätzlichen Schmerzen zu erkennen [8]. Sie gehen im Wesentlichen von den Wunden aus, die in der Regel durch Keime verschmutzt sind, reichlich avitales Gewebe als Nahrung für Bakterien bieten und insbesondere bei zerklüfteten Wunden Nischen für eine bakterielle Besiedelung bereitstellen.

Auf dem Gefechtsfeld erlittene Wunden dürfen daher grundsätzlich nicht präklinisch verschlossen werden. Bereits zugenähte oder getackerte Wunden sollten wieder geöffnet werden, um Sekret und Eiter abfließen lassen zu können [8]. Dauert es nach Verletzung länger als 6 h bis zur chirurgischen Wundversorgung, steigt die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Wundinfektion deutlich an. Ist in diesem Zeitfenster eine chirurgische Behandlungseinrichtung nicht zu erreichen, sollte die Wunde frühzeitig, spätestens zum Ende des Zeitfensters, präklinisch anbehandelt werden [8]. Dazu muss der Verband entfernt, die Wunde freigelegt und avitales Gewebe entfernt sowie Wundränder begradigt werden (Wunddébridement). Der chirurgisch Unerfahrene sollte sich dabei auf das Abtrennen von offensichtlich leblosen Gewebezipfeln mit einem Skalpell beschränken. Wird wahrscheinlich eine chirurgische Behandlungseinrichtung innerhalb von 24 h erreicht, sollte das Wunddébridement ebenso wie in den ersten Stunden nach Verwundung eher zurückhaltend erfolgen [8]. Anschließend wird die Wunde mit einer sterilen Kompresse ausgewischt und mit Druck ausgespült. Idealerweise erfolgt dies mit steriler isotoner Elektrolytlösung [13] oder Wunddesinfektonslösung (nicht Hautdesinfektionsmittel!), notfalls auch mit sauberem Trinkwasser. Ziel ist die Verdünnung und das Herausspülen von Erregern. Um einen hohen Spüldruck zu erzielen, empfiehlt sich die Verwendung einer möglichst großen Spritze (z. B. Perfusorspritze) in Kombination mit dem Plastikkatheter einer 18G-Flexüle. Danach wird die Wunde ohne Druck mit zusammengeknüllten Kompressen austamponiert und erneut verbunden. Verband und Tamponade sollten alle 12–24 h gewechselt und die Wundverhältnisse dabei kontrolliert werden. Tritt während der Wundversorgung (erneut) eine starke Blutung auf, ist gemäß der im ▶ Abschn. 9.3 erläuterten Grundsätze vorzugehen. Verbände von Wunden, die vor der Versorgung kritisch geblutet haben und einer Versorgung mit Tourniquets nicht zugänglich sind (z. B. Leistenblutung der A. femoralis), sollten wegen der Gefahr einer erneuten Aktivierung der Blutungsquelle nur auf ärztliche Anordnung freigelegt werden.

Antibiotikatherapie

Um Wundinfektionen bestmöglich zu verhindern, wird eine möglichst frühzeitige Antibiotikagabe empfohlen [8, 29]. Eine alleinige antibiotische Therapie ohne gründliche Wundreinigung und chirurgisches Wunddébridement bringt meist nicht den gewünschten Erfolg [24]. Bis zur Aufnahme in eine medizinische Behandlungseinrichtung sollte die Antibiotikumtherapie mit dem initial verabreichten Medikament nach Dosierungsanleitung fortgeführt werden. Ist bei Einsätzen mit verlängerten Evakuierungszeiten zu rechnen, sollte die mitgeführte Art und Menge der Antibiose entsprechend angeglichen werden [8]. Die Erfahrungen in Irak und Afghanistan haben gezeigt, dass bei penetrierenden Augenverletzungen sogar bei noch im Auge verbliebenen Splittern oder anderen Fremdkörpern auch die mehrtägige Verzögerung einer operativen Versorgung nicht mit einer Verschlechterung der verbleibenden Sehfähigkeit einherging, solange in diesem Zeitraum eine aggressive antibiotische Therapie erfolgte [45].

9.5.5 Warmblutspende

Bei verlängerten Versorgungszeiten kann die Gabe von Blutprodukten lebensrettend sein [36]. Frisches Spenderblut steht durch eine Warmblutspende von Kameraden im Prinzip jederzeit zur Verfügung und führt dem Patienten Gerinnungsfaktoren, Thrombozyten und Erythrozyten in physiologischer Lösung zu. Sie wirkt somit einer Koagulopathie entgegen und verbessert die O_2-Transportkapazität [24].

Warmblutspenden haben eine lange militärische Tradition und können gute Erfolge aufweisen. Sie werden insbesondere durch Alliierte genutzt, sind im Auslandseinsatz aber auch in deutschen Behandlungseinrichtungen für Massenanfälle von Verwundeten vorgesehen. Der logistische Aufwand zur Mitführung von Transfusionssets und Blutgruppenbestimmungskarten ist gerade bei aufgesessenen Operationen relativ gering.

Es besteht das Risiko von lebensbedrohlichen Transfusionsreaktionen und Infektion mit Krankheiten des Spenders. In der Literatur sind allerdings selbst bei Warmblutspenden in Irak und Afghanistan, bei denen die Blutgruppen nur anhand der Eintragungen auf den Erkennungsmarken ohne Bedside-Test identifiziert worden sind, keine Transfusionsreaktionen beschrieben worden [35, 59]. Rhesus-Inkompatibilitäten sind ohnehin bei lebensrettenden Transfusionen von sekundärer Bedeutung [8]. Die Sicherheit von Warmblutspenden (»buddy-buddy-transfusion«) kann durch Mitführung von »Bedside-Tests« weiter erhöht werden. Eine Laborkontrolle der Blutgruppe sowie eine regelmäßige Untersuchung auf mittels Transfusion übertragbare Krankheiten aller Soldaten einer Einheit bildet die Grundlage für komplikationsarme Handlungsoptionen.

Transfusionsreaktionen sind lebensbedrohliche Notfälle!

Blutgruppenunverträglichkeiten sind bei Schwerverwundeten mit massiven Blutverlusten schwer zu erkennen. Bei rapider Zustandsverschlechterung trotz Warmblutspende muss von einer Transfusionsreaktion ausgegangen werden. Die Therapie erfolgt nach sofortigem Stoppen der Transfusion symptomatisch mit Volumengabe, Katecholaminen und forcierter Diurese.

Treten Symptome wie Fieber, Schüttelfrost, Juckreiz, Hautausschlag oder Atemnot auf, ist von einer anaphylaktoiden Transfusionsreaktion auszugehen. Die Therapie erfolgt wie bei einer Anaphylaxie (▶ Abschn. 9.3)

Blutspender sollten im Feld niemals mehr als 500 ml Blut spenden und anschließend einen entsprechenden Volumenersatz verabreicht bekommen, um stärkere Einschränkungen ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit auszuschließen.

Das deutsche Transfusionsrecht und die lebensgefährlichen Auswirkungen bei Transfusionszwischenfällen machen Warmblutspenden gerade in der Hand von nichtärztlichem Personal zu einem hochproblematischen Thema. Sie sind aber nach wie vor die einzige verfügbare Option, noch auf dem Gefechtsfeld bei Verwundeten die Sauerstofftransportkapazität im schweren hämorrhagischen Schock zu verbessern. In bestimmten Einsatzszenarien kann ihre Anwendung daher sinnvoll und alternativlos sein [35, 59]. Ihre Durchführung sollte unter qualifizierter fachlicher Aufsicht erlernt werden, daher wird hier auf eine nähere Darstellung des praktischen Ablaufs verzichtet [9]. Eine detaillierte Handlungsanleitung zur Warmblutspende der US-Streitkräfte findet sich unter [77].

Literatur

1. Alam HB, Koustova E, Rhee P (2005) Combat Casualty Care Research: From Bench to the Battlefield. World J. Surg. 29:7–11
2. AORN Recommended Practices Committee (2007) Recommended practices for the use of the pneumatic tourniquet in the perioperative practice setting. AORN J 86(4):640–655
3. Arishita GI, Vayers JS, Bellamy RF (1989) Cervical spine immobilization of penetrating neck wounds in a hostile environment. J Trauma 29:332–337
4. B. Braun Melsungen AG (2009) Sterofundin ISO und Tetraspan … immer die richtige Lösung. Fachinformation
5. Black IH, McManus J (2009) Pain Management In Current Combat Operations. Prehosp Emerg Care 13(2):223–227
6. Blackbourne LH, Czarnik J, Mabry R (2010) Decreasing Killed in Action and Died of Wounds Rates in Combat Wounded. J Trauma 69 Suppl 1:1–4
7. Boldt J (2004) Fluid choice for resuscitation of the trauma patient: a review of the physiological, pharmacological, and clinical evidence. Can Anesth 51.5:500–513
8. Borden Institute (2004) Emergency War Surgery, Walter Reed Medical Center, Washington DC
9. Bowling F, Pennardt A (2010) The Use of Fresh Whole Blood Transfusions by the SOF Medic for Hemostatic Resuscitation in the Austere Environment. J Spec Oper Med Summer 10(3):25–35
10. CoTCCC (2011) Meeting Minutes, November 2010. http://www.health.mil/Libraries/101101_TCCC_Course_Materials/0611_CoTCCC_Meeting_Minutes_1011_Final.pdf
11. CRASH-2 collaborators, Roberts I, Shakur H (2011) The importance of early treatment with tranexamic acid in bleeding trauma patients: an exploratory analysis of the CRASH-2 randomised controlled trial. Lancet 377(9771):1096–1101

12. Deal VT, McDowell D, Benson P et al (2010) Tactical Combat Casualty Care February 2010. Direct from the Battlefield: TCCC Lessons Learned in Iraq and Afghanistan. J Spec Oper Med. Summer 10(3): 77–91
13. Degiannis E, Bonanno F, Titius W (2005) Behandlung von penetrierenden Verletzungen an Hals, Thorax und Extremitäten. Chirurg 76:945–958
14. DRK Blutspendedienst West gGmbH (2010) LyoPlas N-w, Gebrauchsinformation und Fachinformation
15. Fischbacher M, Matthes G, Wölfl C (2007) Präklinische Intubation bei Trauma. Ergebnisse einer systematischen Literaturanalyse. Notfall Rettungsmed 10:494–499
16. Fischer C, Josse F, Lampl L (2010) »Stop the bleeding«! Neue Aspekte aus dem zivilen und militärischen Bereich. Notfall Rettungsmed 13:384–392
17. Genzwürker H, Ellinger K (2007) Atemwegsmanagement: alternative Techniken. Notfall Rettungsmed 10:488–493
18. Giersdorf I (2010) Verletzungen im Gesichtsschädelbereich. Wehrmed Wehrpharm 2:58–59
19. Gooch JW (2010) One-Hand Operated and Automatic Tourniquets. In: Gooch JW (Hrsg.) Biocompatible Polymeric Matrials and Tourniquets for Wounds. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London
20. Harcke HT, Pearse LA, Levy AD (2007) Chest Wall Thickness in Military Personnel – Implications for Needle Thoracentesis in Tension Pneumothorax. Mil Med 172(12): 1260–1263
21. Haut ER, Kalish BT, Efron DT (2010) Spine Immobilization in Penetrating Trauma: More Harm Than Good? J Trauma 68:115–121
22. Helm M, Fischer S, Hauke J (2008) Invasive Techniken in der Notfallmedizin. Der intraossäre Zugang. Notfall Rettungsmed 11:317–324
23. Helm M, Hossfeld B, Jost C (2011) Chirurgische Atemwegssicherung in der präklinischen Notfallmedizin. Notfall Rettungsmed 14:29–36
24. Hetzler MR, Risk G (2009) Damage Control Resuscitation for the Special Forces Medic – Simplifying and Improving Prolonged Trauma Care: Part Two. J Spec Oper Med Fall 9(4):53–62
25. Hill PF, Watkins PE (2001) The prevention of experimental osteomyelitis in a model of gunshot fracture in the pig. Eur J Orthop Surg Traumatol 11:237–241
26. Holbrook TL, Galarneau MR, Dye JL (2010) Morphine Use after Combat Injury in Iraq and Post-Traumatic Stress Disorder. N Engl J Med ;362(14):1341–1342
27. Holcomb JB (2003) Fluid Resuscitation in Modern Combat Casualty Care: Lessons Learned from Somalia. J Trauma 54:546–551
28. Holcomb JB, McManus JG, Kerr ST (2009) Needle Versus Tube Thoracostomy in a Swine Model of Traumatic Tension Hemopneumothorax. Prehosp Emerg Care 13(1):18–27
29. Hospenthal DR, Murray CK, Andersen RC (2008) Guidelines for the Prevention of Infection After Combat-Related Injuries. J Trauma 64(3 Suppl):211–220
30. Husum H (1999) Effects of Early Prehospital Life Support to War Injured: The Battle of Jalalabad, Afghanistan. Prehosp Disaster Med 14(2):75–80
31. Kobbe P, Lichte P, Wellmann M (2009) Bedeutung der Hypothermie in der Traumatologie. Unfallchirurg 112:1055–1061
32. Koraltim MM (1999) Pelvic fracture urethral injuries: The unresolved controversy. J Urol 161:1433–1441
33. Kragh JF, Baer DG, Walters TJ (2007) Extended (16-Hour) Tourniquet Application After Combat Wounds: A Case Report and Review of the Current Literature. J Orthop Trauma 21(4):274–278
34. Kragh JF, Walters TJ, Baer DG (2009) Survival With Emergency Tourniquet Use to Stop Bleeding in Major Limb Trauma. Ann Surg 249:1–7
35. Kreimeier U, Vincent JL, Waydhas C (2009) Damage control volume therapy in emergency case. Notfall Rettungsmed 12:201–204
36. Lier H, Krep H, Schöchl H (2009) Gerinnungsmanagement bei der Polytraumaversorgung. Anesthesist 58:1010–1026
37. Lison S, Innerhofer P, Spannagl M (2009) Interaktion von Volumentherapie und Gerinnung. Notfall Rettungsmed 12:176–180
38. Luck RP, Haines C, Mull CC (2010) Intraosseous Access. J Emerg Med 39(4):468–475
39. Mabry RL, Cuenca PJ (2009) Should We Teach Every Soldier How to Start an IV? Mil Med 174(6):iii–v
40. Mabry RL, Edens JW, Pearse L (2010) Fatal Airway Injuries During Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom. Prehosp Emerg Care 14:272–277
41. Maier H, Tisch M, Steinhoff S (2009) Penetrierende Schussverletzung im Halsbereich. Fallbericht und Literaturübersicht. HNO 57: 839–844
42. Meier-Hellmann A, Burgard G (2004) Neue Therapieansätze bei der prähospitalen und hospitalen Schockbehandlung. Hyperton-hyperonkotische Lösungen und Vasopressin. Internist 45:305–314
43. Mutzbauer TS, Bernhard M, Doll S (2008) Die notfallmäßige Koniotomie. Notfall Rettungsmed 11:310–316
44. Mutzbauer TS, Keul W, Bernhard M (2005) Invasive Techniken in der Notfallmedizin. IV. Koniotomie im Notarztdienst. Anaesthesist 54:145–154
45. NAEMT (ed) (2011) PHTLS: Prehospital Trauma Life Support, Military Edition, 7th ed. Mosby, St. Louis
46. NAEMT (Hrsg.) (2009) Präklinisches Traumamanagement: Das PHTLS-Konzept. Elsevier, München
47. Ostman B, Michaelsson K, Rahme H, Hillered L (2004) Tourniquet-induced ischemia and reperfusion in human skeletal muscle. Clin Orthop Relat Res 418:260–265
48. Ramasamy A, Hill AM, Clasper JC (2009) Improvised Explosive Devices: Pathophysiology, Injury, Profiles and Current Medical Management. JR Army Med Corps 155(4): 265–272
49. Raum M, Waydhas C, AG Notfallmedizin (2006) Präklinische Volumentherapie beim Trauma. Notfall Rettungsmed 9:485–500
50. Rezende-Neto JB, Rizoli SB, Andrade MV (2010) Permissive Hypotension and Desmopressin Enhance Clot Formation. J Trauma 68(1):42–50

51. Risk G, Hetzler MR (2009) Damage Control Resuscitation for the Special Forces Medic – Simplifying and Improving Prolonged Trauma Care: Part One. J Spec Oper Med. Summer 9(3):14–21
52. Schilling TF, Vanden Bergh H, Kollig EW (2009) Acinetobacter baumanii – A multidrug resistant threat of soldiers sustaining burns due to blast injuries in Afghanistan? Burns 35(1):6
53. Scholz B, Aul A, Kleinschmidt S (2008) Anlage einer Thoraxdrainage. Indikation und Technik. Notfall Rettungsmed 11:325–331
54. Shipman N, Lessard CS (2009) Pressure Applied by the Emergency/Israeli Bandage. Mil Med 174,1: 86–92
55. Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W (2005) Aktuelle Konzepte des Polytraumamanagements: Von ATLS zu »Damage Control«. Notfall Rettungsmed 8:454–465
56. Thiel M, Czerner S, Prückner S (2006) Pathophysiologie des Schocks. Eine Übersicht. Notfall Rettungsmed 9:509–515
57. Tien HC, Jung V, Rizoli SB (2008) An Evaluation of Tactical Combat Casualty Care Intervention in a Combat Environment. J Am Coll Surg 207(2):174–178
58. Tong JL (2008) Using body weight as a pre-hospital fluid infusion device: the relationship between under-body position and flow rate. J R Army Med Corps 154(1):31–33
59. Wedmore I (2011) Prehospital and Enroute Care. In: Martin M, Beekley A (ed) Front Line Surgery. A Practical Approach. Springer, New York, pp 1–16
60. Wenke JC, Walters TJ, Greydanus DJ (2005) Physiological evaluation of the U.S. Army one-handed tourniquet. Mil Med 70(9):776–781
61. Ying CL, Tsang SF, Ng KF (208) The potential use of desmopressin to correct hypothermia-induced impairment of primary haemostasis – an in vitro study using PFA-100. Resuscitation 76(1):129–133
62. Zander R (2009) Anaemia and massive bleeding apart from the aspect of oxygenatian. Wien Klin Wochenschr 122 (Suppl 5):6–8
63. Zander R (2009) Anforderungen an einen optimalen Volumenersatz. Anästh Intensivmed 50:348–357
64. Zander R (2009) Flüssigkeitstherapie. 2. Aufl. Bibliomed – Medizinische Verlagsgesellschaft mbH, Melsungen
65. Ulmer M (2011) Zertifizierte Fortbildung – Teil 3: Sauerstoffanreicherung im RD. Rettungsdienst 3:47–54
66. Auerhammer J (2011) Lebensbedrohliche arterielle Blutung aus der A. carotis communis. Fallstricke bei der intraossären Punktion. Notfall Rettungsmed 14:147–150
67. Taylor DM, Vater GM, Parker PJ (2011) An Evaluation of Two Tourniquet Systems for the Control of Preshospital Lower Limb Hemorrhage. J Trauma 71(3):591–5
68. Shaz BH, Winkler AM, James AB (2011) Pathophysiology of Early Trauma-Induced Coagulopathy: Emerging Evidence for Hemodilution and Coagulation Factor Depletion. J Trauma 70:1401–1407
69. Murray CK, Hospenthal, DR, Kotwal RS, Butler FK (2011) Efficacy of Point-of-Injury Combat Antimicrobials. J Trauma 71:307–313
70. CoTCCC (2011) Tactical Combat Casualty Care Guidelines. http://www.medicalsca.com/files/tccc_guidelines_110808.pdf
71. CRASH-2 Collaborateors (2011) Effect of tranexamic acid in traumatic brain injury: a nested randomized, placebo controlled trail (CRASH-2 Intracranial Bleeding Study). BMJ 343:d3795
72. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. (2011) S3-Leitlinie Polytrauma. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2011-07_01.pdf
73. TREMA e.V. http://www.tremaonline.info/download.html
74. Werner C, Geldner G, Koch T (2013): Hydroxyethyl starch : position statement by the Presidents of the DGAI (German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine), the BDA (Professional Association of German Anaesthetists) and the DAAF (German Academy for Further Education in Anaesthesiology). Anaesthesist 62(8):595–6. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 48 (7–8):437
75. Ertmer C, Kampmeier T, Van Aken H (2013) Fluid therapy in critical illness: a special focus on indication, the use of hydroxyethyl starch and its different raw materials. Curr Opin Anesthesiol 26:253–260
76. Guth MC et al. (2012) Behandlung der traumainduzierten Koagulopathie – Was ist die Evidenz? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 47: 528–539
77. http://www.usaisr.amedd.army.mil/assets/cpgs/Fresh_Whole_Blood_Transfusion_24_Oct_12.pdf
78. Lampl L, Seifried E, et al. (1992) Hämostasestörung nach Polytrauma – Zum Verhalten physiologischer Gerinnungsinhibitoren während der präklinischen Phase. AINS 27:31-6
79. Floccard B, Rugeri L, et al. (2012) Early coagulopathy in trauma patients: An on-scene and hospital admission study. Injury 43:26–32
80. Rourke C, Curry N et al. (2012) Fibrinogen levels during trauma hemorrhage. Response to replacement therapy and association with patient outcomes. J Thromb Haemost 10:1342–51

Analgesie im Einsatz

F. Josse, F. Spies

10.1 Bedeutung einer frühen und effektiven Schmerzbekämpfung – 214

10.2 Morphin – ein alter Weggefährte – 214

10.3 Multiplayer Fentanyl – 216

10.4 Esketamin (Ketanest S) – ein guter Spieler mit speziellem Einsatzspektrum – 217

10.5 Durch niedrig-potente Analgetika Kampfkraft erhalten – 218

Literatur – 219

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_10, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

10.1 Bedeutung einer frühen und effektiven Schmerzbekämpfung

Einem Verwundeten die Schmerzen zu nehmen, ist neben der Sicherung und dem Erhalt der Vitalfunktionen ein maßgeblicher Bestandteil der Verwundetenversorgung und muss so früh wie möglich eingeleitet werden. Dies ist in kameradschaftlicher bzw. humaner Sicht eine wesentliche Aufgabe des Versorgers. Sie führt auch durch eine Verminderung des schmerzbedingt erhöhten Sympathikotonus zu einer Reduktion des Sauerstoffverbrauches. Eine verminderte Ausschüttung von Stresshormonen kann im Rahmen eines Schockgeschehens mit erhöhtem Sauerstoffbedarf lebensrettend sein.

Schmerz wird subjektiv von den betroffenen Verwundeten jeweils unterschiedlich wahrgenommen. Er ist oft auch abhängig von weiteren persönlichen Faktoren, wie Angst, Unruhe, äußere Bedrohung, subjektive Wahrnehmung und Charakter. Die Auswirkungen des subjektiv erlebten Schmerzes werden somit ggf. summiert und sind oft nicht mit der Verletzungsschwere und -art in Einklang zu bringen. Eine frühe und effektive Analgesie unabhängig von der Art und Weise sowie der verwendeten Medikamente führt zu einer Verminderung von chronischen Schmerzen und PTBS [3]. Dies ist für die weitere, über die Versorgung am Verwundungsort hinausgehende Genesung und Rehabilitation des Verwundeten essenziell.

Unter taktischen Gesichtspunkten ist eine frühe Analgesie nötig, um einen schreienden Verwundeten zur Ruhe zu bringen und einen weiteren schmerzfreien und somit problemlosen Abtransport zu ermöglichen.

Bei jeder durchgeführten Analgesie gilt es, den Patienten ständig zu reevaluieren und das Schmerzniveau zu klassifizieren, um die weitere Behandlung besser steuern zu können. Auch das Monitoring bzw. die regelmäßige Kontrolle der Vitalparameter, insbesondere der Atmung, ist bei den stark wirksamen Analgetika wie Opiaten und Esketamin (Ketanest S) zwingend durchzuführen und zu dokumentieren.

10.2 Morphin – ein alter Weggefährte

In den vergangenen Konflikten (Weltkriege, Vietnam) aber auch in den aktuellen Konflikten (Irak, Afghanistan) wurde und wird Morphin durch nicht-ärztliches Personal zur Gefechtsfeldanalgesie angewendet.

Morphin gehört zu den Opiaten. Darunter werden aus dem Opium gewonnene, schmerzlindernde Alkaloide verstanden. Morphin ist das älteste und bestbekannte Alkaloid auf dem Markt. Sämtliche Opioide haben das gleiche Wirkungs- und Nebenwirkungsspektrum mit unterschiedlicher Potenz.

Die **Hauptwirkungen** des Morphins sind die Analgesie und die Sedierung. Als **Nebenwirkung** ist insbesondere die Atemdepression von Bedeutung. Als weitere Nebenwirkungen sind Übelkeit und Erbrechen, Obstipation und Miosis zu nennen. Bei opiatinduzierter Übelkeit können und sollten Antiemetika frühzeitig eingesetzt werden.

Tipp

Bei Übelkeit hat sich die prophylaktische oder therapeutische Applikation einer Ondansetron-Schmelztablette in die Wangentasche des Patienten bewährt (z. B. Zofran 4 mg lingual). Bei überschaubarem Nebenwirkungsspektrum wird opiatinduziertes Erbrechen gut vermieden. Gleichzeitig wird eine wirkungsvolle Prophylaxe gegen Reiseübelkeit beim Transport erreicht.

Die meisten Opiate haben eine dosisabhängige depressive Wirkung auf den Kreislauf. Meist besteht durch eine orthostatische Dysregulation die Gefahr eines Blutdruckabfalls beim Aufstehen des Verwundeten durch Dilatation der Gefäße. Zusätzlich bewirkt jedoch insbesondere Morphin durch eine Histaminausschüttung einen Blutdruckabfall [2].

Opiate können über mehrere Wege **aufgenommen** werden. Die gängigsten sind oral, intramuskulär und intravenös. Im Zivilen wird Morphin meist nur noch zur Analgesie bei Tumorschmerzen oder im Rahmen internistischer Krankheitsbilder (Herzinfarkt, Lungenödem), weniger jedoch zur akuten traumatischen oder postoperativen Analgesie verwendet.

In den militärischen Konflikten wurde und wird immer noch Morphin in Form von **Autoinjektoren**, welche 10 mg Morphin intramuskulär verabreichen, verwendet. Dieses geschieht meist im Rahmen der Selbst- und Kameradenhilfe.

Morphin weist im Vergleich zu Fentanyl oder Ketanest eine sehr **lange Wirkdauer** auf. Dies ist gerade bei längeren Versorgungs- oder Evakuierungszeiten von Vorteil, da eine häufige Nachapplikation entfällt und geringere Mengen mitgeführt werden müssen.

Applikationswege

Die **intramuskuläre** (i.m.) Injektion erscheint auf den ersten Blick als ein sehr probates und schnelles Mittel. Sie ist jedoch mit nicht zu unterschätzenden Problemen und Nachteilen verbunden. Die Resorption aller Analgetika ist im Vergleich zur **intravenösen** (i.v.) Gabe bei der i.m. Applikation grundsätzlich verzögert und zeitlich schlecht vorhersehbar. Diese Verzögerung kann durch eine verminderte Durchblutung des Muskels, wie sie z. B. im Schockgeschehen oder bei Hypothermie vorliegt, noch verstärkt sein und unvorhergesehen zu einem späteren Zeitpunkt zum Eintritt der Medikamentenwirkung führen. Dies ist vor allem dann gefährlich, wenn bei vermeintlichem primären Nichtansprechen auf das Schmerzmedikament und weiterhin schreiendem Verwundeten weitere Dosen verabreicht werden.

Hier gibt es heute deutlich bessere und sicherere Applikationswege mit entsprechenden Analgetika, um im Rahmen von Gefechtsfeldverletzungen und bei Anwendung von nicht ärztlichem Personal eine schnelle und effektive Analgesie zu ermöglichen.

Wenn ein i.v. Zugang etabliert ist, ist die intravenöse Injektion die schnellste und sicherste Methode, ein Medikament zu geben. Die **intraossäre** (i.o.) Applikation ist hinsichtlich der Anschlagszeit für die Analgetika als äquivalent anzusehen. Bei der i.v. Gabe von Analgetika ist zu bedenken, dass neben der schnellen Wirkung der Analgesie auch die Nebenwirkungen (z. B. Atemdepression, Hypotonie, Übelkeit) schneller und manifester auftreten. Man sollte sich daher grundsätzlich immer in Form von geringeren Teildosen vorsichtig an die jeweils geplante Medikamentendosis herantasten (»Titration«).

Abb. 10.1 Mucosal Atomization Device (MAD)

Als nicht-invasive Applikationswege haben sich die **orale** und die **nasale** Anwendung insbesondere für nicht ärztliches Personal als vorteilhaft erwiesen. Bei der oralen Gabe wird die Mundschleimhaut als große Resorptionsoberfläche ausgenutzt und bei der nasalen Applikation die Nasenschleimhaut. Der verschluckte Anteil unterliegt jeweils einem so großen Abbau durch die Leber (First-pass-Effekt) dass dieser Anteil nicht zur initialen Schmerzbekämpfung dient. Die Anschlagszeit bei oraler und bei intranasaler Anwendung liegt bei 5–10 Minuten.

Bei intranasaler Gabe liegt die maximale Aufnahmefähigkeit pro Nasenloch bei maximal 1–2 ml. Größere applizierte Mengen werden verschluckt. Darum sollten hierbei hochkonzentrierte Lösungen des Medikamentes verwendet werden. Die notwendige Dosierung ist im Einzelfall sehr unterschiedlich, meist ist jedoch die 2- bis 3-fache Menge der regulären i.v. Dosis erforderlich. Zur Applikation können spezielle Vernebler (z. B. Mucosal Atomization Device, MAD, Abb. 10.1) auf eine Spritze aufgesetzt werden. Behelfsmäßig können in Notfällen auch Nasenspray-Fläschchen mit dem entsprechenden Medikament befüllt werden. Die Sprühaufsätze von Ratiopharm-Nasenspray passen ebenfalls auf den Luer-Konus von Standardspritzen und können alternativ zum MAD eingesetzt werden.

Bei längerem Aufenthalt in trockener, staubiger Umgebung ist die Resorptionskapazität der Nasenschleimhäute häufig deutlich eingeschränkt. Dadurch können sich sowohl Wirkmaximum, als auch Wirkeintritt erheblich verschlechtern!

10.3 Multiplayer Fentanyl

Der Durchbruch in der modernen Analgesie auf dem Gefechtsfeld wurde mit der Einführung von OTFC (orales transmukosales Fentanylcitrat mit Applikator, Actiq), kurz Fentanyl-Lolli, erreicht (Abb. 10.1). Sie stellen ein sehr früh und zeitsparend einsetzbares effektives Verfahren zur Analgesie dar. Gerade Spezialkräfte haben in den letzten Jahren viel Erfahrung damit sammeln können. Ziel ist es, dass diese Art der Analgesie querschnittlich für jeden Soldaten im Einsatz verfügbar ist und den Morphin-Autoinjektor langfristig ersetzt.

Insbesondere bei leicht und mittelschwer Verletzten hat die Gabe von Fentanyl-Lutschtabletten deutliche Vorteile. Durch ihre Darreichungsform an einem Stiel ist eine dosierte Gabe möglich und kann bei ausreichender Analgesie unterbrochen und bei Bedarf auch später wieder fortgeführt werden. Durch die große und gut durchblutete Oberfläche der Mundschleimhaut wirkt das Fentanyl im Vergleich zu i.m. verabreichtem Morphin deutlich schneller. Während Patienten mit schon etabliertem i.v. Zugang grundsätzlich über diesen Analgetika erhalten können, ist es bei kooperationsfähigen Patienten auch bei vorhandenem i.v. Zugang eine sehr gute Möglichkeit der Schmerzbekämpfung.

Die Verabreichung ist extrem einfach und daher auch durch Personal sicher durchzuführen, dass in der Venenpunktion unerfahren ist. Die **Nebenwirkungen** von Fentanyl sind denen des Morphins ähnlich und können von milden Symptomen, wie Übelkeit, Euphorie und Benommenheit bis hin zu Erbrechen, Bewusstlosigkeit und Ateminsuffizienz, führen. Die Gabe von 800 µg verursachte allerdings auch bei Gesunden (ohne schmerzbedingte Steigerung des Atemantriebs) in Studien nie eine Beeinträchtigung der Atmung [1].

Fentanyl wird rasch über die Mund- und die Darmschleimhaut resorbiert. Jedoch werden nur 25 % über die Mundschleimhaut resorbiert. Der Rest gelangt in den Gastrointestinaltrakt, wo ein Teil des Fentanyls direkt durch die Darmwand oder später durch die Leber verstoffwechselt wird, ohne den systemischen Kreislauf zu erreichen. Von der insgesamt verabreichten Menge erreichen daher nur weitere 25 % die Blutbahn, so dass schlussendlich

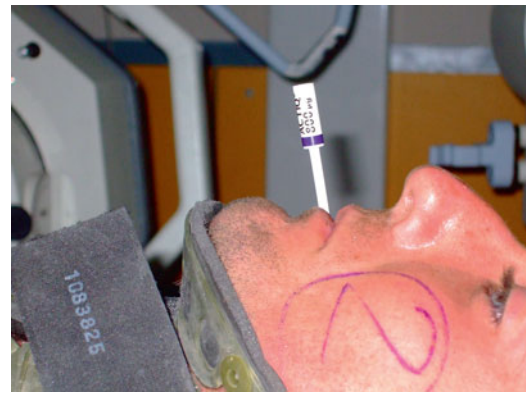


Abb. 10.2 Fentanyl-Lolli Actiq

50 % der Dosis des Fentanyl-Lollis in 2 unterschiedlich schnellen Wellen wirken [5].

Die auf breiter Front gemachten Erfahrung im Irak- und Afghanistan-Konflikt, aber auch die persönlichen Erfahrungen und Anwendungen der Autoren zeigen, dass durch OTFC eine hervorragende und schnelle (innerhalb von 5–7 min) Analgesie erreicht werden kann, während durch die titrierte (in kleinen Schritten der geplanten Dosis) Gabe schwerwiegende Nebenwirkungen (Atemdepression, Eintrübung mit Reflexverlust) zu vernachlässigen sind.

Ein bisher ungelöstes Problem ist, dass Actiq formal keine Zulassung in der Schmerztherapie beim akuten Trauma hat und der Gebrauch daher einen »off label-use« darstellt. Dies führt trotz der weltweit hervorragenden Erfahrungen bedauernswerterweise aus juristischen Gründen gelegentlich zu einem Verzicht auf ihren Einsatz.

Neben dem OTFC stehen auch noch **Bukkaltabletten** (sich rasch auflösende Tabletten für die Wangenschleimhaut, Effentora) in unterschiedlichen Konzentrationen für die Behandlung von Tumor-Durchbruchschmerzen auf dem Markt zur Verfügung. Bis auf die nicht steuerbare Beendigung der Applikation bei ausreichender Analgesie wie beim Actiq sind Wirkungsstärke und Dauer vergleichbar. Sie haben sich jedoch nicht auf dem Gebiet der Gefechtsfeldanalgesie durchgesetzt.

Eine weitere Applikationsform stellt das als Spray verabreichte **intranasale Fentanyl** (INF) dar. Die geringe Oberfläche der Nasenschleimhaut be-

grenzt die sinnvolle Sprühstoßmenge auf etwa 200 µl. Studien haben eine Anschlagszeit von 5 Minuten gezeigt, wenn gesunde Probanden 50 µg Fentanyl intranasal verabreicht bekamen. Die Bioverfügbarkeit betrug 71 %, also nahezu der anderthalbfachen Menge wie bei OTFC. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Gabe von den Patienten gut toleriert wurde und signifikante Nebenwirkungen nicht beobachtet wurden. Gelingt es, geeignete Sprays zu entwickeln, steht mit dem intranasalen Fentanyl eine ernste Alternative für das orale transmukosale Fentanylcitrat zur Verfügung. Vor allem die rasche Anschlagszeit ist vielversprechend [6].

Tipp

Um die Wirkstoffaufnahme bei beginnender Schläfrigkeit oder Bewusstseinstrübung zu beenden, sollte der Actiq-Lutscher mit einem Pflasterstreifen am Finger des Patienten befestigt werden. Mit Erschlaffen der Muskulatur wird er dann im Regelfall durch das Niedersinken des Arms aus der Mundhöhle entfernt. Die erforderlichen Pflasterstreifen sollten bereits im Vorfeld an den Actiq-Verpackungen angebracht werden, um bei Anwendung schnell griffbereit zu sein. Die Verpackung des Actiq lässt sich ohne Schere bzw. Messer nicht von Hand öffnen, ohne die Lutschtablette zu beschädigen. Dies gilt es in der Vorbereitung zu bedenken.

10.4 Esketamin (Ketanest S) – ein guter Spieler mit speziellem Einsatzspektrum

Ketanest S bewirkt eine so genannte **dissoziative Anästhesie**. Es wirkt zum einen über andere Rezeptoren als die Opiate analgetisch (sog. NMDA-Rezeptoren). Zum anderen hat es zusätzlich einen psychotropen Effekt, indem es die eingehenden Informationen im Gehirn von der subjektiven Wahrnehmung entkoppelt. Es ist für den schwerverletzten Traumapatienten bzw. Verwundeten ein nahezu ideales Analgetikum. Durch die große therapeutische Breite, den schnellen Wirkungseintritt, die multiplen Applikationsmöglichkeiten, den Erhalt von Atemantrieb und Schutzreflexen bei analgetischen Dosierungen sowie die positiven hämodynamischen Effekte ist es relativ anwendungssicher. Die kurze und damit gut steuerbare Wirkdauer erfordert jedoch bei längeren Versorgungszeiten durch die repetitiven Gaben einen entsprechenden Ketamin-Vorrat.

Der wesentliche **Nachteil** von Ketanest besteht darin, dass der Verwundete durch die Dissoziation nicht mehr kooperativ oder fähig ist, Aufforderungen zu folgen. Dies ist gerade bei Leichtverletzten, die ggf. noch im Stande wären, einfache Aufgaben zu erledigen, von Nachteil. Zum anderen kann es durch die psychotrope Wirkung zu unangenehmen Eindrücken kommen, die insbesondere bei auf dem Gefechtsfeld nicht möglicher Abschirmung des Verwundeten zu den sog. »bad trips« führt. Hier hilft eine vorausgehende oder zumindest parallele Gabe von Sedativa (z. B. Midazolam oder Lorazepam).

Bei der Gabe von Ketanest sollten alle Verwundete entwaffnet werden.

Neben der Analgesie bei kreislaufinstabilen Schwerstverletzten ist Ketanest aufgrund seiner Eigenschaften auch sehr gut für die so genannte **prozedurale Analgesie** (Einsatz vor kurzen, schmerzhaften Maßnahmen) geeignet [2]. Eine weitere relevante **Nebenwirkung** ist der verstärkte Speichelfluss. Dieser kann mit 0,5 mg Atropin oder besser 0,2 mg Glycopyrrolat (z. B. Robinul) gut behandelt werden. Bei perforierenden Augenverletzungen sollte Ketamin wegen der möglichen Augeninnendrucksteigerung nur mit besonderer Vorsicht angewendet werden.

Auf dem Markt sind zwei Arten von Ketanest verfügbar. Das ältere Racemat **Ketamin** sowie das neuere, aber nicht überall zugelassene **S-Ketamin**. Vorteil des S-Ketamin ist die höhere Potenz mit etwas geringeren (insbesondere psychotropen) Nebenwirkungen [2].

Tab. 10.1 führt die beiden hauptsächlich eingesetzten Opiate und Esketamin mit ihrer Pharmakokinetik und -dynamik auf.

Tab. 10.1 Vergleich von Wirkdauer, Dosierung und Nebenwirkungen von Fentanyl, Morphin und S-Ketamin. Der Beginn des Wirkungseintritts und die Wirkungsstärke hängen im Wesentlichen von der Applikationsart ab

Medikament	Wirkdauer	Dosierung (Analgesie)	Nebenwirkungen
Fentanyl	20–40 min	1,5–3 µg/kg KG i.v. 50–100 µg/Sprühstoß nasal Actiq 800 µg oral	Atemdepression, Sedation, Übelkeit, Pruritus, Kreislaufdepression (i.v. Gabe), Bronchospasmus
Morphin	3–4 h	2,5–10 mg i.v. 5–30 mg s.c./i.m. 10 mg Autoinjekt i.m.	Wie bei Fentanyl
Esketamin	10–20 min	0,125–0,25 mg/kg KG i.v. 0,25–0,5 mg/kg KG i.m. 1–1,5 mg/kg KG nasal	Bewusstseinsveränderung, Halluzinationen, Hypersalivation, Augeninnendrucksteigerung

10.5 Durch niedrig-potente Analgetika Kampfkraft erhalten

Niedrig-potente Analgetika sind Nichtopiate und dienen primär nicht für die akute Schmerzlinderung bei traumatologischen Schmerzen. Dafür haben sie eine zu lange Anschlagszeit von 30–60 min. Für eine unterstützende Schmerztherapie in Kombination mit Opiaten, für kleine Traumata oder Überlastungserscheinungen des Bewegungsapparates oder auch Schmerzen im Gastrointestinaltrakt sowie Kopfschmerzen sind diese Mittel gut einsetzbar. **Acetylsalicylsäure** (Aspirin) hemmt die Cyclooxygenase 1 (COX-1) dauerhaft, woraus eine 7–10 Tage andauernde Thrombozytenaggregationshemmung resultiert und somit die Blutgerinnung schwerwiegend gestört ist. Diese Wirkung ist vorübergehend für einige Stunden auch bei anderen Analgetika der NSAR-Gruppe (Ibuprofen, Diclofenac u. a.) gegeben, jedoch im Hinblick auf ein erhöhtes Blutungsrisiko zu vernachlässigen.

Im Einsatz sollte kein ASS eingenommen werden, um mögliche Blutgerinnungsstörungen zu vermeiden.

Paracetamol 1000 mg hat wenig Nebenwirkungen bezüglich der Blutgerinnung, jedoch gehört es zu den schwächsten nichtopioiden Analgetika. Neue selektive COX-2-Hemmer, so genannte **Coxibe** (z. B. Arcoxia 60–90 mg), sind für Knochen und Gelenkschmerzen zu empfehlen und haben keine Wirkung auf die Thrombozytenaggregation. Für Schmerzen im Gastrointestinaltrakt, bei Nierenschmerzen sowie Kopfschmerzen und bei Fieber hat sich **Metamizol** (z. B. Novalgin 500 mg oral bei leichten Schmerzen bzw. 1 g i.v. bei stärkeren Schmerzen, Tageshöchstgrenze 4000 mg) bewährt. Hier kommt auch noch eine relaxierende Wirkung auf die glatte Muskulatur, wie sie z. B. im Magen-Darm-Trakt oder den Harnwegen vorherrscht, schmerzlindernd hinzu. Im Vergleich zu den Opiaten oder dem Esketamin sind diese Medikamente relativ nebenwirkungsarm. Atemdepression oder Veränderungen des Bewusstseinsstatus sind nicht zu erwarten. Allergische Reaktionen sind jedoch möglich.

Metamizol kann bei schneller i.v. Applikation starke Blutdruckabfälle verursachen. Es sollte daher i.v. nur langsam titriert oder als Kurzinfusion, z. B. in 100 ml isotoner Kochsalzlösung, verabreicht werden.

Im Einsatz hat sich das den individuellen Soldaten oder Polizisten ausgegebene »PillPack« mit einer analgetischen Bedarfsmedikation etabliert (z. B. Metamizol-Tablette 1 g), die der Betroffene bei leichteren Schmerzen zum Erhalt der Kampfkraft zur Überbrückung selbstständig einnehmen kann. Hier sind jedoch deutliche Unterschiede in der Ausstattung mit niedrig potenten Analgetika zu verzeichnen.

Literatur

1. Wedmore IS, Kotwal RS, McManus JG, Pennardt A, Talbot TS, Fowler M, McGhee L (2012) Safety and efficacy of oral transmucosal fentanyl citrate for prehospital pain control on the battlefield. J Trauma Acute Care Surg 73(6 Suppl 5)
2. Striebel HW (2013) Die Anästhesie. Schattauer, Stuttgart
3. Mercer J, Chavan S, Tong JL, Connor DJ, de Mello WF (2009) The early detection and management of neuropathic pain following combat injury. JR Army Med Corps 155(2): 94–98
4. Kotwal RS, O'Connor KC, Johnson TR, Mosely DS, Meyer DE, Holcomb JB (2004) A novel pain management strategy for combat casualty care. Ann Emerg Med 44:121–127
5. Mystakidou K, Katsouda E, Parpa E, Vlahos L, Tsiatas ML (2006) Oral transmucosal fentanyl citrate: overview of pharmalogical and clinical characteristics. Drug Delivery 13:269–276
6. Grape S, Schug SA, Lauer S, Schug BS (2010) Formulations of fetanyl fort the management of pain. Drugs 70(1):57–72

Triage und MASCAL/MANV

K. Ladehof

11.1 Hintergründe und Prinzipien – 222
11.1.1 Führungsstrukturen/Aufgaben – 224
11.1.2 Raumordnung (»structure the incident«) – 225
11.1.3 Zusammenarbeit – 228
11.1.4 Gefahren und Gefahrenstoffe – 228
11.1.5 Sekundäranschlag – 230

11.2 Triage – 230
11.2.1 Arten – 231
11.2.2 Kategorien – 233
11.2.3 Algorithmen – 235
11.2.4 Hinweise zum praktischen Vorgehen bei Triage und Erstmaßnahmen – 238

11.3 Vorgehensweise bei MASCAL/MANV: SICK + SICK^2 – 239
11.3.1 ① SICK – Herangehensweise MASCAL – 239
11.3.2 ② SICK^2 ORG – Struktur – 240
11.3.3 ③ SICK^2 MED – Sichtung/Erstversorgung/Transport – 241
11.3.4 Verwundetensammelpunkt/»casualty collection point« (CCP) bzw. Patientenablage – 242
11.3.5 Vermeidung der häufigsten Fehler – 245

Literatur – 247

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_11, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das vorliegende Kapitel behandelt gleichermaßen polizeiliche, zivile und militärische Massenanfälle. Die unterschiedlichen Terminologien und Organisationsstrukturen werden parallel aufgezeigt. In den ersten beiden Abschnitten dieses Kapitels werden Begriffe, theoretische und konzeptionelle Grundlagen und Systeme erläutert, im dritten Abschnitt wird dann die konkrete Herangehensweise dargestellt.

11.1 Hintergründe und Prinzipien

Ein Notfall

Ein **Massenanfall von Verwundeten** (»mass casualty«, **MASCAL**) ist gegeben, wenn zwischen dem Verwundetenaufkommen und den verfügbaren sanitätsdienstlichen Kapazitäten zur individualmedizinischen Behandlung eine erhebliche Differenz besteht (FüEinsGrds SanDstBw [1]/NATO AJP 4.10 [3]).

Ausschlaggebend sind die Konsequenzen, die diese Situation mit sich bringt: In der Notfallmedizin wird selbstverständlich für einen Verwundeten oder Verletzten alles versucht, um ihn zu retten und alle vorhandenen oder zügig nachführbaren Mittel werden für diesen Zweck eingesetzt. Ein MASCAL ist durch ein Missverhältnis von Verwundeten bzw. Schweregrad der Verwundungen einerseits und Helfern und verfügbarem Material andererseits charakterisiert. Das bedeutet, dass diese Ressourcen unter den Betroffenen bestmöglich aufgeteilt werden müssen. Es ist keine individualmedizinische Betreuung mehr realisierbar, sondern das Ziel ist es, die **größtmögliche Anzahl von Überlebenden zu »produzieren«** bzw. möglichst viele Schädigungen zu vermeiden (»Do the greatest good for the greatest number« [3]).

MASCAL = Versorgungsbedarf > Ressourcen (Kräfte + Mittel)

Es kann also erforderlich sein, dass zeitaufwendige Maßnahmen und Mittel, die nicht in ausreichendem Umfang vorhanden sind, oder auch die frühzeitige Evakuierung einem Verwundeten vorübergehend vorenthalten werden. Einerseits ist es ethisch natürlich schwer vertretbar, einem besonders Bedürftigen keine bzw. eingeschränkte Hilfe zu leisten. Andererseits würde der große Aufwand für die Versorgung dieses Menschen in einer MASCAL-Situation bedeuten, dass mehrere andere Patienten gar nicht behandelt werden können. Natürlich muss diese Situation ständig überprüft werden, insbesondere wenn neue Kräfte oder Mittel eintreffen.

Oberstes Ziel wird es sein, schnellstmöglich zur Individualmedizin zurückzukehren.

Der zweite entscheidende Aspekt neben der Aufteilung der Ressourcen am Einsatzort unter der beschriebenen »Maximierungsformel« [4] ist die zeitlich gestaffelte Nutzung der Transportmittel unter dem Prinzip, dass möglichst viele Patienten rechtzeitig die bestgeeignete weiterversorgende Einrichtung erreichen (»Get the right patient to the right place at the right time«).

Das Mittel, um die Entscheidungen über die optimale Verteilung der knappen Ressourcen auf möglichst objektiver Basis zu treffen, ist die Sichtung oder Triage, auf die in ▶ Abschn. 11.2 eingegangen wird.

Der Regelfall ist auch im militärischen Einsatz neben einzelnen Verwundeten »nur« der »**multiple casualty event**« [5], die gleichzeitige Verwundung mehrerer Soldaten. Dabei kommt es möglicherweise in der Anfangsphase zu einem Versorgungsengpass, bevor die verfügbaren Kräfte eingesetzt oder nachgeführt werden können. Dennoch ist dies bei allen taktischen Lagen nicht allein vom Verhältnis der Verwundeten zu den vorgehaltenen Ressourcen, sondern in besonderem Maße auch **von den Umgebungsbedingungen abhängig**: wenn die eigentlich vorhandenen Kräfte die Verwundeten aufgrund der Feindlage oder wegen anderer Bedrohungen nicht erreichen können, kann es ebenfalls zu einer zunehmenden Differenz zwischen Bedarf und Angebot kommen. Aus diesem Grund sollten notfallmedizinisch erweitert ausgebildete Erstversorger auch Kenntnisse über sinnvolle Vorgehensweisen und Kriterien für die Verteilung unzureichender Mittel haben. (Dies kann z. B. auch bei einer polizeilichen Lage bereits der Fall sein, wenn es zu Verwundeten gekommen ist, aber aufgrund einer unklaren Bedrohungslage noch keine weiteren Kräfte zugeführt werden können.)

Allerdings wird auch der »echte« MASCAL mit einer länger anhaltenden Überforderung aller verfügbaren medizinischen Ressourcen naturgemäß

bei militärischen Einsätzen häufiger als im zivilen Umfeld auftreten [5]. Dies betrifft insbesondere Kampfeinsätze, asymmetrische Kriegsführung, Anschläge oder CBRN-Lagen.

Ein Notfall

Bei einem **Massenanfall von Verletzten (MANV)** handelt es sich um einen Notfall mit einer größeren Anzahl von Verletzten oder Erkrankten sowie anderen Geschädigten, der mit der vorhandenen und einsetzbaren Vorhaltung des Rettungsdienstes aus dem Rettungsdienstbereich versorgt werden kann (DIN 13050 3.21) [2].

Die Formulierung aus der DIN fokussiert auf den organisatorisch-strukturellen Aspekt und unterstreicht v. a. den Unterschied zu größeren Notfalllagen. Beim **Großschadensereignis** ist das Ereignis mit so vielen oder schwer Verletzten verbunden, dass die Mittel aus einem Rettungsdienstbereich nicht mehr ausreichen und überregionale Unterstützung notwendig wird. Bei einer **Katastrophe** wiederum ist zusätzlich in wesentlichem Umfang örtliche Infrastruktur zerstört oder geschädigt [2].

Bei einem Unfall mit drei Schwerverletzten in einer dünn besiedelten Gegend in Deutschland und einem einzelnen Rettungswagen in der näheren Umgebung wird also bereits die »größere Anzahl von Verletzten« gemäß dieser Definition vorliegen. Für den Arbeitsalltag ist die pragmatische Betrachtung der tatsächlich am Einsatzort vorhandenen Mittel maßgeblich, weil aus dem Verhältnis Opfer zu Helfern die Vorgehensweise resultiert. Analog wird die absolute Anzahl der Geschädigten, die ein Großschadensereignis auslöst, in einem Ballungsraum wiederum wesentlich höher liegen und das Verlassen der individualmedizinischen Prinzipien dort generell seltener oder nur in einer kurzen Anfangsphase notwendig sein. Bei den meisten militärischen Situationen (ein bis zwei Sanitäter begleiten eine Einheit von 20–100 Mann) werden ebenfalls drei schwerer Verwundete bereits einen MASCAL auslösen und die in diesem Kapitel geschilderten Prinzipien und Verfahren werden teilweise zur Anwendung kommen.

Der erste, entscheidende Schritt bei einem Massenanfall von Verletzten ist es, ihn frühzeitig festzustellen.

Dafür ist es grundlegend, die eigenen personellen und materiellen Ressourcen sowie ihre Fähigkeiten und Grenzen zu kennen [6].

Sobald klar geworden ist, dass es sich um ein Ereignis handelt, das nicht unmittelbar mit den vor Ort verfügbaren Kräften und Mitteln bewältigt werden kann, muss eine kurze, orientierende **Erstmeldung** an die Führung, Leitstelle oder rückwärtige Kräfte abgegeben werden. Dies wird bei einem größeren Anschlag in der Regel bereits bei der Annäherung bzw. Anfahrt der Fall sein und diese »erste Lage auf Sicht« wird dementsprechend noch vor dem Verlassen des Einsatzfahrzeuges abgesetzt (»windshield report«).

Dann gilt es, das Ereignis möglichst schnell, strukturiert abzuarbeiten. Insbesondere der Ablauf eines MASCAL infolge eines Anschlages (bzw. seine medizinische Organisation) kann in verschiedenen Phasen beschrieben werden [7]. In den ersten Minuten, der **Chaosphase**, dominiert die Unübersichtlichkeit der Einsatzstelle. Es besteht Unklarheit über Auslöser und Lage, Betroffene bzw. Opfer, Kräfte vor Ort etc. Da in dieser Phase noch unerkannte Gefahren bestehen und mögliche Täter genau dieses Chaos für weitere Aktivitäten nutzen können, muss sie schnellstmöglich beendet werden. Die dafür notwendige Führungsstruktur und Raumordnung werden in der **Organisationsphase** (»organisation phase«) aufgebaut, um dann in der **Abarbeitungsphase** (»site-clearing phase«) die schnellst- und bestmögliche (Sichtung und) Versorgung der Verwundeten durchzuführen. Die **späte Phase** (»late phase«) ist ereignisabhängig durch verzögert eintreffende Leichtverletzte und v. a. die Reorganisation der Einsatzkräfte gekennzeichnet. »Nach dem Einsatz ist vor dem Einsatz«, sinngemäß nach Sepp Herberger. Im militärischen Einsatz wird ein Angriff bzw. Anschlag meist nicht völlig unvorbereitet kommen und die Reaktion der Kräfte folgt trainierten Verfahren. Dennoch ist auch hier die Eventualfallplanung und Übung für ungewöhnlich ungünstige, große Ereignisse unerlässlich.

»Alle Sanitätseinrichtungen und Sanitätstruppenteile im Einsatzgebiet müssen sich stets auf die Bewältigung eines Massenanfalls vorbereiten. Entsprechende Szenarien sind zu entwickeln und regelmäßig zu üben.« [1]

Die Grundsätze für Führung und Einsatz des Sanitätsdienstes liefern neben diesem klaren Auftrag, der auch argumentativ genutzt werden kann, um den Aufwand für diese Vorbereitung zu rechtfertigen, weitere Arbeitsgrundlagen. Als Anlage 14 [1] findet sich dort ein vollständiger MASCAL-Musterbefehl. Gleiches gilt für die entsprechenden NATO-Dokumente [3, 8].

Analog dazu haben mittlerweile zahlreiche Rettungsdienstbereiche, Kreise oder auch Bundesländer MANV-Konzepte erstellt, die sich oft auch im Internet finden. Zusätzliche Unterlagen, gerade auch im Hinblick auf die Katastrophenmedizin, sind über das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) erhältlich (meist auch zum kostenfreien Download [9]).

11.1.1 Führungsstrukturen/Aufgaben

Vorplanungen, Konzepte und Weisungen oder Befehle sowie wiederholte Übung sind Voraussetzung für den reibungslosen Aufbau von Führungsstrukturen. Nach der grundlegenden Lagefeststellung hinsichtlich Ereignis und Opfern (»Feindlage«) muss ermittelt werden, welche nutzbaren Kräfte bereits vor Ort sind.

Im günstigen Fall sind Funktionen und Aufgaben bereits klar, andernfalls müssen jetzt Bedarf und Möglichkeiten festgestellt werden (**Lagebeurteilung**). Nach Klärung dafür grundlegender Entscheidungen (ist überhaupt eine Annäherung der vorhandenen Kräfte möglich, müssen/können Einsatzabschnitte gebildet werden, werden Spezialisten benötigt) erfolgt eine Einweisung der Kräfte und die **Aufgabenverteilung** (Entschluss). Grundlegend sind hier die eindeutige Übernahme der Führungsrollen (Sanitätseinsatzleitung, SanEL), die abgestimmte Aufgabenverteilung sowie die transparente Kommunikation. Sind allen Beteiligten ihre Aufgaben klar? Es wird sich unvermeidlich rächen, wenn man versucht, die Zeit für eine erforderliche Abstimmung einzusparen (»3C« – »command, control, communicate«). Die klare Raumordnung und der parallele Aufbau von organisatorischen und medizinischen Strukturen ermöglichen die zügige Einbindung weiterer Kräfte und die zunehmende Aufgabenverteilung. Der Lageüberblick (Infrastruktur, Terrain, Schadensausmaß etc.) und die Sicherheit (Gefährdungen, Spezialkräfte erforderlich?) stehen für beide Aufgaben im Vordergrund, dazu gehört eine (gemeinsame) kurze Abstimmung mit dem (Gesamt-)Einsatzleiter (GEL)/militärischen Führer (MilFhr) und anderen Kräften vor Ort (▶ Abschn. 11.1.3). Im zivilen Regelfall liegt die GEL bei der Feuerwehr und sie wird auch als Technische EL (TEL) bezeichnet. Bei Geisel-, Amok- oder anderen polizeilichen Lagen liegt die Führung beim Polizeieinsatzleiter. Im militärischen Einsatz hat jederzeit der militärische Führer vor Ort die Leitung inne. Sanitätsdienstliche Elemente beraten dabei fachlich (▶ Kap. 6).

Im Schwerpunkt der organisatorischen Leistungen steht der Aufbau der Einsatzstellenstruktur und der Transportorganisation, für die medizinische Lageentwicklung sind die Ermittlung des Personal-, Material- und Transportmittelbedarfes und die Ordnung der Patientenversorgung die maßgeblichen Punkte. Beide Aufgaben sollten im Idealfall abhängig von der Größe des Ereignisses und der Lage von ausgebildeten Spezialisten wahrgenommen werden: Der Organisatorische Leiter (**ORGL**) durchläuft einen Verwendungsaufbau auf verschiedenen Führungsebenen und eine auf die Strukturierung von Schadensereignissen ausgerichtete Ausbildung (»Ambulance Incident Commander«, AIC). Die fachliche Führung und medizinische Koordination – insbesondere der Sichtung – wird vom Leitenden Notarzt (**LNA**) wahrgenommen (»Medical Incident Officer«, MIO). Dieser ist in der Regel erfahrener Notarzt mit guter Kenntnis der regionalen Strukturen und Besonderheiten und hat ebenfalls eine spezifische Fortbildung betreffs MANV-Lagen. In Deutschland gibt es deutliche föderale Unterschiede in der Ausbildung und v. a. der Inübunghaltung.

Je nach Abgelegenheit des Einsatzortes oder bei entsprechender Bedrohungslage werden diese Spezialisten u. U. spät, möglicherweise gar nicht rechtzeitig eintreffen. In der Praxis ist es jedoch unverzichtbar, dass beide Aufgaben nach Möglichkeit bereits von den zuerst eintreffenden Kräften kommissarisch wahrgenommen werden. Wenn nicht als eine der ersten Maßnahmen die An- und Abfahrtswege (bzw. die geplante Evakuierungsroute) und Koppelungspunkte (»Rendezvous Point« RVP) bzw. Pufferzonen für nachrückende Kräfte festgelegt werden, kann die Einsatzstelle »zulaufen« oder eine

ungünstige Position für die Verwundetenversorgung gewählt werden. Beides kann den Abtransport aller Verwundeten dramatisch verzögern.

Je sicherer die Umgebung und je größer die Anzahl der – medizinisch – Betroffenen ist, umso mehr muss sich die **SanEL** auch bei einem militärischen oder polizeilichen Einsatz auf die Übernahme von Führungsaufgaben einstellen. Wenn es z. B. im Zuge einer Geiselbefreiung zu einem MASCAL gekommen sein sollte und das Objekt »klar und gesichert« ist, werden auch die organisatorischen Aufgaben zum größeren Teil bei den sanitätsdienstlichen Einsatzkräften liegen. Lediglich bei einer rein medizinischen Gefahrenlage (z. B. durch Infektionserreger oder eine Massenvergiftung) wird die Sanitätseinsatzleitung auch die GEL innehaben. In jedem Fall ist neben den Funktionen LNA und OrgL ein Unterstützungselement sinnvoll, das Aufgaben wie Gewährleistung der Kommunikation, Führen von Lagekarten, logistische Zuarbeit u. ä. übernehmen kann. Diese Verstärkung wird meist in Form eines Einsatzleitwagens (ELW-San) ausgeplant sein. Militärisch gibt es kein entsprechendes sanitätsdienstliches Element, sodass man im Zuge der MASCAL-Planung über Kräfte für eine analoge Unterstützung nachdenken sollte.

Der Aufbau einer effektiven Führungsstruktur ist der Schlüssel für die bestmögliche Bewältigung eines Massenanfalls/Schadensereignisses [10].

11.1.2 Raumordnung (»structure the incident«)

Die Kernaufgabe der Raumordnung ist es, die Einsatzstellenstruktur so aufzubauen, dass bei Gewährleistung größtmöglicher Sicherheit ein **geordneter Patientenfluss** aus dem eigentlichen Gefahrenbereich zu den Transportmitteln stattfindet. Dazu müssen die Gefahren- und Einsatzschwerpunkte identifiziert werden. Auf dieser Basis können bzw. müssen ggf. (Unter-)Einsatzabschnitte gebildet (mehrere Kfz eines Konvois, Bus vorne und hinten) oder verschiedene Einsatzstellen koordiniert werden (als extreme Beispiele ein angegriffener Konvoi, der auf zwei Seiten eines Dorfes oder einer Furt gebunden wird oder ein Zugunglück in einem Eisenbahntunnel). Sie werden dementsprechend unterschiedliche oder gemeinsame Gefahrenbereiche und Einrichtungen haben. Die in ▶ Kap. 8 beschriebenen Zonen, heiße, warme und kalte, werden abhängig von der Sicherheitslage existieren und in der Raumordnung durch Absperrmaßnahmen und eine angepasste Führungsstruktur abgebildet (◘ Abb. 11.1). In Großbritannien spricht man von »cordons« und »areas«.

Im **inneren Ring** (»inner cordon«) liegt der **Gefahrenbereich** der eigentlichen Schadens- bzw. Einsatzstelle. Dort werden die auf die Bedrohung spezialisierten Kräfte der Polizei, Feuerwehr oder sinngemäß kämpfende Truppe nur mit geeigneter persönlicher Schutzausstattung und ausreichender Ausbildung für die jeweilige Lage eingesetzt werden können. (Dieser Bereich wird auch »Bronze Area« genannt, die Führung liegt beim »Bronze«, »forward« oder »operational commander«). Die Maßnahmen, die dort für die Betroffenen erforderlich sind, müssen durch notfallmedizinisch weitergebildete Einsatzkräfte der jeweils »zuständigen Organisation« geleistet werden [11]. Wenn es sich um einen MASCAL handelt, wird die nach Dringlichkeit gestaffelte Versorgung und Evakuierung entscheidend für die Prognose sein, sodass diesbezügliche Grundkenntnisse vorhanden sein sollten (Vorsichtung ▶ Kap. 11.2.1). Die folgende, primäre Sichtung (im Regelfall durch einen Arzt) sollte soweit vorgeschoben stattfinden, wie dies hinsichtlich der Gefährdung vertretbar ist. Dies wird spätestens am Übergabepunkt (der Verwundeten durch aktiv im Gefecht stehende Teile bzw. der Schnittstelle zur technischen Rettung, Brandbekämpfung) bzw. im Bereich einer Patientenablage (PA) der Fall sein.

Patientenablage

Eine Stelle an der Grenze des Gefahrenbereiches, an der Verletzte oder Erkrankte gesammelt und soweit möglich erstversorgt werden. Dort werden sie dem Rettungsdienst zum Transport an einen Behandlungsplatz oder weiterführende medizinische Versorgungseinrichtungen übergeben (DIN 13050).

Sie hat in UK/US keine echte Entsprechung [10, 12], sondern hier würde der auch im Militär übliche Begriff des **»casualty collection points«** (CCP,

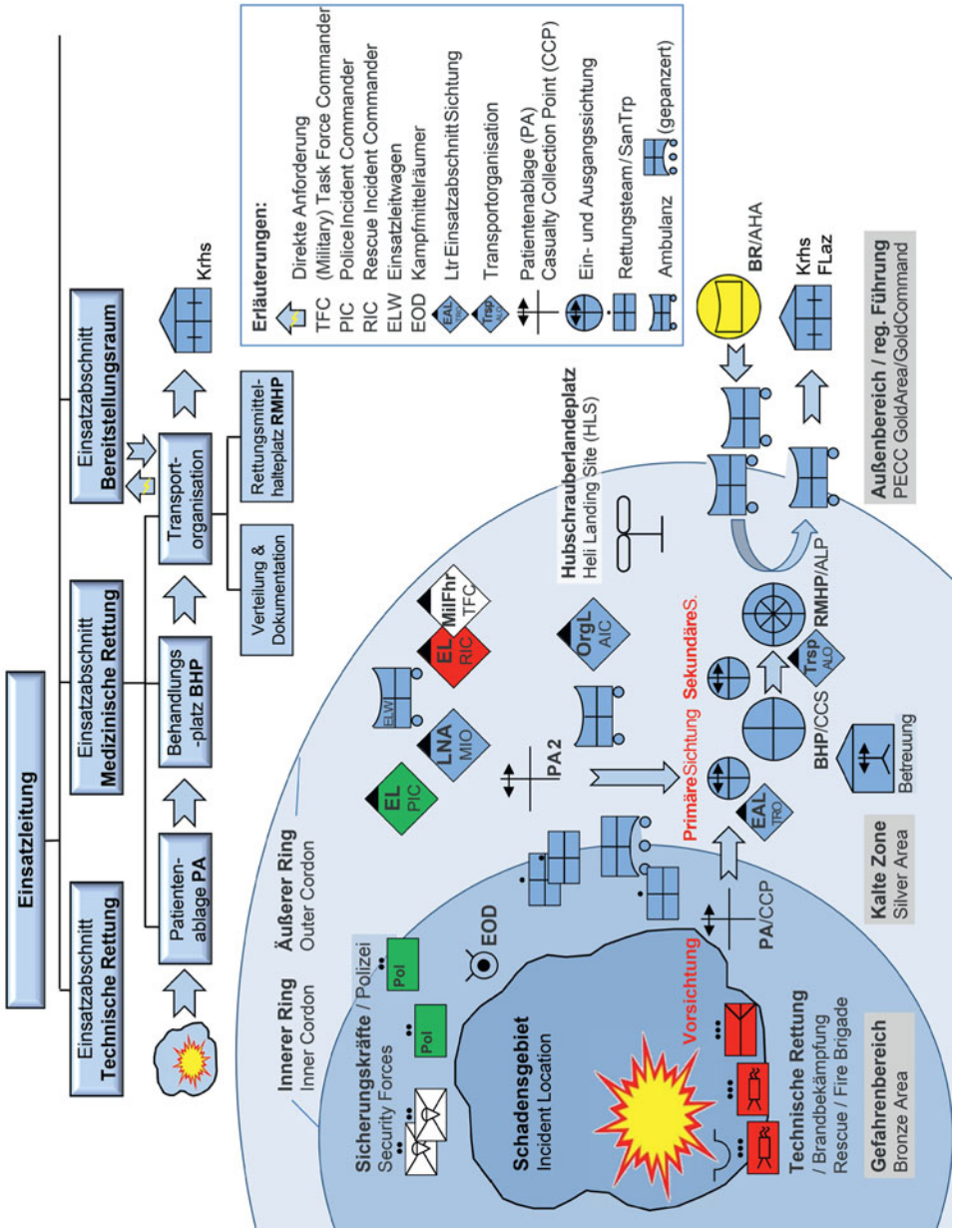


Abb. 11.1 Aufbauorganisation und Einsatzstellenstruktur beim MASCAL/MANV. Abhängig von der Lage (z. B. Anschlag im Einsatzland, Zugunglück oder Amoklauf im Inland) werden die Aufgaben von unterschiedlichen Kräften wahrgenommen (z. B. Fallschirm- oder Feldjäger vs. Polizei), die Gesamteinsatzleitung liegt beim militärischen Führer, Feuerwehr- oder Polizei-Einsatzleiter und es werden weitere Spezialkräfte benötigt. Der »Gefahrenbereich« entspricht der heißen und warmen Zone. BHP Behandlungsplatz, RMHP Rettungsmittelhalteplatz, BR Bereitstellungsraum. (Weitere Erklärungen/Übersetzungen ▶ Text)

Tab. 11.1 Sichtungsziele nach Sichtungsort. (Nach Scheuermann et al. in Katastrophenmedizin, Kap. 4 [9])

Sichtungsort	Sichtungsverfahren	Sichtungsziel	Handlungskonsequenzen
Schadens-/Einsatz**ort**	**Vorsichtung** Physiologische Triage	**Rettungspriorität** unter Beachtung zeitlich möglicher Zugänglichkeit	Prioritäres Retten aus dem Gefahrenbereich (**CuF**) → hohe Dynamik der Sichtung
PA/VwuNest/**CCP** in erster Deckung	**Primäre Sichtung** Lageabhängig physiologische oder anatomische Triage	**Behandlungspriorität**	Prioritäre Behandlung (**TFC-Initial**), Stabilisierung, Transport (Früh- zur Zielklinik/kleine Lage; sonst zum BHP)
Behandlungsplatz/ CCS/CCP strukturiert (Nähe zur Übergabe bzw. »loading/landing zone«)	**Sekundäre Sichtung** Anatomisch oder mit SORT/SAVE/klinischem Scoring-System (ESI)	Behandlungspriorität (anatomische Triage) **Transportpriorität**	Zuweisung zur Behandlung (ggf. Abwarten)/zu Transportmitteln (TEC)
Krankenhaus/ Einsatzlazarett	**Klinische Sichtung** Manchester Triage System/Emergency Severity Index	Behandlungspriorität Klinik	Integration in die klinischen Patientenströme gemäß Notfallplan, Indikation, Kapazität

▶ Kap. 11.3.3) verwendet. Er bezeichnet Strukturen wie ein Verwundetennest oder einen strukturierten Verwundetensammelpunkt (VwuSP), die sich vor einer ausgeplanten Behandlungseinrichtung (»medical treatment facility«, MTF) befinden (Tab. 11.1). Beispiele für MTF sind eine Rettungsstation, ein Rettungszentrum oder ein Feldlazarett.

In der Zone **außerhalb des inneren Rings** (»silver area«) befindet sich die taktische Einsatzführung mit GEL und SanEL (»silver command« oder »tactical level«). (Achtung: die Staffelung »operational – tactical – strategic« in Großbritannien entspricht der auch in der Wirtschaft gebräuchlichen Abfolge. Im Gegensatz dazu ist die militärische operative Führungsebene zwischen dem taktischen und strategischen Level angesiedelt (NATO AAP-6, 2005).) Außerdem liegt hier der Bereich für sekundäre Sichtung und Behandlung (Behandlungsplatz, BHP; »casualty clearing station«, CCS) sowie der Übergabepunkt an die Transportmittel (Rettungsmittelhalteplatz (RMHP) oder »ambulance loading point«) sowie die Transportorganisation (TrspOrg).

Diese »silver area« ist wiederum von einem äußeren Ring oder äußeren Absperrung (»outer cordon«) umgeben, über den die Zugangskontrolle und damit Sicherung der Gesamteinsatzstelle erfolgt. Das »gold command« wird nur bei sehr großen Ereignissen für die übergreifende, strategisch-politische Führung eingerichtet (z. B. als nationaler Krisenstab). Um die Einsatzstelle nicht zu blockieren und Aufenthaltsdauer und damit Risiko für die eingesetzten Kräfte vor Ort zu verringern, werden Bereitstellungsräume (BR) oder Reservesammelpunkte festgelegt. Diese liegen also als erste Anlaufstelle für nachrückende Kräfte in deutlichem Abstand zur Gefahrenzone. Sie sollten groß genug gewählt werden, um die Einsatzmittel von dort in beliebiger Reihenfolge abrufen zu können.

Beispielsweise bildet sich durch Deckung suchende Verwundete spontan ein VwuSP/eine PA. Lage- und ortsabhängig kann es vorteilhaft sein, diese direkt zu einer strukturierten PA auszubauen (ggf. nach Verschiebung in einen sichereren Bereich) und von dort die Transportorganisation unmittelbar anzusprechen. Sind z. B. in einem Ballungsraum ausreichend Kräfte verfügbar, um einen MASCAL abzuarbeiten, kann ggf. auf die Einrichtung eines Behandlungsplatzes verzichtet werden. Im Winter in einer abgelegenen Gegend wird er wiederum ausschlaggebende Bedeutung für die geschützte Versorgung der Patienten haben.

Neben der bestmöglichen Verteilung der Ressourcen vor Ort und Gewährleistung des nach Dringlichkeit gestaffelten Transportes der Patienten

muss vermieden werden, den Massenanfall »ins Krankenhaus zu verlagern«. (Bei entsprechender Vorbereitung, wie in Israel, kann dies bei kurzen Transportwegen wiederum ein alternativer Versorgungsansatz sein. In Deutschland könnte diese Verlagerung evtl. noch im Rahmen des Konzeptes sogenannter Erstversorgungskliniken bewältigt werden. Das primäre Ziel dieser Konzepte ist jedoch die Nutzung von Krankenhausinfrastrukturen und -möglichkeiten bei der Versorgung bzw. Stabilisierung großer Zahlen von Schwerstverletzten [13, 14]).

In der Regel muss versucht werden, die Patienten optimal auf die verfügbaren Krankenhaus- und dabei im Schwerpunkt Operationskapazitäten zu verteilen. Es wird eben einem Patienten mit einer inneren Blutung auch nicht helfen, statt an der Unfallstelle vor einem Operationssaal zu liegen, wenn der einzige Saal belegt oder das bisher einzig verfügbare Team bereits gebunden ist. Die nächstgelegenen Krankenhäuser werden in der Regel von Leichtverletzten, die selbstständig versuchen Hilfe zu finden, »überrannt« und sollten erst nach vorheriger Abfrage für kritische Patienten genutzt werden. Ansonsten muss angestrebt werden, die Patienten gleichmäßig auf die umliegenden Häuser (oder analog die vorhandenen ROLE-2–4-MTF – »medical treatment facilities«) zu verteilen. Die dortigen Strukturen werden bei einem großen Ereignis (und möglichst schneller Alarmierung und Aktivierung der hoffentlich erprobten Krankenhausalarmpläne) sukzessive aufwachsen. Wenn die Verteilung auf der Basis einer vorher ermittelten, realistischen Abfrage der abhängig von Tageszeit und Wochentag vorhandenen Kapazitäten geschieht, kann eine zeitraubende Abfrage entfallen und die Patienten können optimal an die vorhandenen Ressourcen angepasst verteilt werden. Beispiele dafür sind das Ticket-System des Main-Kinzig-Kreises [15] oder das Münchner Wellenmodell [16].

11.1.3 Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit von (Gesamt-)**Einsatzleitung** bzw. militärischem Führer und medizinischen Spezialisten basiert im günstigen Fall auf vorheriger, klarer Kompetenzregelung, allen Beteiligten bekannten Konzepten, regelmäßigen Übungen und einer »gemeinsamen Sprache«. Damit sind sowohl einheitliche Bezeichnungen und Abkürzungen als auch funktionierende Kommunikationsmittel gemeint. Selbst bei vorhandener Funkverbindung sollte bei Einsatzbeginn bzw. Eintreffen am Schadensort die persönliche **Kontaktaufnahme** mit anderen, beteiligten Kräften erfolgen (Einheitsführer und Spezialisten, wie z. B. Entschärfer, Pioniere, ABC; andere BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben), insbesondere Feuerwehr und Polizei). Das Lagebild muss kurz abgeglichen und die geplanten Maßnahmen und insbesondere der dafür benötigte Platzbedarf abgestimmt werden. Sinnvollerweise wird der Zeitpunkt für die nächste Kontaktaufnahme vereinbart.

Die sorgfältig **koordinierte Einsatztaktik** (Sicherungskräfte und Sanität, medizinische und technische Rettung) ist unverzichtbare Basis für sicheres Vorgehen und zügige Rettung. Außerdem müssen Schnittstellen definiert und evtl. die Anforderung weiterer Spezialisten und zusätzlicher Kräfte besprochen werden (schweres Räumgerät, Rettungshunde, Betreuung, Sprachmittler, aber z. B. auch Bedarf an »schlichten Trägern«).

Vor allem die Entscheidung über die Bitte um überregionale Hilfe oder Unterstützung von Koalitionskräften muss frühzeitig getroffen werden.

Aus diesen Absprachen und evtl. weiterer Erkundung resultiert die abgestimmte (wer spricht mit wem?) Lagemeldung an die Führungsstrukturen (Leitstelle; »Patient Evacuation Coordination Center«, PECC – früher auch »Rescue Coordination Center«, RCC), ggf. auch unmittelbar an die Folgeversorgung/aufnehmenden Einrichtungen. In regelmäßigen Abständen oder bei wichtigen, neuen Erkenntnissen muss die Lagemeldung wiederholt werden.

Die schönste Einsatzplanung und Raumordnung hilft nicht, wenn die anderen Einsatzkräfte sie nicht kennen – »keep your friends informed«.

11.1.4 Gefahren und Gefahrenstoffe

Wie bereits in ▶ Kap. 8.4.1 dargestellt, steht die Sicherheit der eingesetzten Kräfte unbedingt im Vordergrund, was natürlich nicht bedeutet, dass zur

Tab. 11.2 Merkhilfen für das Vorgehen zur Strukturierung einer Gefahrenlage

Bundeswehr		Großbritannien (UK)		Feuerwehr	
S	Sicherung/Sperre	C	Cordon »4C«	G	Gefahr erkennen
E	Erkundung	C	Confirm	A	Absperren
R	Rettung	C	Clear	M	Menschenrettung
V	VwuSammelpunkt	C	Control	S	Spezialkräfte alarmieren
A	Aufnahme (Verstärkung)		(Command; Call EOD)		

GEMAESS (Gefahr erkennen, Eigenschutz beachten, Meldung machen, Ausbreitung verhindern, Eintritt unterbinden, Spezialkräfte abwarten, Sondermaßnahmen ergreifen, z. B. Dekon) wurde insbesondere für CBRN-Lagen entwickelt, sodass Eigenschutz und Meldung mehr betont werden und die Menschenrettung etwas in den Hintergrund tritt.

Menschenrettung nicht auch ein kalkuliertes Risiko eingegangen werden kann bzw. muss. Lebenswichtig ist es, die Annäherung trotz Hilfswillen und Stress nicht zu überstürzen. Gültige Verfahren (SOP, »standard operating procedures«) und Sicherheitsmaßnahmen müssen durchgängig eingehalten werden. **Abstand** kann Schutz bedeuten und den **Überblick** kann man nicht mit einer Nahaufnahme gewinnen.

Die Gefahrenbeurteilung muss bereits vor der Annäherung beginnen: handelt es sich um einen besonders gefährdeten Bereich (»lohnendes Ziel«, Ort mit Symbolcharakter, frühere Anschläge etc.), gab/gibt es Drohungen, Hinweise oder z. B. auffällige Zusammenhänge zwischen Ort und Zeit (»Jahrestag«)? Wenn ein Verdacht auf eine besondere Lage besteht, sollten ggf. Erkundungseinheiten (inkl. Dekon) vorausgeschickt und die weitere, gestaffelte Aktivierung von Kräften vorbereitet werden. Das Bewusstsein, die Achtsamkeit (»**awareness**«) hinsichtlich **Gefährdungsindikatoren** ist entscheidend: Sind bei der Annäherung Auffälligkeiten oder ein »Bruch im Bild« feststellbar (z. B. ungewöhnliche oder seltsame Objekte wie ein zu tief liegendes Fahrzeug, eine ungewöhnliche Stille oder auffallend gleichförmige Symptome (Toxidrome ▶ Kap. 41)? Die Bedeutung von Erfahrung und Intuition (»Bauchgefühl«!) darf nicht unterschätzt werden. Können Betroffene oder Beobachter Hinweise geben? Auf dieser Basis muss insbesondere entschieden werden, ob die derzeitigen Mittel und dabei v. a. die **persönliche Schutzausstattung** ausreicht, um überhaupt weiter in Richtung Einsatzstelle vorzugehen. Eine Warnung an andere (möglichst als Vermutung gekennzeichnet) sollte im Zweifel lieber zu früh gegeben werden. Bei der Lagebeurteilung sind »klassische« (Feuer, Einsturzgefährdung, Strom, Atemgifte etc.) und besondere Gefahren z. B. Heckenschütze, Zweitanschlag, CBRN (»chemical, biological and radio-nuclear«) etc. zu berücksichtigen. Dies gilt natürlich umso mehr, wenn die Zerstörungskraft des (ersten) Anschlages bereits ausgereicht hat, um einen MASCAL auszulösen.

Speziell muss die Aufmerksamkeit dabei auf **Eigenheiten der Einsatzstelle** und ihre Konsequenzen gerichtet werden. Es handelt sich sozusagen um eine vorgezogene Beurteilung des Unfallmechanismus, der Kinematik: welche Wirkung hätte z. B. eine weitere Explosion aufgrund der Druckwellenausbreitung oder der Schrapnellwirkungen an einem bestimmten Punkt (Tab. 11.2)?

Nach Identifikation einer Bedrohung muss diese nach Möglichkeit beseitigt werden oder die Absperrung und Zugangskontrolle des Gefahrenbereiches wird erforderlich. Ein wichtiger Punkt in der Meldung an die Führung/Einsatzleitung ist die Bewertung der wahrscheinlichsten weiteren Lageentwicklung: handelt es sich um eine statische oder dynamische Lage? Bei einer **statischen Lage** ist es durch ein Ereignis zu einer bestimmten Anzahl von Verwundeten gekommen, die sich aller Wahrscheinlichkeit nicht erhöhen wird (z. B. ist ein Fahrzeug in eine Schlucht gestürzt, in dem sich 6 Personen befanden). Die maximale Anzahl an Opfern und von damit im ungünstigsten Fall erforderlichen Mitteln für Versorgung und Transport steht bereits fest. Brennen bereits mehrere bewohnte Gebäude und das Feuer

ist noch nicht kontrolliert, kann sich die Anzahl der Opfer kontinuierlich erhöhen und es handelt sich um eine **dynamische Lage**.

Gute Hinweise für Bedrohungen und Gefährdungsindikatoren nach einem Anschlag (einschließlich CBRN) geben die Handlungsempfehlungen zur Eigensicherung im Katastrophenschutz des BBK (HEIKAT) [17].

11.1.5 Sekundäranschlag

Das bevorzugte Ziel eines 2. Angriffes mit Sprengstoffen wird eine größtmögliche Anzahl von Helfern aus dem Bereich des Militärs, der Polizei oder anderer Rettungskräfte sein. Einerseits sollte also versucht werden, möglichst wenige Personen in einem Bereich in unmittelbarer Nähe des ersten Anschlagsortes zusammenzuziehen, andererseits muss die Verweildauer vor Ort möglichst kurz gehalten werden. Ein Konzept ist es, die Lage aus Sicht eines Attentäters zu betrachten: einerseits ist zu überlegen, wo sich offensichtliche Plätze zur Zusammenziehung von Kräften anbieten und ob es »lohnende Ziele« in der Umgebung gibt, andererseits eröffnen sich vielleicht erst durch den ersten Anschlag Möglichkeiten für einen Sekundäranschlag. So kann es beispielsweise aufgrund der Bebauung vor einer angegriffenen Polizeistation nur eine einzige freie Fläche zum Auffahren von Fahrzeugen geben – diese sollte dann möglichst nicht oder nur durch einzelne Kräfte so kurz wie unbedingt erforderlich genutzt werden.

Ein anderes Beispiel: der Bereich vor einem Ministerium kann nur nach sorgfältigen Kontrollen befahren werden. Nach einem ersten Anschlag durch einen Selbstmordattentäter mit Sprengstoffgürtel werden jetzt Rettungsmittel ohne Kontrollen in den betroffenen Bereich durchgelassen, von denen eines mit Sprengstoff beladen sein kann. Als Konsequenz aus solchen Erfahrungen werden in Israel z. B. auch Ambulanzen mit Sonderrechten im Zufahrtsbereich zu Krankenhäusern kurz kontrolliert. 2010 erfolgte in Pakistan in zwei Fällen der Zweitanschlag im Eingangsbereich der Notaufnahme des nächstgelegenen Krankenhauses. Letztlich wird es immer einfacher sein, einen Anschlag zu begehen, als ihn zu verhindern, aber mit den beschriebenen Überlegungen kann man wenigstens die Erfolgschancen für »die Gegenseite« verringern.

Sekundäranschlag-Verdacht

- An die Gefahr eines Sekundäranschlages (»second hit«) denken (einschließlich »dirty bomb«/CBRN-Gefahren)!
- Minimierung der Aufenthaltsdauer am Einsatzort
- Möglichst wenig Ziele »sammeln«
  - Wenig Kräfte im gefährdeten Bereich und auf einem Punkt (Sekundärzielaspekt)
  - Leichtverletzte in Sicherheit schicken – Abstand!
- Schadenstelle aus Sicht der Gegenseite betrachten
  - Andere sinnvolle Sekundärziele in der Nähe? (Evtl. auch aus diesem Grund nächstgelegenes Krankenhaus »überspringen«)
  - Strukturen (CCP/PA) gerade nicht dort einrichten, wo es naheliegend wäre (dabei jedoch wiederum nicht den (Trage-) Kräftebedarf unterschätzen, den ein größerer Abstand mit sich bringt!)
  - Dislozierung und Absicherung aller kritischen Strukturen (Einsatzleitung, PA/CCP etc.)
- Alternative An-/Abfahrtwege (»kleinere Seitenstraßen zum Marktplatz«)
- Strukturen, die in Richtung eines möglichen Zieles Schutz bieten würden (Hausecke, Senke – letztere nicht bei CBRN-Gefahr)?

11.2 Triage

Sichtung: Die ärztliche Beurteilung und Entscheidung über die Priorität der Versorgung von Patienten hinsichtlich Art und Umfang der Behandlung sowie über Zeitpunkt, Art und Ziel des Transportes (DIN 13050 3.52) [2].

- Sichtung dient der Erkennung und Erfassung der Art und Schwere der Verwundung und bildet die Grundlage für Behandlungsdringlichkeit und Transportpriorität.

- Ihr Ziel ist die Organisation der bestmöglichen Versorgung für viele Verletzte, die Versorgung des Einzelnen tritt demgegenüber in den Hintergrund.
- Es geht primär nicht um die Entscheidung ob, sondern nur um die Reihenfolge, in der behandelt und transportiert wird. Sie muss daher immer wieder wiederholt werden, um sie zu präzisieren und den Veränderung des Patienten und der Situation anzupassen.

Sie muss zweifelsfrei nach jeder Verlagerung des Patienten bzw. beim Eintreffen in einem neuen Versorgungsbereich oder -einrichtung, aber auch in regelmäßigen Abständen (zustandsabhängig ggf. alle paar Minuten) sowie nach Maßnahmen wiederholt werden. Dies setzt sich bis in die aufnehmende Einrichtung bzw. zur endgültigen Versorgung fort. Im Extremfall kann bei unveränderter Ressourcenknappheit in einer MASCAL-Situation noch auf dem Operationstisch die Entscheidung gefällt werden, einen Eingriff abzubrechen (»on-the-table triage«) [18].

Triage hängt damit neben den vorhandenen Ressourcen von der Umgebung, den voraussichtlichen Versorgungs- und Transportzeiten (den »medical timelines« – NATO ACO Directive 83-1) und damit auch dem Auftrag ab [7, 18]. (»Umgebung« kann z. B. bedeuten, dass der Verwundete aufgrund der Feindlage nicht erreicht werden kann, eingeklemmt oder kontaminiert ist.)

Es geht um die optimierte Nutzung des vorhandenen Personals, Materials und der Kapazitäten in Transportmitteln und aufnehmenden Einrichtungen. Nur wenn die Einstufung in eine Dringlichkeitsstufe möglichst präzise erfolgt, können die vorhandenen Mittel tatsächlich rechtzeitig den Patienten zugeordnet werden, die sie am dringendsten benötigen und die am meisten davon profitieren werden. **Untertriage** liegt vor, wenn z. B. ein dringend behandlungsbedürftiger Patient in die Kategorie spätere Behandlung eingestuft wird. Dies wird den einzelnen Patienten möglicherweise unmittelbar schädigen, da er z. B. nicht rechtzeitig den Operationstisch erreicht. Übertriage bedeutet, dass der Schweregrad einer Verletzung überschätzt wird. Für den betroffenen Verwundeten ist dies eher ein Vorteil. Da sie aber knappe Ressourcen auf Verwundete verlagert, die sie nicht unbedingt benötigen, verursacht auch sie eine schlechtere Gesamtversorgung [19].

Die Festlegung dieser Prioritäten basiert dabei sonst ausschließlich auf dem medizinischen Zustand des Verwundeten, andere individuelle Faktoren spielen in der Theorie keine Rolle. In der Praxis stellt sich dies nicht ganz so einfach dar. Beim eindeutig nicht rettbaren Kind oder der vergleichenden Sichtung des schwer verletzten Täters/gegnerischen Verwundeten gegenüber einem nur leicht verletzten Kollegen oder Kameraden wird diese Entscheidung wohl noch »regelgerecht« ausfallen. Mit der Diskussion über Zweifelsfälle könnte man jedoch medizinethische Bücher füllen. Der ausschließlich für die Katastrophensituation entwickelte **SAVE-Algorithmus** (»Secondary Assessment of Victim Endpoint«) bezieht z. B. Vorerkrankungen und Alter in die Triage-Entscheidungen mit ein [20]. Die Triage berücksichtigte im militärischen Kontext noch Erwägungen wie die potenzielle Kampffähigkeit, was tatsächlich zur bevorzugten Behandlung von Leichtverletzten führte. Dies ist jedoch auch beim Militär mehr als 150 Jahren her. Bereits das Sichtungsprinzip des russischen Militärchirurgen Pirogow (1810–1881) enthielt in ähnlicher Form alle heutigen Kategorien und staffelte nach der Dringlichkeit unter Berücksichtigung der Ressourcen. Die seit der Konsensuskonferenz 2002 [21] in Deutschland gültigen Sichtungskategorien (SK) basieren auf der NATO-Klassifikation (T).

Es gibt in Deutschland die Argumentation, dass man die Begriffe Sichtung und Triage (als ethisch bedenkliche, »historisch-militärische Variante«) differenziert einsetzen sollte [9]. Dies ist jedoch bei zunehmender Internationalisierung mit Übernahme englischer Begriffe zur Standardisierung und Verwendung des Begriffes Triage sowohl im englischen als auch im französischen Sprachraum weder praktikabel noch zielführend.

11.2.1 Arten

Der Begriff Sichtung trifft streng genommen auf jede Festlegung einer Behandlungsreihenfolge zu, es bedarf also nicht einmal eines »echten« MASCAL. Es gibt jedoch zwei grundlegend unterschiedliche **Triage-Situationen:**

Tab. 11.3 Sichtungskategorien. (Ergänzt nach [17]. Ergebnis der Konsensuskonferenz, Ahrweiler 2002 und NATO AJP 4.10, 2006 [3])

Sichtungs-kategorie	Beschreibung	Konsequenz	Beispiele (aus [3, 26])
SK I/T1	**Akute, vitale Bedrohung** »immediate treatment«	**Sofortbehandlung** vor Ort (evtl. Frühtransport)	Akute Atemnot; manifester Schock; Bewusstlosigkeit
SK II/T2	**Schwerverletzt**/schwer erkrankt »delayed treatment« (keine akute, vitale Bedrohung)	Aufgeschobene **Behandlungsdringlichkeit** (Versorgung nach T1)	Frakturen großer Röhrenknochen; ausgedehnte Weichteilverletzung, Verbrennung, Rumpftrauma ohne Schock
SK III/T3	**Leichtverletzt**/leicht erkrankt »minimal treatment«	**Spätere** (ambulante) **Behandlung** (Evac aus Gefahrenzone)	Periphere, geschlossene Frakturen ohne reponierte Luxation; geringere Weichteilverletzung ohne Verbrennung
SK IV/T4	(Derzeit) ohne Überlebenschance »expectant treatment«	**Betreuende** (abwartende) **Behandlung**	(Ressourcenabhängig!) Ganzkörperverbrennung, protrahierter, schwerster Schock bei offenem Bauchtrauma, offenes SHT mit Austritt
	Tote	Kennzeichnung	

- Viele Verletzte, jedoch **ausreichende Ressourcen**: Anzahl und Art der Verwundeten übersteigen nicht die Möglichkeiten der vorhandenen Kräfte (**MANV**) → schnellstmöglich Verletzungen und Behandlungsbedarf ermitteln und bestgeeignete Ressourcen **zuordnen**. Es wird bei dieser Lage insbesondere keine Sichtungskategorie IV genutzt.
- Anzahl und Art der Verwundeten übersteigen die Möglichkeiten der vorhandenen Kräfte → nur **unzureichende Ressourcen** (Großschaden/**Katastrophe**): Verteilung nach dem »greatest good for the greatest number«-Prinzip. Die SK IV ist zulässig und sinnvoll (Tab. 11.3).

Häufig gibt es unterschiedliche Systeme für die Sichtung hinsichtlich Behandlungs- und Transportpriorität (s. unten). In jedem Fall werden sich Grund und Ziel der Sichtung abhängig von ihrem Ort ändern (Tab. 11.1).

Des Weiteren können unterschiedliche Parameter erhoben und Verfahren genutzt werden, um die Triage den jeweiligen Bedürfnissen bzw. Zielsetzungen anzupassen. Das »4-Stufen-Modell« des »field triage decision scheme«, das vom American College of Surgeons entwickelt wurde, um die Auswahl der richtigen Zielklinik zu verbessern und zu standardisieren, ermöglicht einen guten Überblick [24]: Es können physiologische (Erhebung der Vitalwerte, s. unten) oder anatomische Befunde (z. B. definierte Verletzungen wie Rippenserienfraktur, penetrierende Rumpfverletzung, Beckenfraktur) erhoben sowie der Unfallmechanismus (MOI) als Hinweis auf den Schweregrad betrachtet werden (z. B. Nähe zum Explosionsort, Sturz aus großer Höhe). Außerdem werden in »step four« spezielle Überlegungen hinsichtlich etwaiger Besonderheiten des Patienten berücksichtigt (Verbrennungen, Schädel-Hirn-Trauma, gravierende Vorerkrankungen). Natürlich gibt es auch Kombinationen dieser Möglichkeiten und Verfahren, die durch Scoring-Systeme eine präzisere Vergleichbarkeit ermöglichen.

Vorsichtung

Es gibt zahlreiche Publikationen und Diskussionen zur Qualifikation desjenigen, der die Sichtung durchführt. Sicher werden anatomische oder MOI-basierte Sichtungsverfahren mit zunehmender Erfahrung und Qualifikation präziser werden [22]. Das entscheidende Kriterium ist jedoch insbesondere bei taktischen Lagen die Anwesenheit: wenn z. B. nur Polizei- oder Feuerwehrkräfte innerhalb des inneren Ringes oder in einem atemgerätepflichtigen Bereich eingesetzt werden können, werden

entweder diese eine Priorisierung der Reihenfolge der Rettung aus dem Gefahrenbereich vornehmen oder sie erfolgt ungezielt. Studien hinsichtlich der Ausbildung nichtärztlicher Kräfte einschließlich Polizeibeamten aus Kent zeigten, dass durch eine kurze und zielgerichtete Ausbildung Über- und Untertriage deutlich reduziert werden können [23]. Die DIN 13050 [2] definiert Sichtung als ärztliche Maßnahme. Die erste, hinsichtlich der Prognose wahrscheinlich wichtigste Einstufung des Patienten wird also Vorsichtung (auch Pre-Triage oder Bergungssichtung) genannt. In der Stellungnahme der Bundesärztekammer vom 24.04.2009 wird die Notwendigkeit dieser ersten, nichtärztlichen Zustandsbeurteilung betont und der Begriff definiert [25].

Die Lage ist zu Beginn eines Ereignisses bzw. in einer Gefahrenzone chaotisch und komplex. Daher ist es hier unbedingt erforderlich, ein einfaches, schnelles, gut reproduzierbares und damit stresssicheres Verfahren einzusetzen. Ziel ist es, die Patienten zu kennzeichnen, nach Priorität schnellstmöglich in Sicherheit zu bringen und unbedingt notwendige, aber sehr schnell durchführbare Maßnahmen durchzuführen (CuF, primär Tourniquet und stabile Seitenlage oder die Nutzung von Helfern, z. B. um direkten Druck auf eine Wunde auszuüben); Zeitbedarf 30 s bis 1 min.

Primäre (ärztliche) Sichtung

Ihr Ziel ist es, die Behandlungs- oder ggf. Frühtransportpriorität zu ermitteln, um personelle und materielle Ressourcen zuzuordnen. Abhängig von der Lage (Patientenanfall und Zeitdruck) und den gültigen SOP/Leitlinien wird hier erneut eine ausschließlich physiologische Triage (Schritt 1 des mSTART; s. unten) oder eine kurze, orientierende Untersuchung des Verwundeten durchgeführt (»initial assessment«) (bis 3 min).

Es müssen die Patienten herausgefunden werden, denen mit einer sofortigen Behandlung oder nur mit einem schnellstmöglichen Transport effektiv geholfen werden kann.

Sekundäre Sichtung (Transportpriorität/Scoring)

Die sekundäre Triage wird in der Regel spätestens als Transportsichtung durchgeführt. Hier sollten bei ausreichender Personalstärke und Zeit u. U. präzisere »secondary triage instruments« (s. unten) zur Anwendung kommen. Ziel ist es, entweder die Entscheidung über die Verteilung unzureichenden Transportraumes auf einer möglichst aussagekräftigen Basis zu treffen oder bei ausreichender Transportkapazität die bestgeeignete Zielklinik zuzuweisen.

11.2.2 Kategorien

In der NATO gibt es unterschiedliche Systeme für die Sichtung hinsichtlich Behandlungs- und Transportpriorität. In Deutschland wird Letztere erst zeitlich gestaffelt bzw. nach erfolgter Sichtung und Erstbehandlung durch Ergänzung der SK durch einen Kennbuchstaben festgelegt:

a. hohe oder
b. niedrige Transportpriorität

Die ständige Wiederholung der Sichtung ist unverzichtbar, insbesondere wenn es um die Zuteilung einer kritischen Ressource, nämlich den Transportraum geht.

Behandlungspriorität

In der Praxis lassen sich die Patienten der Kategorie 1 – sofortige oder ganz dringende Behandlung mit höchster Priorität – und der Kategorie 3 – »hat noch Zeit« – leicht identifizieren (Tab. 11.3). Die Patienten »dazwischen« haben eine verzögerte Behandlungspriorität (SK II).

Die SK IV oder T4 wird nur bei massiv eingeschränkten Ressourcen verwendet. Dies sollte im zivilen Bereich eigentlich nur in einer Katastrophe der Fall sein. Das genaue Verfahren und die Diskussion über die ethische Dimension könnten ein eigenes Buch füllen. In militärischen Einsätzen kann eine Ressourcenknappheit leider mit reellem Risiko auftreten. In diesem Fall kann ihre sorgfältig abgewogene Verwendung anderen verwundeten Kameraden das Leben retten. In Einsätzen wird der Medic/Sanitäter den Verwundeten im Regelfall persönlich kennen. Die Angst vor einer zu schnellen Einstufung in diese Kategorie ist daher sicher unbegründet.

Unglücklicherweise ist »Aktion T4« eine Bezeichnung, die erst in der Nachkriegszeit für die

über 200.000 Euthanasiemorde der Nationalsozialisten etabliert wurde (die Bürozentrale für die »Aktion« lag in der Tiergartenstraße 4 in Berlin). Die NATO-Kategorien haben sich jedoch weitgehend durchgesetzt und auch den Kategorien SK I bis IV der Konsensuskonferenz in Ahrweiler 2002 werden T1–4 zugeordnet [9]. (Bei den britischen Landstreitkräften wurden bis vor wenigen Jahren noch die Kategorien P1–3 analog zu T1–3 und nicht als Transportkategorien verwendet. »P1 Hold« entsprach »T4 Expectant«.)

Tipp

Begriffe vermeiden, sondern »T1–4«/»SK I–IV« oder »Rot« – »Gelb« – »Grün«/»Red« – »Yellow« – »Green« nutzen.

Die Verwendung der Ampel-Farbkennzeichnung ist weltweit nahezu einheitlich, die Kategorie Expectant wird teilweise auch in Katastrophen nicht offiziell abgebildet oder kann abweichend mit den Farben grau, schwarz oder weiß gekennzeichnet werden. Die Bezeichnungen sind weniger verlässlich gleichbedeutend. So wird in Großbritannien gelb mit »urgent« bezeichnet und grün steht für »delayed«. Damit entspricht dort »delayed« dem NATO-»minimal« bzw. dem deutschen »spätere Behandlung« [10].

Hinsichtlich kritischer Blutungen sollte eine unmittelbare Therapie erfolgen, erst danach Einstufung abhängig vom Schweregrad des Schocks (mSTART) in T1 oder T2.

Für **Kennzeichnung und Dokumentation** der Sichtungskategorien gibt es zahlreiche Möglichkeiten und Systeme. Anforderungen an Form (wie z. B. eindeutige Patientenkennzeichnung) und Umfang der erfassten Daten (z. B. Name oder Nummer, Diagnose) können variieren [21]. Dabei muss man sich über den primären Verwendungszweck und die Zielsetzung klar werden. Vor allem muss klar sein, ob die Nutzung ausschließlich für den MANV oder größere Ereignisse vorgesehen ist oder ob auch oder primär die Behandlungsdokumentation ermöglicht werden soll. Mindestanforderungen sind die einfache Verständlichkeit, die Unterstützung des Sichtungs- und Behandlungsprozesses sowie Stabilität und sichere Befestigung am Patienten.

Abhängig von den Umgebungsbedingungen (unübersichtliches Gelände oder Nacht) ist die Erkennbarkeit auf Entfernung unerlässlich, in einer anderen Lage möglicherweise gefährlich. Eine gute Option kann die Kombination von Systemen sein: Flatterband kann ebenso wie Knicklichter oder Triage-Lichtsysteme als sinnvolle Ergänzung oder für die Vorsichtung genutzt werden. Im Einsatz hat sich als Grundlage die TREMA-Verwundetenkarte bewährt (◘ Abb. 9.57).

Transportpriorität

Im Einsatz sollte bei unwegsamem Gelände oder einer Bedrohungslage auf dem Landmarsch die Evakuierung auf dem Luftweg die Regel sein (▶ Kap. 4). In einem größeren Einsatzraum kann es zu zahlreichen Anforderungen kommen, die koordiniert werden müssen. Außerdem ist die Übermittelung einer Dringlichkeit unverzichtbar, wenn eine Bedrohungslage vorliegt, um das potenzielle Risiko des Einsatzes gegenüber der Gefährdung des Verwundeten abwägen zu können. Die schnelle Festlegung einer Transportpriorität hat also als Anforderungsgrundlage eine hohe Bedeutung. Die Vergabe von Behandlungsprioritäten steht demgegenüber bei einem überschaubaren MASCAL im Hintergrund, sodass im »militärischen Arbeitsalltag« primär die Evakuierungsprioritäten verwendet werden.

- **A: Urgent (P1): der Verwundete muss einen Operationssaal innerhalb von 90 min erreichen**
- **B: Priority (P2): Erreichen einer Behandlungseinrichtung innerhalb von 4 h**
- **C: Routine (P3): innerhalb von 24 h [27]**

Diese Einstufung dient also in erster Linie dazu, den Bedarf an benötigten Transportmitteln (Art und Anzahl) zu melden (◘ Tab. 11.4). Unter Umständen muss sie nach genauerer Untersuchung oder Lageänderung angepasst und neu übermittelt werden. Die endgültige Reihenfolge der Evakuierung wird kurz vor Eintreffen der ersten Transportmittel festgelegt. Ein Überblick muss dann soweit vorhanden sein, dass die dringendsten Fälle den Einsatzort tatsächlich als erste Verlassen. Im Regelfall sollten sie als letzte in das Transportmittel verbracht werden, damit sie nach Landung mit höchster Priorität in die

Tab. 11.4 Originalauszug aus »Emergency AirMedEvac Request (»9-Liner«) »Line 3«. NATO STANAG 2087 (2008) [27]

3	NUMBER OF PATIENTS/PRECEDENCE	(3) A …... B …… C
	A – URGENT; to be at hospital facility (R2 or R3) within 90 minutes of first notification (**P1**)	**B** – PRIORITY; to be at hospital facility (R2 or R3) within 4 hours of notification by »9-line« (**P2**)
	C – ROUTINE; to be at hospital facility R2/R3 within 24 hours of notification by »9-line« (**P3**)	

Behandlungseinrichtung gebracht werden können. Auf der Übersichtsdokumentation sollte die Evakuierungsreihenfolge anhand von Name oder Identifikationsnummer des Patienten bereits vorbereitet werden. Nach kurzer Rücksprache mit den jeweils zugeordneten Kräften kann sie dann mit der richtigen Priorität erfolgen. Ein weiteres Hilfsmittel wäre hier die MANV-Koordinationskarte (Abb. 11.4).

11.2.3 Algorithmen

Triage muss schnell, dynamisch, möglichst objektiv und damit reproduzierbar sein. Obwohl sie unter anderen Rahmenbedingungen leicht veränderte Ziele verfolgt (s. oben), sollte sie **einem** leicht verständlichen und erinnerbarem Schema folgen. Ein MASCAL wird immer ein belastendes Ereignis sein und unter hohem Zeitdruck unterschiedlichste Leistungen erfordern. Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Bewältigung ist die zielgerichtete Zusammenarbeit bei möglichst geringem Abstimmungsbedarf. Diesem Zweck dient ein einheitliches, schematisches Vorgehen auf der Basis eines Algorithmus.

Physiologiebasierte Algorithmen (mSTART/tacSTART – BASIC – SIEVE – CareFlight)

Die Algorithmen mit der größten Verbreitung basieren auf physiologischen Befunden (Vitalwerten). Sie haben sich teilweise parallel in verschiedenen Regionen entwickelt oder streben an, ein zugrundeliegendes System zu verbessern. Die Unterschiede zwischen ihnen sind minimal und es existieren wenig Studien, die eingeschränkt Aussagen über eine objektive Überlegenheit eines Systems ermöglichen [28, 29]. Übungen mit möglichst allen Beteiligten sind zwar entscheidend für die erfolgreiche Implementierung eines Systems, sie erlauben jedoch sicher keine eindeutig auf einen realen MASCAL übertragbaren Aussagen. Der entscheidende Vorteil einer physiologischen Triage ist eine schnelle (<30“), leicht reproduzierbare Erhebung des Ist-Zustandes des Patienten [30]. Es ist eben nicht ausschlaggebend, wie viele Wunden ein Verwundeter hat, sondern wie schnell diese versorgt wurden bzw. wie viel Blut er verloren hat. Ebenso kann ein Patient mit einem schweren, primären Explosionstrauma (»blast lung«) äußerlich völlig unverletzt aussehen. Damit besteht bei einer anatomischen Triage ein größeres Risiko seinen Schweregrad zu unterschätzen, als wenn als maßgebliches Kriterium seine erhöhte Atemfrequenz gewertet wird. Natürlich macht später (zusätzlich) die anatomische Triage Sinn, gerade um zwingende Frühtransporte zu identifizieren.

Der **START**-Algorithmus (»simple triage and rapid treatment«) wird in den USA, der Triage **SIEVE** v. a. in Großbritannien verwendet. Letzterer beinhaltet die Prüfung des Bewusstseinszustandes nur durch die Ableitung der gehfähigen Verwundeten. Eine bewusstlose Person mit einer Atemfrequenz zwischen 10 und 30 und einem Puls unter 120 wird »Priority 2« (gelb) gesichtet. Außerdem wird die Durchführung jeglicher Maßnahmen aufgrund der dadurch bedingten Verzögerung der Sichtung abgelehnt [31].

»**Care Flight**« wiederum kommt aus Australien und prüft die gleichen Parameter. Die Fähigkeit einfache Befehle zu befolgen wird jedoch als erster Vitalparameter geprüft. Dadurch wird das Befolgen des Algorithmus komplexer.

In Deutschland setzt sich präklinisch wiederum der **mSTART** zunehmend durch, der durch die Ludwig-Maximilian-Universität mit der Berufsfeuerwehr München entwickelt wurde. Basierend

auf START wurden geringfügige Modifikationen des »physiologischen Kerns« (Radialispuls statt Nagelbettprobe) vorgenommen und zusätzlich Art und Umfang der Notfallbehandlung festgelegt. Außerdem wurden Zeitpunkt und Konsequenz der zweiten Sichtung (Notfalltransport?) sowie kritische Befunde zur Erkennung von SK-II-Patienten definiert. Die unmittelbare Blutstillung ist als Reaktion auf eine spritzende Blutung im Algorithmus abgebildet, folgt jedoch nach der Prüfung von A und B [32]. In Anpassung an die Situation im Einsatz [33] und die TCCC-Leitlinien wurde der Algorithmus von den Autoren durch die frühe Reaktion auf die kritische Blutung (<C>) modifiziert und weitere Erläuterungen ergänzt. Um Verwechslungen zu vermeiden wurde der Begriff »**tacSTART**« gewählt (Abb. 11.2).

- **Ableitung der »walking wounded« (Ziel nennen!) = »Grüne in Sicherheit schicken!«**
- **Identifikation der »critically injured« = »Rote finden!«**
- **Behandlung/Identifikation Soforttransporte (= Früh-) [34]**

In Reaktion auf einen Reizgasanschlag in München im November 2011 wurde der mSTART-Algorithmus weiter modifiziert (»**mSTART Trauma und Intox**«), um die Kontamination bei CBRN-Lagen und spezifische Symptome einer Intoxikation zu berücksichtigen. Auf die Prüfung der Orientiertheit (»D«) folgt unter »E« die Prüfung, ob ein Inhalationstrauma mit Stridor vorliegt. Außerdem ist ein Patient auch bei fehlender Atmung nach dem Freimachen der Atemwege nicht mehr »schwarz«, sondern bleibt trotzdem »rot«. Diese Änderungen werden in den tacSTART nicht übernommen: eine Reizgasinhalation sollte sich in schwerwiegenden Fällen in einer »B-Symptomatik« mit einer über 30 erhöhten Atemfrequenz niederschlagen. Außerdem wird sie in der späteren Prüfung der kritischen Befunde (Abb. 11.2) berücksichtigt. Die Vermittlung des mSTART-Algorithmus würde jedoch didaktisch deutlich schwieriger werden, was der in der taktischen Medizin wichtigen, möglichst breiten Schulung eines Vorsichtungsalgorithmus entgegen laufen würde.

Als Beispiel muss die Entscheidung, einen instabilen T1-Patienten frühzeitig aus einem noch nicht gesicherten Gebäude zu evakuieren möglicherweise gefällt werden, bevor medizinische Fachberufe das Gebäude überhaupt betreten können. Daher ist es wichtiger, auch qualifizierte Erstversorger zu befähigen, eine Vorsichtung durchzuführen, als auf eher seltene Eventualfälle zu reagieren [23]. Dies gilt analog für die Reaktion auf eine (zweifelsfrei feststellbare) fehlende Atmung nach Freimachen der Atemwege: ein geschulter Ersthelfer müsste jetzt mit Reanimationsmaßnahmen beginnen, die sowohl mit einer möglichen Gefährdung verbunden sein können als auch bei einer, in taktischen Lagen noch wahrscheinlicheren, Hypovolämie weniger erfolgversprechend sind. Außerdem muss zuerst die Sichtung aller Verwundeten abgeschlossen werden. Auch aufgrund der anderen Zeitachse bleibt hier die Kategorisierung »schwarz« [35].

Es gibt Ansätze, den Zeitbedarf für die erste Triage weiter zu reduzieren. Ein Beispiel ist der **Field-Triage-Score (FTS)**, bei dem ausschließlich das Vorhandenseins des Radialispulses und eine Einschränkung der motorischen Reaktion des Glasgow Coma Scales (GCS-M) geprüft werden [36].

Vorgehensorientierte Systeme (SALT/MASS)

Zwei Systeme wurden entwickelt, um die organisatorische Vorgehensweise bei der Evaluation in den Algorithmus mit einzubinden (Tab. 11.5). Beide Systeme beschreiben die gleichen Verfahren als sinnvoll, verwenden jedoch andere Begriffe für die jeweilige Merkhilfe. **MASS** ist seit 2003 Bestandteil der Kurse des National Disaster Life Support Training Programs in den USA. Dahinter stehen vier medizinische Universitäten und die American Medical Association [37]. Eine zweite Initiative hat in den USA 2008 nach Untersuchung der anderen vorhandenen Systeme mit einem Kommitee aus Vertretern von acht großen Fachgesellschaften den **SALT**-Algorithmus als Entwurf für eine Nationale Leitlinie entwickelt [38].

Von der Deutschen Gesellschaft für Katastrophenmedizin (DGKM) und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) wurde 2014 gezielt ein »Vorsichtungssystem« entwickelt [39]. **PRIOR** (Primäres Ranking zur Initialen Orientierung im Rettungsdienst) ist ebenfalls an das ABCDE-Schema »angelehnt«, erfasst jedoch keine

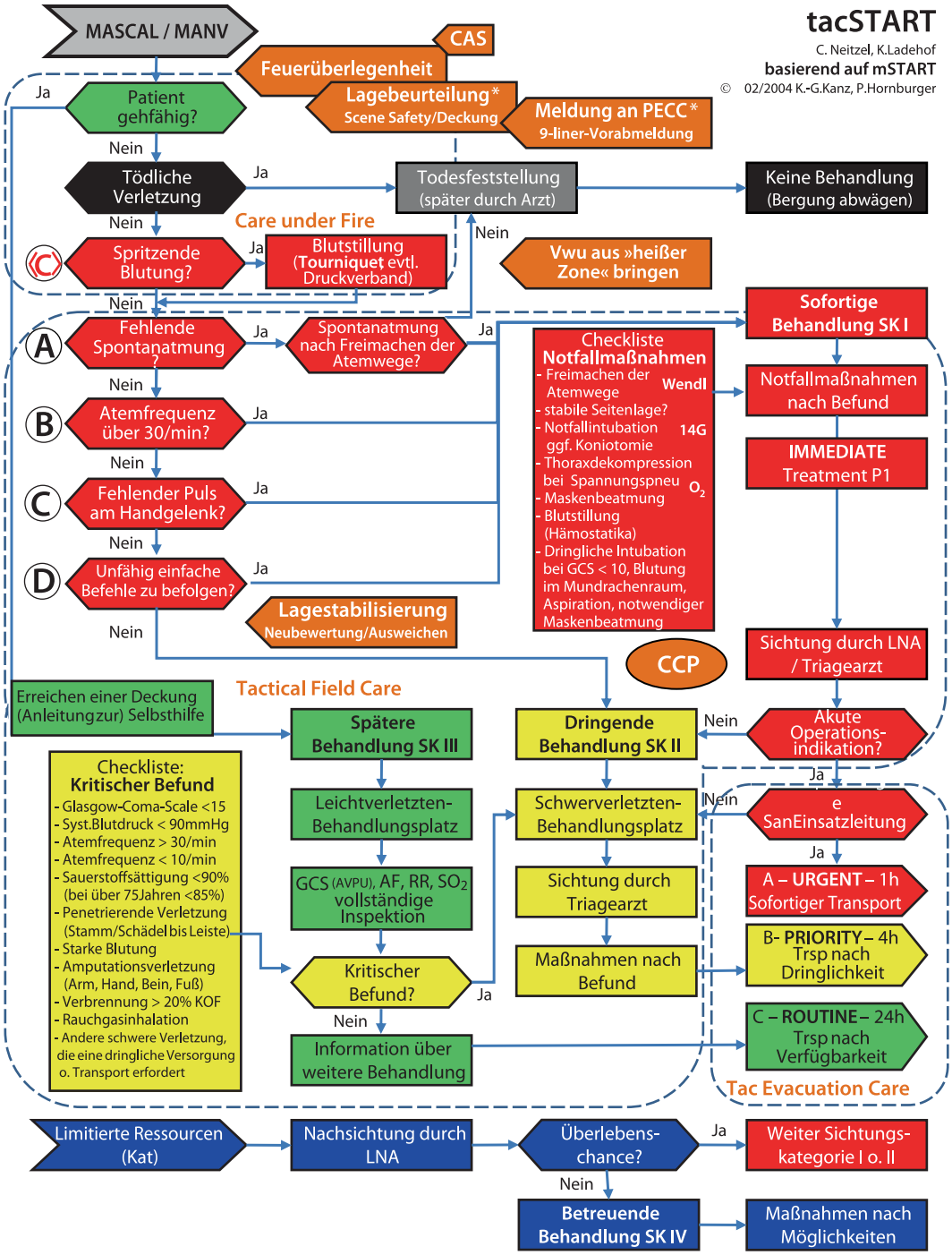


Abb. 11.2 tacSTART-Algorithmus, basierend auf dem mSTART-Algorithmus. (Adaptiert nach [32]). Algorithmus zur Sichtung und Erstversorgung bei MASCAL/MANV nach tacSTART. * Der »9-Liner« (▶ Kap. 4), insbesondere »Line 3«, sollte schnellstmöglich abgesetzt und ggf. bei der späteren Vervollständigung um »MIST« (MOI, »injury sustained, symptoms and vital signs, treatment«) ergänzt werden. *CAS* »close air support«; *PECC* »patient evacuation coordination center«; *CCP* »casualty collection point«

Tab. 11.5 Vorgehensorientierte Triage-Algorithmen

MASS	**M**ove (»walk-wave-remaining«)	**A**ssess (& LSI!)	**S**ort (ID-Me)	**S**end
SALT	**S**ort (»global sorting«)	**A**ssess	**L**SI	**T**ransport
Erklärung	Gehfähige ableiten, andere zum »Winken« auffordern	Weitere Sichtung/Untersuchung der T1-Patienten	Lebensrettende Maßnahmen	Nach Priorität ins Krankenhaus

physiologischen Parameter, sondern »Zustände« bzw. Symptome wie »Tachypnoe«, aber auch pathologische Atemgeräusche wie »Rasseln« und »übermäßigen Husten«. Außerdem wird unter »E« die Frage nach starken Schmerzen am Körperstamm gestellt. Damit versucht das System einerseits auch erkrankte Betroffene (z. B. einen Herzinfarkt) oder CBRN-Einwirkungen (Reizgasinhalation, analog zu mSTART Intox) zu erfassen und ist andererseits auf die Kenntnisse medizinischer Fachberufe angewiesen und ausgerichtet. Für das praktische Vorgehen gerade im taktischen Bereich sind auch die weiteren Abweichungen zum m- bzw. tacSTART nachteilig: Die Abfrage der Gehfähigkeit erfolgt erst im letzten Schritt (um noch gehfähige, aber z. B. schwer erkrankte Patienten frühzeitiger zu erkennen). »Grüne« werden damit jedoch nicht mehr »zusammengefasst« in Sicherheit geschickt, was gerade bei Bedrohungslagen die größere Bedeutung hat. Natürlich sollten sie dann nicht aus den Augen verloren werden! (▶ Abschn. 11.3). Auf die Kategorie T4/«Blau« wird »bewusst verzichtet«, um zu verhindern, »dass Patienten … Behandlung vorenthalten wird.« Das Problem ist eben, dass bei stark eingeschränkten Ressourcen die Nicht-Nutzung der SK4 anderen (T1-)Patienten die Behandlung vorenthält, die von dieser – wahrscheinlich im Gegensatz zu T4 – profitieren könnten.

Ein weiterer – massiver – Nachteil von PRIOR ist der Verlust der »gemeinsamen Sprache«, die sich durch die derzeit zunehmende Verbreitung von mSTART (und tacSTART weicht im »physiologischen Kern« nicht ab) etabliert. Werden unterschiedliche Systeme an einer Einsatzstelle genutzt, ist nicht nur die Übergabe von Patienten schwieriger, sondern für den Koordinator (LNA) z. B. unterschiedlicher Patientenablagen ist nicht mehr gewährleistet, dass alle Patienten nach den gleichen Kriterien gesichtet und eingestuft wurden. Die Ergebnisse einer (Übungs-)Evaluation von PRIOR stehen noch aus.

Secondary Triage Instruments (SORT – SAVE)

Triage **SORT** ist als ein Verfahren entwickelt worden, um die Triage im Bereich der »casualty clearing station«, des BHP bzw. vor der Evakuierung zu präzisieren. Es wird ein Score aus GCS, Atemfrequenz und Blutdruck gebildet, der dann die Zuweisung zu T1–3 bedingt [40].

SAVE ist, wie bereits oben dargestellt, als sekundärer Algorithmus ausschließlich für Katastrophen mit anhaltendem Ressourcenmangel entwickelt worden und baut auf START als primärem System auf [16].

11.2.4 Hinweise zum praktischen Vorgehen bei Triage und Erstmaßnahmen

- Nach Ableitung T3 evtl. »Wave-your-hand-Verfahren«: wer nicht adäquat motorisch reagiert, hat Priorität. Lageabhängig zügig von Vwu zu Vwu, **alle** Vwu (auf-)suchen.
- Wenn **ein** Vitalparameter bei mSTART die Einstufung T1 zur Folge hat, wird nicht weiter untersucht. Es gibt keine »dunkelroten« Patienten. Evtl. wird das Ergebnis auch schneller erkannt, z. B. ist ein hechelnder Patient (= AF>30) offensichtlich »rot«. Ein eingetrübter oder bewusstloser Patient kann bereits bei der Annäherung/Ansprache (AVPU bei »Impression«) klar als »rot« eingestuft werden.
- Nicht mit (längeren) Maßnahmen aufhalten (lassen), der notwendige bzw. »zulässige« Behandlungsumfang ist definiert (CuF bzw. Tourniquet und stabile Seitenlage, **später** TFC bzw. »Checkliste Notfallmaßnahmen«, Abb. 11.2). Sicher keine Reanimation.

  - Abhängig vom Abstand der Patienten <C>ABC(DE) parallel abarbeiten! (d. h. z. B. Vwu1 und 2 <C>, dann 2 und 3 A, dann 1–3 C, dann bei allen Wärmeerhalt).
  - »Geographische Triage« veranlassen, falls möglich (▶ Abschn. 11.3) [41].
- Besonderheiten bei Explosionstraumen beachten (Umgebung etc.; ▶ Kap. 13).
  - Evtl. Triage vom Epizentrum (Ort der Explosion) nach außen. (Tote → T4 → **T1**).
  - Erkennung primärer Explosionstraumen ist schwierig [7]/multiple Verletzungen!
  - Triage mit Otoskop (Trommelfellverletzung als Indikator) ist nicht zuverlässig [42].
  - »Jeder der mich hören kann, geht nach …« u. U. nach Explosion problematisch.
- (Ggf. nachfolgende) andere Helfer (Leichtverwundete) einteilen, **kurze** Anweisungen (Verbleib beim anvertrauten Vwu! [5]). Verbindung halten! [3].
- Verwundete kurz informieren, dass weitere Hilfe unterwegs ist und dass das maximal Mögliche getan wird.
- Sichtungskategorie sicher zuordnen (Karte am Patienten befestigen; wasserfester Stift auf der Stirn ist eine bewährte (Not-)Lösung [14]), eine vorher geplante Übersicht führen (◘ Abb. 11.4).
- »**ID-me**« ist ein Mnemonic, um sich an die Notwendigkeit und Reihenfolge (»**i**mmediate, **d**elayed, **m**inimal und **e**xpectant«) zu erinnern.
- Transport sollte als Teil der Behandlung betrachtet werden: wenn Ressourcen für den Frühtransport zur Verfügung stehen, sollten sie genutzt werden [43].
- Bei Sichtung und Erstbehandlung nicht vergessen, die Sicherheitslage und die organisatorischen Maßnahmen ebenfalls regelmäßig zu überprüfen! (»CONTROL«).

Tipp

Die beste (da materialsparend und schnell) Maßnahme zur Blutstillung bei einem MASCAL ist der direkte Druck auf die Wunde durch einen Leichtverletzten – wenn dieser nicht für die Feuerüberlegenheit/Gefahrenabwehr dringlicher benötigt wird.

11.3 Vorgehensweise bei MASCAL/MANV: SICK + SICK²

Die »ersten Schritte an der Einsatzstelle« nach dem SICK-Schema wurden in ▶ Kap. 8.4 im Detail dargestellt. Die Vorgehensweise bei einem Massenanfall unterscheidet sich im Grundsatz nicht. Sobald erkannt wird, dass es sich um ein größeres Ereignis handelt, werden die einzelnen Schritte jedoch »ihren individualmedizinischen Charakter verlieren«. Der Fokus von SICK muss sich auf die Lagefeststellung verschieben. Zur strukturierten Bewältigung des MASCAL werden dann zwei weitere Phasen mit dem Schwerpunkt auf der **ORG**anisation bzw. der **MED**izinischen Versorgung abgearbeitet.

SICK (reguläre Einsatzstelle, Schwerpunkt Lage = ①) plus SICK² (MASCAL = ② & ③)

- ① Generelle Vorgehensweise (<MANV): **Überblick** mit Abstand (»Scene«/Impression) → beim MASCAL steht jedoch »S« (Scene Safety/Überblick) – die Lagefeststellung – im Vordergrund
- ② **Lage** in den Griff kriegen/keine weiteren »Verluste« (warnen/absperren) → Patientenfluss (aus dem Gefahrenbereich) ermöglichen! → **Struktur/ORGanisation**
- ③ **Triage/Verwundetenversorgung/Transport** → **MED**izinische Versorgung

→ »Stufe« ② und ③ werden gleichzeitig abgearbeitet, aber im Zweifel ist die Organisation entscheidend und hat Priorität!

11.3.1 ① SICK – Herangehensweise MASCAL

Das Erkennen und die umgehende Reaktion auf alle offensichtlichen und vermuteten Gefahren stehen unverändert im Vordergrund. Bei der **Lagebeurteilung** müssen der Auslöser und die Folgen des jeweiligen Ereignisses identifiziert werden. Dabei ist der Einsatzort unter den Aspekten Geländebeurteilung und weitere Umweltbedingungen zu betrachten.

Die sorgfältige Erhebung der »Feindlage« im tatsächlichen oder übertragenen Sinn hat jedoch die

entscheidende Bedeutung. Vordringlich zu klärende Punkte sind z. B.:

- Erkennbarer Feind oder Täter, Hinterhalt, Täter als Patienten
- Beschädigte Infrastruktur (Einsturzgefahr, austretende Gase, Stromleitungen etc.)
- Gefahrenstoffe/Kontamination (Indikatoren (HEIKAT [13]), Staubdichte, Windrichtung etc.; ▶ Kap. 39–41)
- Ausreichend eigene oder Sicherheitskräfte vor Ort, Kontaktaufnahme, Koordination
- Weitere verfügbare Kräfte (»eigene Lage«)

Im günstigen Fall ist die Lage bei der Annäherung bereits als MASCAL zu erkennen. Nach Möglichkeit sollte dann die ungefähre **Anzahl und der Schweregrad der Verwundeten** geschätzt werden. Außerdem sollte die **Art des Ereignisses** identifiziert und auch daraus ggf. abgeleitet werden, in welchem Umfang schwere Verletzungen zu erwarten sind und ob bereits bei der Erstmeldung Spezialisten nachgefordert werden können. Der Begriff »windshield report« macht den wichtigen Punkt deutlich, dass diese Meldung noch vor Verlassen des Fahrzeuges und näherer Erkundung abgesetzt werden muss. Dennoch sollte z. B. auch die Möglichkeit einer kurzen Befragung Auskunftsfähiger genutzt werden. Die Meldung an die Führung/Leitstelle ist nur eine grobe Vorinformation bevor man in der Einsatzstelle »verschwindet«. Trotzdem sollte bei der Meldung klar gesagt werden »was man weiß« und »was man glaubt« (Beispiel: »Eine Explosion hat die Fassade des XY-Hotels vollständig zerstört. Es liegen etwa 20 Personen auf der Straße vor dem Gebäude, etwa 40 weitere helfen oder entfernen sich aus dem Bereich. Es scheinen sich zahlreiche weitere Menschen im Gebäude zu befinden. Erste Sicherheitskräfte treffen gerade ein«).

① Herangehensweise SICK in Reaktion auf einen MASCAL (Lagefeststellung/ »scene size-up«)

S = »Scene Safety«/**Sicherheit** → Überblick (10-for-10): statische oder dynamische Lage

I = »Impression«/erster Eindruck → Anzahl Verwundete/Anzahl Helfer?

C = »Critical Bleeding« → wie schwer verletzt sind die Verwundeten

K = »Kinematics« → Art des Ereignisses – »welche Kräfte haben gewirkt« (QRF, EOD, technische Hilfe, Spezialkräfte benötigt)

→ **Erste Lage auf Sicht** (»windshield report«)

11.3.2 ② SICK² ORG – Struktur

Nach Absetzen der ersten, orientierenden Lagemeldung muss durch Koppeln mit anderen Kräften (milFhr, BOS, GEL) oder – wenn die Lage es erlaubt – eigenständige Erkundung der Lageüberblick gewonnen bzw. vertieft werden. Weitere Gefahren müssen identifiziert und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden. Diese reichen vom schnellstmöglichen Anlegen der PSA und Einleitung der Rettung über die Absperrung, Warnung und Zugangskontrolle bis zur zügigen Entfernung aus dem Gefahrenbereich. Grundlage für diese Phase ist die klar erkennbare Übernahme der **Führung** und der Aufbau von Führungsstrukturen (▶ Abschn. 11.1). Auf dieser Basis wird dann nach Abstimmung die weitere **Raumordnung** (▶ Abschn. 11.1 und ▶ Kap. 2) vorgenommen. Kritisch ist dabei die frühzeitige Festlegung von An- und Abfahrtswegen, sicherer und günstig gelegener CCP/PA und von Punkten für die Aufnahme von Verstärkungskräften bzw. Evakuierungsmitteln. Dazu müssen ggf. Pufferzonen geschaffen werden, um eine gestaffelte Nachführung zu ermöglichen (Bereitstellungsraum).

Alle Maßnahmen sind darauf ausgerichtet, die organisatorischen Grundlagen für die zügige Behandlung und den Abtransport der Patienten zu schaffen. Die Zweitmeldung muss unbedingt Informationen über Gelände und Gefahren sowie die resultierende und die geplante Einsatzstellenstruktur enthalten. So schnell wie möglich werden die vorläufigen Verwundetenzahlen nach Schweregrad gemeldet. Außerdem werden der Status der Kräfte vor Ort mitgeteilt und alle erforderlichen Nachforderungen gestellt. In regelmäßigen Abständen und bei jeder Lageänderung wird die Meldung an die Führung aktualisiert.

Die aufnehmenden Behandlungseinrichtungen werden in Absprache ggf. unmittelbar kontaktiert, um frühzeitig Informationen über Verwundete weiterzugeben.

Bestehende SOP (MASCAL-Befehl/MANV-Konzept) und Arbeitshilfen (Checklisten, Aufgabenbeschreibungen (»action cards«), Verzeichnisse der Aufnahmeeinrichtungen) sollten verfügbar sein und genutzt werden. Eine präzise Einteilung der Kräfte vor Ort, die eindeutige Zuweisung von Aufgaben (unter Beachtung von »10-for-10« und sinnvollem Team-Einsatz (»crew resource management«, CRM) ► Kap. 8) und die klare und kontinuierliche Kommunikation vor Ort schaffen die erforderliche Arbeitsgrundlage für die medizinische Versorgung.

② SICK² ORG bei MASCAL: »structure the incident« → Führung und Raumordnung

- **S** = **Struktur** (Erkundung, Führung, Raumordnung) (nach SERVA, GAMS oder 4C – ► Abschn. 11.1) Sicherheit (Rettung, Absperrung, Kontrolle)
- **I** = **Information** »nach oben« → qualifizierte Zweitmeldung (z. B. »9-Liner«) (nach **I**dentifikation von weiterer Gefahren, Maßnahmen und Bedarf: Nachforderung)
- **C** = **Checklisten** – strukturiertes Abarbeiten im Detail (und Aufbau Transportorganisation)
- **K** = **Kommunikation** und Koordination der Kräfte vor Ort

11.3.3 ③ SICK² MED – Sichtung/Erstversorgung/Transport

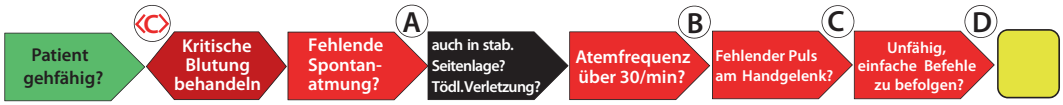
Parallel zum Aufbau der organisatorischen Strukturen wird die »medizinische Lage abgearbeitet«. Vorsichtung oder primäre Sichtung sollten sobald und so patientennah (»weit vorne«), wie die Gefahrenlage es erlaubt, durchgeführt werden.

Trotz der Fokussierung auf die Verwundeten sollte auch in der Phase, in der Sichtung und medizinische Maßnahmen im Vordergrund stehen, nicht vergessen werden, die Sicherheitslage und die organisatorischen Maßnahmen ebenfalls regelmäßig zu überprüfen!

Das »Wegschicken« der Leichtverwundeten/ »**Grünen**« ist der ausschlaggebende Schritt, um für sie die Gefährdung zu verringern und um die Übersichtlichkeit der Lage zu erhöhen. Auf keinen Fall darf vergessen werden, ihnen ein unter den Aspekten Sicherheit und Hypothermievermeidung gut gewähltes Ziel zu benennen. Außerdem muss vorher bedacht werden, ob sie noch als Helfer oder z. B. Sicherer benötigt werden (und auf diese Weise gleichzeitig überwacht werden). Im Idealfall kann ein T3-Verwundeter identifiziert werden, der »auf die anderen aufpasst«, einfachste Maßnahmen durchführt und eine Verschlechterung des Zustandes eines »Grünen« meldet. Sonst muss daran gedacht werden, dass sobald Ressourcen dafür eintreffen bzw. wieder verfügbar sind, jemand zum Aufenthaltsort der T3 geschickt wird, um auch diese Verletzten zu versorgen, ggf. ihre höhere Einstufung und »Verlagerung« zu veranlassen und eine Rückmeldung zu geben.

Im Anschluss an die Ableitung der »Grünen« müssen schnellstmöglich die »**Roten**« (T1)-Patienten gefunden werden (◘ Abb. 11.3).

Diese werden dann lageabhängig versorgt (CuF und Rettung oder TFC), gekennzeichnet und mit höchster Priorität weiterversorgt und abtransportiert. Der Umfang der durchführbaren Maßnahmen ist bei einem größeren, »echten« MASCAL klar definiert: kritische Blutungen stillen und in stabile Seitenlage bringen oder Wendl-Tubus nutzen (falls vorhanden, z. B. bei einem eingeklemmten Patienten), um dann zum nächsten Verwundeten zu gehen. Nur so kann schnellstmöglich ein Überblick gewonnen werden und es wird kein »Roter« übersehen bevor individualmedizinische Maßnahmen an weniger dringlichen Patienten durchgeführt werden. Häufiger wird jedoch nicht diese klassische Situation bestehen, sondern mehrere Helfer versorgen bereits »ihre« Patienten (TFC) und es muss sich ein Koordinator aus der Individualbehandlung zurückziehen, um eine Gesamtlagemeldung abzusetzen, Ressourcen zu verschieben und das weitere Vorgehen zu koordinieren. Spätestens die Entscheidung über die Transportreihenfolge innerhalb der P1-Patienten (bzw.« T1 mit Transportpriorität«) basiert auf einer erneuten Sichtung. Sie dient außerdem dazu, die bestgeeignete »Zielklinik« auszuwählen.



Kann die im Kasten gestellte Frage mit »Ja« beantwortet werden, fällt der Patient in die Sichtungskategorie in der Farbe des Kastens. (Es muss nicht weiter untersucht werden, er wird nicht »noch roter«.)
Bei »Nein« wird in Richtung des Pfeiles der nächste Vitalwert geprüft. Werden alle Kästen mit »Nein« beantwortet, wird der Patient »gelb« kategorisiert.

Abb. 11.3 tacSTART. Kurzform des Anteils Vor- bzw. Erstsichtung. (Adaptiert nach [32])

Nachgeordnet werden die »**Gelben**« (T2) Verwundeten aus dem Gefahrenbereich gerettet, stabilisiert und zum CCP/BHP gebracht.

Sobald genug Kräfte eingetroffen sind, um bei allen Verwundeten die Durchführung lebensrettender, stabilisierender Maßnahmen zu gewährleisten, sollte mit dem (Früh-)Transport begonnen werden. Maßnahmen sind auch während des Transportes durchführbar, es ist nur schwieriger [43].

③ SICK² MED bei MASCAL: »sort the patients« → Triage, Behandlung und Transport (tacSTART)

- **S** = **Sichtungsbeginn**: **s**chreien und **selbst**ständig Gehfähige (»Grüne«) in Sicherheit **s**chicken (»send green to safety«)
- **I** = **identifiziere »immediate«** (SK1/T1-Verwundete) »Rote finden und stabilisieren« **ID-me**
- **C** = **CuF-Maßnahmen** (<**C**> und andere lebensrettende Notfallmaßnahmen)
- **K** = **Krankenhaus** (»Knackpunkte« Transport: TrspOrg stärken, ungerichtete Transporte verhindern ↔ Frühtransport ermöglichen, »richtige« Behandlungseinrichtung wählen)

Zur Unterstützung dieser Aufgabe wurde die **MANV-Koordinationskarte** entwickelt (Abb. 11.4) Abhängig von der Größe des Ereignisses bietet die Karte unterschiedliche oder sich ergänzende Bereiche zur Dokumentation der Patienten, ggf. ihrer Befunde, und für Vermerke hinsichtlich der Transportpriorität. Bei einem kleineren MASCAL (bis 20 Patienten) können die Männchen in Kombination mit (ungefährem) Alter und Geschlecht die »Patiententaufe« und damit den Gesamtüberblick erleichtern. (Sammlung der Informationen – und eingeschränkt des Verlaufes – von den Primärversorgern am jeweiligen Vwu.) Bei »klassischer« Sichtung (mSTART) kann das Ergebnis in den Reihen <C>-D festgehalten werden. Bei einer großen Anzahl von Verletzten (oder Zusammentragen von Meldungen verschiedener Einsatzabschnitte) können ggf. nur noch die »Abstreich«-Listen T1–T5 genutzt werden.

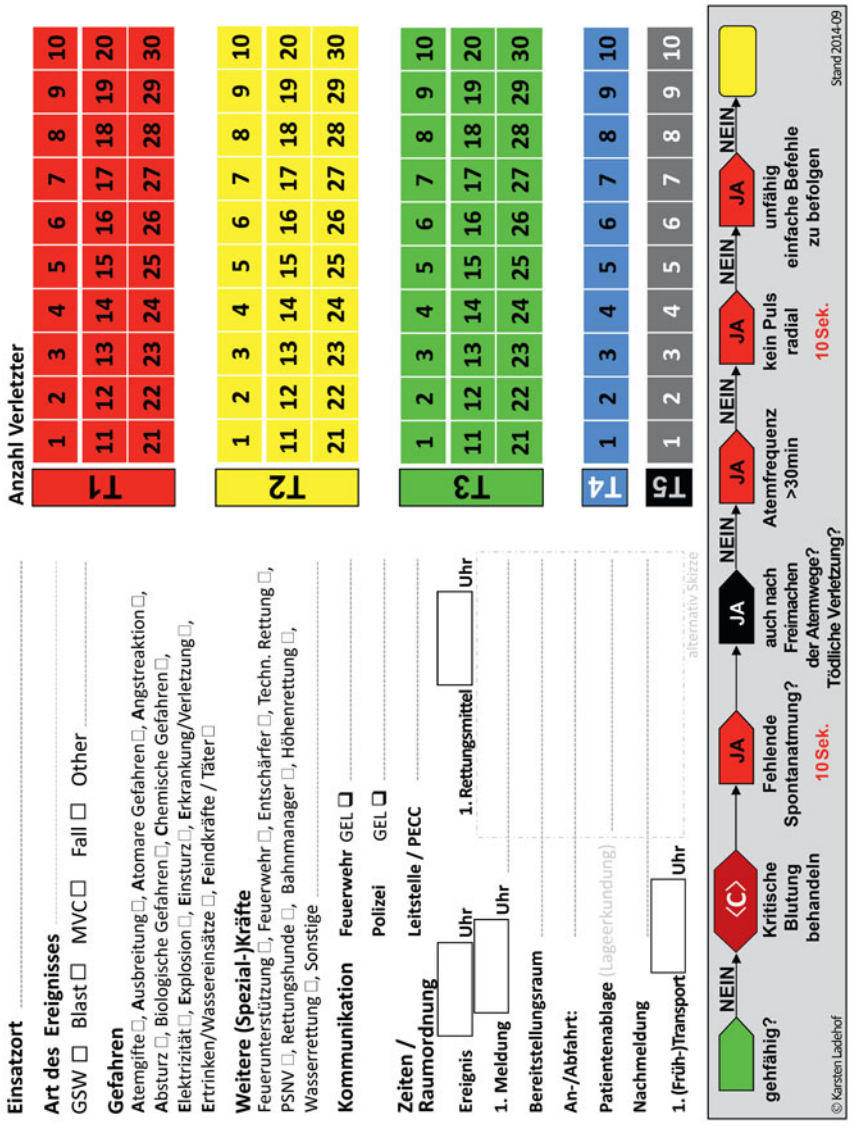
In der Statuszeile können eingeklemmte oder dekontaminierte Patienten gekennzeichnet werden und z. B. Eigene (E), Täter (T), Unbeteiligte (U) oder »COAL Civ« (9-Liner, Line 8, Tab. 4.1) vermerkt werden.

Bei T4 oder 5 kann die Nummer durchgestrichen (/) oder angekreuzt werden. Über den Nummern ist Platz für die endgültige Transportreihenfolge. Besondere Transportziele können ebenfalls auf dem Männchen markiert werden. Neurochirurgie z. B. durch SHT-X (Kreuz) bzw. * (Stern) auf dem Kopf.

11.3.4 Verwundetensammelpunkt/ »casualty collection point« (CCP) bzw. Patientenablage

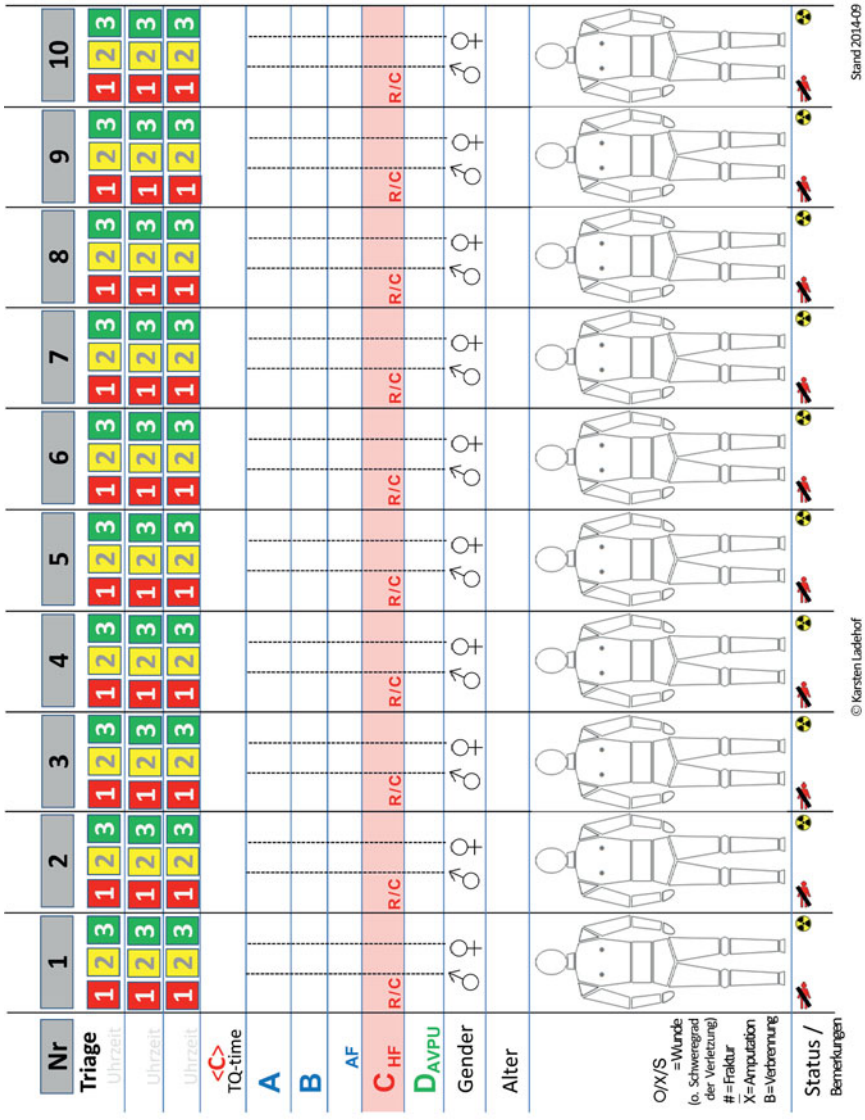
Ortswahl CCP

- Außerhalb des unmittelbaren Gefahrenbereiches/in einer adäquaten Deckung (Feindwaffen, erneuten Angriff, »2nd hit« etc. bedenken).
- Übersicht und Ausweichmöglichkeit.
- Nähe zu möglichem Übergabepunkt/Annäherung von Kfz möglich/Landeplatz einsehbar.
  → Personal- und Zeitbedarf für die Verlagerung von Vwu nicht unterschätzen!
- Ausreichend Platz (»Materialachse«) bei bestmöglichem klimatischem Schutz.



Änderungen der Triage-Kat. über Pfeile zwischen den Blöcken? (Verbesserungen ↑ von links, Verschlechterungen ↓ von rechts, wenn einlaminiert ggf. wegwischen.).

Abb. 11.4 MANV-Koordinationskarte (»Master-Medic-Karte«), Vor- und Rückseite.



T5 = Kreuz (X) durch Pat.-Nr.

T4 = Strich (/) durch die Pat.-Nr. oder »handschriftlich« T4 über der Nr.-Reihe (wird auch in der Übergabe keine Trsp-Prio haben).

T1-Trsp-Priorität: Stern statt Kreuz auf der Kategorie oder »handschriftlich« ein Trsp über der Nr.-Reihe.

Transportziel: Neurochirurgie (eigentl. durch SHT-X (Kreuz) bzw. Stern auf Männchen darstellbar), Hand dito, Verbrennung durch Buchstabe »B“ (analog zu VwuKarte) auf Männchen (wenn FETT bzw. groß, dann entsprechendes Verbrennungszentrum).

Status: Eigene (E), Täter (T), Unbeteiligte (U) (bzw. z.B.»COAL Civ«) bzw. Bemerkungen (T4, SHT, verschüttet/eingeklemmt, nicht zugängig, kontaminiert , Verbrennung, Auge, Hand, FrühTrsp/TrspPrio etc.)

Abb. 11.4 (Fortsetzung)

Bei der Organisation eines CCP bzw. einer PA wäre es außerdem wünschenswert, eine »**geographische Triage**« zu ermöglichen. Das heißt, dass eine räumliche Trennung der unterschiedlichen Sichtungskategorien vorgenommen wird. Dies können verschiedene Räume in einem Gebäude oder auch nur die verschiedenen Ecken eines Hofes sein. Insbesondere wenn kein oder unzureichendes Material für eine gut sichtbare Sichtungskategorie-Kennzeichnung (»tagging«) der Patienten vorhanden ist, kann auf diese Weise die Behandlungspriorität klar festgelegt werden (Abb. 11.5).

Der Transport von Patienten ist mit einem nicht unerheblichen Personal- und Zeitaufwand verbunden. Gerade die Trennung von gelben und roten Verwundeten ist daher meist schwer praktikabel bzw. stößt an ihre Grenzen, wenn sich die Sichtungskategorie ändert. Lageabhängig ist es sinnvoll, die »**walking wounded**« (T3) in einen sicheren, getrennten Bereich, wie z. B. ein Nachbargebäude oder ein bereits verfügbares, größeres Fahrzeug zu schicken. Hier darf jedoch auf keinen Fall die Nachsichtung und ggf. engmaschigere Betreuung oder Änderung der Priorität zu lange vernachlässigt werden. Jemand kann anfangs trotz multipler und unter Katecholamineinfluss mäßig blutender Wunden selbstständig einen benannten Bereich erreichen, trübt dann jedoch im Verlauf ein, ist nicht mehr zur Selbsthilfe fähig und verblutet.

Minimalanforderungen für eine CCP/PA sind die ausgangsnahe Lagerung der als »urgent« eingestuften Verwundeten und die sinnvolle, zentrale Positionierung des zur Verfügung stehenden Materials (im Sinne einer »Materialachse«). Die Kennzeichnung der verschiedenen Bereiche ist insbesondere dann unbedingt anzustreben, wenn es personell keine konstante Eingangssichtung gibt und weitere Verwundete gebracht werden. Beschriftung oder Lightstick-Markierung der Türen oder der hinter dem Ablagebereich liegenden Wand, Trassierbandstreifen oder spezielle Aufsteller bzw. Pylone sind Möglichkeiten dazu. Zusätzlich muss die Eingangssicherung informiert sein, um als »Einweiser« zu fungieren. Bei mehr als 10 Verwundeten sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass Ein- und Ausgang voneinander getrennt sind und der Patientenfluss nur in eine Richtung läuft.

Wenn irgendwie möglich, sollte zumindest für einen Sichtschutz für die Toten ebenso wie für die SK-IV-Patienten – und zwischen diesen – gesorgt werden.

Eines der häufigsten Probleme beim CCP/PA ist die anfängliche Unterschätzung des Platzbedarfes, um ein zügiges Arbeiten am Verwundeten, ggf. im Team, zu ermöglichen. Die Richtgröße sind 2×3 m pro Patient plus Transportwege.

Das vorhandene Material sollte so platziert werden, dass alle Helfer darauf zugreifen können. Auch beim Materialeinsatz liegt der Schwerpunkt natürlich bei den Schwerstverletzten (SK I). Improvisation und Flexibilität retten Leben. So kann z. B. mit ein (bei Armen) bis zwei (bei Beinen) Dreiecktüchern und irgendeiner Art von stabilem Knebel (Stock, Gabel, Schraubenzieher) ein Not-Tourniquet hergestellt werden. Ggf. müssen diese Maßnahmen engmaschiger kontrolliert werden.

Bei der Wahl des Ortes für Eingangs- und Ausgangssichtung sollten neben den räumlichen auch die Witterungsverhältnisse beachtet werden (z. B. vor versus im Gebäude). Der bestmögliche Wärmeerhalt muss bei sämtlichen organisatorischen Maßnahmen Berücksichtigung finden: einerseits wird die Zeit bis zum Erreichen einer Klinik im Durchschnitt lagebedingt deutlich länger sein und andererseits muss gerade bei Explosionsverletzungen eine hypothermiebedingte Koagulopathie unbedingt vermieden werden.

11.3.5 Vermeidung der häufigsten Fehler

- MASCAL (und Auslöser) schnellstmöglich erkennen und strukturiert abarbeiten (SOP, MASCAL-Befehl, Checklisten – Eignung für Einsatzort und reale Lage hinterfragen)
- Abstand halten, um den Überblick zu behalten; »10-for-10« berücksichtigen
- eindeutige, einheitliche und erkennbare Kommandostruktur etablieren
  - »Führen durch Stimme«
  - Information/Kommunikation
  - Ggf. Kennzeichnung (Westen)
  - Kontrolle: welche Kräfte sind angefordert, in Bereitstellung und vor Ort?

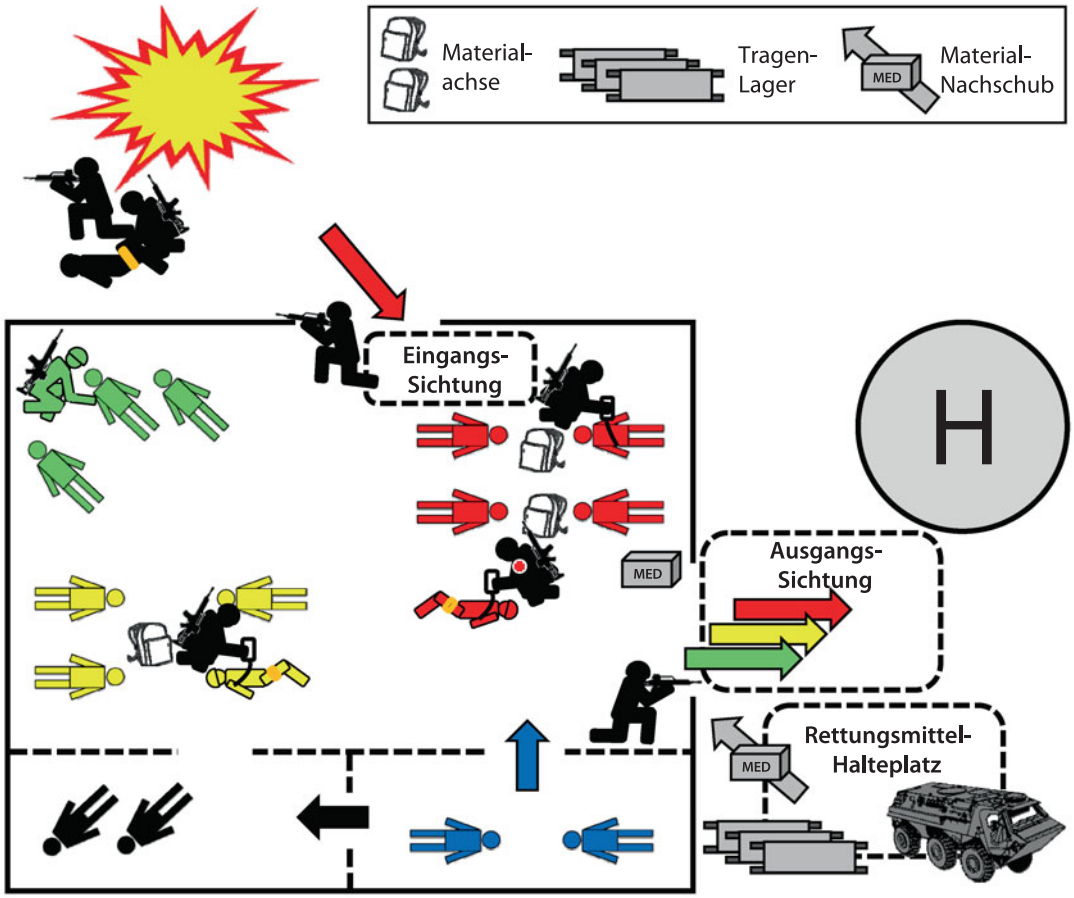


Abb. 11.5 »Casualty collection point«/Patientenablage – strukturierte Verwundetenversorgung

- Klare Regelung und Delegation von Kompetenzen
  - Entscheidungsbefugnisse müssen an die Führung vor Ort und an die Handlungsebene abgegeben werden, um flexibel reagieren zu können
- Immer wieder die Bedrohung und Sicherungen bzw. Absperrungen überprüfen, Wahrnehmungen kommunizieren, Gefahren nicht unterschätzen (»second hit«!)
- Rechtzeitige Nachforderung von Ressourcen/vorhandene Ressourcen erfassen
  - Spezialisten nicht vergessen (z. B. Rettungshundestaffel), Abb. 11.4
  - Frühzeitig an Primärbedürfnisse (Verpflegung!) und Reservebildung denken
- Kommunikation/Verbindung vor Ort ermöglichen und aufrechterhalten
- Funkdisziplin einhalten/Priorisierung der Nachrichten/alternative Informationsübermittlung nutzen (einschließlich Meldern)
- Regelmäßige Lageberichte an die Führung (und ggf. aufnehmende Einrichtungen) (»keep your friends informed«)
- Raumordnung ausplanen und abstimmen
  - Blockieren von An-/Abfahrt verhindern
  - Ausreichende Sicherheitsabstände gewährleisten
  - Pufferzonen schaffen/gestaffelte Nachführung von Verstärkungskräften)
- Behandlung am Ort der Verwundung auf CuF beschränken → zügiger Transport zu Verwundetensammelpunkt bzw. PA

- Platz zum Arbeiten schaffen (ausreichend Platz für CCP/PA und weitere Strukturen vorsehen), klare Kennzeichnung der Strukturen und Einsatzabschnitte (Grenzen)
- Einzelbehandlung über tacSTART hinaus erst nach vollständiger Sichtung aller Vwu
- Kontinuierliche Wiederholung der Triage, Kontrolle von Befunden und Maßnahmen bei allen Vwu
  - Auch T3 nicht aus den Augen verlieren
  - Schnellstmögliche Rückkehr zur Individualmedizin (Kat. T4 auflösen)
- Ungerichteten Abtransport von Vwu/Patienten verhindern, jedoch Frühtransport ermöglichen
- Eindeutige Kennzeichnung der Verwundeten sicherstellen (Dokumentation/»tags« sicher befestigen)
- Vollständige Transportvorbereitung (Dokumentation), ggf. personelle Unterstützung der Transportorganisation (»Flaschenhals für den Abtransport«)
  - Verhinderung ungerichteter Transporte, Ermöglichung von Frühtransporten und
  - Aufbau von konstantem Patientenfluss → Vorinformation an Folgeversorgung
- Sorgfältige Dokumentation (und Registrierung) als Grundlage für den Behandlungserfolg des Verwundeten und für medizinische Weiterentwicklung anstreben
- Unbedingt Abschlussmeldung an aufnehmende Behandlungseinrichtungen absetzen

→ MASCAL-Befehl/MANV-Konzept ausarbeiten, überprüfen und (wiederholt) üben (ggf. Defizite klar kommunizieren, personelle und materielle Forderungen stellen) [44].

Literatur

Zitierte Literatur

1. Sanitätsamt der Bundeswehr (31.07.2006) Leitfaden Grundsätze für Führung und Einsatz des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (FüEinsGrdsSanDstBw) Teil B Kap. 6 VII
2. Normenausschuss »Rettungsdienst und Krankenhaus« (NARK) (September 2002) DIN 13050 – Begriffe im Rettungswesen
3. NATO (März 2006) ALLIED JOINT MEDICAL SUPPORT DOCTRINE AJP 4.10(A)
4. Brech A (2008) Triage und Recht: Patientenauswahl beim Massenanfall Hilfebedürftiger in der Katastrophenmedizin. Ein Beitrag zur Gerechtigkeitsdebatte im Gesundheitswesen. Duncker & Humblot, Berlin
5. Beekley AC (2007) Mass Casualties in Combat – Lessons Learned. J Trauma 62:S39–S40
6. Selkurt J (2005) Getting Docs into the Disaster Preparedness Loop. American Academy of Pediatrics. www.aap.org/visit/disaster_preparedness.ppt
7. Leppäniemi A (2009) In: Shapira S, Hammond J (eds) Essentials of Terror Medicine. Springer, Berlin Heidelberg New York
8. NATO (November 2009)ALLIED JOINT MEDICAL PLANNING DOCTRINE AJMedP-1
9. Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern (Hrsg) (2010) Katastrophenmedizin – Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. 5. Auflage, München. Kostenloser Download (498 Seiten): http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenForschung/Katastrophenmedizin.pdf?__blob=publicationFile
10. Greaves I, Hunt P (2011) Responding to Terrorism – A Medical Handbook. 1st Edition. Elsevier Churchill Livingstone, Edinburgh
11. Hammesfahr R (2008) TEMS – The Tactical Medical Handbook. Cielo Azul Publications, Midlothian, TX, USA
12. London Emergency Services Liaison Panel (2007) Major Incident Procedure Manual. 7th Ed. TSO, Norwich
13. Wolf S, Partenheimer A (2009) Die Erstversorgungsklinik bei einem Großschadensereignis MANV IV. Der Unfallchirurg 112(6): 565–574
14. Adams H-A, Mahlke L (2006) Katastrophenmedizin: Konzentration aller Ressourcen. Dtsch Ärztebl 103(6): A 314–318
15. Rüttger K, Lenz W (2011) Patient Allocation to Hospitals during Mass Casualty Incidents. Prehospital and Disaster Medicine 26: Supplement S1:148f/WADEM-Abstractband, Peking
16. Hornburger P, Schuster S (2006) Das Münchener Wellenmodell. BRANDSchutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung 6/06: 380–386
17. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2011) Handlungsempfehlungen zur Eigensicherung für Einsatzkräfte der Katastrophenschutz- und Hilfsorganisationen bei einem Einsatz nach einem Anschlag
18. Lounsbury D, Bellamy RF, Burris DG (2004) Emergency War Surgery. 3rd United States Revision. Borden Institute, WRAMC, Washington DC
19. Frykberg E (2002)Medical management of disasters and mass casualties from terrorist bombings: how can we cope? J Trauma 53:201–12
20. Benson M, Koenig KL (1996) Disaster triage: START, then SAVE - a new method of dynamic triage for victims of a catastrophic earthquake. Prehosp Disaster Med 11(2):117–24

21. Sefrin P, Weidringer JW, Weiss W (2003) Sichtungskategorien und deren Dokumentation. Deutsches Ärzteblatt 100: A2058–2058
22. Sefrin P (2005) (Massen-)Notfallmedizin: Sichtung als ärztliche Aufgabe. Dtsch Ärztebl 102(20): A-1424/B-1194/C-1132
23. Kilner T, Hall F (2005) Triage decisions of United Kingdom police firearms officers using a multiple-casualty scenario paper exercise. Prehosp Disaster Med 20(1):40–6
24. Centers for Disease Control and Prevention. (2009) Guidelines for field triage of injured patients: Recommendations of the National Expert Panel on Field Triage. Morbidity and Mortality Weekly Report 58(RR-1):1–35
25. Bundesärztekammer (24.04.2009) Stellungnahme zur ärztlichen Sichtung Verletzter/Erkrankter bei Großschadenslagen/Katastrophen.
26. Luiz T, Lackner CK (2010) Medizinische Gefahrenabwehr. Elsevier, München
27. NATO Standardization Agency, Military Committee Air Standardization Board (MCASB) (2008) STANAG 2087 Medical Employment of Air Transport in the Forward Area. Edn 6 dated 30 Oct 08
28. Garner A, Lee A et al. (2001) Comparative Analysisof-Multiple – Casualty IncidentTriage Algorithms. Annals of Emergency Medicine 38(5): 541–548
29. Jenkins JL, McCarthy M (2008) Mass-casualty triage: Time for an evidence-based approach. Prehospital Disast Med 23(1):3–8
30. Offterdinger M, Ladehof K, Paul AO, Hansen M (2014) Eine einfache Checkliste als Hilfsmittel zur Vorsichtung mit dem mSTaRT-Algorithmus. Notfall Rettungsmed 17:415–419
31. Hodgetts T (2001) Triage: a position statement. For European Union Core Group on Disaster Medicine. http://ec.europa.eu/echo/civil_protection/civil/prote/pdfdocs/disaster_med_final_2002/d6.pdf
32. Kanz KG, Hornburger P (2006) mSTART-Algorithmus für Sichtung, Behandlung und Transport bei einem Massenanfall von Verletzten. Notfall Rettungsmed 9:264–270
33. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) (2011) S3–Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung, AWMF-Register Nr. 012/019 (109–111)
34. Hornberger P (2004) Einsatzmanagement bei MANV. Triage durch Rettungsassistenten. Vortrag Berufsfeuerwehr München, Branddirektion
35. Hiereth K, Hornburger P, Eyer F et al. (2013) mSTaRT Trauma & Intox. Notfall Rettungsmed 16:627–636
36. Eastridge BJ (2010) Field Triage Score in Combat. American Journal of Surgery 200: 724–727
37. http://www.ndlsf.org
38. Lerner B, Schwartz R (2008) Mass Casualty Triage: An Evaluation of the Data and Development of a Proposed National Guideline. Disaster Medicine and Public Health Preparedness 2(Supplement 1): 25–34
39. Bubser F, Callies A (2014) PRIOR: Vorsichtungssystem für Rettungsassistenten und Notfallsanitäter. Rettungsdienst 37: 731-734
40. Kilner T (2002) Triage decisions of prehospital emergency health care providers, using a multiple casualty scenario paper exercise. Emerg Med J 19(4):348–53
41. Garner A (2003) Documentation and Tagging of Casualties in Multiple Casualty Incidents. Emergency Medicine 15: 475–479
42. Leibovici D (1999) Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? Ann Emerg Med 34(2):168–72
43. Michaelson M, Hyams G (2006) Preparedness of Health Systems, Guidelines for Mass Casualty Situations. A statement paper of the NATO Advanced Research Workshop on Mass Casualty Situations. Rambam Health Care Campus, The Teaching Center, Haifa, Israel
44. Cloonan C (2007) Mass Casualty Management. Brookside Press, Wilmette. http://www.brooksidepress.org/Products/OperationalMedicine/DATA/operationalmed/MilitaryMedicine/Disaster2.doc

Weiterführende Literatur

45. National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT) (Hrsg) (2008) PräklinischesTraumamanagement – Das PHTLS Konzept, 1. Aufl. Elsevier, München
46. Committee on Trauma, American College of Surgeons (2008) ATLS: Advanced Trauma Life Support Program for Doctors, 8th ed. Chicago
47. NAEMT (Hrsg.) (2006) PHTLS: prehospital trauma life support, 6th ed. Elsevier Mosby, Toronto
48. Hackstein A (2006) Einsatztaktik. Rettungsdienst kompakt, Bd. 2. Stumpf + Kossendey, Edewecht
49. Maurer K, Peter H (Hrsg.) (2001) SEGmente 3. Notarzt und Rettungsassistent beim MANV. 3.A. Stumpf + Kossendey, Edewecht
50. Alfici R, Ashkenazi I (2006) Managements of Victims in an MCI Caused by Terrorist Bombing.Military Medicine 171: 1155–1162

Spezielle Verletzungsmuster und Notfälle

Kapitel 12 **Schussverletzungen – 251**
C. Neitzel, E. Kollig

Kapitel 13 **Explosionsverletzungen – 269**
M. Di Micoli, D. Bieler

Kapitel 14 **Bissverletzungen – 281**
S. Hentsch, J. Sahm

Kapitel 15 **Verbrennungen – 287**
M. Di Micoli, S. Hentsch

Kapitel 16 **Augennotfälle – 295**
H. Gümbel

Kapitel 17 **Akustisches Trauma – 301**
F. Hohenstein

Kapitel 18 **Schädel-Hirn-Trauma (SHT) – 309**
M. Di Micoli

Kapitel 19 **Hängetrauma – 315**
R. Lechner, T. Lobensteiner

Kapitel 20 **Versorgung unter Nachtsichtbedingungen – 323**
C. Neitzel, J. Gessner

Kapitel 21 **Zahnärztliche Notfälle – 329**
W. Kretschmar

Kapitel 22 **Psychotraumatologie – 335**
J. Ungerer, P. Zimmermann

Kapitel 23 **Versorgung von Diensthunden – 345**
K. Riedel

Schussverletzungen

C. Neitzel, E. Kollig

12.1 Grundlagen – 252
12.1.1 Waffen – 252
12.1.2 Munition – 252

12.2 Einführung in die Wundballistik – 254
12.2.1 Kinetische Energie und ihre Übertragung – 254
12.2.2 Wundhöhlenbildung – 254
12.2.3 Schockwelle/Schalldruckwelle – 255
12.2.4 Faktoren der Wundhöhlenbildung – 256

12.3 Geschosskonstruktionen – 257
12.3.1 Vollmantelgeschosse – 259
12.3.2 Deformationsgeschosse – 261
12.3.3 Hohlspitzgeschosse – 261
12.3.4 Vollgeschosse – 262
12.3.5 Zerlegungsgeschosse – 262
12.3.6 Flintenmunition – 262

12.4 Spezifische Wundballistik – 264
12.4.1 Extremitäten – 264
12.4.2 Skelett – 265
12.4.3 Abdomen – 265
12.4.4 Thorax – 266
12.4.5 Kopf – 266
12.4.6 Infektion – 267
12.4.7 Ein- und Ausschuss – 267

12.5 Letalität von Schussverletzungen – 267

Literatur – 268

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_12, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

12.1 Grundlagen

12.1.1 Waffen

Handfeuerwaffen werden in Langwaffen mit einer Gesamtlänge über 60 cm (Büchsen, Flinten) und Kurzwaffen mit einer Gesamtlänge von bis zu 60 cm (Pistolen, Revolver) unterteilt.

Büchsen sind Waffen mit langen Läufen, deren Innendurchmesser etwas kleiner als der auch Kaliber genannte Geschossaußendurchmesser ist. Dadurch wird dieses in die spiralartig im Lauf angeordneten Profile (Züge) eingepresst. Es entsteht durch die Verbrennungsgase ein hoher Druck, der das Geschoss beschleunigt. Die Züge versetzen das Geschoss in eine Drehung um die Längsachse, die es im Flug stabilisiert. Auch militärische Waffen, wie Sturmgewehre und Maschinengewehre, sind von ihrer Bauart her Büchsen. Sie unterscheiden sich von zivilen Waffen im Wesentlichen dadurch, dass sie vollautomatisch die Patronen nachladen und abfeuern.

Flinten verfügen ebenfalls über einen langen Lauf, der allerdings im Regelfall innen glatt ist. Es werden mit niedrigen Gasdrücken und einer im Vergleich zu Büchsen geringeren Mündungsgeschwindigkeit aus vielen Kügelchen bestehende Schrotladungen oder große Flintenlaufgeschosse verschossen.

Kurzwaffen sind Pistolen und Revolver. Der Lauf weist ebenfalls Züge und Felder auf, das Geschoss erreicht aber im Vergleich zu Langwaffen nur geringe Mündungsgeschwindigkeiten (meist 250–400 m/s).

12.1.2 Munition

Moderne Patronen wurden zum Ende des 19. Jahrhunderts hin entwickelt. Sie werden heute noch häufig als Jagdpatronen verwendet. Patronen wie die deutsche 8×57 IS oder die US-amerikanische .30-06 Springfield wiesen eine ausreichend gestreckte Flugbahn und ein gutes zielballistisches Potenzial auf, bedingen aber hinsichtlich der Traglast eines Soldaten ein relativ großes Volumen und Gewicht und verursachen einen nicht unerheblichen Rückstoß. Das Leistungspotenzial dieser alten Militärstandardpatronen war für den gedachten Zweck überzogen, insbesondere für die tatsächlichen Schussentfernungen im Gefecht. Insbesondere bei im 2. Weltkrieg eingeführten Sturmgewehren, die mehrere Schüsse in schneller Folge abgeben konnten, schränkte der Rückstoß die Zielgenauigkeit der Folgeschüsse im Feuerstoß stark ein.

Der geänderte Infanteriefeuerkampf führte militärischerseits zu der Forderung einer Selbstladewaffe mit geringem Rückstoß, ausreichender zielballistischer Wirkung, und geringerer Patronendimensionen, um bei gleichem Gewicht mehr Feuerkraft mitführen zu können. Auch die Verknappung kriegswichtiger Rohstoffe in Deutschland spielte hier eine Rolle. Deswegen wurde z. B. in der Wehrmacht die 8×57 IS-Standardpatrone zur Nutzung im StG 44 auf die Patrone 7,92×33 verkleinert.

Die NATO standardisierte zunächst die zivil als .308 Winchester bezeichnete 7,62 mm × 51 als Kurzversion der .30-06 Springfield (7,62×63). In der Bundeswehr fand die Patrone im Sturmgewehr G3 und im Maschinengewehr MG3 Verwendung.

Um die zunehmend automatisierten Waffen im Feuerstoß kontrollierbarer zu machen, die Munitionskosten zu senken und es dem Soldaten zu erlauben, bei gleichem Gewicht mehr Munition mitzuführen, wurde in der NATO 1980 die Patrone 5,56 mm × 45 (zivil: .223 Remington) eingeführt. Sie ist mit einem sehr viel leichteren Geschoss (4 g) als die 7,62 mm × 51 (9,5 g) geladen und weist eine deutlich höhere Mündungsgeschwindigkeit von über 900 m/s auf, aber auch eine geringere rechnerische Geschossenergie von 3272 J gegenüber 1693 J. Das als Standard genutzte 4 g schwere Doppelkerngeschoss enthält einen Stahlpenetrator, der trotz der geringeren Geschossenergie die Durchschlagleistung des alten Vollmantel-Weichkerngeschosses der Patrone 7,62 mm NATO auf einen Stahlhelm als Standardziel erreicht oder übertrifft. Die Patrone wird seit der Einführung von G36 und MG4 im Jahr 1997 auch in der Bundeswehr verwendet.

In den Warschauer Pakt-Staaten durchlief die Munition eine ähnliche Entwicklung: Ausgehend von der alten russischen Ordonnanzpatrone 7,62×54R hatte man hier das Kaliber beibehalten und eine Kurzpatrone 7,62×39 entwickelt, die zunächst im Selbstladekarabiner verwendet wurde, um dann in Sturmgewehr AK 47 ihre weltweiten

Tab. 12.1 Typische Laborierungen gängiger Patronen im Vergleich: Geschossmasse (m), Mündungsgeschwindigkeit (v_0), Geschwindigkeit nach 100 m (v_{100}), Mündungsenergie (E_0), Energie nach 100 m (E_{100})

Patrone	m [g]	v_0 [m/s]	v_{100} [m/s]	E_0 [J]	E_{100} [J]
9 mm ×19 (9 mm Parabellum)	8,0	350	297	490	353
.40 S&W	10	350	291	613	424
.44 Remington Magnum	15,6	450	358	1574	994
4,6 mm × 30	1,7	774	545	500	250
5,56 mm × 39 (AK74)	3,45	910	808	1429	1126
5,56 mm × 45 (.223 Remington)	4,0	920	822	1693	1350
7,62 mm × 39 (AK47)	8,0	710	603	2016	1454
7,62 mm × 51 (.308 Win)	9,5	830	756	3272	2711
7,62 mm × 67 (.300 WinMag)	12,3	880	825	4763	4185
12,7 mm × 99 (.50 BMG)	42	890	842	16634	14872

Verbreitung anzutreten. Die in den Sturmgewehren AK-47 und AKM genutzte Patrone 7,62×39 ist weiterhin die in allen weltweiten Krisengebieten immer noch am meisten verbreitete Patrone. Dienstlich wurde sie 1974 mit der Einführung des AK-74 durch die 5,45×39 ersetzt.

Tab. 12.1 und Abb. 12.1 zeigen einige heute gebräuchliche Patronen.

Nach den Anwendungsgebieten werden orientierend Militär-, Polizei-, Jagd- und Sportmunition unterschieden:

Militärmunition ist in Deutschland nahezu ausschließlich Vollmantelmunition. Die Geschosse sollen im Sinne der Haager Landkriegsordnung von 1899 im Ziel ihre Form beibehalten, um »unnötiges Leid« zu verhindern. Außerdem ist eine möglichst gute Penetrationswirkung durch Deckung hindurch erwünscht. Für spezielle Anwendungen gibt es besondere Geschossarten (Hartkern, Leuchtspur).

Als **Jagdmunition** werden meist Deformations- oder Zerlegegeschosse (z. B. Teilmantelgeschosse) in Patronen mit vergleichsweise großem Kaliber und hoher Mündungsgeschwindigkeit eingesetzt. Sie sind für schnelles Töten konstruiert und zielen daher auf einen möglichst großen und frühen Energietransfer und/oder Splitterabgabe im Gewebe ab.

Polizeimunition strebt einen frühen und hohen Energietransfer an, um Täter schnell handlungsunfähig zu machen. Das Geschoß soll trotzdem Kleidung und leichte Deckung sicher durchschlagen, um die Wirkung im Ziel zu garantieren, aber zur Minderung der Umfeldgefährdung möglichst keinen Ausschuss erzielen. Außerdem soll die Munition das Ziel zwar schnell kampfunfähig machen, aber nicht töten. Dies ist ein Widerspruch in sich und von keiner Munition in allen Aspekten zu erfüllen. In der Vergangenheit wurde auch durch die Polizei Vollmantelgeschosse eingesetzt. Auf-

Abb. 12.1 Eingeführte Patronen der Bundeswehr. Von links nach rechts: 9 mm × 19, 4,6 mm × 30, 5,56 mm × 45, 7,62 mm × 51, 7,62 mm × 67, 12,7 mm × 99, zum Größenvergleich: Feuerzeug. (Foto: Dr. C. Neitzel)

grund der schlechten Wirkung und hohen Umfeldgefährdung durch Ausschüsse erfolgte in den neunziger Jahren eine Umstellung auf Deformationsgeschosse für Kurz- und Langwaffeneinsatz. Die Konstruktion von moderner Polizeieinsatzmunition ist letztlich ein Kompromiss und ähnelt stark der von Jagdmunition, teilweise werden identische Geschosse verwendet (z. B. Styx von SwissP identisch mit Norma Vulcan).

Sportgeschosse sind für eine möglichst präzise Schussleistung optimiert (z. B. Benchrest). Ihr Verhalten im Ziel ist nicht relevant, so dass eine Vielzahl verschiedener Konstruktionen Verwendung findet. Meist handelt es sich um Vollmantel- oder Hohlspitzgeschosse, regelhaft mit dünnen Geschossmänteln.

Eine strenge Einteilung in Militär-, Jagd-, Sport- und Polizeigeschosse ist nicht möglich. Deutlich abgrenzbar sind lediglich die im Waffengesetz als »verbotene Gegenstände« bezeichneten oder dem Kriegswaffenkontrollgesetz unterliegenden hoheitlich genutzten Hartkern-, Leuchtspur-, Brand- und Explosivgeschosse.

12.2 Einführung in die Wundballistik

12.2.1 Kinetische Energie und ihre Übertragung

Beim Abfeuern eines Schusses entsteht durch die explosionsartige Verbrennung der Treibladung hinter dem Geschoß ein Gasdruck, der es durch den Lauf treibt und dabei in die spiralartig angeordneten Züge und Felder presst. Hierdurch wird ein Drall erzielt, der das Geschoss durch eine Drehung um die Längsachse im Flug stabilisiert.

Das beschleunigte Geschoss verfügt über kinetische Energie, die abhängig ist von der Masse des Geschosses (schwere Geschosse sind energiereicher als leichte) und der Geschwindigkeit (schnelle sind energiereicher als langsame). Gemäß der Formel $E_{kin}=1/2 \times m \times v^2$ hat die Geschwindigkeit dabei größeren Einfluss als die Masse des Geschosse: Die Verdopplung der Geschossmasse verdoppelt die kinetische Energie, die Verdopplung der Geschwindigkeit vervierfacht sie. Das Maß für die kinetische Energie des Geschosses ist Joule (J).

Während des Fluges wird die Geschwindigkeit des Geschosses vor allem durch den Luftwiderstand fortwährend abgebremst und somit die kinetische Energie verringert.

Trifft das Geschoss auf Gewebe, wird es aufgrund der höheren Dichte wesentlich stärker als durch Luft abgebremst. Die kinetische Energie wandelt sich in Druck-, Verformungs- und Wärmeenergie um, die Gewebe verdrängt, zerquetscht oder zerreißt. Je größer die Frontfläche oder Querschnittsfläche des Geschosses ist, umso mehr Energie wird punktuell übertragen: Ein an der Spitze stumpf und breit aufgebautes Projektil erzeugt mehr lokalen Widerstand im Zielmedium als ein schlankes, spitzes Geschoss. Somit wird es initial stärker abgebremst, d. h. es überträgt hier mehr Energie ins Gewebe. Die Querschnittsfläche des Geschosses hängt ab von

- der Geschossform,
- dem Deformationsverhalten,
- Taumelbewegungen und
- einer möglichen Geschosszerlegung (Fragmentation).

Bleibt das Geschoss im Ziel stecken (**Steckschuss**), hat es seine gesamte kinetische Energie abgegeben oder für Verformung bzw. Fragmentation genutzt. Wird ein **Durchschuss** erzielt, verfügt das Geschoss noch über kinetische Energie, die sich aus dem Restgewicht des Geschosses und seiner Geschwindigkeit ergibt. Theoretisch gesehen ist die Differenz zur Auftreffenergie die ins Zielmedium übertragene Energie.

12.2.2 Wundhöhlenbildung

Das Gewebe wird durch die übertragene Energie nach allen Seiten radial verdrängt, es bildet sich vorübergehend eine Wundhöhle (**temporäre Kavitation**). Die Elastizität des Gewebes bewirkt die Rückkehr in die Ausgangslage. Diese temporäre Wundhöhle bleibt also nur für Sekundenbruchteile bestehen, bis der entstandene Unterdruck sie wieder zusammenfallen lässt. Temporäre Wundhöhlen treten bei allen Geschossen auf, im Regelfall erreichen sie aber nur bei Hochgeschwindigkeitsgeschossen oder speziell auf eine höchstmögliche

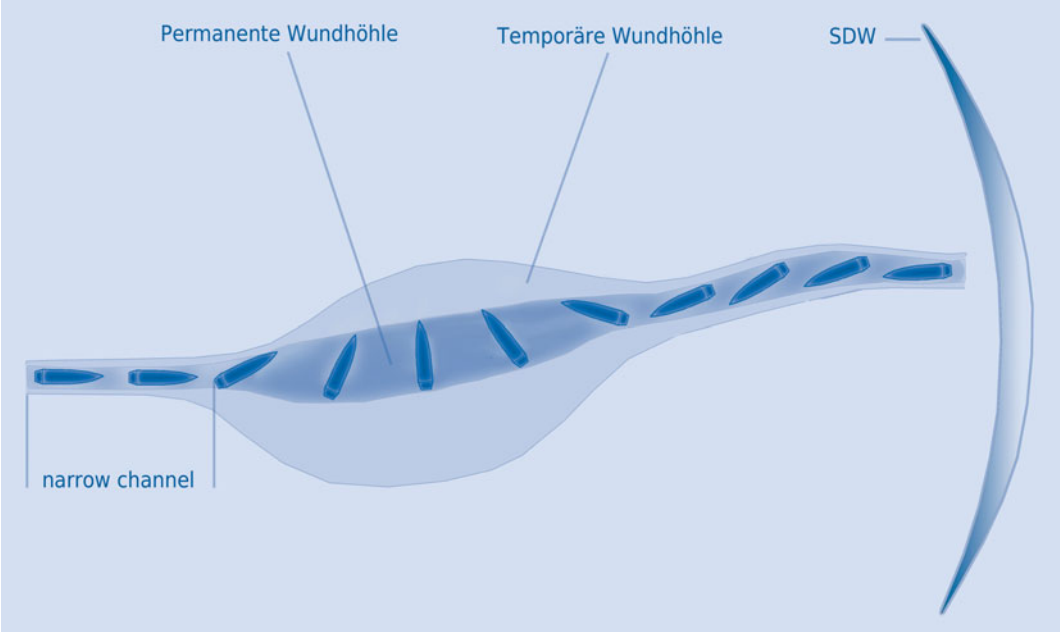


Abb. 12.2 Schematische Darstellung einer Wundhöhle. *SDW* Schalldruckwelle. (Graphik: M. Neitzel)

Energieabgabe konstruierten Niedriggeschwindigkeitsgeschossen eine relevante Größe.

Das durch die Bildung der temporären Wundhöhle verdrängte Gewebe wird nicht zwingend irreversibel geschädigt. Nur wenn es nicht genügend Elastizität aufweist, um der Kinematik problemlos zu folgen, wird es strukturell geschädigt und behält bleibende Gewebeschäden. Diese Gewebezerstörungen stellen um den unmittelbar durch das Geschoss verursachten eigentlichen Schusskanal herum die permanente Wundhöhle (**permanente Kavitation**) und deren Randbereiche dar. Sie ist umso größer, je stärker und abrupter eine Energieübertragung verläuft und je weniger elastisch das betroffene Gewebe ist. Um die permanente Wundhöhle herum liegt eine Zone, in der es durch Überdehnung zu einer Vasokonstriktion kommt, die das Gewebe vorübergehend avital erscheinen lässt. Im äußeren Bereich der temporären Wundhöhle wird Gewebe verdrängt, aber nicht irreversibel geschädigt.

Die permanente und temporäre Wundhöhle weisen charakteristische Verläufe auf. Zu Beginn des Wundkanals bildet sich ein wenig mehr als kalibergroßer »**narrow channel**« (Abb. 12.2). Die Länge ist stark von Geschossform und -konstruktion, Auftreffgeschwindigkeit und Gewebewiderstand abhängig. Vollmantelgeschosse erzeugen typischerweise einen relativ langen »narrow channel« auf, der im muskelähnlichen Gewebe meist über 10 cm lang ist. Bei Deformationsgeschossen ist er hingegen wenige Zentimeter lang oder noch kürzer. Anschließend vergrößert sich die Frontfläche des Geschosses in der Regel durch Drehung, Zerlegung oder Deformation. Die erhöhte Energieübertragung erzeugt eine größere Wundhöhle. Verringert sich die Energieabgabe des Geschosses im Anschluss wieder, sinkt der Durchmesser der Wundhöhle erheblich ab.

12.2.3 Schockwelle/Schalldruckwelle

Dem Geschoss voraus eilt im Gewebe eine Schalldruckwelle (»Schockwelle«) mit einer Geschwindigkeit von ca. 1400–1550 m/sec und Druckspitzen von bis zu 117 bar. Da sie aber nur wenige Millisekunden anhält und eine geringere Amplitude als z. B. therapeutische Ultraschallanwendungen hat, kommt es zu keiner wesentlichen Gewebeschädigung.

12.2.4 Faktoren der Wundhöhlenbildung

Die Größe und das Profil der temporären und permanenten Wundhöhle sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, unter anderem:

- Geschoßkonstruktion und -form,
- Auftreffgeschwindigkeit,
- Gierwinkel und
- spezifischer Widerstand des Zielgewebes.

Abhängig von der verwendeten Waffenart unterscheiden sich Geschosse und erreichbare Auftreffgeschwindigkeiten deutlich.

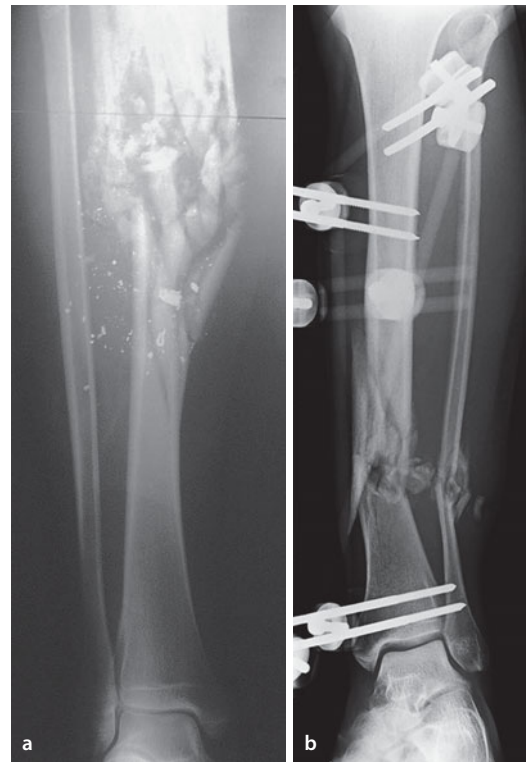
Auftreffgeschwindigkeit

Schussverletzungen werden im theoretischen Modell in Verletzungen durch Projektile mit hoher (>600–650 m/s) und niedriger (<600–650 m/s) Geschwindigkeit unterteilt (◘ Abb. 12.3).

Geschosse mit niedriger Geschwindigkeit verursachen meist keine großen Wundhöhlen. Diese Verletzungen sind im Regelfall durch Kurzwaffen (Pistolen, Revolver) oder durch entsprechend langsam gewordene Langwaffengeschosse bei sehr großen Schussentfernungen verursacht. Die Gewebezerstörung reicht als Faustregel nicht deutlich über den Geschossdurchmesser hinaus.

Hochgeschwindigkeitsverletzungen verursachen meistens durch die Bildung einer größeren Wundhöhle starke Gewebeschädigungen. Da sich die Auftreffgeschwindigkeit stärker auf die kinetische Energie des Geschosses auswirkt als das Geschossgewicht, haben Hochgeschwindigkeitsgeschosse zumeist rechnerisch eine deutliche größere kinetische Energie als Niedriggeschwindigkeitsgeschosse.

Dieser Grundsatz berücksichtigt aber nicht die teilweise erheblichen Einflüsse anderer maßgeblicher Faktoren. Die effektive Gewebeschädigung wird nicht primär durch V_{Ziel} bzw. Geschoßenergie, sondern durch den tatsächlichen Verlauf des Energietransfers ins Gewebe bedingt. Eine Schusswunde durch ein Deformations- oder Hohlspitzgeschoß aus einer Kurzwaffe kann also durchaus größere Gewebezerstörungen bewirken, als ein richtungsstabil das Gewebe durchdringendes Vollmantelgeschoss aus einer Langwaffe.



◘ **Abb. 12.3a,b** Vergleich typischer Schussbrüche mit hoher (**a**) und niedriger (**b**) Auftreffgeschwindigkeit: **a** 5,56×45 mit Hartkerngeschoss, **b** 9×19 mm mit Vollmantelgeschoss

Die Auftreffgeschwindigkeit beeinflusst auch maßgeblich Deformationsverhalten und Zerlegungsneigung von Geschossen.

Widerstand des Zielmediums

Gewebe von hoher Dichte (z. B. Muskel, Knochen, Leber, Niere) bremsen Geschosse stark ab. Der große Energieübertrag bewirkt eine stärkere Zerstörung von Gewebe. Je höher der Widerstand des Zielmediums ist, desto grösser sind auch die auf das Geschoss wirkenden Biege- und Druckspannungen. Sie können eine Verformung oder Zerlegung des Geschosses bewirken. Vereinfacht dargestellt verändert auch die Erhöhung der Auftreffgeschwindigkeit den Widerstand des Zielmediums. Man kann dies mit einer Hand vergleichen, die mit geringer oder sehr hoher Geschwindigkeit auf eine Wasseroberfläche schlägt, und die so als weich oder sehr hart empfunden wird.

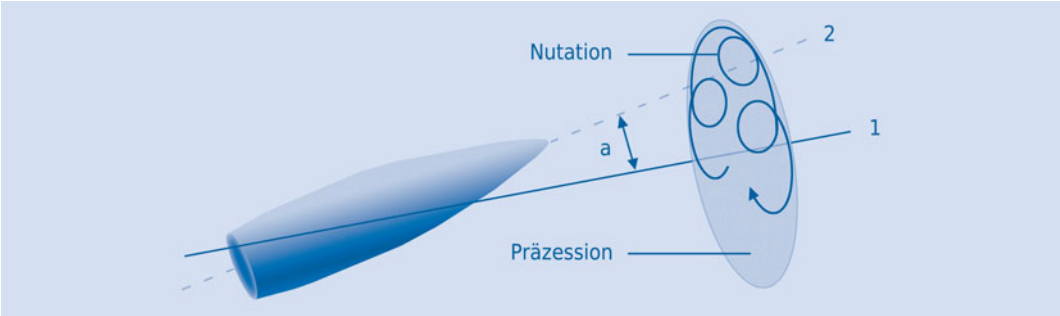


Abb. 12.4 Eigenbewegung eines drallstabilen Geschosses: *1* ist die Flugrichtung, *2* die Geschossachse, *a* der Gierwinkel. Die Geschossachse dreht um die Flugrichtung (Präzession) und der Anstellwinkel schwankt zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert (Nutation). (Graphik: M. Neitzel, adaptiert nach [4])

Gierwinkel

Ein drallstabilisiertes Geschoss verhält sich während des Fluges physikalisch gesehen wie ein Kreisel und fliegt nie völlig gerade. Es führt durch den außerhalb des Schwerpunktes angreifenden Luftwiderstand eine Präzession aus, also eine Bewegung der Geschosslängsachse (Abb. 12.4). Die Abweichung von der Flugbahn beträgt im allgemeinen 1–3° und wird Gierwinkel oder Anstellwinkel genannt. Weitere Einflüsse, wie z. B. nachfolgende Pulvergase beim Mündungsdurchgang, können die Präzession mit einer weiteren Bewegung, der **Nutation**, überlagern. Dies führt zu einer stetigen Änderung des Anstellwinkels, die sich insbesondere in den ersten 20–30 m Flugstrecke auswirkt.

Der Effekt wird **Gieren** (engl. »yawing«) genannt. Trifft ein Geschoss mit einem Gierwinkel >0° auf ein Zielmedium, so ist von Beginn an die Frontfläche grösser, es kommt schon nach einer geringeren Penetrationsstrecke und somit noch vergleichsweise hoher Geschwindigkeit zum Taumeln mit möglicher folgender Fragmentation. Dies erklärt auch, warum die Durchschlagskraft einer Hochgeschwindigkeitspatrone auf kurze Distanzen von unter 50 m geringer sein kann als auf weitere Distanzen.

Geschosskonstruktion

Je nach Konstruktion des Geschosses variieren das Verhalten im Gewebe und das daraus resultierende Wundprofil erheblich (▶ Kap. 12.3).

12.3 Geschosskonstruktionen

Die Geschosskonstruktionen nehmen wesentlichen Einfluss auf die Zielballistik. Es existieren eine Vielzahl verschiedenster Geschosskonstruktionen (Abb. 12.5). Die grundlegenden Eigenschaften sollen orientierend dargestellt werden. Abb. 12.6 zeigt die typische Wundballistik verschiedener Patronen.

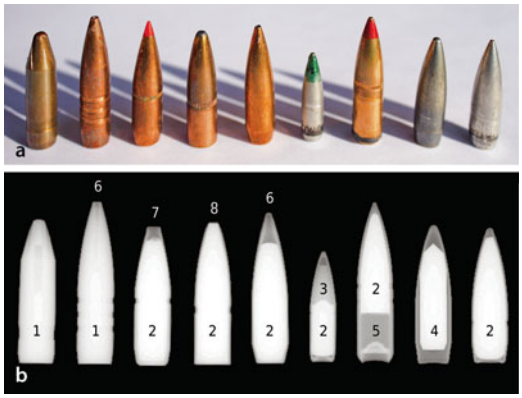


Abb. 12.5a,b Geschosskonstruktionen. **a** Von links nach rechts: MEN Schrägfläche (SF), Deformationsgeschoss; Barnes TSX, Deformationsgeschoss; Hornady SST, Deformationsgeschoss; Remington Corelockt, Deformationsgeschoss; Sierra Matchking, Hohlspitzgeschoss; Doppelkerngeschoss, Leuchtspurgeschoss, Hartkerngeschoss, Weichkerngeschoss. **b** Röntgenbild der oben gezeigten Geschosse. *1* Kupferlegierungsmassivgeschoss, *2* Bleikern (Weichkern), 3 = Stahlpenetrator, *4* Hartkern, *5* Brandsatz, *6* Hohlspitze, *7* Plastikspitze, *8* freiliegender Bleikern (Teilmantel), *9* Hohlraum. (Foto: Dr. C. Neitzel)

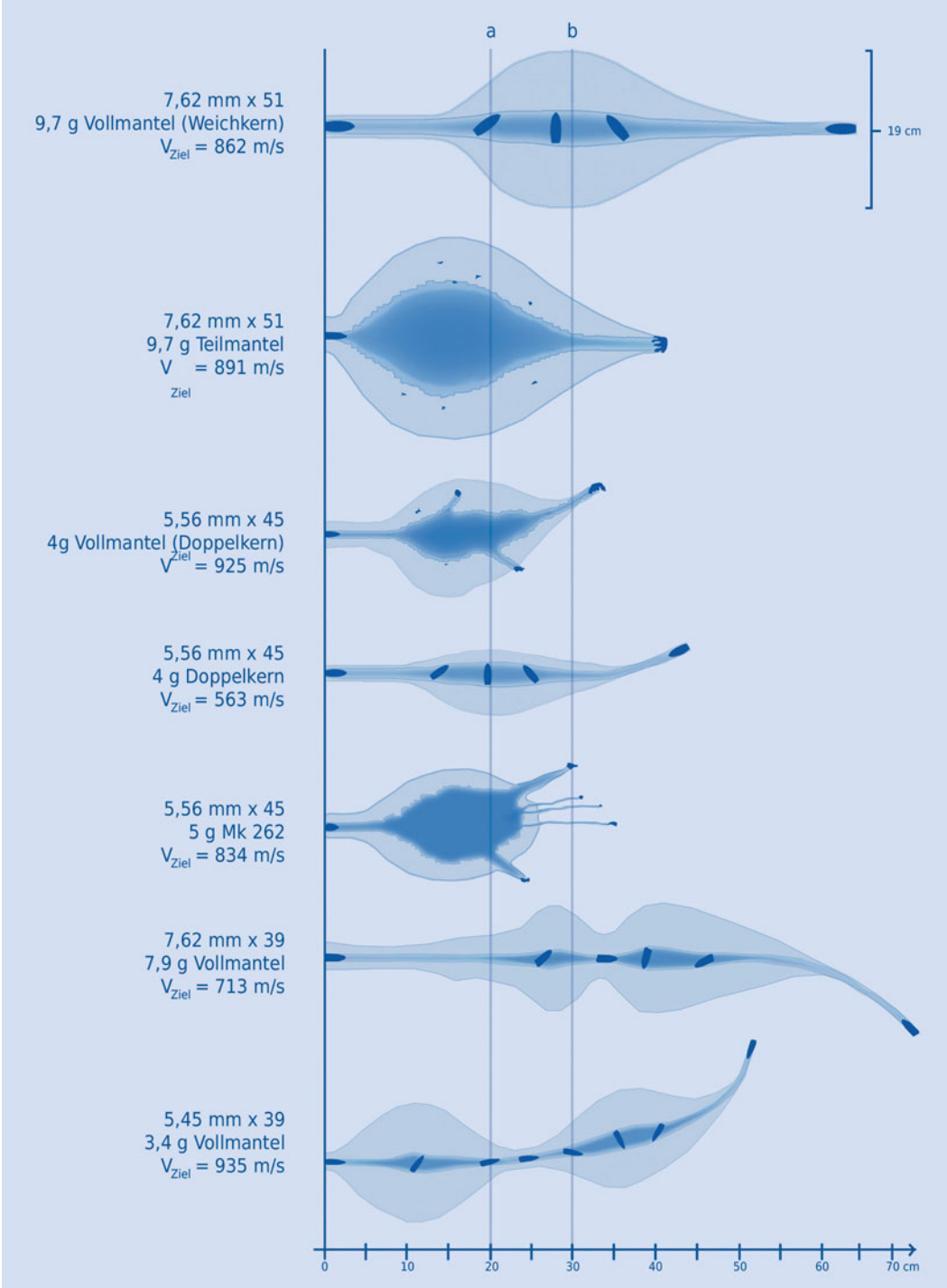


Abb. 12.6 Typische Wundkanäle verschiedener Geschosstypen und Büchsenpatronen. *a* Extremitätendurchmesser (Oberschenkel), *b* Rumpfdurchmesser (quer). (Graphik: M. Neitzel, adaptiert nach [3])

12.3.1 Vollmantelgeschosse

Geschosse, deren Kern vollständig ummantelte oder lediglich am Heck offen ist, werden als Vollmantelgeschosse bezeichnet. Sie sind aufgrund der völkerrechtlichen Einschränkungen Standardgeschosse im militärischen Bereich, wurden bis in die 1990er Jahre aber auch durch die Polizei genutzt.

Für den Mantel werden Tombak, Stahl oder Flusseisen genutzt. Besteht der Kern aus Blei, spricht man von **Weichkerngeschossen**. Ist der vordere Teil des Bleikerns durch einen die Durchschlagleistung erhöhenden Stahlpenetrator ersetzt, handelt es sich um ein **Doppelkerngeschoss**. Ein panzerbrechender Kern, meist aus Wolfram, wird als **Hartkerngeschoss** bezeichnet. Am Heck können Brandsätze verbaut sein, die eine Leuchtspur erzeugen und somit den Flug des Geschosses besser verfolgbar machen. Alle Vollmantelgeschosse wirken im Sinne der Wundballistik grundsätzlich ähnlich.

Brandsätze in Leuchtspurgeschossen sind nicht auf externe Sauerstoffzufuhr angewiesen und brennen nach dem Verschießen über einen Zeitraum von 1 s auch im Körperinneren vollständig ab. Es ist daher mit Verbrennungen im Bereich des Schusskanals zu rechnen, insb. bei Steckschüssen.

Vollmantelgeschosse können drei charakteristische **Wirkmuster** im Gewebe zeigen:

- richtungsstabile Penetration,
- Taumeln und
- Fragmentation.

Richtungsstabile Penetration

Treffen Vollmantelgeschosse mit einem kleinen Gierwinkel auf das Ziel auf, durchdringen sie dieses anfangs richtungsstabil: es bildet sich der »narrow channel«. Tritt das Geschoss vor Beginn einer Drehung wieder aus, ist das Wundprofil meist eng um den Schusskanal herum begrenzt.

Taumeln

Die Drallgeschwindigkeit reicht – im Gegensatz zum Flug in der Luft – im Gewebe nicht aus, um das Geschoss ausreichend zu stabilisieren. Durch die einwirkenden Kräfte während der Penetration von Gewebe wird das Projektil stark abgebremst, wobei das Heck als Schwerpunkt des Geschosses nach vorne drängt: Das Geschoss taumelt über die Querachse. Dadurch vergrößert sich während der Drehung die Frontfläche erheblich, es kommt zur deutlichen Größenzunahme der temporären und permanenten Wundhöhle. Taumeln tritt häufig erst nach Strecken auf, die z. B. bei Extremitätentreffern kaum gegeben sind.

Für die vollständige Wendung bis zur Geschosslage mit Heck voraus werden ca. 30–40 cm Penetrationstiefe in muskelähnlichem Gewebe benötigt. Ausreichend lange Schusskanäle sind nur in Ausnahmefällen zu erreichen (z. B. bei Quer- oder Längsdurchschüssen des Rumpfes). Das Geschoss durchdringt das restliche Gewebe dann meist mit dem Heck voran. Dabei treten geringe Pendelbewegungen um die Längsachse auf. Je nach Lage des Geschosses beim Austritt aus dem Zielmedium entstehen unterschiedlich große Ausschüsse. Bei Querlage werden große Ausschusswunden verursacht, bei Austritt mit Heck voran eher kleine. Hierdurch wird die große Bandbreite an Ausschusswunden bei Vollmantelgeschossen verständlich.

Die Geschossverzögerung im Gewebe erreicht bei 90° Drehung ihr Maximum. Dementsprechend ist bei einer entsprechenden Penetrationstiefe durch die große Stirnfläche die Fragmentation am wahrscheinlichsten. Das zur Vietnamkriegs-Zeit in der 5,56×45 verwendete M193-Geschoss zerlegte sich z. B. bei ausreichender Geschwindigkeit relativ zuverlässig nach Penetration von 15 cm Muskelgewebe (nicht formstabil).

Fragmentation

Auch Vollmantelgeschosse können sich zerlegen, wenn sie mit hoher Geschwindigkeit auf formstabiles Gewebe auftreffen, besonders bei Knochen. Ein Zerbrechen (Fragmentation) bildet eine vergleichsweise große Wundhöhle. Durch die plötzliche Vergrößerung der Querschnittsfläche (Summe der Frontfläche aller Geschosssplitter) erfolgt die Energieübertragung konzentriert über eine kurze Penetrationsstrecke im Gewebe und richtet dort großen Schaden an. Die Splitter bewegen sich meist radiär außerhalb der eigentlichen Schusskanalrichtung und verletzten dabei ggf. abhängig von ihrer Größe, Form und Restenergie zusätzlich Gewebe. Dies er-

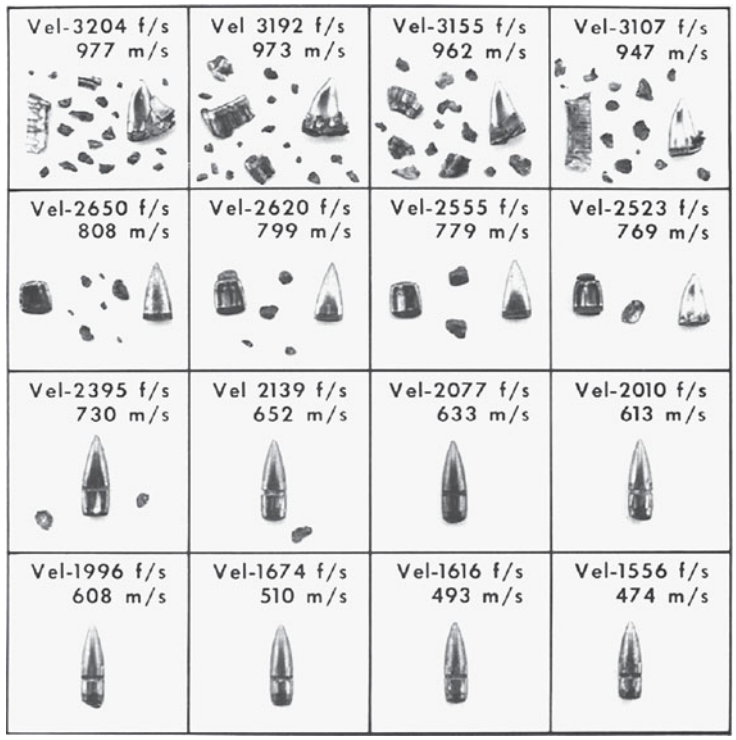


Abb. 12.7 Deformation bzw. Zerlegung des 5.56×45-Geschosses M193 in Abhängigkeit von der Auftreffgeschwindigkeit. (Adaptiert nach [4])

klärt die sehr unterschiedlichen, häufig stark abweichenden Verwundungsmuster.

Die Geschwindigkeit des Geschosses im Gewebe zum Zeitpunkt des Querstellens ist maßgeblich für die wirkenden Kräfte und wichtigster Parameter für die Wahrscheinlichkeit einer Geschossfragmentierung. Die durch den Geschossaufbau bedingte Strukturstabilität ist ein weiterer wesentlicher Faktor (dünnmantelige Geschosse platzen schneller als starkmantelige), nicht aber Kaliber oder Form. Gängige militärische Weichkerngeschosse, also Vollmantel-Bleikerngeschosse, fragmentieren fast nie unter einer Auftreffgeschwindigkeit von 600 m/s, aber meist bei über 800 m/s im Zielmedium (Abb. 12.7). Erste Einflüsse bei niedrigeren v_{Ziel} sind Deformationen des Geschosses, teils mit Tubeneffekt, also Bleiaustritt am offenen Heck. Bei höheren Auftreffgeschwindigkeiten kommt es dann zum Zerbrechen des Geschosses, was meist im Bereich der Kneif- oder Crimp-Rille als Sollbruchstelle geschieht. Doppelkerngeschosse verhalten sich ähnlich.

Ein weiterer wesentlicher Faktor für die Anfälligkeit des Geschosses für Fragmentierung ist die Dicke des Geschossmantels. Kleine, schnelle Geschosse mit dünnem Mantel sind besonders anfällig für Zerlegung. So fragmentierte das zur Zeit des kalten Krieges in Deutschland hergestellte Vollmantelgeschoss im Kaliber 7,62 schon bei niedrigeren Geschwindigkeiten als der NATO-Standard, da der Mantel insbesondere im Bereich der Kneifrille dünner gehalten war.

Ein hoher Widerstand des Zielgewebes erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Zerlegung. Trifft ein »dünnhäutiges« Vollmantelgeschoss beim Eindringen in den Thorax mit ausreichender V_{Ziel} z. B. auf eine Rippe, zerlegt es sich regelhaft.

Die Patrone 5,56 mm × 45

Die zivil als .223 Remington bezeichnete Patrone ist vergleichsweise leistungsschwach. In Deutschland ist sie daher zivil – trotz der gut wirksamen Jagdgeschosse – nur für die Jagd auf das ca. 20 kg schwere Rehwild zugelassen. Beim Menschen ist durch formstabile Vollmantelgeschosse außer-

halb direkt tödlicher Trefferzonen nur eine geringe zielballistische Wirkung zu erwarten. In direkten, intensiven Gefechten in Afghanistan hat sich diese Beobachtung bestätigt. Bei deutlich über 100 m betragenden Kampfentfernungen erreichen die Geschosse kaum noch die kritische Geschwindigkeit, um fragmentieren zu können. Durch eine zunehmende Einführung des verkürzten G36K mit niedrigerer Mündungsgeschwindigkeit verschärft sich die Problematik: Beim G36 wird die für eine relativ verlässliche Fragmentierung notwendige Geschwindigkeit von 800 m/s ab einer Schussentfernung von 110 m unterschritten, beim G36K dagegen schon bei 50 m.
Die US-Streitkräfte führten bereits zu Beginn der Kriege im Irak und Afghanistan als Konsequenz ähnlicher Erfahrungen Hohlspitzgeschosse (z. B. Mk 262) zur Verwendung in Sturmgewehren ein. Durch die offene Spitze deformiert oder fragmentiert das Geschoss bei geringeren Geschwindigkeiten einfacher. Die Verwendung ist nach der – von den USA allerdings nicht ratifizierten – Haager Landkriegsordnung von 1899 allerdings völkerrechtswidrig.

12.3.2 Deformationsgeschosse

Deformationsgeschosse sind so konstruiert, dass sie sich im Gewebe an der Spitze aufpilzen und dadurch bereits nach kurzer Penetrationsstrecke viel Energie auf das Zielgewebe übertragen. Sie sind größtenteils als Jagdgeschosse konstruiert, aber auch die neueren Generationen von Polizeigeschossen sind Deformationsgeschosse.

Bei klassischen Deformationsgeschossen, den Teilmantelgeschossen, umhüllt der Mantel die Spitze des Geschosses nicht. Der Bleikern liegt vorne frei. Moderne Deformationsgeschosse haben häufig eine Plastikspitze, die die Aerodynamik begünstigt und die Verformung einleitet. Teilweise werden Mantel und Kern chemisch verbunden (»bonding«), um die Trennung von Mantel und Kern zu verhindern und so mit hohem Restgewicht eine tiefe Penetration oder einen Ausschuss zu erzielen. Abhängig vom Widerstand des Zielmediums und der Auftreffgeschwindigkeit kommt es bei nahezu allen Teilmantelgeschossen meist zur Abtrennung von Splittern.

Bereits nach einem sehr kurzen »narrow channel« (nur wenige cm) wird durch den hohen Energietransfer eine Wundhöhle verursacht, deren maximaler Durchmesser nahe des Einschusses liegt. Bei Experimenten in Versuchsmedien betrug ihr Durchmesser bis zum 30-fachen des Geschossdurchmessers. Das verformte Projektil durchdringt das Treffermedium aufgrund des nach vorne verlagerten Schwerpunkts und der Schulterstabilisierung (eine nach vorne wanderende Kante der Frontfläche erzeugt einen höheren Widerstand und wird dadurch verzögert) relativ richtungsstabil und taumelt selten. Die Wundhöhle wird dabei durch das langsamer werdende Geschoss und den resultierenden niedrigeren Energieübertrag keilähnlich immer kleiner.

Deformationsgeschosse zeigen das gewünschte Deformationsverhalten nur innerhalb eines bestimmten V_{Ziel}-Bereiches. Liegt die Auftreffgeschwindigkeit darüber, verformt das Geschoss sich stark und führt damit zu größerer Gewebeschädigung, aber auch einer deutlich verringerten Penetrationstiefe. Dies kommt insbesondere bei extrem kurzen Schussentfernungen vor. Liegt die Auftreffgeschwindigkeit unter dem vorgesehenen Bereich (z. B. durch weite Schussentfernungen), deformiert das Geschoss nur schwach, der Geschossquerschnitt erhöht sich nicht in dem erwünschten Maße und der Energietransfer bleibt entsprechend kleiner.

12.3.3 Hohlspitzgeschosse

Bei Hohlspitzgeschossen befindet sich an der Geschoßspitze eine Öffnung, die den Bleikern in der Tiefe freilegt. Aufgrund der guten Präzision wird es häufig beim Präzisionsschießen genutzt. Besonders im HV-Bereich weisen Hohlspitzprojektile konstruktionsbedingt eine Neigung zu einer sofortigen und unkontrollierten Deformation bzw. Fragmentation. Hohlspitzgeschosse mit kleinen Öffnungen und starkem Mantel verhalten sich häufig wie Vollmantelgeschosse. Letztlich besteht eine große Bandbreite beim zielballistischen Verhalten von Hohlspitzgeschossen je nach ihrer spezifischen Konstruktion, der Auftreffgeschwindigkeit und dem Widerstand des Zielmediums.

Dum-Dum-Geschosse
Die ersten in der Patrone .303 British eingeführten Vollmantelgeschosse zeigten im englischen Chitral-Feldzug in Afghanistan keine befriedigende Wirkung. Auf der Suche nach wirksamerer Munition wurden die ersten Hohlspitzgeschosse 1895 im Auftrag der britischen Kolonialtruppen in der Munitionsfabrik der indischen Stadt Dum Dum gefertigt.

Das Geschoss zeigte eine erheblich bessere Wirkung beim Gegner. Die mit den »Dum-Dum-Geschossen« gemachten wundballistischen Erfahrungen führten aus ethischen Gründen aber letztlich zum Verbot von sich verformenden Geschossen in der Haager Landkriegsordnung von 1899.

12.3.4 Vollgeschosse

Voll- oder Monoblockgeschosse sind durchgehend aus einem Material (meist Kupferlegierungen) gefertigte Geschosse. Besonders stabile Geschosse (»solids«) deformieren im Ziel nicht und werden z. B. zur Großwildjagd eingesetzt.

Daneben gibt es auch Vollgeschosse aus Kupferlegierungen, die abhängig von der Zähigkeit des Metalls und der Konstruktion deformieren oder sich zerlegen. Sie sind dann sinngemäß den Deformations- oder Zerlegungsgeschossen zuzuordnen. Häufig weisen sie eine Hohlspitze auf, die diese Prozesse einleitet. Sie verfügen zumeist durch ein hohes Restgewicht über hohes Penetrationsvermögen. Vollgeschosse mit kontrollierter Deformation stellen zurzeit den Standard im Bereich der Polizeimunition dar (z. B. QD P.E.P., Action 4).

Eine im Sportschützenbereich gebräuchlich Variante sind Vollgeschosse aus Blei ohne Mantel, die insbesondere aus älteren, leistungsschwachen Kurzwaffen verschossen werden. Sie neigen aufgrund des weichen Materials zu starken, aber unkontrollierten Verformungen.

12.3.5 Zerlegungsgeschosse

Splittergeschosse sind im Aufbau speziell so konstruiert, dass sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch bei normalen Auftreffgeschwindigkeiten zumindest partiell fragmentieren. Der Wundmechanismus entspricht dem im Abschnitt Fragmentation erläuterten. Ähnlich den Deformationsgeschossen öffnet sich die Wundhöhle bereits direkt hinter dem Einschuss.

Splittergeschosse werden meistens jagdlich genutzt. Besonders zerlegefreudige Geschosse mit sehr geringer Penetrationstiefe und minimaler Gefährdung durch Querschläger (»frangibles«) werden aber auch beim Übungsschießen auf Hartziele oder in besonders empfindlicher Umgebung (z. B. durch Sky Marshals in Flugzeugen) eingesetzt.

Geschosse, die in ihrer Flugbahn Hindernisse berühren, Deckung durchschlagen oder als Querschläger abgelenkt werden, deformieren oder fragmentieren dabei meist oder weisen bei Auftreffen im Ziel hohe Gierwinkel auf.

Abhängig von der kinetischen Restenergie kann es auch bei Vollmantelgeschossen aufgrund der von Beginn des Gewebekontakts an erhöhten Querschnittfläche zu erheblichen Gewebezerstörungen schon nach kurzer Eindringtiefe kommen. Besonders schnelle, leichte Geschosse zerlegen sich häufig schon beim Kontakt mit minimalen Hindernissen, wie z. B. Grashalmen oder kleinen Zweigen.

12.3.6 Flintenmunition

Aus Flinten wird meist **Schrot** verschossen, also eine Vielzahl kleiner Kugeln. Diese bestehen traditionell aus Blei, neuerdings aus Umweltschutz-Gründen auch aus anderen, reaktionsträgeren Metallen, und haben einen Durchmesser von 1–9 mm (◘ Abb. 12.8). Verletzungen mit Schrot weisen trotz der geringen Geschwindigkeit (und der theoretischen Klassifizierung als Niedriggeschwindigkeitsverletzung) auf **kurze Entfernungen** in der Regel schwere Gewebezerstörung auf (◘ Abb. 12.9, ◘ Abb. 12.10). Die Schrotkugeln verfügen zusammen über eine große Stirnfläche und verformen sich aufgrund des zumeist weichen Materials im Körper zusätzlich. Das größte Zerstörungspotenzial ist unmittelbar im Bereich des Einschusses und wird in der Tiefe rasch geringer. Die Penetrationstiefe ist im Regelfall gering, Ausschüsse sind nicht häufig.

Auf Entfernungen von **3–5 m** dringt die noch kompakt fliegende Schrotladung meist relativ tief ein. Frontale Schrotkörner werden beim Eindringen in den Körper teilweise von nachfolgenden im Sinne eines Billardeffekts zur Seite gedrängt, wodurch sich die Wundhöhle vergrößern kann. Über **10 m** Schussdistanz kommt es durch das Auseinanderweichen der Schrotkörner zu multiplen Einschüssen mit geringerer Penetrationstiefe. Auf weitere Entfernungen verursacht Flintenmunition

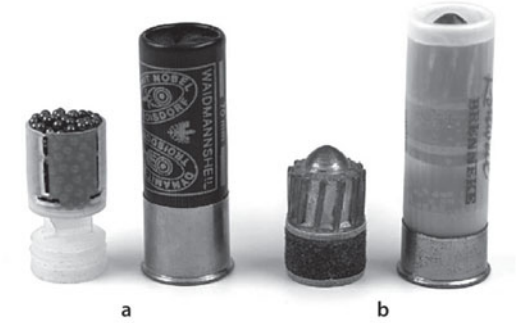


Abb. 12.8a,b Flintenpatronen: **a** Schrotpatrone und Schrotladung im Plastikbecher. **b** Patrone mit Brenneke-Flintenlaufgeschoss. (Aus [4])

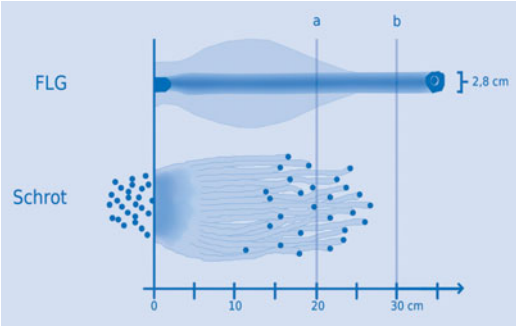


Abb. 12.9 Wundprofile von Flintenmunition. *FLG* Flintenlaufgeschoss. (Graphik: M. Neitzel)

nur geringe Verletzungen, über **100 m** hinaus ist bei der Verwendung von Schrot mit Ausnahme von Treffern in sensible Areale (z. B. Augen) keine gefährliche Verletzung mehr zu erwarten. Dies ist durch die erhebliche Verzögerung durch den Luftwiderstand bedingt.

Als Faustregel gilt, dass die Schrotgröße in mm multipliziert mit 100 m einen sicheren Abstand zur Waffe ergibt.

Spezielle Munition für Öffnungsverfahren an Türen (z. B. Zinkstaubpellets) zerlegt sich unmittelbar bei Widerstand, um Querschläger zu vermeiden. Sie zeichnen sich deswegen aber bei direkten Treffern auch durch eine massive Energieabgabe schon bei kurzer Eindringtiefe aus und verursachen auf kurze Entfernung erhebliche Gewebedefekte.

Sehr grobes Schrot mit einem Durchmesser von über 4,5 mm wird Posten, Sau-Roller oder englisch »buck shot« genannt. Hier stehen insbesondere auf Entfernungen von über 10–20 m die Wundprofile der einzelnen Kugeln im Vordergrund.

Flintenlaufgeschosse (»slugs«) sind einzelne aus Flinten verschossene Projektile, die einen großen Durchmesser und eine hohe Masse (30–40 g) bei niedriger Mündungsgeschwindigkeit haben (Abb. 7). Sie bestehen meist aus Blei und sind nicht ummantelt, wodurch sie sich im Ziel verformen. Es entsteht in der Regel ein typisches Wundprofil von Niedriggeschwindigkeitsverletzungen (Abb. 12.9).

Abb. 12.10 Nahschuss mit einer 12/70-Schrotpatrone mit 32-g-Vorlage von 2,4-mm-Schroten

Kurzwaffenmunition

Kurzwaffengeschosse sind in der Regel deutlich kürzer und weniger spitz konstruiert als Langwaffengeschosse. Dadurch kommt es auch bei einer Taumelbewegung nicht zu wesentlich andersartigen Wundkanälen als bei Penetration in Längsachse. Deformationsgeschosse für Kurzwaffen sind im Gegensatz zu Langwaffen meist als Hohlspitzgeschosse mit einer sehr tiefen und breiten Öffnung konstruiert. Sie sind in der Regel für den polizeilichen Einsatz mit einem optimalen Energietransfer bis Penetrationstiefen von 15–30 cm konstruiert und erzeugen nicht unerhebliche Wundhöhlen (Abb. 12.11).

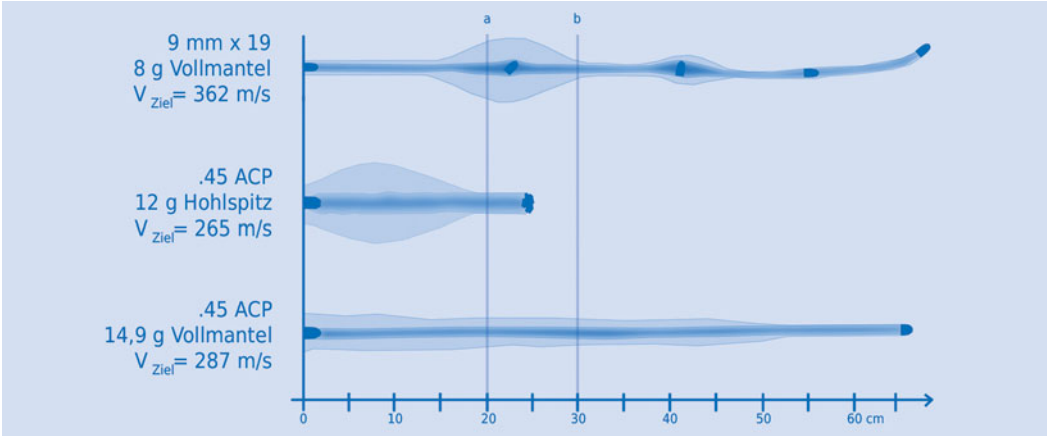


Abb. 12.11 Vergleich von Kurzwaffenpatronen. Bemerkenswert ist die erheblich größere temporäre und permanente Wundhöhlenbildung beim Hohlspitzgeschoss im Vergleich zum Vollmantelgeschoss. *a* Extremitätendurchmesser (Oberschenkel), *b* Rumpfdurchmesser (quer). (Graphik: M. Neitzel)

12.4 Spezifische Wundballistik

Das Ausmaß der tatsächlichen Zerstörung ist gewebespezifisch. Neben der Dichte von Gewebe, die maßgeblich die Effizienz der Übertragung kinetischer Energie beeinflusst, spielt auch die Elastizität, mit der Gewebe einer Wundhöhlenbildung folgen kann, eine Rolle. Luft im Gewebe ist komprimierbar und absorbiert so Teile der Druckwelle, während Flüssigkeiten nicht komprimierbar sind und daher die Druckwelle weiterleiten.

12.4.1 Extremitäten

Arme und Beine bestehen im Wesentlichen aus Haut, Muskel und Knochen. **Muskeln** und **Bindegewebe**, wie Haut, sind vergleichsweise dicht, aber elastisch. Hierdurch wird Energie absorbiert, das Ausmaß der Gewebeschädigung aber durch die Elastizität eingeschränkt. Häufig geht die Größe der permanenten Wundhöhle nicht wesentlich über den eigentlichen Schusskanal hinaus, da das Gewebe sich nach der temporären Wundhöhlenbildung wieder weitgehend zusammenzieht (Abb. 12.12). Knochentreffer führen häufig zu einer erheblichen Vergrößerung der Gewebezerstörung.

Elastische Leitungsbahnen, wie z. B. **Gefäße** und **Nerven**, werden durch Kavitation eher verdrängt, als dass Gewebe durch Zerreißung geschädigt wird. Nerven können durch die entstehende Kontusion auch bei struktureller Intaktheit zeitweise oder endgültig ausfallen, Gefäße einen äußerlich nicht sichtbaren Schaden an der Innenhaut mit resultierender Bildung eines Gefäßverschlusses erleiden. Extremi-

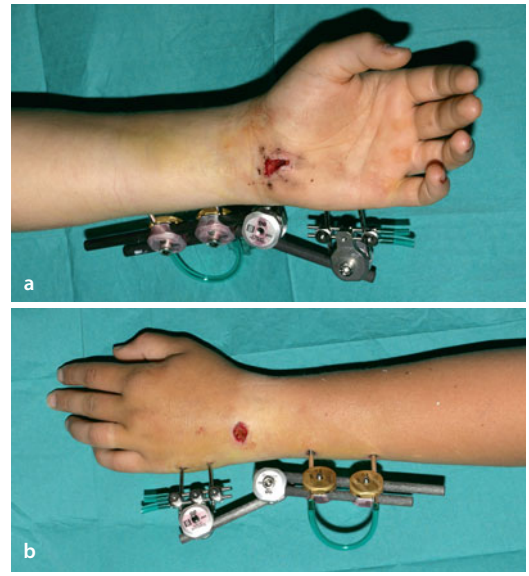


Abb. 12.12a,b Durchschuss mit MP7 am Handgelenk. Da die Penetrationsstrecke noch dem »narrow channel« entspricht, ist nur geringer Weichteilschaden entstanden

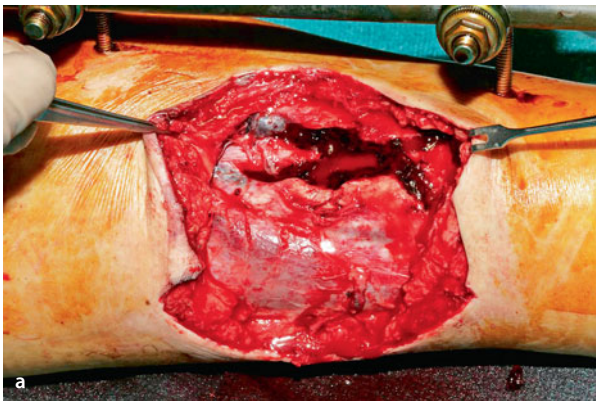


Abb. 12.13a,b Ausgedehnter Weichteilschaden (**a**) bei einem Unterschenkelschussbruch (**b**) mit der Niedriggeschwindigkeits-Revolverpatrone .44 Magnum

tätenverletzungen sind in der Regel nur dann unmittelbar lebensbedrohlich, wenn es zu massiven oder lang anhaltenden Blutungen kommt.

12.4.2 Skelett

Knochen ist ein hartes und im Vergleich zu Muskulatur unelastisches Gewebe. Trifft ein Geschoss auf **Knochen**, oder wird der Knochen durch die Kavitation erfasst, widersteht er solange einer Verformung, bis er bricht. Dabei entsteht häufig eine große Zahl von Knochensplittern, die häufig weit ins Gewebe versprengt werden und ggf. zusätzliche Schäden verursachen können. Meist kommt es bei einem auf Knochen treffenden Geschoss zu starker Deformation oder Fragmentation, wodurch sich die Gewebezerstörung erheblich vergrößern kann (Abb. 12.13).

Beckenschussbrüche können stabil oder instabil sein und bringen immer das Risiko einer lebensbedrohlichen inneren Blutung mit sich. Schussverletzungen der **Wirbelsäule** führen häufig zu einer Schädigung des Rückenmarks, die regelhaft mit irreversiblen neurologischen Ausfällen verbunden sind. Die Läsionshöhe ist dabei entscheidend: Halsmarkschüsse mit HV sind nahezu stets tödlich.

12.4.3 Abdomen

Bauchhöhle und Beckenhöhle enthalten eine große Zahl von Organen, die bei Schussverletzungen durch die Wundhöhlenbildung betroffen sein können. Im Oberbauch liegen im Wesentlichen **solide Organe**, wie z. B. Leber, Nieren, Milz und Pankreas. Sie ähneln in ihrer Dichte dem Muskelgewebe, ohne dessen Elastizität aufzuweisen. Es kommt bei Schussverletzungen zu einem hohen Energieübertrag mit entsprechender Dehnung und Kompression. Im Gegensatz zum Muskelgewebe nähert sich die Größe der permanenten Wundhöhle der Größe der temporären erheblich mehr an. Wird die Organkapsel nicht zerstört, kehrt das geschädigte Gewebe aufgrund deren Elastizität meist wieder an die Ursprungslage zurück. Eine massive Gewebezerstörung bei wichtigen Organen endet meist tödlich.

Hohlorgane, wie Magen-Darm-Trakt und Harnblase, enthalten meist Flüssigkeit. Durch die fehlende Komprimierbarkeit wird Druck unmittelbar auf die Umgebung übertragen. Ist das Organ zum Zeitpunkt des Treffers prall gefüllt und gedehnt, kann es explosionsartig zerrissen werden. Bei einer mäßigen Füllung und geringeren Wandspannung werden Druckwellen dagegen deutlich

besser toleriert. Große Blutgefäße verhalten sich grundsätzlich ähnlich. Enthalten Hohlorgane Luft, wie es bei Darm und Magen häufig der Fall ist, absorbiert diese durch ihre Komprimierbarkeit einen Teil der Druckwelle. Die Luft erweist sich somit gemeinsam mit der hohen Elastizität des Magen-Darm-Traktes als »Retter« und bedingt häufig erheblich geringere Schädigungen im Vergleich zu flüssigkeitsgefüllten Organen, wie der Harnblase.

Schussverletzungen im Abdominalbereich haben eine sehr unterschiedliche Letalität. Werden größere Blutgefäße getroffen, ist eine präklinische Stabilisierung bis zum Erreichen chirurgischer Versorgung meist nicht mehr möglich. Auch die meist gut durchbluteten Organe können bei Verletzung zu lebensbedrohlichen intraabdominellen Blutverlusten führen. Häufig sind diese Strukturen bei abdominellen Treffern aber nicht unmittelbar beteiligt, so dass die Patienten auch Intervalle von teils deutlich mehr als einer Stunde bis zur chirurgischen Versorgung überleben können.

12.4.4 Thorax

Der Brustkorb enthält neben Atemwegen und Lunge auch Herz und große Gefäße sowie den Ösophagus als Teil des Gastrointestinaltraktes. Die **Lunge** ist bezogen auf das Volumen zu erheblichen Teilen luftgefüllt. Trifft die Druckwelle Lungengewebe, wird die darin befindliche Luft komprimiert. Sie absorbiert so einen Teil der übertragenen Energie und begrenzt die Größe der Wundhöhle. In Kombination mit der hohen Elastizität des Lungengewebes ergeben sich somit meist deutlich geringere Wundprofile im Lungengewebe als in allen anderen Gewebearten. Trifft das Projektil allerdings beim Einschuss auf Rippe oder Schulterblatt, kommt es meist zu einer erheblich größeren Energieübertragung auf das dahinter liegende Gewebe.

Bedeutsamer als die unmittelbare Verletzung von Lungengewebe ist die Beeinträchtigung der Atmung durch Verursachung eines Pneumothorax oder Spannungspneumothorax. Gerade die Verletzung von Gefäßen an der Thoraxinnenwand kann zu erheblichen Blutverlusten in den Brustkorb hinein führen. Werden **Herz** oder **große Gefäße** bei praller Füllung mit Blut von einem Geschoss mit hoher Geschwindigkeit getroffen, kann es zu tödlichen Organzerreißungen führen. Diese ist im Wesentlich auf die fehlende Komprimierbarkeit des Blutes zurückzuführen, das die auftretenden Druckwellen explosionsartig weiterleitet. In der Diastole kann es dagegen auch bei direkten Treffern eher zu umschriebener Gewebezerstörung kommen, weil das entspannte, wenig gefüllte Herz Dehnungsreserven aufweist. Myokardtreffer mit geringer Gewebezerstörung tamponieren sich teilweise während der Systole selbst. Der unmittelbare Blutverlust ist dann kurzfristig überlebbar, es droht aber eine Perikardtamponade.

Grundsätzlich haben Patienten mit ausgedehnten Thoraxverletzungen unter Beteiligung großer Gefäße eine schlechte Prognose und versterben häufig vor Erreichen einer chirurgischer Versorgung.

12.4.5 Kopf

Dringt ein Projektil in den Kopf ein, entsteht aufgrund des inflexiblen knöchernen Schädels eine Kompressionswirkung über die verursachten Druckwellen. Häufig wird durch die Beteiligung des Hirnstamms ein Atemstillstand ausgelöst. Bei einer ausreichend hohen übertragenen Energie kann der Schädel durch die hydrodynamische Sprengwirkung zerbersten. Geschosse mit niedriger Energie können häufig keinen Ausschuss mehr erzielen und prallen innerhalb des Schädels mehrfach ab oder gleiten an der Innenseite des Schädels entlang. Hierdurch wird ein erheblicher Schaden im Bereich der stark vaskularisierten Hirnhäute verursacht. Der Effekt tritt insbesondere bei sog. Kleinkaliberpatronen auf, z. B. .22 lfB.

Schussverletzungen im Bereich des **Gehirnschädels** haben eine schlechte Prognose. Bei Schussverletzungen im **Mittelgesichtsbereich** ohne zerebrale Beteiligung und im Halsbereich stehen meist Blutungen und Beeinträchtigungen der Atemwege im Vordergrund. Darüber hinaus kommt es bei Halstreffern häufig zu einer Mitbeteiligung der HWS.

12.4.6 Infektion

Durch den bei der Bildung der temporären Wundhöhle entstehenden Unterdruck werden Fremdkörper mit entsprechender Besiedelung durch Krankheitserreger in den Schusskanal hineingezogen (Kleidungsfetzen, Schmutz, Hautpartikel). Auch die Geschossoberfläche ist grundsätzlich kontaminiert, eine Sterilisation im Lauf durch Reibungshitze und Druck erfolgt nicht.

Krankheitserreger aller Art finden im avitalen oder minderperfundierten zerklüfteten Gewebe mit zahlreichen Wundtaschen optimale Wachstumsbedingungen. Neben den üblichen Haut-, Feucht- und Erdkeimen sind insbesondere **Gasbranderreger** aufgrund des rasch fortschreitenden dramatischen Krankheitsverlaufes und der schwierigen Therapie gefürchtet (▶ Kap. 9.3). Perforationsverwundungen von Gastrointestinal- und Urogenitaltrakt führen zu einer Verschleppung der Fäkalflora in die Bauchhöhle mit nachfolgender **Peritonitis**.

12.4.7 Ein- und Ausschuss

Die verursachende Patrone und der verwendete Geschosstyp können ebenso wie Ein- und Ausschusswunde und deren gedachte Verbindung im Körper Hinweise auf das zu erwartende Wundprofil geben.

In der wundballistischen Lehre sind Einschusswunden je nach Auftreffwinkel rund oder oval mit nach innen gezogenen Wundrändern, während Ausschusswunden einen größeren Durchmesser mit häufig sternförmig eingerissenen, nach außen ragenden Wundrändern aufweisen.

Diese Regel trifft in den meisten Fällen zu, insbesondere bei Deformationsgeschossen. Ausschusswunden sind aber nicht immer zwingend größer als Einschusswunden. Bei fragmentierenden Geschossen kann es vorkommen, dass lediglich ein Splitter einen Ausschuss verursacht, der kleiner ist als der Einschuss. Bei einer sehr hohen v_{ziel} (>1200 m/s) können Geschoßteile und Gewebe sogar entgegen der Schussrichtung nach außen gesprengt werden, was die Einschusswunde wie eine Ausschusswunde wirken lässt. Einschusswunden sind durch die Elastizität der Haut meist kleiner als der Geschossdurchmesser. Letztlich ist die Unterscheidung zwischen Ausschuss und Einschuss für die präklinische Versorgung ohne wirkliche Relevanz.

Desweiteren sind Ein- und Ausschuss nicht unbedingt durch einen geraden Schusskanal verbunden. Geschosse oder Fragmente können von der eigentlichen Schussachse stark abweichen. Insbesondere bei Knochentreffern können das Geschoss oder seine Splitter die Richtung bis zu 180° ändern. Formstabile, schwere Geschosse neigen weniger zu Richtungsänderungen im Körper als schnelle fragmentierende Geschosse. Mit irregulär verlaufenden Schusskanälen sollte gerechnet werden und die körperliche Untersuchung entsprechend sorgfältig erfolgen. Bei Verletzungen oberhalb des Bauchnabel-Niveaus ist immer auch eine thorakale Verletzung auszuschließen, bei Verletzungen unterhalb der Brustwarzen liegt in 70 % der Fälle auch eine Beteiligung der abdominellen Höhle vor.

12.5 Letalität von Schussverletzungen

Geschosse besitzen keine mechanische Aufhaltekraft. Der größtmögliche Impuls des Geschosses löst keinen merklichen mechanischen Einfluss im Sinne eines »Umwerfens« des Zieles aus.

Der sofortige Tod wird, unabhängig von der verwendeten Munition, nur durch Treffer im Bereich des Mittel- und Kleinhirns oder oberen Hirnstamms bewirkt. Dieser Effekt kann bei Geiselbefreiungen wünschenswert sein.

Innerhalb von Sekunden bis wenigen Minuten können Verletzungen letal sein, die durch Gewebezerstörung eine rasche zerebrale Minderperfusion bedingen. Dabei ist von Treffern, die den unmittelbaren Zusammenbruch der Hirnversorgung verursachen (z. B. Aorta), eine Wirkung innerhalb von Sekunden zu erwarten, während Einschränkungen der kardialen Pumpfunktion durch Treffer mit massiver Zerstörung des Herzmuskels oder Herzklappensystems zumeist innerhalb von Sekunden bis Minuten zu Handlungsunfähigkeit, Bewusstlosigkeit und Tod führen. Größere Gewebeschäden bei stark perfundierten Organen wie Leber, Nieren und Milz oder die Zerstörung von mittelgroßen

Blutgefäßen bedingen meist innerhalb von wenigen Minuten einen ausgeprägten **hämorrhagischen Schock**.

Die Auswirkungen auf das Ziel sind letztlich in erster Linie abhängig von den beteiligten Organen. Ein Treffer mit einem 9-mm-Vollmantelgeschoss in den Aortenbogen bewirkt erheblich schwerere Verletzungen, als ein Streifschuss mit einem 7,62×67-Teilmantelgeschoss am Oberarm, obwohl letzteres eine höhere Energie hat. Auch ein sehr niedriger Energietransfer ins Gewebe kann tödlich sein, wenn wichtige Organe betroffen sind. Je größer die verursachte Wundhöhle ist, umso höher ist aber die Wahrscheinlichkeit, dass auch Treffer ohne direkte Beteiligung von lebenswichtigen Organen letztlich lebensbedrohliche Wirkung haben. Maßgeblich ist also neben dem unmittelbaren Treffersitz auch ein möglichst hoher Energietransfer über die Penetrationsstrecke (Zerstörungspotenzial genannt): Geschosse mit hoher kinetischer Energie, die diese aber im Körper nicht abgeben können, hinterlassen geringere Wirkung im Ziel als solche mit geringerer kinetischer Energie, aber einem frühen Energietransfer noch während der Penetration des Ziels. Neben dem Zerstörungspotenzial ist die Penetrationstiefe maßgeblich für die Letalität. Erst eine Penetrationstiefe von zumindest 30 cm ist ausreichend, um auch bei lateralen Treffern mit Oberarmdurchschuss wichtige anatomische Strukturen mit hoher Wahrscheinlichkeit schädigen zu können.

Literatur

1. Borden Institute (2004) Emergency War Surgery Walter Reed Medical Center, Washington DC
2. De Lorenzo RA, Porter RS (1999) Injury Mechanisms from Conventional Weapons. In: De Lorenzo RA, Porter RS (eds) Tactical Emergency Care. Military and Operational Out-of-Hospital Medicine. Brady, Upper Saddle River, USA, pp 29–46
3. Fackler ML (1987) What's wrong with the wound ballistics literature, and why. Institute Report No. 239. Letterman Army Institute of Research, Presidio of San Francisco
4. Kneubuehl BP, Coupland RM, Rothschild MA, Thali MJ (2008) Wundballistik. Grundlagen und Anwendungen. 3. Auflage. Springer, Berlin Heidelberg New York
5. Kobbe P, Pape HC (2008) Penetrierende Verletzungen. Notfall Rettungsmed 11:141–151
6. Kollig E (2009) Empfehlungen für die Versorgung von Schussverletzungen im Einsatz. Teil I: Grundwissen Ballistik. Wehrmed Mschr 53:210–216
7. Mahoney PF, Ryan JM, Brooks AJ, Schwab CW (2005) Ballistic Trauma. A Practical Guide. 2. Auflage. Springer, Berlin Heidelberg New York
8. Miclau T, Gerich T, Foglar C, Lindesy RW, Krettek C (2002) Behandlung von Schussverletzungen des Bewegungsapparates. Unfallchirurg 105: 188–198
9. Otten E, Mohler D (2007) Hunting and Other Weapon Injuries. In: Auerbach P (ed) Wilderness Medicine. 5th ed. Mosby/Elsevier, Philadelphia
10. Rosenberger M (2007) Jagdgeschosse. Aufbau, Zielverhalten, Verwendung. 1. Auflage. Motorbuch Verlag, Stuttgart
11. U.S. Department of Justice. Federal Bureau of Investigation (1989) Handgun Wounding Factors and Effectiveness. FBI Academy, Quantico
12. Wedmore I, McManus J (2009) Penetrating and Explosive Wounds. In: Bledsoe G, Manyak M, Townes D (eds) Expedition & Wilderness Medicine. Cambridge University Press, New York
13. Wound Data and Munitions Effectiveness Team. The WDMET Study. 1970. Original data are in the possession of the Uniformed Services University of the Health Sciences, Bethesda, MD 20814-4799

Explosionsverletzungen

M. Di Micoli, D. Bieler

13.1 Grundlagen – 270

13.2 Verletzungsformen – 271
13.2.1 Primäre Explosionsverletzungen – 272
13.2.2 Sekundäre Explosionsverletzungen – 273
13.2.3 Tertiäre Explosionsverletzungen – 273
13.2.4 Quartäre Explosionsverletzungen – 274
13.2.5 Quintäre Explosionsverletzungen – 274

13.3 Therapie von Sprengverletzungen – 274
13.3.1 Kopf – Hals – Wirbelsäule – 275
13.3.2 Thorax – 275
13.3.3 Abdomen – 276
13.3.4 Becken – 276
13.3.5 Extremitäten – 277

13.4 Taktische Besonderheiten – 278
13.4.1 Empfohlenes Vorgehen bei inkorporierten nichtexplodierten Sprengmitteln – 278
13.4.2 Gefährdungszone bei Sprengmitteln – 278
13.4.3 »Angesprengte« Fahrzeuge – 279

Literatur – 280

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_13, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

13.1 Grundlagen

Explosionen (»blast«) entstehen meist durch eine chemische Reaktion oder einen physikalischen Vorgang durch welche Gas und Hitze generiert und hohe Mengen von Energie schlagartig (Millisekunden) freigesetzt werden und zur Sprengverletzung (»blast injury«) führen. Durch die rasche Volumenausdehnung von Gasen entsteht eine Überdruckwelle unterschiedlicher Geschwindigkeit, die durch das Umgebungsmedium (Luft, Wasser) weitergeleitet wird.

Sprengstoffe werden nach der Ausbreitungsgeschwindigkeit ihrer Druckwelle und der resultierenden Energiefreisetzung in »low order explosives« (LE) und »high order explosives« (HE) unterteilt, wobei die Übergänge hier fließend sind (Tab. 13.1). So können LE unter bestimmten Bedingungen (Umgebungsdruck, Temperatur, Behältnis) schneller »verbrennen« und damit mehr Energie in kürzerer Zeit abgeben. Auch können LE und HE miteinander gemischt werden. Die resultierende Schockwelle kann dann einer Detonation und den Folgen einer HE-Explosion entsprechen. Nur HE erzeugen typischerweise eine Hochgeschwindigkeitsdruckwelle (»supersonic over pressurization shock wave«), die im Freien einen typischen idealisierten zeitlichen Verlauf zeigt (Abb. 13.1). Diese Druckwelle ist wenige Millimeter dick und breitet sich radiär um den Explosionsort aus. Der Überdruckwelle folgt eine etwa 3-mal längere Sogwelle

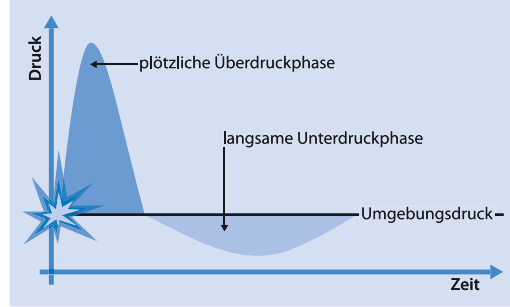


Abb. 13.1 Idealisierter Schockwellenverlauf bei HE-Sprengmitteln

(Unterdruck, typisch für starke Detonationen), die ebenfalls eine hohe Zerstörungskraft besitzt (Abb. 13.2). Je nach Sprengmittel werden in Abhängigkeit von der Distanz zum Explosionsort Drücke über 100.000 bar erreicht. Bereits 2 bar Überdruck können tödlich sein, bei 10–12 bar Überdruck besteht eine Letalität von 50 %. Das menschliche Trommelfell reißt bei 160 mbar Überdruck. Entscheidend für das Ausmaß der Schädigung ist die Zeitdauer, in der die Druckunterschiede auftreten und die entsprechende Gewebeelastizität bzw. -dehnbarkeit.

Trifft die Druckwelle auf eine ebene, harte Fläche (Wand, Erdboden bei Luftexplosion) kann sie sich durch Reflexion überlagern und damit verstärken. In geschlossenen Räumen (Bus, Haus) kann die Schockwelle so um das 2- bis 9-fache ver-

Tab. 13.1 Grobe Einteilung und Charakteristika von Sprengstoffen

	LE (»low order explosives«)	HE (»high order explosives«)
Druckwelle	<1500 m/sec (»subsonic«)	1500–9000 m/sec (»supersonic«)
Druckspitze	Bis zu >10 bar	>100.000 bar möglich
Explosionstyp	Verpuffung, Deflagration	Detonation
Charakteristikum		Hochgeschwindigkeitsdruckwelle
Sprengstoff (TNT als Referenz)	Schwarzpulver Nitrozellulosepulver	TNT Semtex, Dynamit, C4 Nuklearwaffe
Beispiel	Explodierende Handwaffenmunition, Treibladungssäcke von Artilleriegranaten, IED (»improvised explosive device«)	IED (»improvised explosive device«) Handgranate, Militärische Sprengstoffe

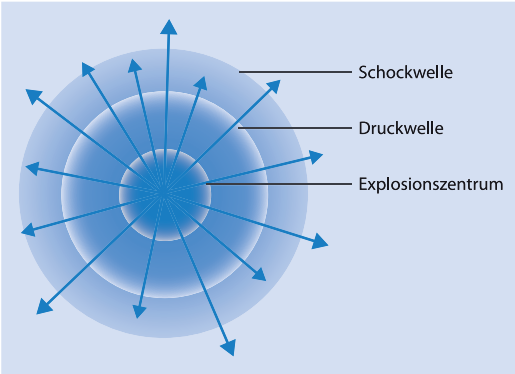


Abb. 13.2 Unmittelbare physikalische Folge einer HE-Explosion

Abb. 13.3 Multiple Wunden durch Clusterbombe. (Aus Gering 2005)

stärkt werden. Eine Person in einem geschlossenen Raum kann dann durch eine entsprechend verstärkte Druckwelle mehrfach aus verschiedenen Richtungen in kürzester Zeit getroffen werden. Eine Explosion in einem geschlossenen Raum führt daher zu einer höheren Anzahl von getöteten und schwerverletzten Opfern.

Die Hochgeschwindigkeitsdruckwelle bei HE-Explosionen ist für die primären Explosionsverletzungen ursächlich.

Der Überdruckwelle folgt der so genannte »**blast wind**«, der die Splitter und Projektile sowie die heißen Explosionsgase transportiert (Abb. 13.3). Dieser »blast wind« ist für die sekundären, tertiären und quartären Explosionsverletzungen ursächlich. Die Temperaturen können über 3.000 °C erreichen. Je nach Expositionsdauer und Entfernung zum Explosionsort kommt es zu unterschiedlich schweren Verbrennungen (▶ Kap. 15).

Eine Sonderform von HE-Sprengmitteln stellen im militärischen Bereich so genannte »**enhanced-blast weapons**« (EBW, explosionsverstärkende Waffen) dar. Dies sind z. B. Aerosolbomben (»fuel-air bomb«) und thermobare Waffen. Diese EBW produzieren zwar initial eine geringere Überdruckwelle als konventionelle HE, haben jedoch eine verlängerte Überdruckdauer und -reichweite mit einer größeren letalen Zone um den Explosionsort. Fuel-air-Bomben verteilen typischerweise zuerst durch eine kleine Explosion ein brennbares Gas in der Luft, welches dann durch eine zweite Explosion gezündet wird und detoniert. Das Aerosol kann in Gebäude, Höhlensysteme und ungepanzerte Fahrzeuge eindringen und (nach Zündung durch die zweite Explosion) entsprechend wirken. Es kann so zu einer deutlich verlängerten und größeren Abgabe von Energie und somit zu potenziell mehr Opfern und Verbrannten, verglichen mit konventionellen HE gleicher Sprengkraft, kommen. EBW besitzen einen starken Vakuumeffekt nach der initialen Schockwelle und generieren einen ausgedehnten Unterdruck. Die heiße, brennende Luft wird quasi zum Explosionsort zentripetal eingesogen mit entsprechender thermischer Schädigung.

13.2 Verletzungsformen

Bei Explosionsverletzungen (syn.: Sprengverletzungen, »blast injury«) liegt klassischerweise eine Kombination von mechanischem (Barotrauma, Sturz, Splitter, Verschüttung) und thermischem Trauma vor. Bei der mechanischen Traumakomponente ist eine Kombination aus perforierenden und stumpfen Verletzungen typisch. Die thermomechanischen Kombinationsverletzungen machen die Diagnostik und Therapie von Explosionsverletzungen sowohl in der Initialphase, als auch in der meist sehr langen Rekonvaleszenz sehr komplex. Für Verletzungen durch Explosionen mit entsprechender Druckwelle sind typische Verletzungsmuster beschrieben, die sich aus dem zeitlichen Verlauf und den unmittelbaren Folgen der Detonation ergeben und in 5 Ver-

Tab. 13.2 Nomenklatur der Explosionsverletzungen

	Ursache	Typische Verletzung
Primär	Druck-, Scherkräfte der Schockwelle	Trommelfellruptur, »blast lung«, Bauch-/Hohlorganverletzung, arterielle Gasembolie
Sekundär	Fragmentation in Form von Splitter, Projektile	Penetrierende Verletzungen gesamter Körper
Tertiär	Ak- und Dezeleration durch Sturz, größere Trümmer, Verschüttung (Gebäudekollaps)	Vorwiegend stumpfe Verletzungen des gesamten Körpers
Quartär	Verbrennung, Inhalationstrauma	Gesamter Körper, Exazerbation von Vorerkrankungen, Infektion/Kontamination mit ABC-Stoffen (z. B. HIV, HCV-Infektion durch Selbstmordattentäter)
Quintär/ Sonstige	Nicht geklärt: Additiva?	Hämodynamische Instabilität, Hyperpyrexie, niedriger ZVD, positive Flüssigkeitsbilanz

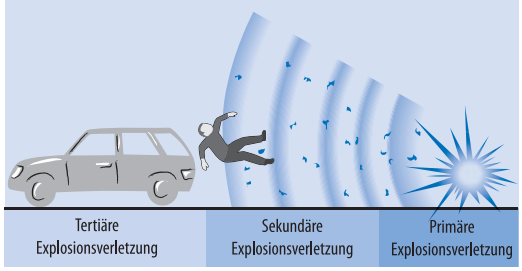


Abb. 13.4 Zeitlicher Ablauf von Explosionsverletzungen. (Graphik: M. Neitzel)

letzungsformen klassifiziert werden (Tab. 13.2 und Abb. 13.4).

13.2.1 Primäre Explosionsverletzungen

Primäre Explosionsverletzungen resultieren durch ein Barotrauma, hervorgerufen durch die Druckwelle bei der Detonation. Durch Druckunterschiede beim Auftreffen der Druckwelle im Gewebe kommt es zu Stress- und Scherwellen (»stress-« und »shear-waves«) im Gewebe mit entsprechenden Wandspannungen. Diese Gewebespannungen werden durch die nachfolgende Sogwelle und durch Reflexionen deutlich verstärkt (▶ Abschn. 13.1). Luft- und flüssigkeitsgefüllte Organe wie Mittelohr, Lunge, Hohlorgane und Gefäße sind besonders betroffen.

Da das Trommelfell auf Luftdruckunterschiede am empfindlichsten reagiert, ist nach einer Trommelfellverletzung, gewissermaßen als Indikatorverletzung, gezielt zu suchen, sofern ein Explosionstrauma durch andere Verletzungen nicht offensichtlich ist.

Ein intaktes Trommelfell schließt Explosionsverletzungen aber nicht sicher aus (▶ Kap.17). Beim primären Überleben einer Explosion kann diese an der Lunge zur typischen »blast lung« oder »blast lung injury« aufgrund einer Alveolarbläschenruptur, Lungenkontusion und -einblutung führen. Aufgrund der relativ starren knöchernen Thoraxwand und der dadurch möglichen Reflexion der Druckwelle, ist die Lunge häufig bei Explosionsverletzungen betroffen. In der Folge entsteht typischerweise eine Lungenkontusion mit der Ausbildung eines ARDS (»adult respiratory distress syndrome«) bzw. ALI (»acute lung injury«) innerhalb von Minuten bis Stunden. Aufgrund von tierexperimentellen Daten zeigte sich, dass Lungengewebe bei Bewegungen der Thoraxwand bis 3,6 m/sec unverletzt bleibt. Bei höheren Geschwindigkeiten der Thoraxwand und damit auch Beschleunigungen kommt es zu strukturellen Verletzungen von Lungengewebe. Eine durch eine Explosion ausgelöste schwere arterielle Gasembolie wird selten überlebt. Im Abdomen kommt es zu (Teil-)Rupturen von Hohlorganen (Magen, Darm), parenchymatösen Organen (Leber, Milz, Niere, Pankreas) und kleinen Einrissen der

Hohlorganwände mit ggf. klinisch verzögerter Symptomatik. Durch Dezeleration der Eingeweide an ihrer Aufhängung kann es hier zu Einrissen mit Blutungen und Durchblutungsstörungen der Viszeralorgane kommen. Auch wenn die Extremitäten selten isoliert betroffen sind, können Frakturen, komplette und inkomplette Amputationen sowie Ablederungsverletzungen durch die Explosionswelle hervorgerufen werden. Eine taktische Schutzweste kann zwar vor sekundären, tertiären und quartären Explosionsverletzungen schützen, aufgrund möglicher Reflexionen an der Innenseite der Weste kann jedoch die initiale Druckwelle und damit die primären Explosionsverletzungen auch verstärkt werden. Sichtbare äußere Verletzungen sind bei primären Explosionsverletzungen nicht zwingend vorhanden, was die klinische Diagnose erschweren kann. Im Wasser kommt es aufgrund der physikalischen Grundsätze häufiger zu primären Explosionsverletzungen.

Primäre Explosionsverletzungen im Wasser
Im Wasser ist die Druckwelle aufgrund der besseren »Leitfähigkeit« des Mediums gegenüber Luft (Flüssigkeiten sind kaum komprimierbar) stärker und weitreichender und damit auch ihre gewebeschädigende Wirkung. Reflexionen der Druckwelle treten an der Wasseroberfläche, sowie am Gewässerboden und an Schiffsrümpfen auf. Ein Schwimmer/Taucher in flachem Wasser ist entsprechend stark gefährdet, primäre Explosionsverletzungen zu erleiden. Sekundäre, tertiäre und quartäre Explosionsverletzungen sind bei (Unter-)Wasserexplosionen seltener.

13.2.2 Sekundäre Explosionsverletzungen

Sekundäre Explosionsverletzungen werden durch mitgeschleuderte Projektile und Splitter verursacht, die sich exzentrisch vom Detonationsort ausbreiten. Diese stammen entweder aus dem Sprengsatz, seiner Ummantelung (primäre Fragmente) oder der unmittelbaren Umgebung des Explosionsortes, wie Steine, zerborstene Einrichtung oder Autoteile (sekundäre Fragmente). Bei IED und terroristischen Anschlägen sind dem Sprengsatz oft bewusst Gegenstände (z. B. Stahlkugeln, Schraubenmuttern, Nägel) beigefügt, um eine möglichst große Anzahl von Verletzten und Toten zu verursachen. Die Reichweite der Geschosse in freiem Feld kann, je nach verwendetem Sprengstoff, mehrere hundert Meter betragen. Die Geschosswirkung ist abhängig von Form, Größe und Gewicht, sowie getragener Schutzkleidung und Entfernung vom Explosionszentrum. Es können Geschossgeschwindigkeiten bis zu 1800 m/s (bei sehr kleinen Splittern im Nahbereich) erreicht werden mit entsprechenden perforierenden Verletzungen aller exponierten Körperabschnitte. Aufgrund der ballistischen Eigenschaften, ihrer Form und der exzentrisch rotierenden Flugbahn können sie eine 20- bis 25-mal größere Wundhöhle im Vergleich zu ihrer Größe und lokale Gewebsdrücke von nahezu 7 bar verursachen (Plurad 2011) (▶ Kap.12). Bei Selbstmordattentaten können Körperteile (v. a. Knochenteile und Zähne) des Attentäters und von Opfern im unmittelbaren Explosionsbereich ebenfalls zu Geschossen werden und perforierende Verletzungen verursachen. Hierdurch ergibt sich auch eine mögliche Infizierung von Opfern mit Krankheiten des Täters oder anderer Opfer aus dem unmittelbaren Umkreis einer Explosion.

! Um eine größere – auch psychologische – Wirkung zu erzielen, wurden Attentäter bereits bewusst biologisch (HIV, Hepatitis) oder chemisch kontaminiert. An entsprechende Maßnahmen zum Eigenschutz der Helfer ist hier zu denken.

13.2.3 Tertiäre Explosionsverletzungen

Tertiäre Explosionsverletzungen entstehen durch den Aufprall des durch den »blast wind« durch die Luft geschleuderten Opfers oder auch durch umherfliegende Trümmerteile (PKW, Gebäudeteile, Fahrräder etc.) durch die Explosion, welche keine Splitter (sekundäre Explosionsverletzung) sind und auch eine deutliche geringere Fluggeschwindigkeit aufweisen. Hieraus ergeben sich meist stumpfe Verletzungen des gesamten Körpers. Auch Einstürze von Häusern werden dieser Kategorie zugeordnet. Neben der traumatischen Asphyxie sind offene und geschlossene Frakturen und Amputationen an den Extremitäten, Kompartmentsyndrome und das Crush-Syndrom möglich. Nach den sekundären sind tertiäre Explosionsverletzungen bei primär Überlebenden am häufigsten. Im Fall von Gebäude-

einstürzen mit resultierender Einklemmung zeigt sich eine erhöhte Anzahl von Todesfällen im Vergleich zu den sekundären Explosionsverletzungen mit der sonst höchsten Mortalitätsrate.

13.2.4 Quartäre Explosionsverletzungen

Quartäre Explosionsverletzungen sind diejenigen Detonationsfolgen, die nicht in die anderen Gruppen eingeordnet werden können. Verbrennungen, Intoxikationen und Inhalationstraumata, sowohl durch den »blast wind«, als auch durch explosionsbedingte Brände werden z. B. zu den quartären Explosionsverletzungen gezählt. Aber auch eine akute Dekompensation vorbestehender Erkrankungen (z. B. Herzinsuffizienz, COPD, Therapie mit Antikoagulanzien) wird ebenfalls den quartären Explosionsverletzungen zugerechnet.

13.2.5 Quintäre Explosionsverletzungen

Quintäre Explosionsverletzungen werden seit wenigen Jahren beschrieben. Die Definition ist nicht einheitlich. Zusammengefasst handelt es sich um Verletzungen und Zustände von Patienten im Rahmen einer Explosion, die nicht den ersten vier Kategorien zuzurechnen sind und wahrscheinlich durch eine Explosion verursacht wurden. Es wurden hyperinflammatorische Zustände mit hämodynamischer Instabilität, hohem Fieber, niedrigem ZVD und positiver Flüssigkeitsbilanz bereits im initialen Stadium der Therapie beschrieben, deren Ursache nicht eruierbar war und nicht durch die vorgenannten vier Kategorien erklärt werden konnte. Möglicherweise liegt hier eine Inkorporation toxischer Gase (wie z. B. vorsätzlich beigemischtes Düngemittel) vor oder eine Veränderung des (neuro-)endokrinen oder Immunsystems unklarer Genese durch die Druckwelle. Die Therapie erfolgt hier symptomatisch.

13.3 Therapie von Sprengverletzungen

Die initiale Therapie von Explosionsverletzungen unterscheidet sich grundsätzlich nicht von der Therapie eines Polytraumatisierten oder Verbrennungspatienten. Besonderes Augenmerk ist jedoch aufgrund des Verletzungsmechanismus auf verborgene Verletzungen zu richten. Nach initialer Versorgung muss spätestens in der ersten stationären Versorgungseinrichtung gezielt nach (primären) Explosionsverletzungen (»blast lung«, intraabdominal, Hohlorganverletzungen, Trommelfellruptur) gefahndet werden, um diese Patientengruppe zu identifizieren. Da diese auch mit zeitlicher Verzögerung eintreten können, müssen die Patienten mindestens 48 h überwacht und wiederholt untersucht werden.

Sämtliche perforierende Verletzungen sind als kontaminiert zu betrachten und bedürfen eines chirurgischen Débridements.

Aufgrund des meist stark verschmutzten und kontusionierten Gewebes besteht die Indikation zur **Antibiotikagabe**, die das chirurgische Débridement flankiert, aber nicht ersetzen kann. Bewährt hat sich klinisch eine Kombination eines Breitspektrumantibiotikums in Kombination mit Metronidazol, sofern das Breitspektrumantibiotikum keine zuverlässige Wirksamkeit gegen Anaerobier besitzt. Verwundete aus Einsatzgebieten, wie Irak, Afghanistan und Pakistan sind häufig mit multiresistenten Problemkeimen (MRSA, Acinetobacter baumannii, ESBL, 4-MRGN etc.) besiedelt. Sofern Verwundete nicht zeitnah (<1 h) einer Weiterversorgung mit chirurgischer Behandlung und Antibiotikagabe zugeführt werden können, ist eine präklinische Antibiotikagabe »on scene« oder »en route« empfohlen. Im Rahmen der Selbstmedikation im taktischen Bereich haben sich Chinolone (Ciprofloxacin 750 mg, Levofloxacin 500 mg) aufgrund ihres Wirkspektrums, der oralen Bioverfügbarkeit und langen Halbwertszeit bewährt.

Zur Abschätzung der individuellen Verletzungsschwere und zur Planung der Verletztenversorgung vor Ort und in nachfolgenden Einrichtungen sollten auch Informationen über die Explosion eingeholt werden (Sprengmittel, Explosionsort etc.). Je nach örtlicher Gegebenheit (geschlossener

Tab. 13.3 Verletzungsschwere in Abhängigkeit vom Explosionsort bei terroristischen Bombenanschlägen in Israel (Kluger 2003). Ein ISS-Wert >15 Punkte wird mit einem schwerverletzten Patienten gleichgesetzt

Parameter	Freies Gelände	Geschlossener Raum	Bus
Mortalität	2,8 %	15,8 %	20,8 %
ISS >15 (»Injury Severity Score«)	6,8 %	11,0 %	11,0 %
Multiple Verletzungen	4,7 %	11,1 %	7,8 %
Notwendigkeit von Operationen	13,5 %	17,6 %	14,9 %
Aufnahme auf Intensivstation	5,3 %	13,0 %	11,3 %

Raum, Wasser, Wände) ist die zu erwartende Verletzungsschwere und die Anzahl der Verletzten unterschiedlich (Tab. 13.3).

Gerade bei der Versorgung von Sprengverletzungen gilt der notfallmedizinische Grundsatz, sich nicht von offensichtlichen und beeindruckenden Verletzungen ablenken zu lassen, sondern den Verwundeten aufgrund der physikalischen und physiologischen Kenntnisse von Explosionsverletzungen zu behandeln.

13.3.1 Kopf – Hals – Wirbelsäule

Es kommen alle Schweregrade eines geschlossenen und offenen Schädel-Hirn-Traumas (SHT) vor. Hauptsächlich werden diese durch sekundäre und tertiäre Explosionsverletzungen verursacht. SHT im Rahmen einer Explosion haben naturgemäß eine hohe Mortalität (71 % der sofort Getöteten und 52 % der sekundär Verstorbenen wiesen ein schweres SHT auf). Bei Dezelerationen, Stürzen und Verschüttungen ist eine Wirbelsäulenverletzung möglich, die, sofern es die taktische Lage zulässt, entsprechend zu versorgen ist (Immobilisierung, achsgerechte Lagerung/Transport, Zervikalstütze, Vakuummatratze, Spine-Board, Schaufeltrage). Dies ist regelhaft erst ab der Phase »Tactical Field Care« möglich. Aufgrund von Dezelerationen, Stürzen und bei Insassen von angesprengten Fahrzeugen durch IED kommt es häufig zu Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Hier ist gezielt nach diesen Verletzungen zu suchen. In letzter Zeit verdichten sich die Hinweise auf mögliche primäre Explosionsverletzungen am Hirn mit verzögerter Symptomatik beim leichten SHT (»mild traumatic brain injury«, mTBI) (▶ Kap. 18).

Perforierende Verletzungen im Gesichtsbereich besitzen eine besondere psychologische Wirkung auf die Einsatzkräfte. Entstellende Verletzungen dürfen jedoch nicht von der abzuarbeitenden Prioritätenliste (<C>ABCDE) abhalten. Aufgrund der sehr guten Durchblutung im Kopf- und Gesichtsbereich kann es zu starken Blutverlusten kommen (Skalpierungsverletzung), die mit Verbänden zu stoppen sind. Bei Aspirationsgefahr oder Zerstörung der stabilisierenden Strukturen im Unterkieferbereich mit Verlegung der Atemwege ist eine sofortige Intubation oder Koniotomie erforderlich (▶ Kap. 9.3). Bei Gesichtsverletzungen sind Zugänge durch die Nase zu vermeiden.

13.3.2 Thorax

Der Thorax und die intrathorakalen Organe können durch alle Arten von Explosionsverletzungen geschädigt werden. Stumpfe und perforierende Verletzungen werden nach den üblichen Versorgungsgrundsätzen (O_2-Gabe, ggf. Intubation, Analgosedierung, Thorax-Nadel-Dekompression, Thoraxdrainage, Verbände, Volumentherapie) versorgt. Bei nicht kontrollierbaren Blutungen muss schnellstmöglich unter Beachtung des Grundsatzes der permissiven Hypotension (systolischer Blutdruck ca. 90 mmHg) in die nächste geeignete chirurgische Notfalleinrichtung verlegt werden (▶ Kap. 9).

Tab. 13.4 Parameter der lungenprotektiven Beatmung bei »blast lung injury«. Ziel ist eine ausreichende Oxygenierung ($pSaO_2$ >95 %) und Ventilation bei möglichst niedrigen pulmonalen Druckunterschieden (Δpund O_2-Konzentrationen zur Vermeidung einer sekundären Lungenschädigung durch iatrogenes Barotrauma und O_2-Toxizität. Eine Volumenüberladung sollte vermieden werden

Modus	z. B. BIPAP-ASB, wenn einstellbar	
PEEP (mbar)	5–15	Vermeidung von Atelektasen
FiO_2	Möglichst <0,5	Vermeidung O_2-Radikale
Spitzendruck (P_{max})	Wenn möglich <15 mbar über PEEP-Niveau	Vermeidung iatrogenes Barotrauma
I:E*	1:1, wenn einstellbar	Ermöglicht niedrigeren Spitzendruck
AZV (Tidalvolumen)	<6 ml/kg KG	Vermeidung iatrogenes Barotrauma
Frequenz	15–20/min	CO_2 adaptiert 35–40 mmHg, insbesondere bei SHT
AMV	≈80 ml/kg KG	

* Verhältnis der Inspirations- zur Exspirationsdauer

Eine »blast lung« manifestiert sich meist frühzeitig (mitunter nach Minuten) mit Hämoptyse, Luftnot, Husten und Thoraxschmerzen. Bei einem Pneumothorax oder Mediastinalemphysem zeigen sich die typischen klinischen Zeichen. Aufgrund der Situation am Notfallort sind jedoch nicht alle diagnostischen Möglichkeiten sinnvoll, durchführbar oder aussagekräftig (Auskultation bei Lärm, obere Einflussstauung bei Volumenmangelschock oder Dehydratation). Die Indikation zur Thoraxentlastung mittels Entlastungspunktion und Thoraxdrainage sollte großzügig gestellt werden. Ebenso profitiert der Verletzte von einer frühzeitigen lungenprotektiven Beatmung mit niedrigen pulmonalen Druckunterschieden (Tab. 13.4).

13.3.3 Abdomen

Analog zu Thoraxverletzungen sind auch im Abdomen alle Arten von Explosionsverletzungen möglich. Die Therapie von abdominellen Verletzungen erfolgt nach sterilem Abdecken etwaiger Wunden und Eviszerationen symptomatisch. Größere intraabdominelle Verletzungen und Blutungen sind präklinisch kaum zu beherrschen und müssen schnellstmöglich einer chirurgischen Einrichtung zugeführt werden, wenn möglich mit permissiver Hypotension.

Im militärischen und taktischen Bereich sind Thorax und Abdomen weitgehend durch ballistische Westen geschützt. Diese schützen jedoch nicht gegen primäre Explosionsverletzungen, sie können sie unter ungünstigen Umständen sogar verstärken. Trotz äußerlicher Unversehrtheit können schwere und schwerste intrathorakale und -abdominale Verletzungen vorliegen.

Eine Schwachstelle im ballistischen Bereich besteht im Bereich der Axilla. Hier ist eine perforierende Verletzung thorakaler und abdominaler Organe trotz Schutzweste möglich.

13.3.4 Becken

Beckenverletzungen entstehen hauptsächlich durch sekundäre und tertiäre Explosionswirkung. Perforierende Verletzungen sind nach Durchführung der blutstillenden Maßnahmen (▶ Kap. 9) schnell einer chirurgischen Versorgung zuzuführen, da es hier durch Verletzung der Iliakal- und Femoralgefäße zu starken Blutverlusten kommen kann.

Bei stumpfen Verletzungen kann es zur Sprengung und Instabilität des Beckenringes (auch in vertikaler Ebene) mit Verletzung der intrapelvinen Organe kommen. Bei Zerreißung des präsakralen

Gefäßplexus kommt es zu einer schweren, meist venösen, Blutung. Durch den zerstörten Beckenring fehlt das Widerlager und trotz starker Blutung kommt es zu keiner Selbsttamponade und persistierendem Blutverlust (bis zu 6 l). Als einfache, überall durchführbare und schnell erlernbare Maßnahme hat sich hier das **pelvic sheeting** erwiesen (Hintergrund und Durchführung ▶ Kap. 9.3). Diese einfache und schnelle Methode behindert weder den Transport noch die weitere klinische und apparative Diagnostik. Laparotomien können mit angelegtem Pelvic Sheeting problemlos durchgeführt werden.

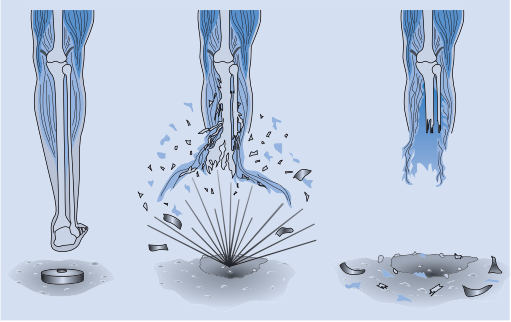


Abb. 13.5 »Umbrella«-Mechanismus durch Anti-Personen-Landmine

13.3.5 Extremitäten

Die Extremitäten sind vor allem durch sekundäre, tertiäre und quartäre Explosionsverletzungen gefährdet. Treten an ihnen primäre Explosionsverletzungen auf, ist ein Überleben aufgrund der Nähe zum Explosionsort und weiterer schwerer Verletzungen unwahrscheinlich. Bei Amputationen durch primäre Explosionsverletzungen kommt es dabei zum Abriss der Extremität auf Frakturhöhe. Abrisse auf Gelenkebene sind selten. Weiterhin bleibt festzuhalten, dass eine Amputation im Rahmen einer primären Explosionsverletzung eine hohe Energiefreisetzung anzeigt und damit ein Indikator für verheerende Schäden an den luftgefüllten Organen ist, die mit einer hohen Mortalität einhergehen (Hull u. Cooper 1996).

Wird das Explosionstrauma langfristig überlebt, treten die Verletzungen der Arme und Beine hinsichtlich der Lebensqualität, Arbeits- und Verwendungsfähigkeit in den Vordergrund. Je nach Ort der Explosion und eingenommener Körperhaltung zum Zeitpunkt der Verletzung sind Arme und Beine in unterschiedlicher Häufigkeit (50–70 %) und Schwere betroffen. Es finden sich alle Schweregrade von der banalen Kontusion/Distorsion über geschlossene und offene Frakturen bis hin zu Amputationen ganzer Gliedmaßen. Ein typischer Verletzungsmechanismus der Beine stellt der so genannte »Umbrella«-(Regenschirm-)Mechanismus durch eine Landmine dar (Abb. 13.5). Je nach Sprengkraft und Schutzausrüstung kommt es zur perforierenden Verletzung des Fußes bis zur Amputation. Splitter können von unten bis ins Becken und Abdomen wirken. Aufgrund der von unten wirkenden Druckwelle ist die Gewebeschädigung deutlich proximaler als die sichtbare Amputationshöhe vermuten lässt. Dies resultiert in einer höheren definitiven Amputationsnotwendigkeit. Bei der ggf. notwendigen präklinischen Anlage eines Tourniquets muss dies bedacht werden und die Extremität ebenfalls proximaler abgebunden werden, um die Blutung suffizient zu stillen.

Grundsätzlich sollen Wunden sauber verbunden werden, um eine fortdauernde Verschmutzung und Keimbesiedelung zu verhindern. Luxationen und grobe Fehlstellungen bei Frakturen werden, wenn möglich nach Analgetikagabe, in Längsrichtung reponiert und stabilisiert (Schienen, SamSplint etc.) um Durchblutungsstörungen zu verhindern. Die Reposition führt zu einem geringeren Schmerzmittelbedarf und erleichtert ebenfalls den Transport. Bei stark blutenden Wunden, Verletzungen großer Gefäße und Amputationen, die durch Verbände nicht zum Stehen gebracht werden können, hat sich die **sofortige** Anlage eines **Tourniquets** sehr bewährt.

Amputations- und massiven Weichteilverletzungen
Viel häufiger als komplette Amputationen sind zum Teil desaströse Weichteilverletzungen durch Explosionsverletzungen. Inwieweit nach der präklinischen Versorgung eine Amputation auch nach Anlage eines Tourniquets notwendig ist, lässt sich nicht voraussagen. Da es sich bei den Patienten fast ausschließlich um junge gesunde Patienten handelt, müssen viele Faktoren Berücksichtigung finden. Sowohl die Gesamtverletzungsschwere, der Lokalbefund nach initialem Débridement mit besonderer Berücksichtigung der vorliegenden Destruktion von Gefäßnervenstraßen, Sehnen und dem Weichteilmantel, die Länge der Ischämiedauer, die Möglichkeiten der Weiterversorgung und die damit verbundene definitive Gefäßrekonstruktion als auch die Erfahrung des

behandelnden Chirurgen spielen dabei eine Rolle. Als alleinige Entscheidungsgrundlage Scoresysteme zu nutzen, wird nicht empfohlen. Die Entscheidung zum Extremitätenerhalt oder zur primären Amputation ist eine Einzelfallentscheidung. Erst nach dem initialen Débridement, Durchführung der radiologischen Diagnostik und Fotodokumentation kann durch den erfahrensten Chirurgen vor Ort, idealerweise durch zwei Chirurgen, unter Berücksichtigung aller Faktoren insbesondere der Devise »life before limb« eine suffiziente Entscheidung getroffen werden. Hinsichtlich der Amputationstechnik ist von der früher postulierten Guillotinen-Amputation abzusehen und die Wunde, nach Amputation so distal wie möglich, nicht zu verschließen. Die Durchführung sollte im Sinne einer Débridement-Amputation erfolgen mit einer Vervollständigung unter kontrollierten Bedingungen einige Tage später.

13.4 Taktische Besonderheiten

13.4.1 Empfohlenes Vorgehen bei inkorporierten nichtexplodierten Sprengmitteln

In seltenen Fällen werden perforierende Verletzungen mit Sprengmitteln (bis zur Größe einer RPG) überlebt, die noch nicht umgesetzt haben. In diesen Fällen ist eine enge Koordinierung zwischen medizinischem Team und EOD (»explosive ordnance disposal«) unerlässlich. So dramatisch diese Situation sein kann, muss an erster Stelle der Eigenschutz stehen, um die an der medizinischen Versorgung und am Patiententransport Beteiligten so gut es geht zu schützen. Auch ist, wie bei allen nicht umgesetzten Sprengmitteln, ein entsprechender Sicherheitsradius um die Gefahrenquelle sicherzustellen bzw. ein provisorischer Schutz (Hesco, Sandsäcke, natürliche Bodensenke, gepanzertes Fahrzeug) zu gewährleisten. Folgende Maßnahmen haben sich bei Transport und Extraktion des Sprengmittels bei einem entsprechend Verwundeten bewährt:

Empfohlenes Vorgehen bei inkorporierten nicht explodierten Sprengmitteln (Lein et al. 1999)

31 von 31 Patienten überlebten ohne Verletzung des restlichen Teams.

- Eigenschutz und Schutz Unbeteiligter
- Entdecken und Identifizieren des Sprengmittels (möglichst mit EOD)
- Keine Herzdruckmassage oder Defibrillation durchführen
- In geschützter Umgebung isolieren (z. B. Sandsäcke, Hesco, Bodensenke)
- Ausrüstung des unmittelbar tätigen und notwendigen Personals mit entsprechender (EOD-)Schutzausrüstung
- Keine Elektrokauter, Stromquellen, Blutwärmer o. ä. in unmittelbarer Umgebung verwenden
- Vermeidung von Vibration, Temperaturänderung oder Änderung der Sprengmittellage
- Nur Nativ-Röntgen, keine CT, MR oder Ultraschalluntersuchung
- Minimal notwendige Anästhesie um anästhesiologisches Personal zu schützen
- Wenn möglich nur Anwesenheit des Chirurgen und eines Assistenten (am besten EOD) bei der Entfernung des Sprengmittels
- Entfernung des Sprengmittels in gleicher Position des Sprengmittels im Raum und Übergabe an den EOD
- Nach kompletter Entfernung und nicht mehr bestehender Explosionsgefahr Verbringen des Patienten in eine reguläre Operationseinheit zur definitiven Versorgung

13.4.2 Gefährdungszone bei Sprengmitteln

Die Kenntnis des Gefahrenbereiches unterschiedlicher Sprengmittel bzw. einer geplanten oder vermuteten Explosion ist aus einsatztaktischer Sicht essenziell zur Planung eines Einsatzes oder im Rahmen der Versorgung von Verwundeten. Dies sollte in enger Abstimmung mit den entsprechenden Experten (Sprengmeister, EOD, Kampfmittelräumdienst) erfolgen. ◘ Tab. 13.5 gibt eine Übersicht über die tatsächliche Gefährdungszone nach Aufarbeitung verschiedener Terroranschläge.

Tab. 13.5 Mögliche Gefährdungszone bei Terroranschlägen: Die Zahlen beziehen sich auf ausgewertete Attentate. Je nach verwendetem Sprengmittel, Ort der Explosion und Beimischung sind andere Entfernungen möglich. Bei hoher Sprengkraft (untere drei Zeilen) ist durch den zu erwartenden und beabsichtigten Gebäudeeinsturz eine hohe Opferzahl zu erwarten

Verbringungsart	Sprengkraft in TNT-Äquivalent	Tödiche Verletzung	Schwere Verletzung
Selbstmordattentäter	1–5 kg	5 m	10–30 m
Kleinwagen	227 kg	30 m	450 m
VW-Bus (Oklahoma City 1994)	1.180 kg	80 m	840 m
LKW (Kobar 1996)	4.545 kg	91 m	1.150 m
Tankwagen (Beirut 1983)	1.363 kg	140 m	1.980 m

Abb. 13.6 Durch IED angesprengtes gepanzertes KFZ (12 t). Der Motorblock fand sich 150 m entfernt. Alle Insassen wurden schwer verwundet

13.4.3 »Angesprengte« Fahrzeuge

Die Einsatzrealität durch asymmetrische Konflikte zeigt zunehmend das Problem von »angesprengten« Fahrzeugen in Krisengebieten. Regelmäßig werden IED hoher Sprengkraft verwendet (Abb. 13.6) die durch Kontakt (Druckplatte) oder ferngezündet unter dem Fahrzeug explodieren. Das Ausmaß der Schädigung von KFZ und Insassen wird durch die Sprengladung, die Panzerung und durch die Sicherung der Insassen (Sicherheitsgurt, mit der Fahrzeugwanne verschraubte Sitze mit Impulsfortleitung) bestimmt. Die Verletzungen resultieren aus dem initialen Impuls der Druckwelle auf das Fahrzeug mit stumpfen, selten perforierenden Verletzungen durch das Anschlagen der Verwundeten gegen die Innenseite der Karosserie. Bei sitzender Position und Explosion von unten, kommt es häufig zu Stauchungsverletzungen der Wirbelsäule mit Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Wird das Fahrzeug umgeworfen und fällt zusätzlich einen Abhang herunter verstärkt sich naturgemäß das Verletzungsmuster. Je nach Panzerung ist es möglich, dass das Material auch die Druckwelle durchlässt, wobei es dann zu allen Formen von Explosionsverletzungen kommen kann (▶ Abschn. 13.1). Auch eine nicht

korrekt geschlossene Tür kann dazu führen. Aus unfallmedizinischer Sicht ist das Anlegen des Sicherheitsgurtes sehr zu empfehlen, obwohl dies ggf. taktischen Aspekten widerspricht.

Literatur

1. Brown KV, Ramasamy A, McLeod J, Stapley S, Clasper JC (2009) Predicting the need for early amputation in ballistic mangled extremity injuries. J Trauma.66: S93–S97
2. Champion HR, Holcomb JB, Young LA (2009) Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus. J Trauma 66: 1468–1477
3. Emergency War Surgery 3rd U.S. Revision (2004) US Army Medical Department, Borden Institute
4. Gering S (2005) Ballistic Trauma, 2nd ed. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 58
5. Hauschild SW, Voß P, Wirtz S (2006) Präklinisches Management bei Explosionsverletzungen. Notfall Rettungsmed 9:453–472
6. Hull JB, Cooper GJ (1996) Pattern and mechanism of traumatic amputation by explosive blast. J Trauma 40: S198–S205
7. Kluger Y (2003) Bomb explosions in acts of terrorism-detonation, wound ballistics, triage and medical concerns. Isr Med Assoc J 5: 235–240
8. Lein B, et al. (1999) Removal of ordnance from patients: A 50-year military experience and current recommendations. Mil Med 164(3):163–165
9. Mahoney PF, Ryan JM, Brooks AJ, Schwab CW (2005) Ballistic Trauma, A Practical Guide, Second Edition. Springer, Berlin Heidelberg New York
10. Martin M, Beekley A (2011) Front Line Surgery, A Practical Approach. Springer, Berlin Heidelberg New York
11. Nessen SC, Lounsbury DE, Hetz SP (2008) War Surgery in Afghanistan and Iraq: a series of cases, 2003–2007. Department of Defense, Office of The Surgeon General, US Army, Borden Institute
12. Plurad DS (2011) Blast injury. Mil Med176: 276–282
13. Schwab R, Güsgen C, Hentsch S, Kollig E (2007) Terrorismus – Eine neue Dimension des Polytraumas. Chirurg 78:902–909
14. Shapira SC, Hammond JS, Cole LA (2009) Essentials of Terror Medicine. Springer, Berlin Heidelberg New York
15. Zajtchuk R (1989–2014) Textbook of Military Medicine. US Army Medical Department, Borden Institute

Bissverletzungen

S. Hentsch, J. Sahm

14.1 Einführung – 282

14.2 Ätiologie – 282

14.3 Versorgung im Rahmen der taktischen Medizin – 282

14.3.1 Desinfektion – 283

14.3.2 Débridement und Drainageeinlage – 283

14.3.3 Kalkulierte, prophylaktische Antibiose – 284

14.3.4 Ruhigstellung – 284

14.4 Impfschutz und Antisereneinsatz – 284

Literatur – 285

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_14, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

14.1 Einführung

Im Themenkomplex der taktischen Medizin sind Bissverletzungen eher ein Randthema. In den letzten Jahren werden bei Operationen des Militärs, hier vor allem im Bereich der Spezial- und Spezialisierten Kräfte, aber auch bei Einsätzen von Polizei und Sicherheitskräften verstärkt Diensthunde im Einsatz verwandt. Diese sind veterinärmedizinisch gut überwacht, so dass bei Bissverletzungen z. B. in diesem Fall die Gefahr einer Tollwutinfektion durch die Schutzimpfung des Hundes als gering einzuschätzen ist. Beim Biss eines fremden Hundes ist der Impf- bzw. Infektionsstatus selten bekannt, so dass eine darauf abgestimmte Versorgung erfolgen sollte.

Es wäre jedoch zu kurz gegriffen, diesen Themenkomplex ausschließlich auf Hundebisse zu fokussieren. Letztlich sind Bissverletzungen in Einsatz durch ein potenziell großes Spektrum von Tieren denkbar, es sei hier beispielhaft die Verletzung durch Katzenbiss mit sehr hohem Infektionsrisiko, aber auch Nagetier- und Insektenbisse zu erwähnen, letztendlich müssen auch Menschenbisse betrachtet werden.

In jedem Fall besteht eine potenziell hohe Gefährdung durch Übertragung von Bakterien in die hervorgerufene Wunde, aber auch eine Exposition mit Viren, wie z. B. Tollwut, ist möglich. Auch Bisswunden durch Tiere mit Giftzähnen müssen Erwähnung finden (▶ Kap. 37).

In den folgenden Abschnitten werden die Versorgungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten der Bissverletzung unter den Bedingungen der taktischen Medizin dargestellt.

Alle Bissverletzungen im Dienst (Polizei, Militär) gelten als meldepflichtige Dienstunfälle!

14.2 Ätiologie

Bei Bissverletzungen handelt es sich um durch Zähne hervorgerufene kombinierte Stich- bzw. Riss-Quetsch-Wunden. Dabei kommt es primär durch den Beißdruck (Bisskräfte von Hunden: bis zu 320 kg/cm^2) zu einem lokalen Gewebeschaden mit Minderdurchblutung, zusätzlich erfolgt eine Kontamination mit Bakterien der Mundflora in hoher Konzentration, ggf. werden auch Viren in die Wunde übertragen. Unbehandelt können sie neben lokalen auch systemische Infektionen (z. B. Blutvergiftung, Tollwuterkrankung) verursachen. Eine fehlende oder inadäquate Behandlung kann somit schwerwiegende Folgen nach sich ziehen.

Das Ausmaß einer relevanten Bisswunde kann von einer oberflächlichen Schürfwunde bis hin zu Organverletzungen reichen, ist interindividuell verschieden und muss jeweils im Einzelfall beurteilt werden. Dabei ist die Unterschätzung des Verletzungsausmaßes (z. B. sehr häufig bei Katzenbissen) eine Herausforderung für den Erstbehandler bei diesem Verletzungsmuster.

Ca. 15–20 % der Hundebisse führen zur Wundinfektion. Gefährlicher sind Katzen- und Menschenbisse mit über 50 % Infektionsrate. Bissverletzungen werden eingeteilt in:

- **Hochrisiko (High-risk)-Verletzungen**: z. B. im Bereich der Hände mit zahlreichen Gefäß-, Nerven- und weiteren Strukturen, die häufig eine sehr eingeschränkte Stoffwechselaktivität aufweisen und daher die Weiterleitung der Infektion fördern. So können sich phlegmonöse Entzündungen im Bereich der Hand ohne Therapie schnell entlang der Sehnenscheiden in den sogenannten Parona-Raum des Unterarms ausbreiten (Abb. 14.1).
- **Niedrigrisiko (Low-risk)-Verletzungen**: z. B. im Körperstammbereich, dort mit niedriger Infektionsgefahr.

14.3 Versorgung im Rahmen der taktischen Medizin

Im Vordergrund der Versorgung steht vor taktischem Hintergrund in jedem Falle die Blutstillung!

Hierbei steht immer dann, wenn Extremitäten betroffen sind, der Einsatz eines Tourniquets im Zentrum. Es gilt auch bei dieser Art der Verletzung, die Abbindung sobald als möglich zu ersetzen. Ziel muss letztendlich die chirurgische Untersuchung und Versorgung der Wunde mit der definitiven chirurgischen Blutstillung sein.

Abb. 14.1a–c High-risk-Bissverletzung der Hand. Die Gefährlichkeit von Wundinfektionen bei Bissverletzungen der Hand wird anfangs häufig unterschätzt. **a,b** Zustand nach Biss. **c** Die operative Revision zeigt die tatsächliche Ausbreitung des Wundinfektes

Hand und Handgelenksverletzungen machen allein über 50 % aller Bissverletzungen aus.

Auch an anderen Körperstellen steht die Blutstillung in einer ersten Versorgungsphase im Vordergrund. Grundlage hierzu ist eine profunde Ausbildung in der Verbandslehre, der Phantasie in der Anwendung von Verbandmaterial ist unter taktischen Bedingungen natürlich keine Grenze gesetzt, da der Lokalisation und Form der Wunde Rechnung getragen werden muss. Der Einsatz von lokalen Hämostyptika oder speziellen Verbandmitteln zur Wundtamponade muss in das Behandlungsregime ggf. integriert werden.

Einen Sonderfall nehmen **Verletzungen des Gesichts** ein. Es handelt es sich hier um ein gut exponiertes Körperareal mit exzellenter Durchblutung, Verletzungen hier können zu einem signifikanten Blutverlust führen. und ein primär spektakuläres Bild für den Ersthelfer bieten, welches eventuell von weiteren relevanten Verletzungen ablenkt.

Betrachtet man die Bissverletzungen unter dem Aspekt des Schlagworts »Prolonged Care«, ergibt sich eine deutliche Erweiterung des zu beherrschenden Therapiespektrums der Erstbehandler. Hierzu zählen neben einer lokalen Desinfektion, das zeitnahe Wunddébridement, eine prophylaktische Antibiotikatherapie (Erregerspektrum!) und die Immobilisierung der verletzten Extremität.

14.3.1 Desinfektion

Eine Bisswunde muss in jedem Fall lokal desinfiziert werden. Es sollte auf ein handelsübliches Wunddesinfektionsmittel zurückgegriffen werden. Eine Spülung oder Lavage der Wunde zur Keimverdünnung ist eine weitere Behandlungsmethode. Ein reichliches Nachspülen mit NaCl- oder Ringer-Lösung ist bei vorheriger Verwendung von antiseptischen Spülungen wie z. B. mit Polyhexanid-Lösung anzuraten.

Lokale Antiseptika, insbesondere PVP-Iod-Komplex- und Polyhexanid-Lösungen zeigen eine gute antibakterielle Wirkung (kein größerer Eiweißfehler) und nur geringe Beeinflussung der Wundheilung. Bei fehlenden Optionen unter taktischen Bedingungen mit geringen Ressourcen ist eine Wundspülung mit (sauberem) Trinkwasser zur Keimreduktion und Säuberung ebenfalls sinnvoll.

14.3.2 Débridement und Drainageeinlage

Diese Art der Versorgung setzt profunde chirurgische Kenntnisse des Erstversorgenden auch in der taktischen Medizin voraus. Aktuelle Empfehlungen gehen dahin, dass in jedem Falle ein Débridement

durchgeführt werden muss. Dies umfasst die klassische Wundausschneidung nach Friedrich (Ausschneiden der Wundränder bei lokal umschriebenen Wunden ohne Beteiligung tieferliegender Strukturen). Ein Wundverschluss mittels Naht sollte präklinisch nicht erfolgen. Wird sie vom chirurgisch Erfahrenen dennoch im Sinne einer Wundadaptation durchgeführt, ist die Einlage einer Lasche bzw. Drainage dringend anzuraten.

Tipp

Im Falle von Defektwunden (Wunden, deren Ränder sich nicht problemlos aneinander legen lassen) sollten nur Desinfektion/Wundspülung und Verband/Blutstillung erfolgen. Der Wundverschluss kann erst unter Operationsbedingungen sinnhaft erfolgen.

14.3.3 Kalkulierte, prophylaktische Antibiose

Im Falle einer Wundinfektion muss mit Mischinfektionen mit häufig mehr als 5 verschiedenen Erregern gerechnet werden. Exemplarisch seien hier die folgenden Erreger erwähnt:

- **Aerobier**: Pasteurella mulocida, Pasteurella ganis, Pasteurella stomatis, Capnocytophaga canimorsus, Wecksella zoohelium, Eiknella corrodens, Bartonella haensele (Katzebisse), Francisella tularensis oder Spirilium minus (Rattenbisse), Staphylokokken, Streptokokken
- **Anaerobier**: Fusobakterien, Porphyromonas, Prevotella, Clostridium perfringens, Propionibakterien, Bacteroides-Arten.

Bei primär **unbekannter Erregersituation** wird folgende initiale Antibiotikaprophylaxe empfohlen:

- Amoxicillin und Clavulansäure (2×875 mg plus 125 mg oral pro 24 h).
- Eine Alternative stellt die Kombination von Metronidazol (3×400 mg oral) und Cefuroxim (2×500 mg oral; alternativ Ceftriaxon 1×2 g intravenös) pro 24 h dar.
- Bei Penicillinallergie ist auf ein Chinolon (z. B. 2×500 mg Ciprofloxacin oral pro Tag) kombiniert mit Clindamycin (3×600 mg oral) auszuweichen.

Im Falle des »Prolonged Care« sollte neben anderen Maßnahmen zwingend eine zeitnah zum Biss (möglichst innerhalb der ersten Stunde nach Verletzung) durchzuführende kalkulierte Antibiotikagabe erfolgen. In Ermangelung anderer Maßnahmen sollte dies mindestens bis zum Erreichen einer chirurgischen Versorgung fortgeführt werden, danach liegt es in der Entscheidung des Weiterbehandelnden, die Therapie fortzuführen.

Eine lokale Applikation von antibiotikahaltigen oder »Zug«-Salben ist nicht indiziert! Sie erschwert die Beurteilung der Wunde durch Nachbehandler und schafft keine Wirkspiegel in dem schlecht durchbluteten Gewebe.

14.3.4 Ruhigstellung

Im Falle einer Bisswunde an einer Extremität, muss diese nach Erstversorgung zwingend ruhiggestellt werden, um eine Weiterverbreitung der Keime im Weichteilverbund über Lymphgefäße und kleine Venen zu vermeiden. Dabei sollten mindestens die beiden angrenzenden Gelenke immobilisiert werden. Unter taktischen Bedingungen können hier anpassbare Splints oder auch provisorische Schienen zur Anwendung kommen – der immobilisierende Effekt ist entscheidend. Idealerweise erfolgt an der häufig betroffenen oberen Extremität die Ruhigstellung im Handgelenk in Funktionsstellung und der Finger in »**Intrinsic-plus-Stellung**«, um Spätschäden durch narbenbedingte Gewebeschrumpfung zu vermeiden (Abb. 14.2).

14.4 Impfschutz und Antisereneinsatz

Jeder potenziell Expositionsgefährdete sollte in diesem Gesamtzusammenhang auch über einen umfassenden Impfschutz verfügen. Dies beinhaltet neben der Tetanus-Impfung auch eine Immunisierung gegen Tollwut.

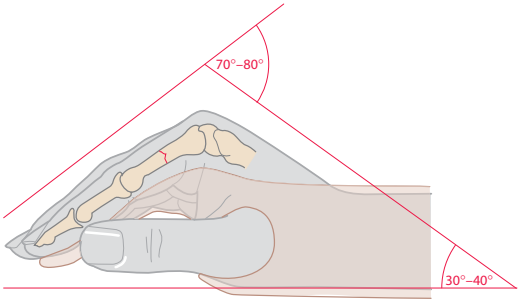


Abb. 14.2 Intrinsic-plus-Stellung. Die längerfristige Ruhigstellung einer Hand sollte in dieser Stellung erfolgen, um eine Schrumpfung von Gelenkkapseln und Bändern der Fingergelenke zu vermeiden

Die **Tollwut** nimmt im Bereich der Bissverletzungen eine Sonderstellung ein. Durch die Übertragung der Rabies-Viren kommt es ohne Schutz und Behandlung unweigerlich zu einem qualvollen Tod. Es werden im Speichel des Tieres befindliche Viren in die Bisswunde übertragen. Entlang der Nervenzellen gelangt das Virus in Richtung des zentralen Nervensystems und breitet sich von dort wieder nach peripher aus. In dieser Weise gelangt es auch in die Speicheldrüsen, von wo aus dann eine Übertragung erfolgen kann. Bei Bissverletzungen, die nahe am ZNS lokalisiert sind, ist dieser Zeitraum aufgrund der vom Virus »zurückzulegenden Strecke« entsprechend kürzer und geht mit einem schnelleren Todeseintritt einher.

Zeigt ein Tier ein auffälliges Verhalten mit Überaggression, Übererregung, Schaum vor dem Maul (als Zeichen der vermehrten Speichelbildung durch die krankheitsbedingte Schluckstörung) oder Scheuverlust bei Wildtieren, um hier nur einige Anzeichen zu nennen, muss vorrangig an Tollwut gedacht werden. Unglücklicherweise kann eine Übertragung auch ohne das Fehlen dieser Anzeichen stattfinden, da ein infiziertes Tier bereits Viren über den Speichel ausscheiden kann, bevor klinische Symptome auftreten.

Bei Verdacht auf eine mögliche Exposition mit dem Tollwut-Virus, gilt es, schnellstmöglich lokal und systemisch Antikörper im Sinne einer passiven Immunisierung zu verabreichen. Die passive Immunisierung ist mit Immunglobulin von insgesamt 20 IE/kg KG einmalig durchzuführen, wobei die Hälfte des Serums um die Verletzungsstelle herum, die zweite Hälfte intramuskulär verabreicht werden muss. Simultan muss die aktive Immunisierung mit Rabies-Vakzin (an Tag 0, 3, 7, 14 und 28) durchgeführt werden. Besteht ein Impfschutz, so kann ggf. auf die passive Impfung verzichtet werden, jedoch ist die aktive Immunisierung (dann an Tag 0 und 2) angeraten und sollte immer binnen Stunden verabreicht werden. Zusätzlich ist eine ausgiebige Lavage der Wunde ohne anschließenden Wundverschluss durchzuführen.

In jedem Falle ist der Tetanus-Impfschutz zu eruieren, im Zweifel muss eine Impfung (ggf. als aktiv-passive Simultanimpfung) erfolgen.

Bei **Giftexposition** ist neben der Immobilisation und zeitnahen Wundrevision die Anwendung von Antiseren (spezifisch und unspezifisch) zu erwägen (▶ Kap. 37).

In jedem Falle muss bei allen Expositionsgefährdeten auf einen umfassenden Impfschutz geachtet und dieser aufrechterhalten werden.

Zusammenfassung

Der Hauptfokus der Versorgung von Bissverletzungen liegt unter den Gesichtspunkten der taktischen Medizin auf der Blutstillung. In Folge ist eine möglichst zeitnahe chirurgische Wundkontrolle und ggf. Versorgung anzustreben. Sollte diese notwendig, aber nicht verfügbar sein, ist eine Desinfektion, Wundexploration und Lavage und im Einzelfall ein Débridement durchzuführen. In jedem Fall sollte, wenn eine Extremität betroffen ist, zwingend eine Ruhigstellung erfolgen. Wenn möglich und verfügbar, ist mit einer breitbandigen Antibiose zu beginnen. Besteht Verdacht auf eine Übertragung von Tollwutvirus, ist mit einer simultanen Impfung bzw. Auffrischung zu reagieren.

Literatur

1. Aigner N et al. (1996) Bissverletzungen und Ihre besondere Stellung in der unfallchirurgischen Versorgung. Unfallchirurg 99:346–350
2. Callaham M et al. (1988) Controversies in antibiotic choices for bite wounds. Ann Emerg Med 17:1321–1330
3. Eberlin M et al. (2009) Infections de la main. Monographie de Société Francaise de la Chirurgie de la Main.

Expansion Scientifique Publications. The Lancet Infect Dis 25:99–106
4. Gawenda M et al. (1997) Behandlungsstrategien bei Bissverletzungen Langenbecks Arch Chir Suppl II
5. Ghafouri HB et al. (2012) Prophylactic Antibiotic Therapy in Contaminated Traumatic Wounds: Two Days versus Five Days Treatment. Bioimpacts 2(1): 33–37
6. Goldstein EJ et al. (1992) Bite wounds and infection. Clin Infect Dis 14:633–638
7. Kall S et al. (2005) Die chirurgische Therapie von Infektionen der Hand. Teil I. Chirurg 76:615–625
8. Kunert P et al. (1988) Zur Indikation des primären Wundverschlusses bei Bissverletzungen im Gesicht. Handchirurgie 20: 66–72
9. Lewis KT, Stiles M (1995) Management of cat and dog bites. Am Fam Physician 52:479–490
10. Lichte P et al. (2009) Bissverletzungen der Hand. Unfallchirurg 112:719–727
11. Morgan M et al. (2007) Dog bites. BMJ 334:413–417
12. Rothe M et al. (2002) Therapie der Bissverletzung der Hand und des Handgelenkes – Ist eine Antibiotika-Prophylaxe in jedem Fall notwendig? Handchir Mikrochir Plast Chir 34:22–29
13. Smith PF et al. (2000) Treating mammalian bite wounds. J Clin Pharm Ther 25:85–99
14. Wiggins ME et al. (1994) The management of dog bites and dog bite infections to the hand. Orthopedics 17:617–623

Verbrennungen

M. Di Micoli, S. Hentsch

15.1 Definition, Grundlagen, Ursache – 288

15.2 Beurteilung der Verbrennungsschwere – 288

15.3 Inhalationstrauma – 289

15.4 Therapie – 291

15.5 Besonderheiten beim Kind – 293

15.6 Besonderheiten bei Stromverletzungen – 294

15.7 Bekleidung – 294

Literatur – 294

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_15, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

15.1 Definition, Grundlagen, Ursache

Bei einer Verbrennung kommt es zur Schädigung von Körpergewebe durch thermische, chemische, physikalische oder elektrische Einwirkung. Das Ausmaß der Schädigung ist abhängig von Einwirkdauer und Temperatur. Bei einer Einwirkdauer von 1 h können so schon ab 45 °C Zellschäden auftreten. Bei Explosionen kommt es zu Temperaturen von bis zu über 3.000 °C innerhalb von Millisekunden (▶ Kap. 13).

Ursachen

Als Ursache von thermischen Verletzungen gelten im zivilen Bereich überwiegend offenes Feuer (51 %) und Verbrühung (28 %) mit Flüssigkeiten. Andere Ursachen (Explosion, Strom, sonstige) sind seltener, treten im militärischen und taktischen Bereich aber deutlich in den Vordergrund. Gerade in diesen Bereichen ist im Rahmen von Explosionsverletzungen zusätzlich zu Verbrennungen mit zusätzlichen schweren Verletzungen im Rahmen der thermomechanischen Kombinationsverletzungen zu rechnen (▶ Kap. 13).

Pathophysiologie

Ein Verbrennungstrauma führt zum Integritätsverlust der Haut mit entsprechendem primärem Flüssigkeitsverlust. Durch Mediatorenausschüttung (die Haut ist das größte Organ des Immunsystems und das größte Flächenorgan des Menschen) kommt es zu einer Permeabilitätsstörung auf Kapillarebene (»capillary leak«) mit entsprechendem Übertritt und damit Verlust von Flüssigkeit und kleinmolekularen Proteinen vom intravasalen in den extravasalen Raum. Hierdurch entsteht ein interstitielles Ödem aufgrund von Änderungen im osmotischen Gefälle. Es kommt zusätzlich zu einer Mikrozirkulationsstörung auf Kapillarebene (Leukozyten- und Thrombozytenaggregation) mit entsprechender zellulärer Schädigung. Aufgrund des Verlustes der Schutzfunktion der Haut verliert der Körper somit die Möglichkeiten der Thermo- und Flüssigkeitsregulation und seine antibakterielle Barriere.

Nach 48–72 h beginnt die allmähliche Rückresorption des Ödems. Diese Phase dauert je nach Schädigungsausmaß 1–3 Wochen.

15.2 Beurteilung der Verbrennungsschwere

Zur Beurteilung der Verletzungsschwere ist die Einschätzung der Verbrennungstiefe und des Ausmaßes der Körperoberfläche (KOF) erforderlich. Die Verbrennungstiefe wird im deutschsprachigen Raum nach unten stehender Tabelle eingeteilt (Tab. 15.1). Im angloamerikanischen und internationalen Bereich wird gewöhnlich zwischen »partial-thickness burns« (I° und II°) und »full-thickness burns« (III° und IV°) unterschieden (Abb. 15.1).

Zur schnellen Orientierung über das Ausmaß der verbrannten KOF wird die **Neuner-Regel** nach Wallace (Abb. 15.2) angewendet. Als grobe Richtlinie gilt, dass die Handfläche eines Patienten 1 % KOF entspricht.

Tab. 15.1 Einteilung der Verbrennungstiefe

Grad	Tiefe	Klinik	Therapie	Prognose
I°	Oberflächlich epidermal	Hautrötung, Schmerzen	Konservativ	Ausheilung
II°a	Oberflächlich dermal	Blasenbildung, roter Wundgrund, stark schmerzhaft	Konservativ	Ausheilung ohne Narben
II°b	Tief dermal	Blasen, heller Wundgrund, schmerzhaft	Meist Operativ	Meist Narbenbildung
III°	Tief subdermal, Unterhautfettgewebe	Weiß-bräunlicher Wundgrund, schmerzlos, koaguliertes Gefäßnetz	Operativ	Narbenbildung
IV°	Faszie, Sehne, Muskel, Knochen	Verkohlung, Braun-schwarz	Operativ	Defektheilung

Abb. 15.1 Verbrennung II°a und II°b nach Explosion. Die Haut unter der Uhr und unter dem T-Shirt erlitt aufgrund der kurzen Expositionszeit keine Verbrennung

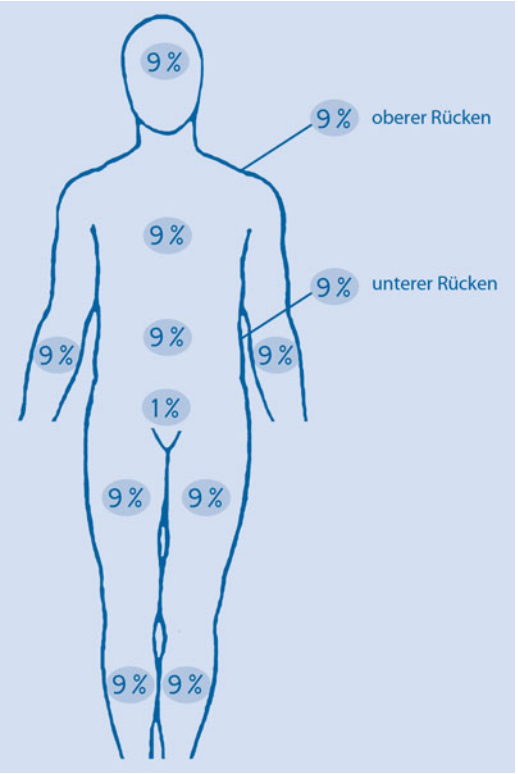


Abb. 15.2 9er-Regel nach Wallace: Verbrennungsausmaß verbrannter KOF beim Erwachsenen

Die exakte Verbrennungstiefe und das Verbrennungsausmaß lassen sich am Notfallort und in der klinischen Initialphase nur schwer abschätzen. In der Regel wird initial das Verbrennungsausmaß überschätzt und die Verbrennungstiefe unterschätzt.

Das Belassen verbrannter Kleidung führt zum Phänomen des **Nachbrennens** (»afterburning«) mit Vergrößerung der Verbrennungsareale/Verstärkung der Verbrennungstiefe nach Beendigung der Exposition.

Abb. 15.3 Schwere Verbrennung (II° bis IV°) mit Inhalationstrauma

15.3 Inhalationstrauma

Eine Besonderheit beim Verbrennungstrauma ist das Inhalationstrauma (IHT). Bei Bränden und Rauchentwicklung in geschlossenen Räumen sowie bei Explosionen (»blast wind«, ▶ Kap. 13) ist bis zum Beweis des Gegenteils von einem IHT auszugehen. Klinische Anhaltspunkte sind verbrannte Haare im Kopfbereich sowie verbrannte Haut im Kopf-, Hals- und Thoraxbereich (Tab. 15.2, Abb. 15.3). Bei der Inspektion des Pharynx und Larynx (Laryngoskopie) ist auf eine auffallend gerötete oder blasse Schleimhaut und Rußauflagerungen zu achten. Symptome wie Dyspnoe, Husten, Würgen, Stridor

Tab. 15.2 Klinische Diagnostik beim Inhalationstrauma

Symptome	Husten, Würgen, Luftnot, Übelkeit, Erbrechen, Bewusstseinstrübung bis zur Bewusstlosigkeit, Schwindel, Giemen
Äußerliche sichtbare Zeichen	Verbrannte Kopfbehaarung (Augenbrauen, Wimpern, Nasenhaare, Bart), Verbrennungen im Kopf-, Hals- und Thoraxbereich
Untersuchung	Rußauflagerungen im Nasen-Rachen-Raum oder im Tubus nach Intubation, auffallend gerötete oder blasse Schleimhaut im Pharynx-/Larynxbereich (Laryngoskopie)

Tab. 15.3 Mögliche Arten des Inhalationstraumas

	Agens	Schädigungsort	Symptom	Therapie
Thermisch	Gas, Dämpfe	Oberer und unterer Respirationstrakt	Würgen, Husten, Larynxödem	O_2-Gabe, Intubation
Chemisch – toxisch	Ammoniak, Chlorwasserstoffe, Aldehyde	Hydrophil: oberer Respirationstrakt Lipophil: unterer Respirationstrakt	Würgen, Husten, Larynxödem, Bronchospastik	O_2-Gabe, Bronchodilatatoren
	Phosgen, Nitratgase	Alveoläres Lungenödem	Sofortige Bronchospastik	O_2-Gabe, Bronchodilatatoren
	Kohlenmonoxid (CO)	Kompetitive Verdrängung von O_2 an Hämoglobin durch 200-fach höhere Affinität	Übelkeit, Schwindel, Desorientiertheit, Bewusstlosigkeit	O_2-Gabe, Intubation (FiO_2:1,0), ggf. HBO-Therapie
	Cyanid (HCN)	Hemmung des oxidativen Zellstoffwechsels mit »innerer« Erstickung	Ähnlich CO-Vergiftung	O_2-Gabe, Hydroxocobalamin (Cyanokit)

und Giemen müssen ebenfalls als mögliches IHT identifiziert werden, ohne dass auf die Genese des IHT geschlossen werden kann (Tab. 15.3). Ebenso ist bei Bewusstlosen in entsprechender Umgebung an ein IHT als alleinige Ursache oder als zusätzliche Verletzung zu denken.

Das Vorliegen eines IHT, v. a. in Kombination mit Explosionsverletzungen, geht mit einer deutlichen Steigerung der Morbidität und Letalität einher. Bei dem IHT handelt es sich um ein heterogenes Krankheitsbild. Ursächlich ist eine thermische, chemisch-toxische Schädigung des Respirationstraktes vom Pharynx bis zu den Alveolen. Je nach Schädigungsort kommt es zur Zerstörung von Pharynxmukosa bis zu den Pneumozyten mit Verlust von Surfactant (Schadenshauptlokalisation in Abhängigkeit von der Wasserlöslichkeit der Toxine).

Bei Bränden oder Explosionen kommt es, je nach verbranntem Stoff, zur Freisetzung von Brandgasen (heterogene Substanzgemische) und entsprechender Schädigung im Respirationstrakt, im Alveolarbereich oder auch systemisch. Brände verursachen auch die Freisetzung toxischer Verbrennungsprodukte wie Aldehyde, Stickoxide, Nitrose-Gase, Chlorwasserstoff, Schwefeldioxid, Ammoniak, Phosgen (Abbrand von PVC!), u. a. Dabei kommt es besonders in geschlossenen Räumen (Gebäude, KFZ) zur Abnahme der O_2-Konzentration und zu einem Anstieg der CO- und CO_2-Konzentration.

Neben der O_2-Armut sind CO_2, CO und Cyanide für die hohe Frühletalität beim IHT verantwortlich. Bei Inhalation von Reizgasen können Symptome auch mit einer Latenz von mehreren Stunden auftreten.

15.4 Therapie

Grundsätzlich ist die Versorgung von Brandverletzten analog der Richtlinien der Traumaversorgung durchzuführen, da gerade im taktischen Bereich häufig eine **thermomechanische Kombinationsverletzung** vorliegt, z. B. nach einer Explosion. Die äußerlich deutlich sichtbare Verbrennung darf nicht davon abhalten, nach verborgenen Verletzungen (z. B. Pneumothorax) zu fahnden und diese entsprechend zu therapieren. In der Regel hat, gerade im taktischen Bereich, die Versorgung der mechanischen Verletzungen (Blutung) Vorrang vor den Verbrennungsverletzungen. Nach initialem Überleben der mechanischen Traumakomponente gewinnt in der weiteren Behandlung die Verbrennungskrankheit nach einigen Stunden immer mehr an Bedeutung.

- **Therapie bei Verbrennungen**
- Crash-Rettung und **Löschen** unter Beachtung des Eigenschutzes (Hitze, Brandgase, Explosionsgefahr)!
- An HWS-**Immobilisierung** und achsgerechte Lagerung bei entsprechendem Traumamechanismus denken, wenn es die taktische Lage erlaubt.
- **Kühlung** (z. B. Leitungswasser) der verbrannten Haut (Richtwert 20 °C für maximal 30 s), aber nur wenn innerhalb von 2 min nach Verbrennung durchführbar.

Aufgrund einer gestörten Thermoregulation und der gestörten Isolationsfunktion der Haut sind Verbrennungspatienten erheblich durch Unterkühlung mit entsprechendem Anstieg von Morbidität und Letalität gefährdet. Die großflächige, zu späte und zu lang anhaltende Kühlung ist daher kontraindiziert! Die Abdeckung größerer Flächen verbrannter KOF (>10–20 %) mit kühlenden Wundauflagen (z. B. WaterJel) sollte ebenfalls zurückhaltend erfolgen.

- **Entkleidung**. Muss so konsequent wie (unter Einsatzbedingungen) möglich durchgeführt werden, da die Gefahr des »afterburning« besteht. Als Kompromiss an der Haut haftende Kleidung ggf. belassen, evtl. nicht haftende Kleidungsbereiche von den haftenden abschneiden.
- Verbrannte Hautareale mit sterilen, saufähigen, nicht verklebenden Materialien **verbinden**. Salben, Puder, färbende Flüssigkeiten und das Eröffnen von Blasen sind im Rahmen der Erstversorgung zu unterlassen. Industriegefertigte Verbandspäckchen, u. a. mit Gelauflagen sind bei der Primärversorgung nicht erforderlich. Gerade bei großflächigen Verbrennungen bergen sie das Risiko der andauernden Unterkühlung.

Tipp

Im Rucksack können allein aus Platzgründen kaum ausreichend Brandwundenverbandpäckchen mitgeführt werden, um einen oder sogar mehrere Patienten mit großflächigen Verbrennungen zu versorgen. Als zweckmäßige Lösung bietet sich in taktischen Lagen das Einhüllen des Patienten in eine handelsübliche Rettungsdecke an. Sie ist als Wundabdeckung ausreichend keimarm, verklebt nicht, fördert den Wärmeerhalt und lässt sich durch ihr kleines Packmaß und Gewicht gut mitführen.

- Zwei großvolumige periphere **Zugänge**. Wenn nicht anders möglich, sind Zugänge auch durch verbrannte Hautareale zulässig (inkl. intraossären und zentralvenösen Zugängen).
- Zur **Volumentherapie** reichen bei reinen Verbrennungen in der Initialphase (24 h) in den meisten Fällen Kristalloide (NaCl 0,9 %, Ringerlösung) aus. Kolloide (z. B. Haes) können ggf. aufgrund des »capillary leak« intravasal nicht gehalten werden, strömen in den Extravasalraum und können so das Verbrennungsödem bzw. den Lungenschaden (ARDS/ALI) verstärken. Gesicherte Daten bei thermomechanischen Verletzungen bzgl. hypertonen und hyperonkotischen Infusionslösungen (HyperHAES) liegen nicht vor. Bei thermomechanischen Verletzungen erscheint die Gabe von HyperHaes sinnvoll. Im taktischen Bereich sollen Verwundete Flüssigkeit (Wasser, isotone Flüssigkeiten) auch oral in kleinen Schlucken zu sich nehmen, sofern sie wach und orientiert sind.

- Die Berechnung des **Volumenbedarfes** erfolgt z. B. nach dem **Parkland-Baxter-Schema**: 4 ml/% verbrannte KOF/kg KG in 24 h, davon die Hälfte in den ersten 8 h. Die errechnete Menge sollte möglichst gleichmäßig auf den entsprechenden Zeitraum verteilt werden. Es wird nur II° bis IV°ig verbrannte Haut berechnet.

Faustregel: 1 l/h kristalloide Infusionslösungen bei 50 % KOF und 80 kg.

Als Zielgrößen der Volumentherapie beim Verbrennungstrauma gelten ein RR_{syst} >100 mmHg, eine Herzfrequenz <100/min und eine Urinproduktion von 1 ml/h/kg KG.

Bei Begleitverletzungen wie Explosionsverletzungen oder einem IHT besteht ein zum Teil deutlich höherer Volumenbedarf.

Lässt sich der Kreislauf mit der Gabe von kristalloiden Infusionslösungen nicht stabilisieren, können auch kolloidale zur Anwendung kommen. Bei hohem Volumenbedarf eines Verbrennungspatienten ist eine Begleitverletzung wahrscheinlich!

- Katecholamine (v. a. Noradrenalin) können in der Frühphase (bis 36 h) zu einer Verminderung der Hautdurchblutung führen und die Verbrennungstiefe verschlimmern. Wenn möglich sollten daher bei Verbrennungen initial keine Katecholamine gegeben werden.
- **Oxygenierung** mit frühzeitiger Intubation/Beatmung, v. a. bei Inhalationstrauma/»blast lung«.
- Bei zugeschwollenem Pharynx und Larynx **Koniotomie** durchführen.
- Adäquate **Analgosedierung** (z. B. Opiate, Ketanest, Benzodiazepin).
- **Inhalationstrauma:**
  - **Inhalationstrauma (thermisch):** Verdacht z. B. bei versengter Gesichts-/Nasenbehaarung, Rußauflagerung der Glottis, rußgeschwärztem Sputum, kloßige Stimme. Frühzeitige Intubation und PEEP-Beatmung (PEEP = »positive endexspiratory pressure«). Symptomatische Therapie. Keine inhalative oder systemische Kortikoidgabe.
  - **Inhalationstrauma (toxisch):** Durch Reizgase verursacht, sowohl lipophil als auch hydrophil. Klinische Apparenz auch erst nach 36 h möglich! Bei klinischer Symptomatik (Husten, Würgen, Dyspnoe, trockene/feuchte RGs) symptomatische Therapie mit β_2-Sympathomimetika (inhalativ und systemisch) und Bronchodilatatoren (z. B. Theophyllin). Met-Hb- und CO-Hb-Bildung möglich. Nur als ultima ratio inhalative und systemische Kortikoide erwägen.
  - **Inhalation von Erstickungsgasen (CO, CO_2, Cyanide, Phosgen):** Bei Bränden in geschlossenen Räumen mit entsprechender Rauchentwicklung und bei Verbrennen von Kunststoffen. Abnahme der O_2-Transportkapazität bzw. Blockierung der inneren (intramitochondrialen) Atmung mit konsekutiver Asphyxie. Die übliche Pulsoxymetrie kann nicht zwischen O_2-Hb und CO-Hb unterscheiden und zeigt falsch hohe Werte an. Bei klinischem Verdacht auf schwere CO- und CO_2-Intoxikation frühestmögliche Intubation und Beatmung mit FiO_2 von 1,0 und moderatem PEEP (HBO-Therapie (Druckkammer) meist nicht in adäquater Zeit verfügbar). Bei Cyanidintoxikation Gabe von Hydroxocobalamin (Cyanokit).
- **»Tactical Evacuation Care«:** Als Schutz vor weiterer Auskühlung, auch im Sommer, z. B.:
  - Einwickeln in Metalline-Folie
  - Heizen des Transportmittels
- **Zielklinik:** Thermische Verletzungen >20 % KOF ab II°a, Verbrennungen an Gesicht, Hand, Fuß, Genitale, Inhalationstraumen, Verätzungen und Stromverletzungen sollten, wenn möglich, frühzeitig in ein Verbrennungszentrum verbracht werden.
- **»Prolonged Care«:** Wenn innerhalb der ersten 24 h keine Evakuierung und chirurgische Wundbehandlung möglich ist, sollten die Wunden vorsichtig mit sterilem Wasser und antimikrobiellen Substanzen (z. B. Octenisept, Lavasept) gereinigt und mit Salben (z. B. Flammazine, Jodsalbe, Lavasept-Gel) verbunden werden. Große und bereits eröffnete Blasen können abgetragen werden. Ein Tetanusschutz kann bei Einsatzkräften vorausgesetzt werden. Im Zweifel muss eine entsprechende Simultanimpfung erfolgen. Gegebenenfalls sollte eine

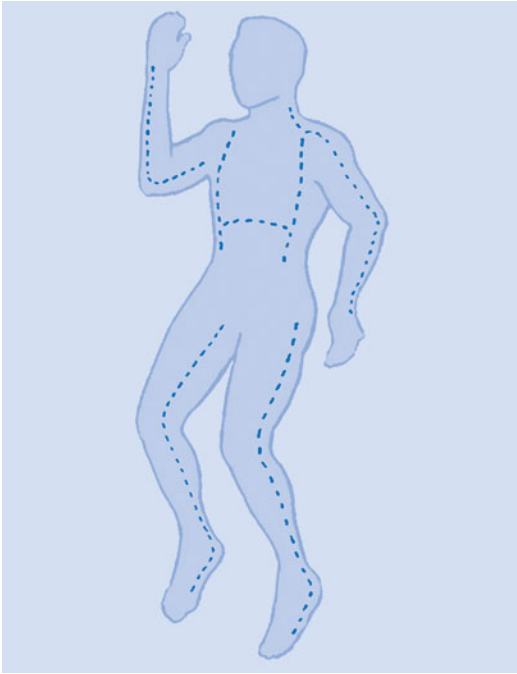


Abb. 15.4 Escharotomie bei tief dermalen Verbrennungen

Escharotomie (Inzision der verbrannten Cutis) an Extremitäten, Thorax und Hals bei entsprechender Durchblutungsstörung bzw. reduzierter Lungen-Compliance mit entsprechend hohen Beatmungsdrücken bei zirkulären Verbrennungen durchgeführt werden (Abb. 15.4 und Abb. 15.5). Bei Schwerstverbrannten kann dies am Thorax (beidseits seitlich, vordere Axillarlinie, ggf. auch sternal) auch präklinisch notwendig werden. Ein möglicher neuer Therapieansatz ist die **enzymatische Escharotomie** mit lokaler Applikation von Enzymen der Ananas einer israelischen Arbeitsgruppe (NexoBrid der Fa. MediWound; europäische Zulassung im Dezember 2013 für Verletzungen bis 15 %, im Rahmen von Studien Behandlung bei >30 % KOF erfolgt). Die Anwendung einer im Rahmen einer verlängerten, präklinischen Versorgung unter Einsatzbedingungen erscheint als einfach durchführbare, nahezu blutungsfreie (!) Frühnekrektomie möglich und sinnvoll, hier müssen entsprechende weiterführende Studien erfolgen.

Abb. 15.5 Verbrennung III–IV° mit schwerem Inhalationstrauma. Escharotomie des Thorax wegen Beatmungsproblemen

Sonderform Phosphorverbrennung

Im militärischen und taktischen Bereich wird Phosphor z. B. in Phosphorbomben und Nebelmunition verwendet. Weißer Phosphor (farblos bis gelblich, wachsartig, stechender Geruch) ist in feinverteiltem Zustand bereits bei Raumtemperatur selbstentzündlich und bei Dosen über 50 mg für einen Erwachsenen tödlich.

Nach dem Löschen mit Decken, Sand oder Wasser müssen sämtliche sichtbaren Phosphorstücke, auch aus Wunden, komplett entfernt werden. Damit verbliebene Phosphorreste nicht weiterbrennen oder erneut beginnen zu brennen, muss die Wunde luftdicht (Sauerstoff) und feucht abgedeckt werden (z. B. nasses Tuch). Bewährt haben sich dafür als einfach zu handhabende und sehr wirkungsvolle Hilfsmittel die WaterJel-Wundauflagen.

Vor dem Verwundetentransport mit Fahrzeugen, insbesondere Hubschraubern, muss durch diese Maßnahmen sorgfältig eine spontane Entzündung ausgeschlossen werden! Auf den Eigenschutz (schwer löschbare Flammen, Dämpfe und Hautkontakt) ist zu achten!

15.5 Besonderheiten beim Kind

Verbrennungen bei Kindern werden im zivilen Setting häufig durch Verbrühung mit heißem Wasser (Küche, Bad) oder durch offenes Feuer (Wohnungsbrand, Grillen) verursacht. Bei Auslandseinsätzen wird man häufig mit Kindern, die schwere Verbrennungen erlitten haben, konfrontiert.

Wegen der unterschiedlichen Verteilung der Körperoberfläche bei Kindern wird die Neunerregel nach Wallace, je nach Alter des betroffenen Kindes, zugunsten des relativ größeren Kopfes modifiziert.

Als Faustregel gilt auch bei Kindern: Handfläche ohne Finger entspricht etwa 1 % der KOF.

Je jünger die Kinder sind, umso mehr sind diese durch Aus- bzw. Unterkühlung gefährdet. Ab einer verbrannten KOF von 10 % besteht die Gefahr einer Kreislaufdepression bis hin zum Schock und die Kinder sollten nach der Erstversorgung, wenn möglich, in ein Verbrennungszentrum verlegt werden.

15.6 Besonderheiten bei Stromverletzungen

Unterschieden werden Wechsel (»alternating current«, AC)- und Gleichstrom (»direct current«, DC) sowie Nieder- (bis 1.000 Volt, z. B. Haushalt) und Hochspannung (ab 1.000 Volt, Industrie, Bahn). Lichtbögen bei Hochspannungsunfällen erreichen Temperaturen bis zu 10.000 °C.

Der Strom durchläuft den Körper nach dem Prinzip des geringsten (elektrischen) Widerstandes. Es kommen daher unterschiedliche Temperaturen mit entsprechend unterschiedlichen Verbrennungsstufen des Körpergewebes vor. Die Haut zwischen Ein- und Austrittspunkt des Stromes kann unauffällig sein, obwohl in der Tiefe höhergradige Verbrennungen entstanden sind.

Es können kardiale Arrhythmien bis hin zum Herzstillstand (Asystolie oder Kammerflimmern) auftreten. Dies ist aufgrund erhöhter kardialer Erregbarkeit auch noch Stunden nach dem Trauma möglich, weswegen eine 24-h-EKG-Überwachung erforderlich ist (zumindest Pulsoxymetrie im taktischen Bereich). Durch Rhabdomyolyse aufgrund tetanischer Kontraktion oder Nekrose der Muskulatur besteht die Gefahr eines akuten Nierenversagens. Bei »Prolonged Field Care« ist auf ausreichende Flüssigkeitssubstitution und Urinproduktion zu achten. Gerade bei Stromverletzungen, aber auch bei Verbrennungen, kann es zu Kompartmentsyndromen kommen, die schnellstmöglich nach Diagnosestellung subfaszial gespalten werden müssen.

15.7 Bekleidung

Es wurden verschiedene Schutzbekleidungen zur Vermeidung von Verbrennungen entwickelt. Es handelt sich v. a. um nicht und schlecht brennbare Stoffe, wobei zu beachten ist, dass jede Kleidung nur bis zu gewissen Temperaturen und Expositionszeiten schützen kann. Bei Explosionen mit sehr kurzer Expositionszeit kann bereits ein einfaches Baumwoll-T-Shirt vor II°igen Verbrennungen schützen (Abb. 15.1). Bei Kunstfasern ist ein schnelles Entflammen und Abbrennen möglich. Manche Kunstfasern brennen sich in die Haut ein und verstärken somit den Schaden.

Den Stoff für die eigene »Funktionskleidung« sorgfältig auswählen!

Literatur

1. AWMF Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (2010) Nr. 044/001 Thermische und chemische Verletzungen
2. Kafka G, Maybauer DM, Traber DL, Maybauer MO (2007) Das Rauchgasinhalationstrauma in der präklinischen Versorgung. Notfall Rettungsmed 10:529–540
3. Kamolz LP, Herndon DN, Jeschke MG (2009) Verbrennungen. Springe, Berlin Heidelberg New York
4. Schneider T, Wolcke B, Böhmer R (2006) Taschenatlas Notfall & Rettungsmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York
5. Special Operations Forces Medical Handbook (2001) USSOCOM, Florida. Teton NewMedia and The Geneva Foundation
6. Roseberg L (2012) Enzymatic debridement of burn wounds. In: Hendon D (ed) Total burn care. Elsevier, Amsterdam
7. Ziegenfuß T (2007) Notfallmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York

Augennotfälle

H. Gümbel

16.1 Einleitung – 296

16.2 Analgesie und Erstversorgung – 296

16.3 Augenprellung (Contusio bulbi) – 298

16.4 Arterielles Retrobulbärhämatom (arterielle Blutung in die Augenhöhle) – 298

16.5 Oberflächliche Hornhautverletzungen – 299

16.6 Penetrierende Verletzung – 299

16.7 Laserlichtexposition – 299

16.8 Kampfgasexposition – 300

16.9 Maßnahmen vor Rückführung in die klinische Versorgung – 300

Literatur – 300

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_16, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

16.1 Einleitung

Augennotfälle sind häufig okuläre Traumen als Folge von Kopfverletzungen, die speziell den Gesichtsschädel betreffen und direkt oder indirekt (z. B. »Contre-coup-Effekt«) das Organ Auge, die Augenhöhle (Orbita) und seine Anhangsgebilde, die Lider und Tränenwege betreffen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass bei augennahen Verletzungen jedes Auge von einem Augenfacharzt gesehen wird, um durch Untersuchung, Funktionsprüfung und die Anordnung von bildgebenden Verfahren (CT, Ultraschall) eine Verletzung auszuschließen oder fachgerecht zu versorgen.

Neben den physikalischen Traumen durch direkte Kontusion oder Fremdkörper, aber auch elektromagnetische Strahlung (z. B. Laser), sind die chemischen Verletzungen (z. B. Säuren/Basen, CS-Gas) ebenfalls als Organschädigung zu beachten.

Ebenso können augenferne Traumen, speziell Polytraumata zu Gefäßschäden der Netz- und Aderhaut führen, die jedoch nur durch einen Facharzt diagnostiziert werden können. Hier sollte speziell bei ausgedehnten Thoraxtraumen im Rettungszentrum auf eine mögliche Augenschädigung hingewiesen werden (Purtscher-Syndrom). In fast allen Fällen eines okulären Traumas ist es nicht der Augenarzt, der die Verletzung zuerst inspiziert, sondern ein Rettungsassistent oder fachfremder Kollege (Notarzt oder Chirurg), der nun gefordert ist, seine Kenntnisse aus dem Lehrgang oder Studium in die Praxis umzusetzen. Dieser kleine Ratgeber soll Erstmaßnahmen vermitteln, die den Verletzten stabilisieren und die Schmerzen während des Transports möglichst minimieren.

16.2 Analgesie und Erstversorgung

Die sensible Versorgung des Auges mit peripheren Nervenfasern aus dem Versorgungsgebiet des N. ophthalmicus ist sehr gut und bedingt bei Verletzungen oder Verätzungen der Hornhaut, aber auch der Bindehaut eine extreme Schmerzempfindlichkeit auch bei kleinen Hornhautverletzungen. Der Schmerzreiz führt ohne Schmerztherapie durch lokale Lokalanästhetika zu einem Spasmus der Lider, d. h. eine Inspektion des Augapfels und der Lider ist **nicht** möglich.

Die häufig mangelnde Ausstattung mit Lokalanästhetika für Augen (z. B. Konjucain, Tetracain) in Rettungswagen und Rettungskits kann durch die Verwendung von intravenösen Xylocain- oder Scandicain-Lösungen umgangen werden. Einige Tropfen aus der Ampulle bewirken nach kurzem Brennen eine etwa 10–20 min andauernde Oberflächenanästhesie. In dieser Zeit besteht die Möglichkeit, das Auge zu untersuchen. Ein Nachtropfen von

Abb. 16.1 Provisorisches Augennotfallbesteck

Abb. 16.2 Provisorischer Verband aus Plastiktrinkbecher und Kompresse – »hardcover patch«

Abb. 16.3 Umdrehen des Oberlids über Watteträger zur Inspektion oder Spülung des verletzten Auges (Ektropionieren)

Lokalanästhetika während der Verlegung in die Klinik ist möglich, es sollte jedoch **nie** dem Patienten zur Selbsttherapie mitgegeben werden, da ansonsten Verletzungsgefahr durch Manipulation entsteht.

Aus den Beständen in einem Rettungswagen lässt sich sehr schnell ein **provisorisches Augennotfallbesteck** (Abb. 16.1) zusammenstellen, das eine Erstversorgung eines verletzten Auges, aber auch die Untersuchung nach Fremdkörpern, Spülung des Auges nach Lokalanästhesie z. B. mit PVP-Jod oder 0,9 % NaCl-Lösung und Eingabe von Antibiotika mit anschließendem Schutzverband durch abgeschnittenen Plastiktrinkbecher und Kompresse (»cover patch«, Abb. 16.2) zulässt. Weiterhin lässt sich mit einem Watteträger das Oberlid umdrehen (ektropionieren), um dann eventuell darunter liegende Fremdkörper mit einem feuchten Watteträger oder fest aufsitzende Partikel mit einer umgebogenen gelben Kanüle entfernen (Abb. 16.3).

Die systemische Gabe von **Schmerzmitteln** ist kritisch, da Morphinderivate eine Miosis der Pupille herbeiführen und die Anamnese (Sehschärfenbestimmung) sowie diagnostische Mydriasis beeinträchtigen kann. Als ausreichende systemische Analgesie hat sich die Gabe per os von Metamizol Tropfen (Novalgin, 30 Tropfen) p.o. erwiesen.

Der Binokulus, d. h. der Verband auf beiden Augen bei einseitiger Augenverletzung, ist zu vermeiden, da insbesondere nach Unfällen, zu der psychischen Traumatisierung durch das Unfallereignis noch die Erblindungsangst durch das beidseitige Abdecken der Augen kommt. Weiterhin ist in Gefechtssituationen oder bei Massenunfällen der gehfähige, einseitig verbundene Patient sicherer aus der Gefahrenzone zu führen.

Provisorisches Augennotfallbesteck aus Rettungswagenbestand

- Lokalanästhesie Hornhaut/Bindehaut: Xylocain- oder Scandicain-Ampulle
- Fremdkörper Hornhaut oberflächlich:
  - 0,9 % NaCl-Lösung in 10-ml-Spritze
  - Watteträger mit NaCl-Lösung befeuchtet
  - Visitenlampe
- Fremdkörper unter dem Lid: Watteträger aus Holz, alternativ Einmalkanülenschutz zum Ektropionieren
- Fremdkörper Bindehaut oberflächlich fest: 20 G Kanülenspitze gebogen als provisorische Fremdkörpernadel, nur unter Lupenbrille benutzen
- Perforiertes Auge: 5- bis 10 %ige Povidonlösung zum Spülen
- Gyrasehemmer (Ophtaquix, Tavanic) oder Gentamycin als Tropfen
- Abgeschnittener Trinkbecherboden als Schutzverband (»cover patch«)
- Retrobulbärhämatom: Skalpell Gr. 11, alternativ kleine scharfe Taschenmesserklinge

Tab. 16.1 Checkliste Augenuntersuchung

Patient orientiert und ansprechbar	Ja/nein
Sehschärfe bestimmen mit Abdeckung des nicht untersuchten Auges	Ja/nein
Lesefunktion in 30 cm Abstand bei 12 pt möglich	Ja/nein
Schmerzen bei Lid- oder Augenbewegung	Ja/nein
Angabe von Doppelbilder bei Fingerfixation	Ja/nein
Überprüfung der Pupillenreaktion direkt, indirekt	Ja/nein
Einrisse in den Lidrändern (Inspektion Ober-/Unterlid)*	Ja/nein
Nach seitlicher Beleuchtung des Augapfels Fremdkörper auf der Hornhaut	Ja/nein
Blut in der Augenvorderkammer (Blutspiegel)	Ja/nein
Rotreflex der Pupille vorhanden	Ja/nein
Stufe am Orbitarand	Ja/nein
Augeninnendruck (vergleichende Palpation = Tasten eigener Augapfel mit Palpation im Vergleich zu Patientenbulbus) – Hoher Druck = hart wie eine Glasmurmel, Verdacht auf hoher Augeninnendruck >30 mmHg – Niedriger Druck = weicher Luftballon, Verdacht auf Penetration des Augapfels	Erhöht/zu niedrig

* Tropfen von Lokalanästhetikum (Xylocain oder Scandicain) auf die Wunde oder Hornhaut erlaubt die Anhebung der Lider ohne schmerzhaftes Kneifen oder Spülen mit PVP-Jodlösung

Tab. 16.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Punkte der Augenuntersuchung.

16.3 Augenprellung (Contusio bulbi)

Die direkte (Schlag, Stoß) oder indirekte Einwirkung (Druckwelle) auf den Augapfel und Orbita wird als **Contusio bulbi** bezeichnet. Mit einer Checkliste, einer Taschenlampe und einem Lokalanästhetikum zur subkutanen Infiltration, z. B. Xylocain 1 % oder 2 %, das zur lokalen Betäubung in die Augen getropft werden darf, kann in kurzer Zeit die Schwere der Verletzung ermittelt werden.

- »Veilchen« = Monokelhämatom ohne Augeninnendruckerhöhung ist meist harmlos.
- »Rotes Auge« = unterblutete Bindehaut (Hyposphagma) ohne Seheinschränkung ist auch harmlos.
- »Rotes Auge« mit Einblutung in die Augenvorderkammer (Pupille nicht mehr oder nur zum Teil zu sehen) ist dem Facharzt vorzustellen.

16.4 Arterielles Retrobulbärhämatom (arterielle Blutung in die Augenhöhle)

- Akuter Sehverlust nach Verletzung der Augapfelhöhle durch arterielle Blutung
  - Lider sind nicht selbstständig zu öffnen, Bindehaut geschwollen
- Augapfel fühlt sich so **hart** wie eine Glasmurmel an
  - Hautregion antiseptisch (mit PvP-Jod) abwischen
  - Anästhesie mit Gelanästhesie (Xylocain-Gel) auf die Lider
  - Stichinzision (2 cm tief) mit Skalpell oder scharfen Taschenmesser durchführen (Abb. 16.4)
  - anschließend Überprüfung des Augeninnendruckes (Tab. 16.1) wiederholen

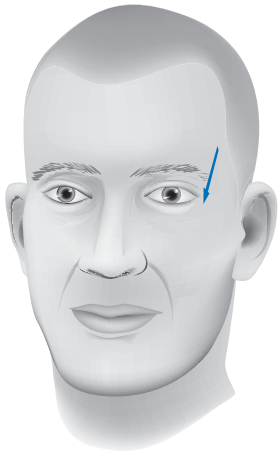


Abb. 16.4 Stichinzisionsstelle (Kanthotomie) am äußeren, unteren Rand des Jochbeinbogens (*Pfeil*), sonst Erblindung durch Zentralarterienverschluss

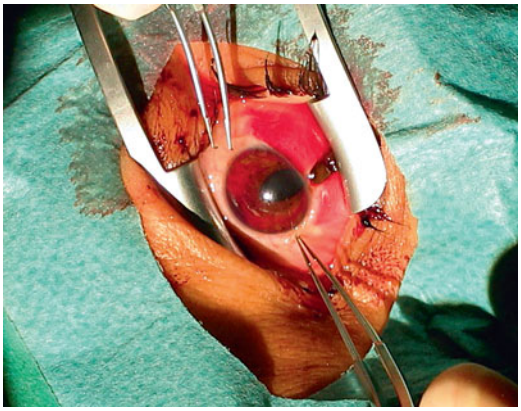


Abb. 16.5 Perforierende Oberlidverletzung, darunter eröffneter Augapfel mit Penetration der Bindehaut, Lederhaut und vorgefallener Aderhaut. Typisch klinisches Zeichen der Augapfelpenetration ist die zum Defekt verzogene Pupille

16.5 Oberflächliche Hornhautverletzungen

- Leitsymptom: Sandkorngefühl und Schmerzen bei Lidschlag
- Inspektion der Hornhaut und Lider mit Lampe nach Gabe von Lokalanästhetikum-Tropfen (Xylocainlösung).
- Festsitzende Fremdkörper **nicht** manuell entfernen, nur mit 0,9 %iger NaCl-Lösung in einer 10-ml-Spritze im Strahl spülen.
- Dauerhafte Schmerzen (Fremdkörpergefühl) während der Rückführung des Verletzten mit Xylocain-Gel (Xylocainlösung) auf die Hornhaut lindern.
- Oberflächliche Hornhautverletzungen mit Antibiotikatropfen (z. B. Ophthaquix) und Verband mit reichlich Bepanthen-Augensalbe behandeln [2].

16.6 Penetrierende Verletzung

- Häufig nach Arbeiten an laufenden Maschinen, aber auch nach stumpfen Traumen, z. B. ausgeworfene Patronenhülsen gegen das Auge, deshalb Anamnese wichtig!
- Eine kleine Lidverletzung kann darunter liegende Strukturen des Augapfels durchschlagen (Abb. 16.5), deshalb immer nach Lokalanästhesie (z. B. Xylocainlösung) Lider anheben und Augapfel inspizieren.
- Ein weicher Augapfel (Druckverlust), Einblutung in die Augenvorderkammer und verzogene Pupille sind sichere klinische Hinweise auf eine Penetration des Bulbus.
- Sofort Lokalanästhetikum (Xylocain), danach mit PvP-Jodlösung über das Auge spülen, für den Transport lokales Antibiotikum (z. B. Ophthaquix AT) eintropfen, bei Liddefekt zusätzlich Xylocain-Tropfen auf die Lider geben und gegen Druck von außen schützen (»hardcover patch« oder die ballistische Schutzbrille darüber setzen).
- Bei fehlender fester Abdeckmöglichkeit des Auges (»hardcover patch«) kann zum Schutz des Augapfels vor Druck auch ein Plastiktrinkbecher in der Höhe halbiert und auf das Auge geklebt werden (Abb. 16.2).

16.7 Laserlichtexposition

Der Verletzte sollte nach Art (rot, grün oder blauer Laserstrahl) und Richtung des Laserbeschusses gefragt werden, eventuelle Schmerzen sind lokal zu therapieren (Xylocain) und resultieren häufig aus einer Hornhautverletzung.

Erstmaßnahmen sind folgende:

- Überprüfung der zentralen Sehschärfe mit Amsler-Test (Taschenkarte)
- Keine medikamentöse Soforttherapie notwendig
- Keine Abdeckung der verletzten Augen
- Bei Bedarf lokale Schmerztherapie
- Rückführung zu Facharztuntersuchung in Begleitung

16.8 Kampfgasexposition

Die geächteten chemischen Kampfstoffe sind leider immer noch in den Arsenalen verschiedener Armeen vorhanden und können bei ungeschütztem Kontakt zu schweren Augenveränderungen und Blindheit führen. Speziell der Kampfstoff **Dichlorethylsulfid** ($C_4H_8Cl_2S$), auch Senfgas genannt, zeigt erst 5 h nach Exposition typische Symptome wie tränenende Augen, Fremdkörpergefühl, Bindehautschwellung und Hornhauttrübung.

Bei Exposition von Senfgas sind folgende **Erstmaßnahmen** zu treffen:

- Spülung mit Flüssigkeit und möglichst neutralem pH-Wert (Wasser, Bier, NaCl-Lösung) oder wenn vorhanden Diphoterin-Lösung (Privin)
- Hohe Gabe von Antioxidanzien wie z. B. Vitamin C (Citix 500 mg per os)
- Sterile Abdeckung und Antibiotikagabe per os als sekundärer Infektionsschutz, z. B. Tavanic 500 mg

Ein Kampfgas der neueren Generation, der Nervenkampfstoff **Sarin** ist, ebenso wie Tabun , ein hochgiftiger Phosphorsäureester, der die Cholinesterase im Körper blockiert und neben einem Lungenödem und Lähmung der Atemmuskulatur zu starken Augenschwellungen, Tränen und Miosis führt. Hier besteht die lebensrettende Erstmaßnahme in der Anwendung von Atropininjektionen, spezielle ophthalmologische Erstmaßnahmen sind nicht notwendig.

Weniger gefährlich, dafür umso schmerzhafter und das Sehvermögen beeinträchtigend ist die Exposition der Augen gegenüber **Tränengas** oder **Pfefferspray**. Die Wirkstoffe führen akut zu einem Blepharospasmus, Zusammenkneifen der Lider und extremem Tränen der Augen sowie akuten Schmerzen an beiden Augen. Wie bei allen Verätzungen am Auge besteht die Erstmaßnahme in der Spülung mit einer neutralen Flüssigkeit über die Transportzeit. Eine Schmerztherapie mit anästhesierenden Augentropfen, z. B. Xylocain-Tropfen erlaubt es, das Auge zum Spülen zu öffnen.

16.9 Maßnahmen vor Rückführung in die klinische Versorgung

- Abdeckung von schweren, offenen Augenverletzungen erst nach Tropfanästhesie, Spülung mit PvP-Jodlösung und lokalen Antibiotikatropfen (z. B. Ophthaquix) sowie systemischer Abdeckung mit Antibiotika (z. B. Tavanic 1-mal 500 mg oral). Einäugiger Verband ausreichend, große Splitter stecken lassen. Kein Druckverband, sondern stabiler »hardcover patch« (Abb. 16.2).
- Chemische Verletzungen (Verätzungen) sofort permanent durch Spüllösung (Previn) und getropftes Lokalanästhetikum bis zum Eintreffen beim Facharzt behandeln.
- Unfallanamnese und Verdachtsdiagnose dem weiterbehandelnden Augenfacharzt mit Meldezettel mitteilen [1].

Literatur

1. Lang GK (Hrsg.) (2008) Augenheilkunde. Thieme, Stuttgart New York, S. 500
2. Wilhelm H (2003) Traumatologie des Sehnerven. In: Rohrbach JM, Steuhl KP, Knorr M, Kirchhof B (Hrsg.) Ophthalmologische Traumatologie, Textbuch und Atlas. Schattauer, Stuttgart New York, S. 149
3. Gümbel H, Schnaudigel OE (1991) Kampfgasverletzungen am Auge. Der Augenspiegel, S. 15–21

Akustisches Trauma

F. Hohenstein

17.1 Einführung – 302

17.2 Krankheitsformen – 302

17.2.1 Knalltrauma – 303

17.2.2 Akutes Lärmtrauma – 303

17.2.3 Explosionstrauma – 303

17.2.4 Chronisches Lärmtrauma = chronische Lärmschwerhörigkeit – 304

17.2.5 Akustischer Unfall und stumpfes Schädeltrauma – 304

17.3 Innenohrschema – 305

17.4 Empfehlungen bei asymmetrischer Hörstörung – 307

Literatur – 307

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_17, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Dieser Abschnitt richtet sich insbesondere an die Träger der präklinischen Versorgung, wenn keine Hörtestanlage verfügbar ist. Es werden jedoch auch die weiteren therapeutischen Möglichkeiten für Einrichtungen dargestellt, die nicht ohne Weiteres in der Lage sind, einen HNO-Arzt persönlich zu Rate zu ziehen, aber mit einer Hörtestanlage ausgestattet sind (ROLE 1+ und ROLE 2+).

17.1 Einführung

»Akustisches Trauma« ist ein Überbegriff. Bei einem akustischen Trauma wird das Sinnesorgan Ohr durch die auftreffende Schallenergie verletzt (unsichtbare Verletzung, »invisible injury«). Bei einer akustischen Beschädigung der Kochlea (der Hörschnecke) sind die ultrastrukturellen Verletzungen wahrscheinlich bei allen Formen des akustischen Traumas dieselben, jedoch in unterschiedlicher Ausprägung: metabolische Entgleisung, Ischämie, Abfall des Sauerstoffpartialdruckes, Veränderungen der Mikrozirkulation, toxische Metabolite und freie Radikale, Verletzung oder Degeneration der Haarzellen, der Stützzellen und der Nervenendigungen bis hin zur Zerreißung der Rundfenstermembran und der Basilarmembran. Kleine traumatische Veränderungen wie die metabolische Entgleisung können repariert werden, das Gehör erholt sich. Schwerere Verletzungen bringen einen irreversiblen, mitunter nach Jahren noch zunehmenden Hörverlust mit sich.

Der wirksamste Schutz vor dem Verlust des Sinnesorgans »Ohr« ist die Lärmkarenz; wenn das nicht möglich ist, sollte ein mechanischer **Gehörschutz** getragen werden (Stöpsel oder Kopfhörer). Die Mitarbeit zum Selbstschutz der von Lärm betroffenen Personen ist weltweit verbesserungsbedürftig. Bei der Auswahl des Gehörschutzes sind die Spezifikationen der Hersteller zu beachten. Des Weiteren ist zu beachten, dass ein Unterschied zwischen Dauerlärm (Maschinenlärm, Heimwerkertätigkeiten, Baulärm auch bei Pionierarbeiten, Motorsport, Musik, anderer Freizeitlärm etc.) und Impulslärm (Schießen, Explosionen etc.) besteht.

Ab 85 dB Dauerlärm (etwa mittlerer Straßenlärm) ist Gehörschutz zu tragen.

Bei der Bundeswehr sind zwei verschiedene Gehörschutzstöpsel in Verwendung, die für jeweils eine Lärmart zugelassen und empfohlen sind. Hier sei ausdrücklich noch einmal die Verwendung von Gehörschutz bei Dauerlärm auch im Einsatz empfohlen. Die Israelische Armee (IDF) verwendet denselben Gehörschutz wie die Bundeswehr (die gelben EAR Classic II für Dauerlärm, die grauen Impulsschall-Gehörschutzstöpsel (ISGS) für Impulslärm).

Gehörschutzstöpsel oder Kopfhörer können lediglich die Luftleitung dämpfen, die Knochenleitung dagegen nicht. Die **Knochenleitungsschwelle** liegt aber 50 dB über der **Luftleitungsschwelle**. In Hörtestanlangen ist dieser Aspekt »eingerechnet«, sodass im normalen Hörtest die Knochenleitungskurve und Luftleitungskurve übereinander zu liegen kommen. Das bedeutet für Gehörschutz, dass maximal etwa 50 dB abgedämpft werden können. Die EAR Classic II dämpfen im Durchschnitt 26 dB ab. Diese Schutzmaßnahme ist aufgrund der logarithmischen Dezibelskala für Dauerlärm ausreichend.

Akustische Traumata können mit folgenden **Beschwerden** einhergehen:

- Subjektiver Hörverlust
- Objektiver Hörverlust, auch asymmetrisch
- Schmerzen
- Subjektiv zugefallenes oder verstopftes Ohr (mit normalem Spiegelbefund)
- Ohrgeräusch (Rauschen, Pfeifen, Klingeln etc.)
- Blutung aus dem Gehörgang
- Sekretion einer klaren Flüssigkeit aus dem Gehörgang. In diesem Fall ist an eine Liquorrhö oder an eine Perilymphfistel zu denken (entweder wegen des Explosionstraumas des Ohres oder einer Felsenbeinfraktur).

17.2 Krankheitsformen

»Akustisches Trauma« ist ein Überbegriff und beinhaltet:

- Knalltrauma
- Akutes Lärmtrauma
- Explosionstrauma
- Chronisches Lärmtrauma
- Akustischer Unfall
- Stumpfes Schädeltrauma

17.2.1 Knalltrauma

Verursacht durch Schallimpulse bis 2 ms Dauer mit einer Schalldruckspitze über ca. 150 dB. Ob dieser Schalldruck erreicht wird ist abhängig von

- den einzelnen Umständen,
- der Quelle und
- der Entfernung.

Klinik Schmerzen, Vertäubungsgefühl, Ohrgeräusch.

Befund Ohrspiegelung unauffällig.

Reintonaudiogramm Senke bei 4 kHz (c^5-Senke) typisch, es kann jedoch auch zu Hochtonabfall oder anderen Messungen kommen.

Prognose Die kurzfristige Prognose ist zunächst ungewiss (s. unten). Eine Besserung lässt sich schwer vorhergesagen, weil das Ausmaß der Schädigung und die genaue Knallstärke und -dauer nicht bekannt ist. Bei Lärmkarenz nimmt die Hörstörung auch über die Jahre jedenfalls **nicht** zu.

Behandlung Innenohrschema (Tab. 17.1).

17.2.2 Akutes Lärmtrauma

Lärmbelastung, die länger anhält als Knall oder Explosion und nicht ganz so laut ist wie diese, z. B. mehrere Schüsse in einiger Entfernung, Lärmarbeit, Disco, Rockkonzert.

Klinik Ohrspiegelung unauffällig.

Reintonaudiogramm Senke bei 4 kHz (c^5-Senke) typisch, es kann jedoch auch zu Hochtonabfall oder anderen Messungen kommen.

Prognose Spontanremission nach 10–12 h (bis zu 5 Tagen).

In den ersten 10 h bis 5 Tagen ist ein akutes Lärmtrauma nur audiologisch, d. h. durch die Spontanremission im Hörtest, von einem Knalltrauma zu unterscheiden!

Daher ist zunächst bei jedem Verdacht auf eine akute lärmbedingte Hörstörung ein Innenohrschema zu verabreichen. Wenn nach dem verabreichten Innenohrschema eine Normalisierung des Hörvermögens eintritt, ist auch nachträglich eine eventuelle »Sinnlosigkeit« des Innenohrschemas nicht nachzuweisen (Placeboeffekt).

Hier liegt der Grenzfall zwischen Knalltrauma und akutem Lärmtrauma! Bei einem intakten Trommelfell muss ein Soldat nicht zwingend sofort einer Einrichtung mit Hörtestanlage zugeführt werden. Es kann eine Kortisontherapie begonnen werden (Innenohrschema) und 5 Tage unter Therapie abgewartet werden. Wenn der Patient dann noch über eine Hörstörung klagt, sollte ein Audiogramm angefertigt werden. Unnötige Repatriierungen oder nächtliche Verlegungsflüge in eine ROLE 2+ sind zu vermeiden.

17.2.3 Explosionstrauma

Ein Explosionstrauma kann bei der Einwirkung von Schallimpulsen länger als 2 ms mit Schalldruckspitze über ca. 150 dB entstehen. Dabei werden das Mittel- und das Innenohr mechanisch beschädigt. Verletzungen des runden und des ovalen Fensters sind möglich, des Weiteren die Zerreißung der Basilarmembran des Innenohres. Zusätzlich werden Anteile des Mittelohres verletzt (Trommelfell, Gehörknöchelchenkette etc.). Diese Zerstörung der Mittelohrstrukturen hat andererseits einen schützenden Effekt auf das Innenohr, da die Weiterleitung der kompletten Schallenergie an die Kochlea verhindert wird.

Die alte Regel, eine explosionsbedingte Trommelfellperforation träte meist zusammen mit anderen Verletzungen auf (Polytrauma, »blast injury« der Lunge oder des Abdomens), ist nach den Erfahrungen und Untersuchungen aus Israel und dem Irak nicht aufrecht zu erhalten. Vielmehr ist die Trommelfellperforation nach einem Explosionsereignis ausdrücklich kein Marker für ein okkultes primäres Explosionstrauma von Lunge oder Abdomen. Intakte Trommelfelle können ein primäres Explosionstrauma weder ausschließen noch bestätigen. Aufgrund der neueren Datenlage wird für Patienten mit einem explosionsbedingten Trom-

melfelldefekt ohne weitere otologische oder sonstige klinische Zeichen einer Verletzung eine konventionelle Röntgenaufnahme der Lunge zum Ausschluss eines »blast injuries« und dann die zügige Entlassung aus der Notaufnahme empfohlen.

Klinik Schmerzen, Ohrblutung, Ohrsekretion, Vertäubungsgefühl, Hörminderung, Schwindel mit oder ohne Nystagmus sind möglich bei Verletzung des Innenohres.

Befund Trommelfellzerreißung, Ohrblutung oder Ohrsekretion möglich (Perilymphe, Endolymphe, ggf. Liquor).

Reintonaudiogramm Kombinierte Schwerhörigkeit (Knochenleitung **und** Luftleitung schlecht).

Prognose Eine Zunahme der Hörstörung ist über die Jahre auch bei Lärmkarenz möglich. Im Koblenzer Krankengut hatten 14 von 71 von einem Explosionstrauma betroffenen Ohren (nicht Patienten), das sind fast 20 %, eine zunehmende Innenohrhörverschlechterung im Vergleich zum Hörtest bei Aufnahme.

Behandlung Bei einem Flüssigkeitsaustritt aus dem Gehörgang, egal ob Blut oder klare Flüssigkeit, sollte der Gehörgang steril abgedeckt und ein systemisches Antibiotikum verabreicht werden. Der Patient sollte einem HNO-Arzt zugeführt werden. Defektdeckung, Innenohrschema (Tab. 17.1), wenn die weiteren Verletzungen dies erlauben.

Beim Explosionstrauma sind oft mehrfache ohrchirurgische Eingriffe nötig. Ob eine Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette und des Trommelfells sofort zusammen mit der Deckung einer eventuellen Labyrinthfistel erfolgen soll oder später, ist umstritten. Neuere Untersuchungen geben Hinweise auf Vorteile einer sofortigen Deckung. Nach der Abheilung, die sich infektbedingt oft verzögert, muss eine Hörrehabilitation erfolgen. Hier steht das gesamte Spektrum der Hörrehabilitation zur Verfügung. Je nach Schwere der Hörstörung konventionelles Hörgerät oder unterschiedliche Arten der implantierbaren Hörgeräte.

17.2.4 Chronisches Lärmtrauma = chronische Lärmschwerhörigkeit

Bei wiederholter Lärmexposition von mehr als 85 dB ist das Gehör gefährdet (Berufslärm, Kesselschmiede, Baustelle, Freizeitlärm, Sinfoniker, DJs oder Nightclub-Personal, Rockmusiker). Wichtig sind zwischen den Lärmphasen die Erholungsphasen!

Klinik Schwerhörigkeit.

Befund Ohrspiegelung unauffällig.

Reintonaudiogramm Im Anfangsstadium Senke bei 4 kHz (c^5-Senke), später Hochtonabfall.

Prognose Bei Lärmkarenz nimmt die Hörstörung eher **nicht** zu, aber auch das ist umstritten.

Behandlung Ggf. Hörgerät oder implantierbare Hörgeräte.

17.2.5 Akustischer Unfall und stumpfes Schädeltrauma

Der akustische Unfall ist eine einseitige Innenohrschwerhörigkeit nach Lärm unter körperlicher Belastung mit Verdrehung der Halswirbelsäule, z. B. bohren oder schleifen über Kopf.

Auch ein stumpfes Schädeltrauma ohne Fraktur kann mit einer Hörstörung einhergehen.

Klinik Schwerhörigkeit.

Befund Ohrspiegelung unauffällig.

Reintoaudiogramm Senke bei 4 kHz (C^5-Senke) oder andere Innenohrschäden.

Behandlung Innenohrschema (Tab. 17.1).

Interpretation von Hörtests im Einsatz

Grundsätzlich ist die Interpretation der im Einsatz angefertigten Hörtests schwierig. Meist scheint das wahre Hörvermögen besser zu sein als die Messung. Das ist aber nur Erfahrung. Ein im Einsatz angefer-

tigtes Audiogramm mit pantonalen Werten von 15–20 dB darf bei geeigneter Anamnese als normal gewertet werden. Hilfreich ist auch die Frage nach Ohrgeräuschen. Wenn keine Beschwerden mehr angegeben werden, ist das Hörvermögen mit hoher Wahrscheinlichkeit in Ordnung. Anders bei einer eindeutigen Senke um 4 kHz, hier ist eine echte Hörminderung zu unterstellen.

Eine lärmbedingte Hörstörung kann auch bei symmetrisch eingewirktem Lärm asymmetrisch sein. Das linke Ohr ist statistisch häufiger betroffen. In einer Untersuchung an 4.277 Angehörigen der Israelischen Armee hatten etwa die Hälfte eine symmetrische Hörschädigung, 34,2 % eine linksbetonte Hörminderung und 16,3 % eine rechtsbetonte Hörminderung. Die Studie konnte zeigen, dass dieser Befund unabhängig ist von demographischen Parametern, Art des Lärmes, Stapediusreflexmessungen oder Händigkeit. Die genaue Art des Lärms wurde nicht analysiert. An finnischen Soldaten vorgenommene Untersuchungen zeigten ebenfalls eine Seitenpräferenz für das linke Ohr, eine andere Studie für das rechte Ohr, obwohl das linke Ohr das dem Lärm exponiertere war. Andere Untersuchungen weisen auf eine Subpopulation von ca. 5 % hin, bei der das linke Ohr insbesondere bei 2 kHz über 20 dB mehr geschädigt sei als das rechte.

Das Problem bei der Asymmetrie ist das Übersehen von retrokochleären Prozessen (z. B. Akustikusneurinom). In einer britischen Studie wurden 225 Soldaten retrospektiv untersucht. Bei diesen Patienten war das linke Ohr in den Prüffrequenzen 2, 3, 4 und 6 kHz signifikant schlechter als das rechte. Bei 4 kHz hatten 67 % der Patienten einen Seitenunterschied von mehr als 10 dB. In dieser Studie war die Art der Waffenlärmbelastung vielseitig (Gewehrfeuer, Mörsergranaten, Panzerabwehr, Artillerie, Detonationen, Maschinenlärm und Sprechfunktätigkeit mit Kopfhörern).

Bei deutschen gutachterlichen Tätigkeiten wird immer nach der Richtung gefragt, aus der der möglicherweise schädigende Lärm kam, und die Richtung wird auch in der gutachterlichen Beurteilung beachtet.

Eine Simulation oder Aggravation ist unter Einsatzbedingungen selbst in Mazar-i-Sharif nicht zu ermitteln! Die OAE (otoakustische Emissionen) können ein Marker für eine okkulte Hörstörung sein oder auf eine Simulation oder Aggravation hinweisen. Die Bundeswehr ist aber nicht mit OAE-Messgeräten im Einsatz ausgestattet.

17.3 Innenohrschema

Es existiert eine Fülle von Studien zum Thema Innenohrtherapie beim Hörsturz. Die Datenlage beim akustischen Trauma ist wesentlich weniger umfangreich. Der Wert von Steroiden beim Hörsturz bleibt unklar, die Evidenz in kontrollierten Studien ist widersprüchlich wegen zu kleiner Patientenzahlen. Die Spontanheilungsrate beim Hörsturz wird mit 30–60 % angegeben. Dennoch hat sich die Steroidtherapie als »Quasi-Standard« in vielen Ländern der Welt durchgesetzt. Die zusätzliche Gabe weiterer Medikamente und ihre Darreichungsform sind im Wesentlichen umstritten. In der Praxis wird die Hörsturztherapie frei auf die konservative Therapie beim akustischen Trauma übertragen. Beim Explosionstrauma kommen noch operative Maßnahmen hinzu. In jüngerer Zeit haben sich Empfehlungen zur konservativen Therapie entwickelt, zusammengefasst in ◘ Tab. 17.1.

Eine Infusionstherapie hat keinen zusätzlichen positiven Effekt gezeigt. Die Infusion mit NaCl gilt als Placebo, von einer rheologischen Therapie (Dextran, HES, Pentoxifyllin und Naftidrofuryl) wird z. T. wegen der Nebenwirkungen und der fehlenden Evidenz abgeraten. Ebenfalls keinen Vorteil gegenüber Placebo zeigten in klinischen Studien bisher folgende Medikamente: Ginkgo biloba, Cinnarizin, Flunarizin, Thrombozytenaggregationshemmer. Der Effekt von Vasodilatatoren bleibt unbewiesen. Kalziumkanalblocker und Prostaglandine scheinen wegen »Steal«-Effekten kontraindiziert zu sein. Nimodipin bietet im Tierexperiment keinen Schutz vor einer Lärmschädigung. Die hyperbare Sauerstofftherapie (HBO-Therapie) verbessert bei der akuten Hörverschlechterung zwar das Hörvermögen, jedoch ist die klinische Signifikanz unklar. Die HBO-Therapie hat bei der chronischen Schwerhörigkeit keinen evidenten Effekt. Sie wird eher als Second-line-Therapie empfohlen.

Vitamin E scheint einen positiven Effekt zu besitzen. Die Angaben bei der **Thioctsäure (α-Liponsäure)** sind widersprüchlich. Die **α-Liponsäure** und

NMDA-Rezeptor-Antagonisten (Caroverin, Memantin, und andere) haben im Tierversuch einen protektiven Effekt gezeigt, jedoch keinen therapeutischen. Ebenso N-L-Acetylcystein.

Analog zum Hörsturz kann eine **intratympanale Kortisontherapie** vom HNO-Arzt erwogen werden (1 Amp 4 mg Dexamethason durchs Trommelfell ins Mittelohr gespritzt und den Patienten 20 min auf der gesunden Seite ruhen lassen). Hier liegen aber keine Daten für das akustische Trauma vor.

Ein protektiver Effekt des **Magnesiums** auf das lärmbelastete Gehör wurde zunächst in zahlreichen Tierversuchen gezeigt. In der Folge konnte in einer Untersuchung an 200 israelischen Rekruten in einer zweimonatigen Grundausbildung mit Magnesium die Wahrscheinlichkeit gesenkt werden, ein akustisches Trauma zu erleiden. Die Probanden erhielten während der 2 Monate täglich 6,7 mol Magnesium zusätzlich. Der Magnesiumspiegel war in den mononukleären Zellen signifikant erhöht, nicht im Serum. Die Placebogruppe hatte häufiger und schwerere Hörverschlechterungen als die Magnesiumgruppe. Die Nebenwirkungsrate war nicht signifikant erhöht. In einer weiteren Studie konnte der Schutzeffekt von Magnesium und die beschleunigte Rückbildung von Hörstörungen im Reintonaudiogramm gezeigt werden. In beiden Studien wurde ausschließlich Magnesium als Verum verwendet. Ein Serummagnesiumspiegel, gemessen Jahre nach dem akustischen Trauma, korreliert wohl nicht mit einer lärmbedingten Hörverschlechterung. Die Ergebnisse von Studien an 24 Piloten der Israelischen Air Force und 68 Soldaten der US-Army sind uneinheitlich.

Der Autor empfiehlt bei jeder akuten subjektiven (wenn ein Hörtest nicht angefertigt werden kann) oder audiometrisch nachgewiesenen Hörstörung die Durchführung des in Tab. 17.1 dargestellten Schemas (angelehnt an das »Koblenzer Innenohrschema«, das im Bundeswehrzentralkrankenhaus (BwZK) Koblenz verwendet wird).

Modifiziertes Koblenzer Innenohrschema: absteigende Gabe von Prednisolon unter Magenschutz (z. B. Protonenpumpeninhibitor), zusammen mit Zink, Vitamin E und Magnesium. Es wird die ausschließliche orale Gabe empfohlen.

Die Therapie kann sofort eingeleitet werden, unter Einsatzbedingungen auch nur aufgrund der klinisch-anamnestischen Beschwerden (subjektive Hörminderung). Es sollte dann aber recht bald (innerhalb von 5 Tagen) ein Hörtest angefertigt werden, um ein echtes Knalltrauma von einem akuten Lärmtrauma zu unterscheiden. Wegen der zwei verschiedenen Wirkmechanismen des Kortisons ist eine höhere Dosis an den ersten beiden Tagen gerechtfertigt. Eine Vorstellung beim HNO-Arzt ist in Anbetracht des Transportaufwandes im Einsatzland nur in begründeten Fällen gerechtfertigt. Der Soldat mit Knalltrauma darf eine Tätigkeit ohne Lärmbelastung ausüben, dabei soll sich das Gehör erholen. Das bedeutet, dass ein Aufenthalt im Lager empfehlenswert ist, eine stationäre Aufnahme aber nicht nötig. Bei einem akuten Lärmtrauma wäre der Hörtest nach 3–5 Tagen wieder normal, in diesen Fällen ist die Kortisontherapie abrupt zu beenden. Auch bei einer späteren Remission ist das Schema zu beenden und der Soldat wieder einsatzfähig. Eine kleine bleibende isolierte Hochtonsenke ist am ehesten ein altes Trauma.

Nach Ablauf des Schemas kann die ZDv 46/1 zugrunde gelegt werden (GNr.: 28 Anlage 3/29), ggf. unter Hinzuziehung (auch telefonisch) des HNO-Arztes im Einsatz (Mazar-i-Sharif).

Häufige Neben-/Wechselwirkungen

- Bei bekanntem Bluthochdruck diesen häufiger kontrollieren
- Bei Diabetes mellitus häufige Blutzuckerkontrollen!
- Neben- und Wechselwirkungen von Prednisolon: gesteigerte Erregbarkeit, Schlafstörungen, Hautveränderungen
- Vorsicht bei gleichzeitiger Einnahme von Digitalispräparaten oder Marcumar
- Wechselwirkungen von Pantozol: Vorsicht bei gleichzeitiger Einnahme von Diazepam, Schlafmitteln, Digitalispräparaten

Tab. 17.1 Innenohrschema. (Angelehnt an das Koblenzer Innenohrschema). Das Schema wird auch zivil eingesetzt!

Tag	Datum	Prednisolon 50 mg/Tablette	Darreichung Prednisoln)	Pantozol 40 mg	Zink 20 mg	Vitamin E 200 I.E.	Magnesium 6,7 mol
1		250 mg	5-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
2		250 mg	5-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
3		100 mg	2-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
Hörtestkontrolle nach 3–5 Tagen							
4		100 mg	2-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
5		75 mg	1½-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
6		75 mg	1½-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
7		50 mg	1-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
8		50 mg	1-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
9		25 mg	½-mal50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
10		25 mg	½-mal 50 mg	1-0-1	1-0-0	1-0-0	1-0-0
Wechsel auf Prednisolon 5 mg/Tablette							
11		10 mg	2-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0
12		10 mg	2-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0
13		5 mg	1-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0
14		5 mg	1-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0
15		2,5 mg	½-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0
16		2,5 mg	½-mal 5 mg	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0

Prednisolon: Immer morgens einzunehmen.
Pantozol: ½ h vor den Mahlzeiten einzunehmen.
Zink: ½ h vor dem Frühstück einzunehmen.

17.4 Empfehlungen bei asymmetrischer Hörstörung

- Bei einer Luftleitungsschwerhörigkeit von über 25 dB bei 0,5 oder 1 kHz in einem Ohr oder einer Seitendifferenz der Luftleitungsschwerhörigkeit von mehr als 10 dB bei 0,5 oder 1 kHz sollte eine HNO-Untersuchung in einer ROLE 2+ zum Ausschluss eines retrokochleären Prozesses erfolgen.
- Bei einer plausiblen Anamnese, z. B. Waffenlärm, ist auch bei einer Seitendifferenz von mehr als 10 dB in den Prüffrequenzen eine abwartende Haltung gerechtfertigt. Der Soldat sollte vor weiterem Lärm geschützt werden, ein Innenohrschema erhalten und das Gehör nach 6 Monaten erneut geprüft werden.

Literatur

1. Agarwal L, Pothier DD (2009) Vasodilators and vasoactive substances for idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Cochrane Database of Systematic Reviews 2009, Issue 4. Art. No.: CD003422. DOI: 10.1002/14651858.CD003422.pub4
2. Attias J et al. (1994) Oral Magnesium intake reduces permanent hearing loss induced by noise exposure. Am J Otolaryngol 15-1: 26–32

3. Attias J et al. (2004) Reduction in noise-induced temporary threshold shift in humans following oral magnesium intake, Clin Otolaryngol 29: 635–641
4. Bennett MH, Kertesz T, Perleth M, Yeung P (2007) Hyperbaric oxygen for idiopathic sudden sensorineural hearing loss and tinnitus. Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 1. Art. No.: CD004739. DOI: 10.1002/14651858.CD004739.pub3
5. Boettcher FA et al. (1998) Effects of nimodipine in noise-induced hearing loss. Hear Res 121 (1-2): 139–146
6. Chung YD et al. (1983) Lateral Differences in Susceptibility to Noise Damage. Audiology 22: 199–205
7. Cox HJ et al. (1955) Hearing loss associated with weapons noise exposure: when to investigate an asymmetrical loss. J Laryngol Otol 109: 291–295
8. Duan M et al. (2004) Dose and time-dependent protection of the antioxidant N-L-acetylcysteine against impulse noise trauma. Hearing Research 192: 1-9
9. Harrison CD et al., Tympanic membrane perforation after combat blast exposure in Iraq: a poor biomarker of primary blast injury. J Trauma 2009, Vol 67 (1): 210–211
10. Koblenzer Innenohrschema. Jakob R. persönliche Mitteilungen
11. Jacob R, Hohenstein F (2010) Acoustic traumas in missions and treatment in role 4. German Experience in Afganistan. Vortrag Val de Grace
12. Joachims Z et al. (1987) Noise-induced hearing loss in humans as a function of serum Mg concentration. Magnesium Bull 9: 130–131
13. Job A et al. (2004) Moderate variations ODF mood/emotional states related to alterations in cochlear otoacoustic emissions and tinnitus onset in young normal hearing subjects exposed to gun impulse noise. Hearing Research 193: 31–38
14. Leibovici D et al. (1999) Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? Ann Emerg Med 34 (2): 168–172
15. Nageris BI et al. (2007) Asymmetry in Noise-Induced Hearing loss: Relevance of Acoustic Reflex and Left or Right Handedness. Otol Neurootol 28: 434–437
16. Plontke S (2005) Konservative Verfahren des gestörten Hörens. Laryngo-Rhino-Otol 84 Supplement 1: 1–36
17. Walden BE et al. (2000) The role of magnesium in the susceptibility of soldiers to noise-induced hearing loss. J Acoust Soc Am 108-1: 453–456
18. Wei BPC, Mubiru S, O'Leary S (2006) Steroids for idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 1. Art. No.: CD003998. DOI: 10.1002/14651858.CD003998.pub2

Schädel-Hirn-Trauma (SHT)

M. Di Micoli

18.1 Definitionen – 310

18.2 Klinische Klassifikation – 310

18.3 Pathophysiologie – 311

18.4 Klinik und Diagnostik – 311

18.5 Therapie – 311

18.6 Taktische Besonderheiten – 312

Literatur – 314

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_18, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Schädel-Hirn-Verletzungen haben in der taktischen Medizin aufgrund ihrer Häufigkeit und der teilweise gravierenden Folgen eine große Bedeutung. Sowohl stumpfe SHT (Sturz, Verkehrsunfall) als auch perforierende SHT (Schuss- oder Splitterverletzungen) sind anzutreffen. Zunehmende Bedeutung erlangen »banale« leichte SHTs und ihre möglichen Auswirkungen auf posttraumatische Belastungsstörungen (PTBS) und andere neurologische Störungen im Mittel- und Langzeitverlauf.

18.1 Definitionen

- **Schädel-Hirn-Trauma**: Temporäre oder dauerhafte traumatische (stumpf oder penetrierend) Schädigung des Gehirns.
- **Primäre Schädigung**: Schädigung der Hirnsubstanz durch das Trauma selbst (Kontusion, Einblutung, Substanzverlust). Irreparabel – durch (prä-)klinische Therapie nicht beeinflussbar.
- **Sekundäre Schädigung**: Anhaltende oder zunehmende Schädigung durch verminderte Hirndurchblutung (CPP, »cerebral perfusion pressure«), Hypoxie, Hyperkapnie, Hirnödem. Durch (prä-)klinische Therapie beeinflussbar.
- **Offenes SHT**: Verletzung der Dura mater mit Verbindung des Liquorraums zur Außenwelt und Gefahr einer Infektion (Meningitis/Enzephalitis).

18.2 Klinische Klassifikation

Es existieren viele Einteilungen für das SHT. Problematisch ist, dass bei vielen Klassifikationen aufgrund der zu erhebenden Parameter (Dauer der Amnesie/Bewusstseinsstörung) die korrekte Schweregradeinteilung nur retrospektiv zu bestimmen ist. Die Einteilung in leichtes, mittelschweres und schweres SHT (Tab. 18.2) auf Basis des initialen Wertes der **Glascow-Coma-Scale** (Tab. 18.1), möglichst ohne vorherige Gabe eines Analgetikums/Sedativums, hat sich in der Praxis bewährt (obwohl die GCS nicht für die Beurteilung akut hirnverletzter Patienten entwickelt wurde).

Tab. 18.1 Einteilung Schweregrad SHT (modifiziert)

	GCS-Wert initial	Amnesie	Bewusstseinsstörung	Sonstiges
Leichtes SHT	13–15	<24 h	<30 min	Übelkeit, Erbrechen
Mittelschweres SHT	9–12	1–7 Tage	30 min – 24 h	Neurologische Herdsymptome (Anisokorie, Hemiparese) möglich
Schweres SHT	3–8	>7 Tage	>24 h	Hirnstammzeichen

Tab. 18.2 Glasgow-Coma-Scale (GCS). Maximal 15, minimal 3 Punkte möglich

Beste verbale Antwort	Beste motorische Antwort	Augenreaktion (Öffnen)	Punkte
	Befolgt Aufforderung		6
Orientiert	Gezielte Abwehr auf Schmerz		5
Konfuser Wortsalat	Ungezielte Abwehr	Spontan	4
Wörter verworren	Beugesynergismen	Öffnen auf Aufforderung	3
Unverständliche Laute	Strecksynergismen	Öffnen auf Schmerzreiz	2
Keine	Keine	Keine	1

18.3 Pathophysiologie

Der Fokus in der Therapie eines SHT liegt auf der Hirndurchblutung. Der **zerebrale Perfusionsdruck** CPP (»cerebral perfusion pressure«) wird durch den intrakraniellen Druck (ICP, »intracranial pressure«) und den mittleren arteriellen Druck MAP (»mean arterial pressure«: näherungsweise: $RR_{diast} + 1/3 \times [RR_{syst} - RR_{diast}]$) bestimmt:

$$CPP = MAP - ICP \text{ (in mmHg)}$$

Bei Ansteigen des ICP, z. B. durch eine intrakranielle Blutung oder Hirnschwellung, verringert sich bei gleichbleibendem oder gar sinkendem Blutdruck (Schock) der CCP. Sinkt der CPP unter die Schwelle von **60 mmHg**, kommt es zur zerebralen Ischämie und somit zur andauernden Hirnschädigung, nicht nur im primär verletzten Hirnanteil. Endogen kommt es zu einer zentralen Gegenregulation mit Vasodilatation der zerebralen Gefäße und Erhöhung des systemischen Blutdruckes (Cushing-Reflex, Monroe-Kellie-Doktrin).

Tipp

In der präklinischen Praxis sollte ein systolischer RR von 110 mmHg beim SHT nicht unterschritten werden.

Besonders die Kombination aus Hirndruck und niedrigem Blutdruck ist für die sekundäre Hirnschädigung beim SHT fatal.

18.4 Klinik und Diagnostik

Ein SHT ist insbesondere in der Akutphase ein dynamisches Geschehen und bedarf einer engmaschigen Kontrolle, um eine Verschlechterung des neurologischen Status zu bemerken und adäquat zu therapieren.

Die präklinische Diagnostik beim SHT besteht nach der immer zuerst durchzuführenden Basisdiagnostik (<**C>ABCDE**) aus der Erhebung der (Fremd-)Anamnese und des GCS (so früh wie möglich, möglichst vor Medikamentengabe) sowie einer grob neurologischen Untersuchung. Diese ist vor allem eine klinische, nicht apparative, Diagnostik, die beim Geübten innerhalb kurzer Zeit sicher durchzuführen ist. Einen Überblick gibt ◘ Tab. 18.3.

Bis zu 15 % der Patienten mit einem schweren stumpfen SHT haben eine zusätzliche **Verletzung der Wirbelsäule** (v. a. HWS). Der Erstdiagnostik und dem ersten erhobenen neurologischen Status (vor Analgosedierung) kommen daher eine wichtige (auch prognostische) Rolle zu. Dem Erstbefundenden obliegt die Verantwortung für die Weitergabe und Dokumentation für die nachfolgend Behandelnden. Einschränkungen der sensomotorischen Funktion der Extremitäten durch z. B. Frakturen oder spinale Verletzungen müssen erkannt und bezüglich des erhobenen GCS korrekt eingeordnet werden. Eine Hypoglykämie als (Haupt-)Ursache der neurologischen Störung muss ausgeschlossen werden. Die Kombination eines SHT mit Verletzungen anderer Körperregionen unter taktischen Bedingungen ist häufig. Eine wiederholte Untersuchung zur Entdeckung weiterer Verletzungen und einer Änderung des (neurologischen) Status (»second, third, … survey«) ist erforderlich.

Die Prognose eines tief bewusstlosen Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma ist nach wie vor schlecht. Im Einzelfall muss die aufwändige Versorgung dieses Patienten unter Berücksichtigung der taktischen Lage und weiterer Verwundeten abgewogen werden (Triage).

18.5 Therapie

Ziel der präklinischen Therapie des mittelschweren und schweren SHT ist die Vermeidung von Sekundärschäden durch steigenden Hirndruck und sinkenden CPP.

Hirndrucksteigerungen durch Husten, Würgen o. ä. sind zu vermeiden (ausreichende Analgosedierung). **Analgetika** und **Sedativa** senken zwar nicht direkt den Hirndruck, durch Vermeidung von Unruhezuständen und verbesserter (Be-)Atmung werden Sekundärschäden jedoch durch eine verbesserte Oxygenierung reduziert. **Ketamin** ist aufgrund seiner therapeutischen Breite, Applikations-

Tab. 18.3 Klinische Diagnostik beim SHT

Basisdiagnostik	<C>ABCDE, Pulsoxymetrie, RR-Kontrolle, Blutzucker
Unfallmechanismus	(Fremd-)Anamnese, Blast?, Zeichen stumpfer oder penetrierender Verletzungen im Kopfbereich, beschädigter Helm, Monokel- oder Brillenhämatom, Skalpierungsverletzung, Mittelgesichtstrauma
Symptome	Bewusstseinstrübung bis zur Bewusstlosigkeit, Kopfschmerz, Übelkeit, Schwindel, Erbrechen, Amnesie, Doppelbilder, Anisokorie
GCS	So früh wie möglich erheben, dann auch im weiteren Verlauf, unter Berücksichtigung ggf. verabreichter Medikamente
Pupillomotorik	Prompt, verzögert, reagibel, lichtstarr, seitengleich, Größe (Mydriasis in der Regel auf der Seite mit steigendem Hirndruck). Fehlermöglichkeit z. B. bei Bulbustrauma, vorbestehender Augenerkrankung, Katecholaminen, Ketamin
Grob neurologische Untersuchung	Prüfung der sensomotorischen Funktion jeder Extremität unter Berücksichtigung möglicher peripherer oder spinaler Läsionen und Frakturen
Ganzkörperstatus	Wirbelsäule, Extremitäten, Körperhöhlen (häufig Zusatzverletzungen beim SHT!)
Einklemmungszeichen	Progrediente Bewusstseinstrübung bis zur Bewusstlosigkeit, Mydriasis (zuerst ein-, dann beidseitig), Streckkrämpfe, Bradykardie

möglichkeit (i.v., i.m.) und seiner vasopressorischen Komponente gerade im taktischen Bereich und beim mehrfach verletzten SHT-Patienten zu empfehlen.

Wenn die taktische Lage und Ressourcen es erlauben, ist bei entsprechender Erfahrung eine **Relaxierung** sinnvoll, um Hirndruckspitzen zu vermeiden. Zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Hirndurchblutung soll der systolische Blutdruck über 110 mmHg gehalten werden, ggf. auch mit **Katecholaminen** (außer bei permissiver Hypotonie beim (aus-)blutenden Patienten – in diesen Einzelfällen individuelle Risikoabschätzung notwendig).

Eine hirnprotektive Wirkung von hypertonen und hyperosmolaren (HyperHAES-) Lösungen konnte noch nicht bewiesen werden, ist aber pathophysiologisch, analog zu Mannitol, zumindest kurzfristig denkbar. Aufgrund der medikamentös induzierten intravasalen osmotischen Druckerhöhung soll es zu einer »Ausschwemmung« von Flüssigkeit im Hirn und der verletzten Areale perifokal kommen. Durch die Volumenreduktion im Gewebe sinkt konsekutiv der Hirndruck. Nach Beendigung der Medikamentenwirkung ist jedoch, zumindest theoretisch, derselbe Mechanismus in die andere Richtung möglich (Rebound-Phänomen), wenn osmotisch wirksame Bestandteile den Intravasalraum verlassen haben und sich im geschädigten Gebiet (z. B. Parenchymeinblutung) anreichern. Daher ist die präklinische Therapie mit Mannitol/HyperHAES nur bei drohender Einklemmung indiziert.

Tab. 18.4 gibt einen Überblick über die präklinische Therapie des mittelschweren und schweren Schädel-Hirn-Traumas.

18.6 Taktische Besonderheiten

Schutz- und Gefechtshelme haben bei Splittern und Geschossen mit kleinem Kaliber und niedriger Geschwindigkeit eine gute Schutzwirkung, abhängig vom Aufprallwinkel (▶ Kap. 12). Sie schützen in gewissem Maße vor sekundären Explosionsverletzungen. Wie in ▶ Kap. 13 erläutert, besteht insbesondere bei Explosionsverletzungen die Möglichkeit der Reflexion der Schockwelle an der Innenseite des Helmes mit dem Hirn im Zentrum. Die Schädelkalotte bietet hier einen gewissen Schutz, über deren Ausmaß und Überlastungsgrenze jedoch keine Daten existieren. Trotz nicht vorhandener sichtbarer Verletzungszeichen ist ein relevantes SHT denkbar.

Es gibt Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen einem erlittenen leichten Schädel-Hirn-

Tab. 18.4 Therapie des mittelschweren und schweren SHT

Basismonitoring	Pulsoxymetrie, RR-Messung
Lagerung	30° Oberkörper hoch in gerader, fixierter Kopfstellung (venöser Abfluss), wenn RR >90 mmHg, sonst Flachlagerung. Hilfsmittel: Zervikalstütze, Spine-board, Schaufeltrage (Wirbelsäulenverletzung)
Atmung/ Beatmung	Atemwegssicherung, O_2-Gabe. Intubation bei GCS <9. PEEP <10 mbar. Normoventilation anstreben, bei verfügbarer Kapnometrie pCO_2 von 35 mmHg. Vorsicht bei nasaler Intubation und Wendeltubus bei Mittelgesichts-und Schädelbasisverletzung (Via falsa)
Kreislauf	RR >110 mmHg halten, Schockbehandlung, Blutstillung, Volumengabe, ggf. HyperHAES, Katecholamine (cave permissive Hypotonie)
Analgosedierung	Ausreichend! Opiate, Benzodiazepine, Etomidat, Ketamin. Barbiturate bei isoliertem SHT möglich – cave RR-Abfall! Bei ausreichender Analgosedierung ist eine Relaxierung meist nicht erforderlich
Wundversorgung	Wunden sauber abdecken, festsitzende Fremdkörper belassen. Ausgetretene Hirnsubstanz belassen und ohne zusätzlichen Druck mit Verband abdecken. Massiver Blutverlust aus Skalpierungs- und Mittelgesichtsverletzungen möglich → ggf. Druckverband, Nasentamponade mit Blasenkatheter
Transport	Schnellstmöglich und schonend (möglichst in Einrichtung mit CT und neurochirurgischer Operationsmöglichkeit)
Drohende Einklemmung	Kurzfristige Hyperventilation, Mannitol 0,5 g/kg (z. B. 200 ml Mannitol 20 %) alle 1–2 h (cave Hypernatriämie und bei Hypotension, Rebound-Phänomen) HyperHAES (Therapieversuch: keine gesicherte Datenlage, fragliche Vorteile bei gleichzeitigem Volumenmangelschock)
Zerebraler Krampfanfall	Prognostisch sehr ungünstig. Gabe von Benzodiazepinen, in verzweifelten Fällen Barbiturat-narkose (cave RR-Abfall!)
Sonstiges	Blutzucker im Normbereich halten
	Bei offenem SHT Antibiotikagabe (Breitspektrum) erwägen
	Keine Gabe von Glukokortikoide außer beim spinalen Trauma mit neurologischem Defizit (NASCIS-II-Schema: 30 mg/kg als Bolus, 5,4 mg/kg/h über 23 h)
	Präklinisch keine protektive Hypothermie

Trauma und einer **posttraumatischen Belastungsstörung** (PTBS) bei Soldaten in Kampfeinsätzen. Die Symptome eines leichten SHT, einer akuten Stressreaktion und eines PTBS sind teilweise unspezifisch, ähnlich und machen eine Differenzierung schwierig. Symptome können sofort, aber auch erst deutlich verspätet auftreten. Gerade in aktiven Kampfeinheiten ist die Identifizierung dieser Personen wichtig, um eine Aussage bezüglich ihrer momentanen Einsatzfähigkeit treffen zu können. Man kann davon ausgehen, dass Angehörige von Kampfeinheiten und Spezialkräften eine hohe Duldungstoleranz bzgl. mutmaßlich unwichtigen Befindlichkeitsstörungen wie Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerz, leichte Benommenheit, leichte Gedächtnisstörungen, Müdigkeit u. ä. besitzen und nicht zwingend die Notwendigkeit sehen sich deswegen beim medizinischen Personal vorzustellen. Auch wenn im Einzelfall eine Unterbrechung des Dienstes nicht möglich ist, ist die Identifikation dieser Patienten wichtig, um sie taktisch entsprechend ihrer eingeschränkten Verwendungsfähigkeit einsetzen zu können.

Zur Identifizierung von Patienten mit einem subklinischen leichten SHT wurde von den amerikanischen Streitkräften der **MACE-Test** entwickelt (Military Acute Concussion Evaluation), der kognitive und mnestische Fähigkeiten prüft. Dieser Test sollte nach einem fraglichen leichten SHT oder einem mutmaßlichen Blast verwendet werden um

akute kognitive Defizite aufzudecken, die die Einsatzfähigkeit einschränken. Er soll entsprechend gefährdete Soldaten identifizieren und, je nach Symptomatik und Dringlichkeit, einer weiteren Diagnostik zuführen. Der Test kann auch von nichtärztlichem Personal eingesetzt werden, dauert ca. 5 min und ist im Internet abrufbar (www.dvbic.org).

In der Regel wird einem Patienten nach einem leichten Schädel-Hirn-Trauma ohne auffälligen Test eine körperliche Schonung für 1 Woche empfohlen.

Literatur

1. AWMF-Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie (2007) Nr. 008/001, Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenhalter
2. Schneider T, Wolcke B, Bähmer R (2006) Taschenatlas Notfall & Rettungsmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York
3. Teton New Media and The Geneva Foundation (2001) Special Operations Forces Medical Handbook US-SOCOM. Florida
4. Ziegenfuß T (2007) Notfallmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York

Hängetrauma

R. Lechner, T. Lobensteiner

19.1 Einführung – 316

19.2 Pathophysiologie – 316

19.3 Bergungstod – 317

19.4 Behandlung – 319

19.5 Prävention – 320

Literatur – 321

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_19, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

19.1 Einführung

Die Pathophysiologie und Behandlung des Hängetraumas wird seit den 1970er Jahren kontrovers diskutiert [1, 8]. Auch wenn es sich beim Hängetrauma um ein sehr seltenes Ereignis handelt, besteht prinzipiell bei allen seilgesicherten Tätigkeiten das Risiko ein Hängetrauma zu erleiden [1, 2]. Dies wird durch zahlreiche Fallberichte belegt, bei denen Bergsteiger und Speläologen durch freies Hängen ein Hängetrauma erlitten haben und teilweise ohne gravierende andersartige Verletzungen verstorben sind [3, 8]. Auch in Versuchsreihen klagten bewegungslos im Seil hängende Probanden mitunter schon nach wenigen Minuten über starkes Unwohlsein und wurden zum Teil Sekunden nach Symptombeginn ohnmächtig [1, 3].

Beim Hängetrauma handelt es sich um eine durch bewegungsloses, annähernd vertikales, freies Hängen in einem Anseilgurt induzierte Kreislaufdepression mit möglicher Todesfolge [1, 3].

Potenziell gefährdet sind alle Personen, bei denen längeres freies Hängen in einem Anseilgurt möglich ist, beispielsweise Industriekletterer, Bergsteiger, Speläologen, Gleitschirmflieger und Fallschirmspringer [1, 4]. Auch in militärischen und polizeilichen Lagen sind Szenarien, bei denen ein Hängetrauma auftreten kann, denkbar. Dies betrifft vor allem die Verbringungsart Gebirge (Spaltensturz, Seilgeländer, Klettermanöver) und taktische Abseilmanöver, beispielsweise beim Eindringen in Gebäude.

Das **Risiko** für ein Hängetrauma steigt hierbei mit der Dauer des Hängens an, vor allem wenn die betroffene Person verletzungsbedingt immobilisiert und nicht zur Selbsthilfe fähig ist oder nur zeitlich verzögert gerettet werden kann. Weitere Risikofaktoren sind ein hohes Körpergewicht und eine Verringerung des zentralen Blutvolumens, zum Beispiel durch Dehydratation oder Blutung [2, 3]. Der Begriff Trauma ist in diesem Zusammenhang irreführend, da die meisten Patienten keine mechanische Verletzung aufweisen. Der Begriff hat sich jedoch durchgesetzt und wird in der Literatur einheitlich verwendet.

Zahlreiche, sich teils widersprechende wissenschaftliche Studien und Empfehlungen bezüglich der empfohlenen Lagerung des Geretteten haben in der Vergangenheit zu Unsicherheit bei der Erstversorgung geführt [1, 2, 4]. Anhand der ausführlichen Beschreibung der Pathophysiologie sollen im Folgenden die aktuellen internationalen Behandlungsempfehlungen verständlich dargestellt werden.

19.2 Pathophysiologie

Die Ursache für den Tod beim Hängetrauma ist noch nicht abschließend geklärt [8]. Im Wesentlichen existieren zwei pathophysiologische Erklärungsmodelle.

Von der Mehrzahl der Autoren wird ein Versacken des venösen Blutes als (Haupt-)Ursache angegeben. Diese körperliche Reaktion kann in ähnlicher Weise bei langem Stehen, beispielsweise bei angetretenen Soldaten, beobachtet werden. Kommt es durch das relativ verminderte Blutvolumen zu einer zerebralen Minderperfusion, kollabiert die betreffende Person. Durch die damit einhergehende Flachlagerung steht das versackte Blut dem Körperkreislauf wieder zur Verfügung und es kommt zu einem verstärkten Blutrückfluss in das Gehirn, was zu einem schnellen Aufklaren führt [3, 4].

Beim sich bewegenden wachen Patienten sorgt die Muskelpumpe durch (unwillkürliche) Muskelkontraktionen für den Rückfluss des Blutes aus den Beinen zum Herz. Bei einer frei im Gurt hängenden Person sind die Muskelkontraktionen jedoch reduziert und folglich der venöse Rückstrom vermindert. Der arterielle Blutfluss in die Körperperipherie hinein findet aber weiterhin ungehindert statt [3]. Dies könnte zu einem Versacken des Blutes in den abhängenden Körperpartien führen (**orthostatischer Mechanismus**) [1–4]. Faktoren wie Erschöpfung, Hypothermie, Hypoglykämie, Schmerzen durch Verletzung oder einschneidende Gurtteile sowie Bewusstseinstrübung aus anderer Ursache (z. B. Schädel-Hirn-Trauma) reduzieren die motorische Aktivität und begünstigen somit das Versacken des Blutes [3, 4]. Ein Rückfluss des Blutes durch Einnahme einer horizontalen Lage nach Kollaps, wie oben beschrieben, kann bei einem annähernd vertikal im Seil hängenden Patienten nicht stattfinden [3, 4]. Hat dieser Mechanismus einmal begonnen, kann sich ein Teufelskreis ausbilden. Es muss je-

doch erwähnt werden, dass neueste Untersuchungen ein Versacken venösen Blutes als Ursache auszuschließen scheinen [8].

Zerebrale Minderperfusion → Bewusstseinstrübung → reduzierte motorische Aktivität → vermehrtes Versacken von Blut → verstärkte zerebrale Minderperfusion.

Ein weiterer Erklärungsansatz ist ein zentraler kardialer Schonreflex, beispielsweise verursacht durch eine verminderte Herzmuskeldurchblutung (Bezold-Jarisch-Reflex, vasovagaler Mechanismus) [1, 3]. Diese führt zu einer Aktivierung von Rezeptoren im hinteren linken Ventrikel, die reflektorisch zu einer Bradykardie und Vasodilatation führen. Dieser Reflex soll den Herzmuskel bei einem Herzversagen, beispielsweise bei einer Minderdurchblutung durch einen Herzinfarkt, vor einer Überlastung schützen. Beim bewegungslos hängenden Patienten verstärkt er allerdings die Kreislaufdepression, bis hin zur Ausbildung eines Schocks [3].

Die gemeinsame Endstrecke ist eine Minderperfusion lebenswichtiger Organe mit Bewusstlosigkeit und möglicher Todesfolge (◘ Abb. 19.1) [3]. Zeichen einer drohenden Bewusstlosigkeit sind präsynkopale Symptome wie Übelkeit, Ängstlichkeit, visuelle Wahrnehmungsstörungen (Lichtblitze), Schwindel, Schwitzen, Blässe und das Gefühl der drohenden Ohnmacht [1, 2].

Ein akutes Versterben an einer Kreislaufdysregulation durch ein Hängetrauma während des Hängens ist prinzipiell möglich, insgesamt aber selten [1, 3]. Nach Rettung bei Hängen über Stunden besteht ein erhöhtes Risiko einer Muskelzellschädigung bis hin zur Rhabdomyolyse mit Hyperkaliämie, Ausbildung eines Nierenversagens (Crush-Niere) und möglichem Tod durch Multiorganversagen (◘ Abb. 19.1) [3].

Einfluss des Gurtes Das Risiko für ein Hängetrauma ist abhängig vom verwendeten Gurt- und Einbindesystem. Das Risiko nimmt vom optimal angepassten Brustsitzgurt, allein verwendetem Sitzgurt, Komplettgurt, allein verwendetem Brustgurt, einem Anseilgürtel bis zum behelfsmäßigen direkten Einbinden ins Seil zu und die tolerierbare Hängezeit dementsprechend bis auf wenige Minuten ab [1, 3, 5]. Dies ist einerseits dem schmerzhaften Hängen beim direkten Einbinden und der Verwendung eines Anseilgürtels bzw. alleinigem Brustgurt geschuldet [3]. Andererseits verursacht ein allein verwendeter Brustgurt eine intrathorakale Druckerhöhung mit einer Verschlechterung der hämodynamischen und respiratorischen Funktion [1, 3]. Dies beeinflusst den Verlauf eines Hängetraumas negativ [2]. Ebenso wird die Entwicklung eines Hängetraumas durch einen nicht optimal auf die Körperproportionen eingestellten Gurt und einer Verminderung des venösen Rückflusses durch Kompression der Femoralgefäße an den Beinschlaufen diskutiert (◘ Abb. 19.1) [1, 2, 6].

19.3 Bergungstod

Der Begriff Bergungstod beschreibt das unerwartete und rasche Versterben von Verunglückten im engen zeitlichen Zusammenhang zu ihrer Rettung.

Dies ist für die Rettung Unterkühlter (▶ Kap. 38), Schiffsbrüchiger und Verschütteter sowie allgemein bei maximal erschöpften Verunglückten nach langwierigen und komplexen Rettungs- und Suchaktionen beschrieben. Die Ursachen sind jedoch völlig unterschiedlicher Natur, so dass auf die einzelnen Mechanismen hier nicht eingegangen werden kann.

Es existieren Fallberichte, bei denen Verunglückte nach der Befreiung aus hängender Position verstarben. Dies muss klar gegen das oben beschriebene Versterben während des Hängens am Seil abgegrenzt werden. Eine akute Volumenüberlastung des Herzens durch große Mengen zurückfließenden Blutes aus den zuvor abhängenden Körperregionen, hervorgerufen durch den Lagewechsel von hängender Position hin zur Flachlagerung, wurde lange Jahre als Todesursache postuliert [1–4]. Daraus resultierte die Empfehlung, Verunglückte mit einem Hängetrauma zunächst in eine Position mit erhöhtem Oberkörper (Stehen, Kauern, unterstütztes Sitzen) zu bringen und eine Flachlagerung erst nach ca. 30 min durchzuführen. Eine initiale Flachlagerung oder Schocklage wurde als lebensbedrohlich angesehen [1, 3, 4]. Diese Lehrmeinung ist sowohl

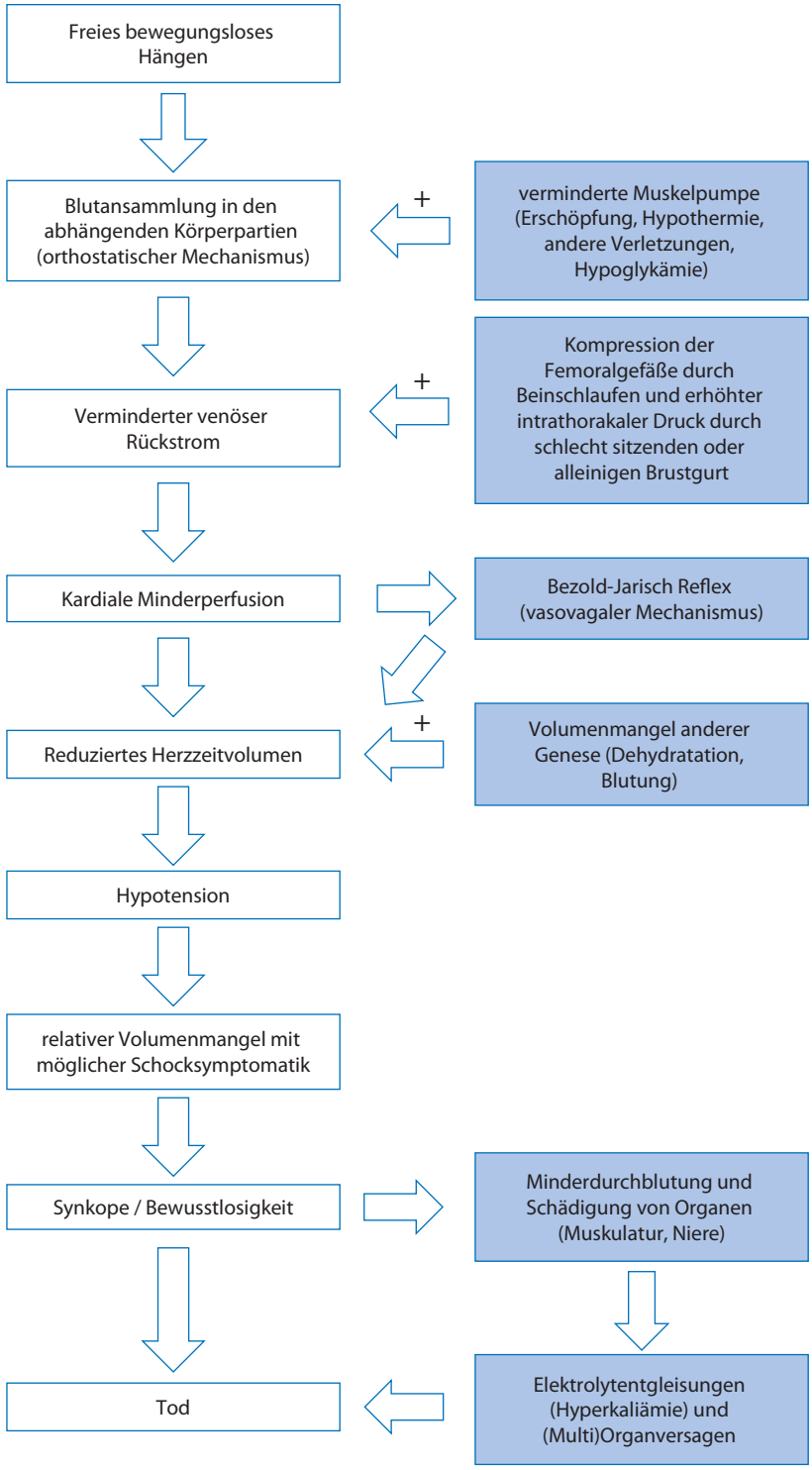


Abb. 19.1 Die multifaktorielle Pathogenese des Hängetraumas. + Verstärkung. (Adaptiert nach [2])

im Internet als auch in Lehrbüchern noch häufig vorzufinden.

Aktuelle Veröffentlichungen widersprechen dieser Lehrmeinung [1–3, 7]. Dies liegt zum einen daran, dass die Hypothese, eine initiale Flachlagerung erhöhe das Risiko für einen Bergungstod, in Studien und Fallbeschreibungen nicht belegt werden konnte, und zum anderen daran, dass sich Personen mit experimentell erzeugten Hängetraumata bei Flachlagerung schnell und ohne Nebenwirkungen erholten [1–3, 7]. Außerdem erhöht eine verzögerte Flachlagerung das Risiko für Folgeschäden wie Elektrolytentgleisungen und Nierenversagen, da sie die Volumenumverteilung als Ursache der Bewusstseinseinschränkung (verminderter zerebraler Blutfluss) und Kreislaufdysregulation (verminderte Herzdurchblutung, vermindertes zirkulierendes Blutvolumen) unnötig aufrecht erhält [3]. Es existieren zahlreiche Fallberichte, in denen die oben aufgeführten Spätfolgen eines Hängetraumas (Rhabdomyolyse, Nierenversagen, Multiorganversagen) beobachtet wurden und teilweise Stunden bis Tage nach der Rettung zum Tode geführt haben [3]. Für die sehr wenigen dokumentierten Fälle eines Versterbens innerhalb von Minuten nach erfolgter Rettung werden mittlerweile andere Ursachen wie Herzrhythmusstörungen durch Hypoxie oder Hyperkaliämie und ein nicht mehr aufzuhaltender, zufällig im zeitlichen Zusammenhang zur Rettung stehender Sterbeprozess durch Schock oder Erschöpfung, für wahrscheinlicher erachtet [3]. Insgesamt sind die pathophysiologischen Prozesse des Hängetraumas und des Bergungstodes nach Hängetrauma jedoch nicht zufriedenstellend geklärt [2, 8].

Bei den wenigen dokumentierten Fällen und einer insgesamt dünnen experimentellen Studienlage zur Pathophysiologie und Therapie überwiegt derzeit international die Empfehlung nach dem unveränderten **<C>ABCDE-Algorithmus** (▶ Kap. 8) zu therapieren [1–3, 7]. Dies wurde von der US-amerikanischen Bergrettung und den Arbeitsschutzorganisationen in den USA und Großbritannien in den letzten Jahren bereits vollzogen [2, 9, 10]. Es gibt keine klaren wissenschaftlichen Hinweise, dass eine Flachlagerung das Risiko für einen Bergungstod erhöht [1].

19.4 Behandlung

Da seilgesicherte Manöver überwiegend in Geländeabschnitten mit erhöhter Absturzgefahr durchgeführt werden, ist auf eine Absturzsicherung der Rettungskräfte und Schutz vor herabfallenden Gegenständen zu achten.

Erste Priorität ist es, den Patienten schnellstmöglich aus der hängenden Position zu befreien [2, 3].

Tipp

Um die Muskelpumpe bereits während des Hängens zu aktivieren, sollten ansprechbare Patienten zur aktiven Bewegung der Beine animiert werden (»Fahrrad fahren«, Hochdrücken der Beinen an Fels-, Spalten- oder Hauswand). Dies kann, vor allem beim freien Hängen, durch Anbringen einer Trittschlinge unterstützt werden (◘ Abb. 19.2 links) [1, 3].

Eine Verbesserung des venösen Rückflusses aus den abhängenden Körperpartien kann durch Anheben der hängenden Beine durch einen Retter oder das Anbringen einer (Band)schlinge in den Kniekehlen erreicht werden (◘ Abb. 19.2 rechts) [2]. Ist der Verletzte nicht am Seilende fixiert, so kann er durch zweifache Wicklung des herabhängenden Seiles um den eigenen Fuß gegen den Widerstand des Seiles das Bein ausstrecken und seinen Körper hochdrücken. Das nicht umwickelte Bein kann auf dem anderen Fuß abgestützt werden, so dass in beiden Beinen die Muskelpumpe aktiviert wird.

Prinzipiell gilt die Versorgung nach dem **<C>ABCDE-Schema** mit besonderer Bedeutung der Wiederherstellung eines adäquaten Kreislaufs. Hierzu ist der Patient flach zu lagern und die Standardmaßnahmen der präklinischen/taktischen Verwundetenversorgung anzuwenden (▶ Kap. 8) [3]. Zusätzlich sollte ein EKG-Monitoring erfolgen, um mögliche Herzrhythmusstörungen zeitnah zu erkennen und therapieren zu können (▶ Kap. 37) [3].

Generell sollten Patienten, die aus hängender Position gerettet werden mussten, in eine medizinische Versorgungseinrichtung eingeliefert werden, bei passivem Hängen über zwei Stunden auf Grund

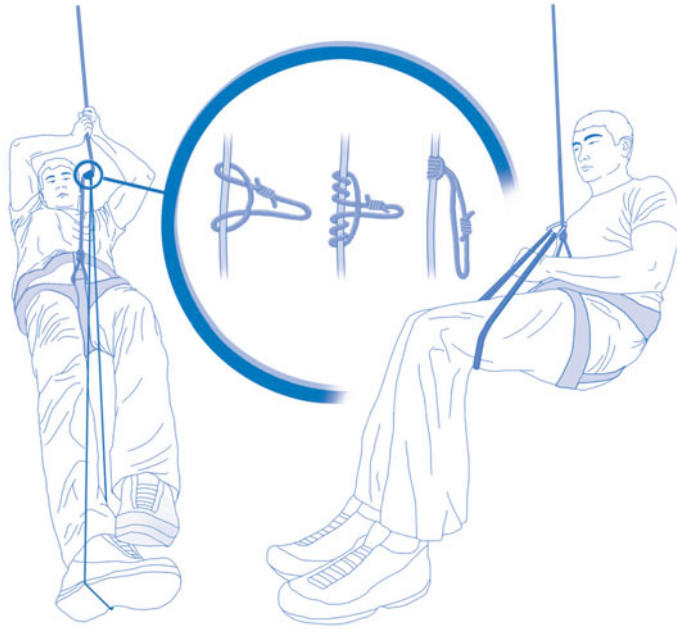


Abb. 19.2 *Links*: Aktivierung der Muskelpumpe durch wiederholtes Hochdrücken des Körpers in einer Trittschlinge. Dazu kann eine 5 mm Reepschnur zu einem Ring geknotet und mittels Prusikknoten am Seil fixiert werden. In der so entstandenen Trittschlinge können die Beine gegen Widerstand gestreckt werden. *Rechts*: Verbesserung des venösen Rückflusses durch Anheben der Beine. Dies kann manuell durch einen Retter geschehen oder beispielsweise durch U-förmige Fixierung einer 120 cm Bandschlinge mittels Karabiner am Seil auf Höhe des Anseilknotens

des möglichen Nierenversagens in eine Versorgungseinrichtung mit Dialysemöglichkeit [3]. Bei Verdacht auf einen hochgradigen Muskelschaden/Rhabdomyolyse sollte eine Therapie zur Prävention eines »**Crush-Syndroms**« mit Nierenversagen und Hyperkaliämie durchgeführt werden (Diagnose: Myoglobinurie in Verbindung mit Oligurie/Anurie). Deutlich erhöhte Myoglobinwerte können über nicht vollständig geklärte Mechanismen ein akutes Nierenversagen, die sog. »Crush-Niere«, auslösen. Ein Hinweis hierfür ist durch Myoglobin bierbraun verfärbter Urin. Myoglobin kann zudem laborchemisch direkt im Urin quantifiziert werden oder durch einen für Erythrozyten positiven U-Stix, bei fehlendem Nachweis von Erythrozyten in der Lichtmikroskopie, nachgewiesen werden. Therapeutisch sind eine elektrolytarme Flüssigkeitszufuhr und eine Alkalisierung des Blutes und Urins anzustreben, um das darin freigesetzte Myoglobin besser zu lösen und auszuscheiden. Zusätzlich kann durch Mannitol Flüssigkeit osmotisch in den Intravasalraum gezogen werden (+ beispielsweise 25 g Mannitol in 1 l 5 % Glukoselösung und 100 mval Natriumbikarbonat 8,4 % über 4 h unter laborchemischer pH und Elektrolytwertkontrolle). Medikamente sollten bei Niereninsuffizienz dosisangepasst nach Packungsbeilage verabreicht werden.

Ob und wie der Gurt eines Patienten entfernt wird, sollte von den Transporterfordernissen, der Notwendigkeit zur Selbstsicherung des Patienten und dem Patientenkomfort abhängig gemacht werden.

Eine **Hypothermieprophylaxe und -behandlung** hat durch das erhöhte Risiko des Auskühlens bei passivem Hängen einen hohen Stellenwert [3].

19.5 Prävention

Jede Person, die potenziell ein Hängetrauma erleiden kann, sollte sich des Risikos, der Therapie und der Präventionsmöglichkeiten bewusst sein, damit

diese selbstständig und ohne zeitliche Verzögerung durchgeführt werden können. Ein seilgesichertes Arbeiten im absturzgefährdeten Gelände sollte niemals allein erfolgen [1].

Zur Rettung eines Patienten mit Hängetrauma sind je nach Situation umfangreiche Berg- bzw. Höhenrettungskenntnisse notwendig, die an dieser Stelle nicht in der gebotenen Ausführlichkeit dargestellt werden können. In der Regel ist aber eine Verbringung nach unten mit weniger Aufwand und Zeit verbunden, als eine Verbringung nach oben. Die Notwendigkeit der generellen Beherrschung von Rettungstechniken und die Auseinandersetzung mit Rettungsoptionen vor der Durchführung eines Seilmanövers, vor allem in speziellen taktischen Situationen, kann nicht genug betont werden. Ein Mitführen von Bandschlingen und/oder Reepschnüren zur Verwendung als Tritt-/Unterstützungsschlinge ist abhängig vom Einsatzszenario zu erwägen.

Die Sicherung einer Person mit alleinigem Brustgurt, Anseilgürtel und direktem Einbinden in das Seil ist obsolet [1].

Es sollten nur passende und auf die Körperproportionen eingestellte Sitzgurte verwendet werden, um eine mögliche Gefäßkompression durch den Gurt zu vermeiden. Hierzu ist das freie schmerzlose und bewegungslose Hängen im Gurt mit vollständiger Ausrüstung für mindestens 10 Minuten zu erproben [6]. Ein Gurtsystem ist annäherungsweise richtig eingestellt, wenn man an jeder Stelle des Gurtes vier Finger nebeneinander zwischen Gurtsystem und Körper schieben kann und der Gurt dann straff auf der Hand aufliegt. Wird eine Brust-Sitzgurt-Kombination verwendet, so muss das Seil so eingebunden werden, dass das Körpergewicht beim freien Hängen auf dem Sitzgurt lastet und der Brustgurt lediglich ein Abkippen des Oberkörpers nach hinten verhindert.

Patienten, die mit einer Trage verbracht werden müssen, sollten horizontal transportiert werden. Ist eine vertikale Aufhängung der Trage zur Evakuierung unumgänglich, so sollte der Patient die Möglichkeit haben, sich mit den Füßen abzustützen, um die Muskelpumpe und damit den venösen Rückstrom zu aktivieren.

Literatur

1. Pasquier M, Yersin B, Vallotton L, et al. (2011) Clinical update: suspension trauma, Wilderness Environ Med 22:167–171
2. Adisesh A, Robinson L, Codling A, et al. (2009) Evidence-Based Review of the Current Guidance on First Aid Measures for Suspension Trauma. Health and Safety Executive, Norwich, UK
3. Mortimer RB (2011) Risks and management of prolonged suspension in an Alpine harness. Wilderness Environ Med 22:77–86
4. Lee C, Porter KM (2007) Suspension trauma. Emerg Med J 24:237–238
5. Orzech M, Goodwin M, Brickley J, et al. (1987) Test Program To Evaluate Human Response to Prolonged Motionless Suspension in Three Types of Fall Protection Harnesses. In: Armstrong HG (ed) Aerospace Medical Research Laboratory. Wright-Patterson Air Force Base, OH
6. Hsiao H, Turner N, Whisler R, et al. (2012) Impact of harness fit on suspension tolerance, Hum Factors 54:-346–357
7. Thomassen O, Skaiaa SC, Brattebo G, et al. (2009) Does the horizontal position increase risk of rescue death following suspension trauma? Emerg Med J 26:896–898
8. Paal P (2014) Hängetrauma – Suspension Syndrome. Flug und Reisemedizin 21: 86–87
9. OSHA (2011) Suspension Trauma/Orthostatic Intolerance. Edited by US Department of Labor OSaHA 2004, updated 2011
10. Glatterer S (2011) Harness Suspension Trauma. MERIDIAN, The Quarterly Publication of the Mountain Rescue Association 14

Versorgung unter Nachtsichtbedingungen

C. Neitzel, J. Gessner

20.1 Restlichtverstärker – 324
20.1.1 Räumliches Sehen – 324
20.1.2 Fokussierung – 324
20.1.3 Einfarbigkeit – 324
20.1.4 Periphere Sicht – 324

20.2 Wärmebildgeräte – 324

20.3 Patientenversorgung mit Restlichtverstärkern – 324
20.3.1 Erkennen von Blutungen – 324
20.3.2 Restlicht – 325
20.3.3 Zeitbedarf – 325
20.3.4 Umgang mit Material – 325
20.3.5 Atemwegsmanagement – 326

20.4 Versorgung mit sichtbarem Licht – 327

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_20, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Bei Dämmerung und Dunkelheit ist in Situationen mit besonders hoher Gefährdung, in der Nähe befindlichem Gegner oder in Gelände ohne Deckung insbesondere in der Frühphase von Gefechten die Verwendung von sichtbarem Licht meist gefährlich, weil es Feuer auf sich zieht.

Somit ist eine Versorgung von Patienten unter Verwendung von Nachtsichtgeräten häufig unumgänglich. Dies bringt eine Reihe von Nachteilen mit sich und stellt hohe Anforderungen an die Helfer.

20.1 Restlichtverstärker

20.1.1 Räumliches Sehen

Nachtsichtgeräte, die nicht für jedes Auge über eine separate Lichtverstärkerröhre mit eigener Optik verfügen (z. B. LUCIE der Bw), verursachen einen Verlust des räumlichen Sehens. Entfernungen können damit weniger gut abgeschätzt werden, die Hand-Auge-Koordination wird schlechter. Alle Tätigkeiten am Patienten, vom Legen intravenöser Zugänge über das Verbinden von Wunden bis hin zum Schließen von Schnallen oder Reißverschlüssen, werden damit erheblich erschwert und das Tastempfinden gewinnt an Bedeutung. Binokulare Nachtsichtgeräte (Nachtsichtbrillen, die ähnlich eines Fernglases über separate Optiken für jedes Auge verfügen) weisen diese Nachteile teilweise nicht auf.

20.1.2 Fokussierung

Da nahezu alle derzeit im Gebrauch befindlichen Nachtsichtgeräte optische Systeme mit geschliffenen Linsen nutzen, müssen sie auf den Betrachtungsabstand manuell scharfgestellt werden. Bei Arbeiten im Nahbereich ist der Bereich, in dem scharf gesehen werden kann, sehr gering: schon Änderungen der Betrachtungsentfernung von 10–20 cm lassen das Bild unscharf und eine Nachfokussierung erforderlich werden. Dies erschwert die Arbeit am Patienten erheblich. Gleichzeitig wird der Soldat bei Nahfokussierung für weitere Entfernungen blind. Er kann eigene Teile ebenso wenig sehen wie auftretenden Feind oder andere Bedrohungen. Binokulare Systeme sind teilweise nur für Mindestfokussierungsabstände von 1–2 m eingerichtet und damit für die Arbeit am Patienten nur bedingt brauchbar.

20.1.3 Einfarbigkeit

Gebräuchliche Restlichtverstärker erzeugen ein monochromatisches grünes Bild. Dies lässt Blut grünlich in einer grünlichen Umgebung aussehen und macht Blutungen damit schwerer zu erkennen.

20.1.4 Periphere Sicht

Durch die optischen Systeme der Nachtsichtgeräte geht der natürliche Weitwinkelblick des Auges verloren, es entsteht ein Tunnelblick.

20.2 Wärmebildgeräte

Die Verwendung von Wärmebildgeräten, die unterschiedliche Temperaturen verschiedenfarbig oder in Graustufen darstellen, ist für die Versorgung von Verwundeten aufgrund der geringen Auflösung beim derzeitigen Stand der Technik meist nicht sinnvoll. Sie können aber gerade bei niedrigen Umgebungstemperaturen sehr effektiv für die Suche nach Verwundeten eingesetzt werden.

20.3 Patientenversorgung mit Restlichtverstärkern

Die Einschränkungen durch die Verwendung von Nachtsichttechnik bringen vielfältige Probleme für die Versorgung von Patienten mit sich:

20.3.1 Erkennen von Blutungen

Als herausragendes Problem stellt sich dar, dass starke Blutungen meist nicht ins Auge fallen, sondern sich höchstens bei heller Bekleidung als dunkler Fleck darstellen. Auf dunkler Tarnbekleidung sind Blutflecken kaum zu identifizieren (Abb. 20.1).

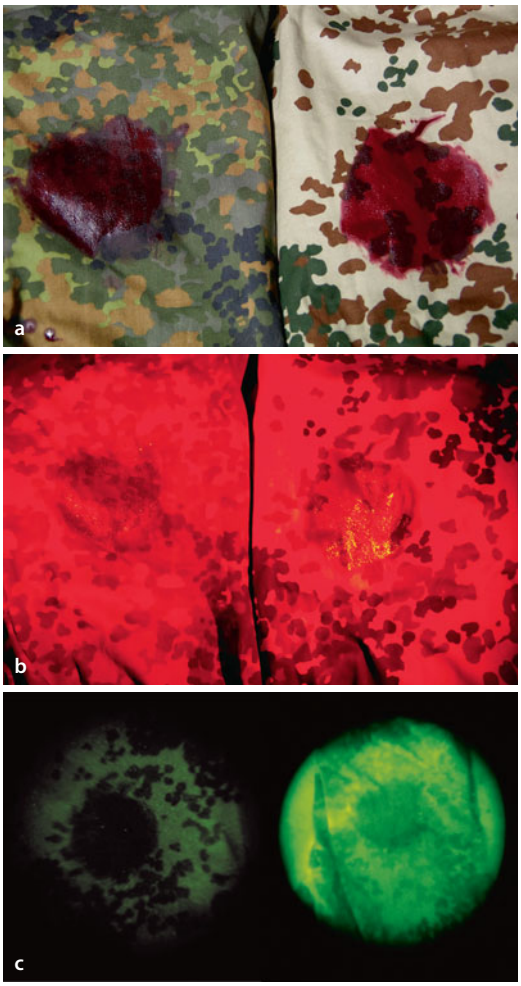


Abb. 20.1a–c Vergleich von Blutflecken auf trockenem Tarndruck. **a** Weißlicht, **b** Rotlicht, **c** Restlichtverstärker. Nasse Kleidung (z. B. durch Schweiß) wird ebenfalls dunkel, so dass eine Unterscheidung zwischen Blut und sonstiger Nässe unter Restlichtverstärker oder Rotlicht kaum möglich ist. (Fotos: Dr. C. Neitzel)

Kann kein sichtbares Licht verwendet werden, muss der Helfer sich auf das Ertasten von feuchten Stellen und fühlbaren Verletzungen beschränken. Insbesondere die Suche nach feuchten Arealen ist bei der meist hohen Schweißproduktion im Gefecht kaum hilfreich. Darüber hinaus kann sie nur mit bloßen Händen ohne Verwendung von Untersuchungshandschuhen erfolgen. Dies ist aus hygienischen Gründen problematisch, insbesondere, wenn es sich um Unbekannte handelt. Das Abtasten im Rahmen des »initial assessment« muss daher besonders sorgfältig und vollständig erfolgen. Bei Patienten, die unter Nachtsichtbedingungen versorgt worden sind, muss später immer in besonderem Maße davon ausgegangen werden, dass Verletzungen übersehen wurden. Eine gewissenhafte Überprüfung ist daher bei der Übernahme von Patienten unerlässlich!

20.3.2 Restlicht

Abhängig von der Leistungsfähigkeit der verwendeten Nachtsichtgeräte, kann eine Versorgung in Neumondphasen oder im Mondschatten aufgrund des minimalen Restlichts unmöglich oder stark erschwert sein. Hier empfiehlt es sich grundsätzlich, zusätzliche Beleuchtung durch Infrarotlicht zu nutzen (z. B. IR-Lampe des Nachtsichtgeräts, IR-Licht-Module an Waffen, IR-Taschenlampen, IR-Knicklichter). Besteht die Möglichkeit, dass der Gegner nachtkampffähig ausgerüstet ist und ebenfalls IR-Licht aufklären kann, bestehen für aktive IR-Beleuchtung die gleichen Probleme wie für sichtbares Licht.

Da IR-Licht nicht im für das Auge sichtbaren Spektrum liegt, kann die Kontrolle der Pupillenfunktion nicht mit IR-Licht erfolgen! Hierfür muss auf sichtbares Licht (auch Rotlicht) zurückgegriffen werden.

20.3.3 Zeitbedarf

Durch die angesprochenen Probleme wird die für die Behandlung notwendige Zeit deutlich erhöht. Dies muss vom Führer in seine taktischen Entscheidungen einbezogen werden. Gleichzeitig ist es ein wichtiger Faktor für oder gegen eine Entscheidung, ggf. die Behandlung unter Nutzung von sichtbarem Licht deutlich zu beschleunigen.

20.3.4 Umgang mit Material

Durch Tunnelblick, stets notwendige Nachfokussierung, fehlendes räumliches Sehen, Einfarbigkeit

Abb. 20.2 Abgeschnittener Spritzenstempel. Bei aufgezogenen Medikamenten kann das Beschneiden der Spritzenstempel (z. B. Ketanest rund, Dormicum rund, Succy dreieckig) die Identifizierung ohne Lesen der Beschriftung ermöglichen. Das Aufziehen von Standarddosierungen (z. B. 150 mg Ketanest, 10 mg Midazolam, 100 mg Succy) in der jeweiligen Spritze erlaubt bei Durchschnittspatienten die Applikation ohne visuelle Kontrolle der ml-Einteilung. (Foto: Dr. C. Neitzel)

und ggf. minimales zur Verfügung stehendes Restlicht ist die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit des medizinischen Materials sehr eingeschränkt. Beschriftungen von Verpackungen können nicht oder kaum gelesen werden, was insbesondere bei Medikamenten hochproblematisch ist. Hier können im Vorfeld in Standarddosierungen für Erwachsene aufgezogene Spritzen mit fühlbaren Markierungen (Abb. 20.2) hilfreich sein. Die Applikation kann beim ungefähr Normalgewichtigen dann auch in völliger Dunkelheit ohne visuelle Kontrolle der ml-Einteilung auf der Spritze erfolgen.

Rucksäcke sollte außen mit IR-Knicklichtern versehen werden. Wird der Rucksack abgelegt (z. B. Eindringstelle) und das Knicklicht aktiviert, ist er so im Bedarfsfall schnell auffindbar. Eine Verpackung größerer Materialmengen in einem gemeinsamen Behältnis erschwert die gezielte Entnahme benötigter Einzelteile. Beutel mit Sanitätsmaterial (z. B. persönliche Sanitätsausstattung, »blow out kit«, »individual first aid kit«) sollten langsam und vorsichtig aufgerissen werden, um den Inhalt nicht fallen zu lassen. Herausgefallenes oder zur Seite gelegtes Material wird sonst gerade auf bewachsenem oder zerklüftetem Boden häufig nicht mehr gefunden. Eine standardisierte, an Verletzungsmustern orientierte Verpackung (z. B. »Chest Kit« mit 14-G-Nadel, 2 Chest Seals; »Bleeder Kit« mit Combat Gauze, Kerlix, Israeli) erlaubt einen gezielten Zugriff auf Material, wenn es benötigt wird. Vorerst nicht benötigtes Material sollte immer in die Verpackung oder das Rucksackfach zurückgelegt werden. Als standardisierte, vor Verschmutzung geschützte Ablagestelle für Material kann während der Behandlung z. B. der Helm des Verwundeten genutzt werden. Fentanyl-Lutschtabletten eignen sich wegen ihrer auffälligen Form und einfachen Handhabbarkeit ideal für die Anwendung in Dunkelheit. Da gerade Tätigkeiten wie die Anlage venöser Zugänge höhere Ansprüche an das räumliche Sehen stellen, muss häufig die Indikation für intraossäre Zugänge großzügiger gestellt werden.

20.3.5 Atemwegsmanagement

Gelingt die Einlage eines Wendl-Tubus unter Nachtsichtbedingungen noch relativ einfach, ist eine Koniotomie aufgrund der diffizileren Technik schon schwieriger durchzuführen. Eine Möglichkeit besteht in der Anwendung der Seldinger-Technik. Dazu wird die übliche chirurgische Präpariertechnik, unterstützt durch das Tastempfinden bis zur Durchtrennung des Lig. conicum, durchgeführt. Ein pädiatrischer Tubusführungsstab wird leicht gebogen entlang des Skalpells nach kaudal hin in die Trachea eingeführt, wenige Zentimeter vorgeschoben und das Skalpell entfernt. Während eine Hand den Führungsstab am Kehlkopf fixiert, fädelt die andere den Tubus von der Spitze her auf das hintere Ende auf und schiebt ihn vor. Sobald am hinteren Ende der Führungsstab aus dem Tubuskonnektor herausschaut, wird er festgehalten, der Tubus langsam über ihn in die Trachea vorgeschoben, bis der Ballon verschwunden ist, und anschließend geblockt. Der Führungsstab sichert das Vorschieben des Tubus in das richtige Lumen und verhindert den Verschluss der geschaffenen Öffnung durch Verschiebung von Gewebeschichten (Kulissenphanömen). Auch eine Intubation unter Nutzung von Nachtsichtgeräten ist möglich, bleibt aber dem erfahrenen Intubateur vorbehalten. Die Lichtquellen des Spatels sollte dabei durch Entfernung der Batterien aus dem Handgriff deaktiviert werden, um die Lichtdisziplin nicht zu gefährden. Als Ersatz kann

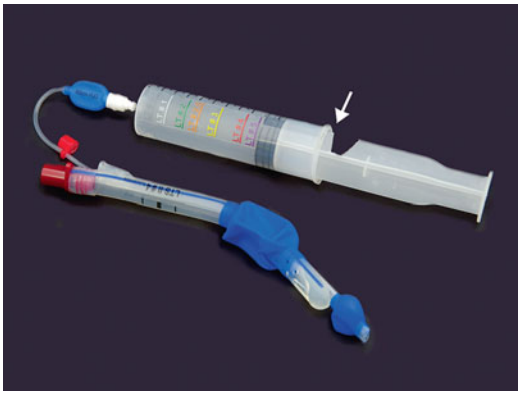


Abb. 20.3 Für farbkodierte (und damit unter Restlichtverstärker oder Rotlicht nicht nutzbare) Systeme, z. B. Blockerspritzen für Larynxtuben LTS, kann eine Kerbe oder Tape-Markierung auf der entsprechenden Höhe des Stempels den Gebrauch in Dunkelheit ermöglichen

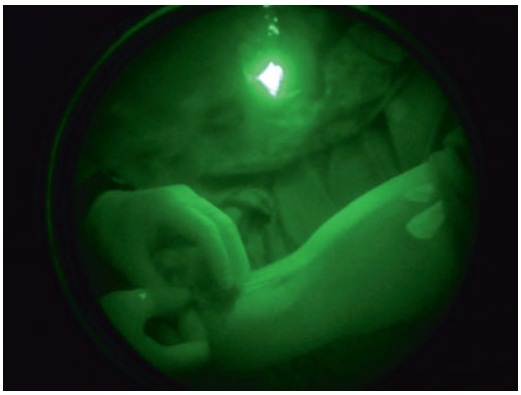


Abb. 20.4 Leichtere Identifizierung der oberflächlichen Venen aufgrund von Schattenwurf durch IR-Lichtquelle. (Foto: Dr. C. Neitzel)

eine IR-Lichtquelle genutzt werden. Einfacher anzuwenden sind supraglottische Atemwegshilfsmittel, z. B. der Larynxtubus. Bei entsprechender Vorbereitung des Materials lassen sie sich in völliger Dunkelheit anwenden (Abb. 20.3).

Eine »blinde Vertrautheit« mit der eigenen Ausrüstung und der der Partner ist bei der Versorgung unter Nachtsichtbedingungen zwingend erforderlich. Die Aufteilung und Bestückung der Packgefäße sollte möglichst intuitiv sein und auswendig gelernt werden. Eine gute Leistung bei der Behandlung unter Nachtsicht erfordert intensive Übung und Ausbildung!

20.4 Versorgung mit sichtbarem Licht

Die Versorgung unter Nutzung von Nachtsichtgeräten ist schwierig. Wo immer in der taktischen Lage möglich, sollte daher mit sichtbarem Licht gearbeitet werden. Rotlicht hat den Vorteil, dass die Dunkeladaption der Netzhaut nicht beeinträchtigt wird, sodass die volle Nachtsehfähigkeit nach Abschalten der Lichtquelle nach ca. 1–2 min wieder erlangt wird. Da Blut sich aber im Rotlicht nicht mehr einwandfrei von der Bekleidung abhebt, wird das Auffinden von Wunden erschwert. Sollte Weißlicht ohne Gefährdung eigener Teile anwendbar sein, bringt seine Verwendung deutliche Vorteile bei der Versorgung, beeinträchtigt aber die Nachtsehfähigkeit der Anwesenden für ca. 15–30 min (▶ Kap. 34.4). Häufig macht die Einrichtung von Verwundetennestern in Gebäuden oder Innenhöfen das Arbeiten mit Licht möglich. Im Freien kann notfalls eine Versorgung mit Licht auch unter einer lichtdichten Abdeckung (z. B. Poncho) erfolgen. Hierbei sollte ein Sicherer dazu eingeteilt werden, von außen auf eine vollständige Abdunkelung zu achten.

Wird mit Fahrzeugen operiert, ist eine vorbereitete Möglichkeit zur Abdunkelung vorhandener Scheiben oder Luken sinnvoll, um im Inneren eine Versorgung mit Licht zu erlauben. Die Displays elektronischer Medizingeräte sollten abgedunkelt werden. Manche Produkte für den militärischen Bereich verfügen über entsprechende Optionen, teilweise sogar mit einstellbarem IR-Display. Behelfsmäßig kann ein Abkleben mit dunkelroter Folie sinnvoll sein. Nicht unbedingt notwendige Displayteile und Alarmleuchten können mit Gewebeband lichtdicht überklebt werden.

Für diffizile Arbeiten, z. B. die Anlage venöser Zugänge, haben sich verschiedene Techniken als hilfreich erwiesen. Da oberflächlich laufende Venen unter Nachtsichtgeräten schlecht sichtbar sind, kann durch ein seitlich gehaltenes IR-Knicklicht ein Schattenwurf bei größeren Gefäßen erzeugt werden

(Abb. 20.4). Dieser markiert den Verlauf ausreichend für eine Venenpunktion. Um ein Überstrahlen zu vermeiden, sollte die Verpackung des Knicklichts nur an einem Ende etwas geöffnet werden. Das Knicklicht lässt sich meist gut unter Staubinde oder Ärmelaufschlag schieben und so befestigen. Das Füllen der Flexülenkammer mit Blut bei erfolgreicher Punktion und eine positive Rücklaufprobe von Blut ins Infusionssystem sind ohne weiteres unter Nachtsicht erkennbar.

Zahnärztliche Notfälle

W. Kretschmar

21.1 Zielsetzung – 330

21.2 Allgemeines – 330

21.2.1 Anamnese im Vorfeld – 330

21.2.2 Ausrüstung – Bestandteile des »Calwer-Dental-Kits« – 330

21.3 Einzelschritte der zahnärztlichen Notfalltherapie – 330

21.3.1 Schmerzbekämpfung – 330

21.3.2 Vermeidung der Ausweitung des Entzündungsgeschehens – 331

21.3.3 Provisorische Füllungstherapie – 332

21.4 Überblick über die zahnärztlichen Krankheitsbilder »Zahntrauma« und »Entzündungen in der Mundhöhle« – 333

21.4.1 Dentales Trauma – 333

21.4.2 Entzündungen in der Mundhöhle – 333

Literatur – 334

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_21, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

21.1 Zielsetzung

Dem Leser soll durch diesen Beitrag theoretisches Basiswissen für eine zahnärztliche Notfalltherapie unter Einsatzbedingungen bis zur Weiterbehandlung durch einen Zahnarzt vermittelt werden. Dazu wird auf die Krankheitsbilder »Dentales Trauma« und »Entzündungen in der Mundhöhle« eingegangen, sowie die Einsatzmöglichkeiten des »Calwer Dental Kits« beschrieben. Die folgenden Ausführungen können keine praktische Einweisung in die Therapie von zahnärztlichen Notfällen ersetzen, da viele Techniken demonstriert und geübt werden müssen.

21.2 Allgemeines

Bei einem dentalen Trauma sollte zum Ausschluss weiterer schwerer Verletzungen an ein mögliches Begleittrauma, z. B. SHT- oder HWS-Trauma, gedacht werden (initialer Traumacheck).

Leitfaden für eine zahnärztliche Notfalltherapie

- Kurze schriftliche Dokumentation des Vorgehens
- Neben den Zähnen immer auch Untersuchung des umgebenden Weichgewebes
- Behandlung der Hauptbeschwerden mit dem Ziel der Schmerzausschaltung und Entzündungshemmung
- Bei Gabe von Antibiotikum Sicherstellung der Weiterbehandlung durch einen Zahnarzt bis spätestens zum Ende der Antibiotikatherapie
- Definitive Behandlung schnellstmöglich durch Zahnarzt

21.2.1 Anamnese im Vorfeld

Idealerweise erhebt das Sanitätspersonal im Vorfeld des Einsatzes bei den Teilnehmern eine Anamnese, um Allergien und Unverträglichkeiten der verwendeten Notfallmedikamente ausschließen zu können.

21.2.2 Ausrüstung – Bestandteile des »Calwer-Dental-Kits«

- **Untersuchung:** Untersuchungshandschuhe, Mundschutz, Holzmundspatel, Einmalinstrumentarium (Spiegel, Kombinationsinstrument Sonde/Heidemann-Spatel, College-Pinzette), OptraGate (Hilfsmittel für einen erleichterten Zugang zur Mundhöhle).
- **Schmerzausschaltung:** Ibuprofen 400 mg, Bupivacain 0,5 %, Einwegspritzen (2 ml), Injektionskanülen (0,4 × 42 mm), Ledermix-Paste.
- **Antibakterielle/antiinfektiöse Therapie:** Chlorhexidindigluconatspülung (CHX) 0,2 %, Clindamycin 600 mg, Ledermix-Paste.
- **Sonstiges Behandlungsmaterial:** steriles Tuch, Wattepellets, Watterollen, Cavit, Aqualizer, Kamistat Gel N, Zahnrettungsbox Dentosafe.

21.3 Einzelschritte der zahnärztlichen Notfalltherapie

- **1. Schritt: Schmerzbekämpfung**
- **2. Schritt: Vermeidung der Ausweitung des Entzündungsprozesse**

21.3.1 Schmerzbekämpfung

Tipp

Vorgehen bei der Schmerzbekämpfung: Zeigt die allgemeine Schmerzbekämpfung mit z. B. Ibuprofen 400 mg keine ausreichende Wirkung, wird in einem zweiten Schritt die lokale Schmerzbekämpfung mit einer Lokalanästhesie, z. B. mit Bupivacain 0,5 %, empfohlen.

Allgemeine Schmerzbekämpfung – analgetische Medikation

Der empfohlene Wirkstoff **Ibuprofen** zeichnet sich durch seine analgetische, antiphlogistische, antipyretische und antirheumatische Wirkung aus und besitzt in therapeutischen Dosen keine narkotischen, euphorisierenden und suchterzeugenden

Nebenwirkungen. Die Wirkdauer von Ibuprofen 400 mg beträgt ca. 4–6 h und die tägliche Höchstdosis für Erwachsene sollte 2.400 mg nicht überschreiten.

Lokale Schmerzbekämpfung – Lokalanästhesie

Lokalanästhetikum

Bupivacain 0,5 % ist ein therapeutisches Lokalanästhetikum mit langer Wirkdauer (6–8 h) und somit in der Gruppe der am stärksten wirksamen Lokalanästhetika. Allerdings besitzt Bupivacain 0,5 % eine sehr hohe Toxizität, die vor allem bei unbemerkter intravenöser Injektion, aber auch bei verstärkter Resorption aus dem Injektionsgebiet, bedeutsam werden kann (z. B. Herzrhythmusstörungen). Die tägliche Höchstdosis für Erwachsene von Bupivacain 0,5 % beträgt 1,3 mg/kg.

Anästhesietechniken

Infiltrationsanästhesie Die Umspritzung des betreffenden Zahns mit einem Lokalanästhetikum wird v. a. im Oberkiefer durchgeführt. Der Einstich erfolgt in der Umschlagfalte im Mundvorhof in Höhe der Wurzelspitze. Das Anästhetikum diffundiert durch den Knochen, der vestibulär vergleichsweise dünn und porös ist. Die Nadelspitze sollte in Knochennähe und in axialer Richtung zur Wurzelspitze hin eingeführt werden (Abb. 21.1). Neben dem betreffenden Zahn wirkt die Lokalanästhesie auch bei den Nachbarzähnen. Die Wirkung der Anästhesie setzt innerhalb von 2 min ein und erreicht nach ca. 20 min ihr Maximum. Bei Injektionen im posterioren Bereich des Oberkiefers sollte der Patient den Mund nicht zu weit öffnen, da die angespannte Muskulatur die Sicht auf die Injektionsstellung verdeckt.

Leitungsanästhesie Im Unterkiefer behindert im Gegensatz zum Oberkiefer die dicke und kompakte Außenkortikalis im Prämolaren- und Molarenbereich die Diffusion der in die Umschlagfalte injizierten Lösung. Deshalb wird normalerweise eine Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior am Foramen mandibulae gesetzt (Abb. 16.2). Der Patient sollte seinen Mund soweit wie möglich öffnen, damit der Behandler die anatomischen Strukturen gut erkennen kann. Bei der Leitungsanästhesie ist

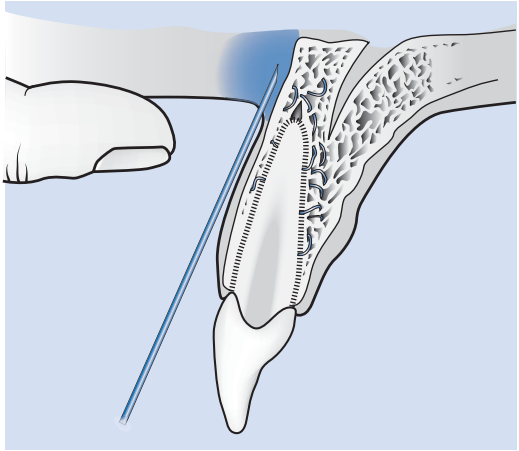


Abb. 21.1 Schematische Darstellung der Infiltrationsanästhesie. Während Lippe und Wange mit dem Mundspiegel (beim Abhalten mit dem Finger besteht Verletzungsgefahr) abgehalten werden, wird die Nadel parallel zur Zahnachse in der Umschlagfalte eingestochen und das Lokalanästhetikum möglichst langsam in Höhe der Wurzelspitze abgegeben. (Adaptiert nach [2])

v. a. bei der Verwendung von Bupivacain durch Aspiration darauf zu achten, dass nicht intravasal in die A. alveolaris inferior injiziert wird. Aufgrund der anatomischen Lage wird meistens auch der N. lingualis anästhesiert. Die Zeit bis zum Wirkungseintritt bei der Leitungsanästhesie am Foramen mandibulae beträgt ungefähr 3–5 min. In diesem Zeitraum sollte die Unterlippe der betroffenen Seite taub werden.

21.3.2 Vermeidung der Ausweitung des Entzündungsgeschehens

Antibakterielle Therapie

Die antibakteriellen Maßnahmen sollen pathogene Keime auf der Schleimhaut des Patienten abtöten bzw. in ihrer Entwicklung hemmen, sodass eine Wund- bzw. einer Allgemeininfektion verhindert werden kann. CHX-Spülung besitzt die Eigenschaft, die bakterielle Zellmembran zerstören zu können, und hat weiterhin den Vorteil, lange auf Zähnen und Mundschleimhaut zu haften, ohne durch die Schleimhäute in den Körper einzudringen.

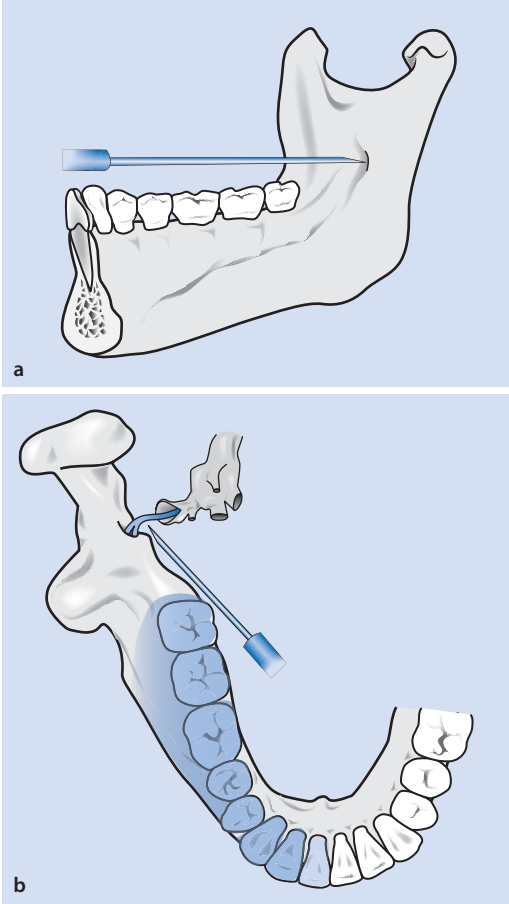


Abb. 21.1a,b Schematische Darstellung der Leitungsanästhesie. **a** Die Injektionsstelle liegt ca. 10 mm oberhalb der Kauflächen der Molaren. **b** Die Nadel wird ausgehend von der Prämolarenregion der Gegenseite an der Innenseite des aufsteigenden Unterkieferknochens eingestochen. Die eingefärbte Fläche zeigt das Ausmaß der Anästhesie an den Zähnen und der bukkalen Gingiva. (Adaptiert nach [2])

Tipp

Zur Desinfektion der Mundhöhle wird ein Esslöffel unverdünnter CHX-Spülung für ca. 1 min aktiver Spülung empfohlen.

Antiinfektiöse Therapie (Chemotherapie/Antibiotikatherapie)

Der Einsatz von Antibiotika soll verhindern, dass sich eine Infektion in die Nachbarschaft (Knochen, Nerven, Weichteile, Logen) ausbreitet oder eine pyogene Allgemeininfektion droht. Als Notfallantibiotikatherapie kommt nur eine Blindtherapie ohne die Möglichkeit eines vorangegangenen Antibiogramms in Frage.

Systemische Chemotherapie Da in der Mundhöhle aerob-anaerobe Mischinfektionen vorherrschen, bietet sich der Wirkstoff **Clindamycin** an. Clindamycin kann gegen Staphylokokken-, Streptokokken- und Anaerobierinfektionen eingesetzt werden, ebenso bei Penicillinallergie. Ein weiterer Vorteil Clindamycins ist die gute Gewebe- und Knochengängigkeit, die bei Weichteilinfektionen mit zum Teil Knochenbeteiligung benötigt werden. Kontraindikationen und Nebenwirkungen sind unbedingt zu beachten.

Dosierung

- Tagesdosis für Erwachsene: 3-mal 600 mg Clindamycin (z. B. 06.00 – 14.00 – 22.00 Uhr)
- Therapiedauer: ca. 7 Tage

Lokale Chemotherapie Für diese Anwendung ist das Präparat **Ledermix-Paste** im »Calwer-Dental-Kit« vorgesehen. Die Anwendung findet v. a. bei Zahndefekten mit Nervenbeteiligung statt. In diesen Fällen ist die mittig im Zahn liegende Nervenhöhle eröffnet. Die Eröffnung sollte mittels einer Sonde abgetastet werden (»die Sonde fällt in ein mittiges Loch«). Bei vitalem Nervengewebe fängt es an, stark zu bluten. Für die Desinfektion des betroffenen Areals wird mit einem CHX-getränkten Wattepellet mit Hilfe der College-Pinzette das Areal um die eröffnete Nervenhöhle abgewischt. Anschließend wird Ledermix-Paste mit einem Heidemann-Spatel punktuell auf die eröffnete Nervenhöhle aufgetragen. Im letzten Schritt wird Cavit als Verschlussmaterial zur Fixierung der Medikamenteneinlage im Zahn appliziert.

21.3.3 Provisorische Füllungstherapie

Die Paste **Cavit** ist ein gebrauchsfertiges provisorisches Füllungsmaterial für die Zähne. Vor jeder provisorischen Füllungstherapie sollte wiederum der

Tab. 16.1 Dentales Trauma

Untersuchung	Therapie
Schmerzen oder extreme Kälteempfindlichkeit	Lokalanästhesie, analgetische Medikation
Blutung im Zahninneren/»Sonde fällt ins Loch« (Eröffnung der Nervenhöhle)	Desinfektion mit CHX, Abdeckung mit Ledermix-Paste und Cavit
Zahndefekt	Versorgung mit Cavit
Zahnfragment/frakturierte Zahnkrone	Aufbewahrung im Dentosafe oder in NaCl, in jedem Fall Fragment/Krone mitnehmen!
Komplett ausgeschlagener Zahn (Avulsion)	Wurzeloberfläche **nicht** reinigen! Aufbewahrung s. o.
In den Kieferknochen hineingetriebener Zahn (Intrusion)	Desinfektion mit CHX, Antibiotikatherapie, schnellstmögliche Weiterbehandlung
Zahn extrem locker, Gefahr der Aspiration	Zahnentfernung und Aufbewahrung s. o.
Zähne passen beim Schließen nicht zusammen, Verdacht auf Kieferbruch	Provisorische Ruhigstellung mit Dreieckstuch schnellstmögliche Weiterbehandlung
Bei einsetzender Schwellung	Antibiotikatherapie

betroffene Bereich mit CHX desinfiziert werden. Mit dem Kombinationsinstrument Sonde/Heidemann-Spatel kann das Cavit aus der Tube entnommen, in den Defekt eingebracht, modelliert, geglättet und die Überschüsse entfernt werden. Das Füllungsmaterial lässt sich sehr gut pur oder mit etwas Wasser modellieren und glätten. Es härtet erst nach ein paar Minuten aus, nachdem es mit Speichel oder Wasser in Berührung gekommen ist. Nach 15–30 min kann der Zahn wieder belastet werden.

21.4 Überblick über die zahnärztlichen Krankheitsbilder »Zahntrauma« und »Entzündungen in der Mundhöhle«

Infektionen, ausgehend von der Mundhöhle (z. B. Mundbodenraum oder Bereich der Unterkieferweisheitszähne), können sich über den Halsbereich nach oben und unten ausbreiten und lebensbedrohlich werden; bei Verdacht ist eine hochdosierte Antibiotikumgabe (s. oben) und schnellstmögliche Evakuierung notwendig.

21.4.1 Dentales Trauma

Leitsymptome Zahnfragment/Zahnkrone abgebrochen und/oder Füllung verloren mit oder ohne Eröffnung der Nervenhöhle, kompletter Zahn (Krone und Wurzel) ausgeschlagen, Zahn in den Kieferknochen hineingetrieben, zusätzlich evtl. starke Schmerzen oder extreme Kälteempfindlichkeit (Tab. 16.1).

21.4.2 Entzündungen in der Mundhöhle

Leitsymptome (Schmerzhafte) Schwellung, akute zahnbezogene Schmerzen (klopfend, pochend, vor allem nachts und in Ruhephasen), extrem schmerzhaftes Zahnfleisch, gelblicher Belag auf Zahnfleisch, Mundgeruch (Tab. 16.2).

Tab. 16.2 Entzündungen in der Mundhöhle

Untersuchung	Therapie
(Schmerzhafte) Schwellung: weich und ödematös	Analgetische Medikation, Desinfektion mit CHX, Antibiotikatherapie
Schmerzhafte Schwellung: hart und fluktuierend (verschieblich), Verdacht auf Abszess	Lokalanästhesie (nicht direkt in Schwellung), Inzision (**cave:** N. mentalis, A. palatina)
Schmerzhafte Schwellung im Bereich der Weisheitszähne mit evtl. Schluckstörung, Verdacht auf Dentitio difficilis	Mechanische Reinigung unter der Zahnfleischkappe mit Sonde/Heidemann-Spatel; Desinfektion mit CHX (3-mal tgl.), Antibiotikatherapie
Zahn extrem klopfempfindlich (Schmerzen auch nachts und in Ruhephasen), Verdacht auf irreversible Pulpitis, periapikale Parodontitis	Analgetische Medikation, bei Bedarf Lokalanästhesie, bei Schwellung Antibiotikatherapie
Extrem gerötetes und geschwollenes Zahnfleisch, gelbliche Beläge, Verdacht auf akute nekrotisierende ulzeröse Gingivitis (ANUG)/akute nekrotisierende ulzeröse Parodontitis (ANUP)	Desinfektion mit CHX (3-mal tgl.), grobe Entfernung der Plaque, Antibiotikatherapie
Mehrere Zähne einseitig im Oberkiefer und Unterkiefer oder beidseitig im Oberkiefer klopfempfindlich (Verdacht auf Sinusitis)	Analgetische Medikation, Aqualizer, bei Verdacht auf Sinusitis, Antibiotikatherapie

Literatur

1. Deppe H, Horch H-H (2003) Das Frontzahntrauma aus chirurgischer Sicht. In: Horch H-H (Hrsg.) Zahnärztliche Chirurgie. Urban & Fischer, München Jena
2. Evers H, Haegerstam, G (1983) Lokalanästhesie in der Zahnheilkunde. Springer, Berlin Heidelberg New York
3. Forth W, Beyer A (1991) Schmerzen lindern. Hoechst, Frankfurt
4. Sader S, Hundelshausen, von B (2003) Medikamentöse Unterstützung bei chirurgischen Eingriffen. In: Horch, H-H (Hrsg.) Zahnärztliche Chirurgie. Urban & Fischer, München Jena, S. 16–42
5. Schmidt-Westhausen A-M, Reichart P (2003) Lokalanästhesie. In: Horch H-H (Hrsg.) Zahnärztliche Chirurgie. Urban & Fischer, München Jena, S 46–66
6. Schubert J (2003) Odontogene und nicht odontogene Infektionen. In: Horch H-H (Hrsg.) Zahnärztliche Chirurgie. Urban & Fischer, München Jena, S 90–146
7. www.dentaltraumaguide.org
8. www.zahnunfall.de

Psychotraumatologie

J. Ungerer, P. Zimmermann

22.1 Einführung – 336

22.2 Historie und Epidemiologie – 336

22.3 Traumatischer Stress – 337

22.4 Psychologische Krisenintervention – 339

22.4.1 Grundlagen – 339

22.4.2 Akutphase (psychologische Erste Hilfe) – 339

22.4.3 Stabilisierungsphase (Akutintervention und psychologische Aufarbeitung) – 341

22.4.4 Weiterbetreuung (Nachsorge) – 343

22.5 Zusammenfassung und Ausblick – 344

Literatur – 344

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_22, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

22.1 Einführung

Psychische Belastungen, die deutsche Soldatinnen und Soldaten (Sdt) im Rahmen von Auslandseinsätzen zu bewältigen haben, sind beachtlich. Aber nicht nur Sdt sind extremen Belastungen ausgesetzt, sondern auch Einsatzkräfte der Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste und des Zolls. Allgemein wird erwartet, dass diese Berufsgruppen besser mit Belastungen umgehen können als andere Gruppen. In der Regel ist dieser Personenkreis aufgrund seiner besonderen Persönlichkeitsstruktur, seiner Ausbildung und Erfahrung auch in der Lage, dieser Erwartungshaltung gerecht zu werden. Aus dem gewohnten Einsatzspektrum herausragende Ereignisse, sog. »critical incidents«, wie z. B. Situationen mit vielen Toten und Verletzten oder die Bedrohung von Leib und Leben, beinhalten aber selbst für diesen Personenkreis ein erheblich traumatisierendes Potenzial.

Die meisten Einsatzkräfte erholen sich nach einiger Zeit ohne therapeutische Hilfe. Dies kann manchmal Wochen und Monate dauern. Andere jedoch haben die psychische Grenze überschritten und kehren lange nicht mehr in den Alltag zurück. Chronifizierungen solcher Grenzerfahrungen tragen zu psychiatrischen und psychosomatischen Erkrankungen bei. Sie manifestieren sich in chronischen Überforderungen, die bis zum Burnout und zu verschiedenen Traumafolgestörungen reichen können (u. a. Anpassungsstörungen, somatoforme Störungen, Depressionen). Die Anzahl der z. B. mit einer sog. posttraumatischen Belastungsstörung in Behandlung befindlichen Sdt hat sich seit Beginn der Auslandseinsätze der Bundeswehr kontinuierlich erhöht [13].

22.2 Historie und Epidemiologie

Die historische Entwicklung der Psychotraumatologie ist eng verbunden mit der Geschichte militärischer Auseinandersetzungen. Kriege haben stets großes Leid über die Menschen gebracht.

Während des amerikanischen Bürgerkriegs (1861–1865) tauchten Fallbeschreibungen aus den Lazaretten auf, die im Zusammenhang mit Kampfhandlungen standen (u. a. Palpitationen, Kurzatmigkeit, Schwindel, Schweißneigung und intrathorakalen Druck-Enge-Gefühlen). Dieses »soldiers heart« wurde zunächst auf Überdehnungen von Thorax und Herz während des militärischen Dienstes zurückgeführt.

Eng verbunden mit den Schützengräben des 1. Weltkriegs sind die »Kriegszitterer«. Insbesondere nach länger anhaltendem Granatfeuer beobachtete man bei exponierten Soldaten aller Dienstgradgruppen ein anhaltendes Zittern einzelner Gliedmaßen oder auch des gesamten Körpers, das sich häufig auch nach einem Rücktransport ins Heimatland nicht besserte. Pathogenetisch zog man initial direkte Hirnschädigungen durch Druckeinwirkungen in Betracht, erst später wurde eine mögliche Psychogenese der Symptomatik erkannt.

Im 2. Weltkrieg kam es zu einem Wandel in der psychogenen Symptomausprägung. Kriegszitterer wurden nur noch vereinzelt oder regional begrenzt beobachtet. Stattdessen manifestierten sich somatoforme Störungen v. a. des Gastrointestinaltraktes, die so zahlreich waren, dass die Betroffenen in »Magenbataillone« zusammengefasst wurden, die einen eingeschränkten militärischen Dienst zu versehen hatten. Ursachen für diesen Wandel wurden auf breiter Basis diskutiert und waren u. a. in spezifischen Charakteristika der Kriegsführung, aber auch im gesellschaftspolitischen Umfeld zu suchen [15].

Während des Koreakrieges (1950–1953) mussten 3 % der amerikanischen Sdt psychiatrisch behandelt werden, während im Vietnamkrieg ca. 500.000 Veteranen (15 %) an den psychischen Folgen des Krieges litten. Spätere Studien ergaben, dass die Prävalenzzahlen deutlich höher lagen, und zwar 30,9 % bei männlichen und 26 % bei weiblichen Vietnamveteranen. Die Anzahl chronifizierter Fälle blieb hoch und viele amerikanische Sdt bekamen Suchtprobleme, wurden straffällig oder obdachlos [4].

Im Yom-Kippur-Krieg (Israel) 1973 machten psychische Erkrankungen 30 % aller Ausfälle aus. Hier wurde zum ersten Mal von akuten Gefechts- oder Stressreaktionen (»combat stress reaction«) gesprochen [8].

Über psychische Erkrankungen der russischen Sdt im Afghanistankrieg (1979–1989) ist offiziell nicht viel bekannt. Einzelne Berichte zeigen jedoch, dass psychosoziale Anpassungsschwierigkeiten, Störungen der Reintegration in die Familie und Ge-

sellschaft nach der Rückkehr sowie Alkohol- und Drogenmissbrauch auftraten.

Nach Beendigung des 2. Golf-Krieges 1991 (Kuwait und Irak) beklagten viele der amerikanischen Sdt das Auftreten folgender unspezifischer Symptome: Gelenk- und Muskelschmerzen, Müdigkeit und Erschöpfungszustände, Gedächtnisprobleme, Depressionen sowie Störungen der kognitiven und emotionalen Funktionen. 1994 wurden diese Symptome unter dem Terminus »Golfkriegssyndrom« zusammengefasst. Hier wurden als Auslöser aber auch exogene Faktoren wie Giftgasfreisetzungen durch brennende Ölquellen oder Uranmunition verdächtigt.

Eine Studie mit 6.000 amerikanischen Sdt, die im letzten Jahrzehnt in Afghanistan und im Irak eingesetzt waren, brachte folgende psychischen Hauptsymptomatiken zum Vorschein: Depression, generalisierte Angststörung und posttraumatische Belastungsstörung. Dabei zeigten 15,6–17,1 % der eingesetzten Sdt im Irak die o. g. Symptomatik, während es in Afghanistan 11,2 % waren. Weitere Studien mit US-Soldaten (Fallschirmjäger und Marineinfanteristen) zeigen, dass die Anzahl einer posttraumatischen Belastungsstörung linear mit der Anzahl der Feuerkämpfe zunimmt [3]:

- 4,5 % bei keinem Feuerkampf
- 9,2 % bei 1–2 Feuerkämpfen
- 12,7 % bei 3–4 Feuerkämpfen
- 19,3 % bei 5 und mehr Feuerkämpfen

Aber nicht nur Kampfhandlungen im Rahmen militärischer Auseinandersetzungen können zu einer posttraumatischen Belastungsstörung führen, sondern auch körperliche Gewalt, Vergewaltigung, ein schlimmer Verkehrsunfall oder Zeuge eines traumatisierenden Ereignisses. Ergebnisse einer gesamtdeutschen epidemiologischen Untersuchung ergeben ein umfassendes Bild posttraumatischer Belastungsstörungen [6]:

- 37,5 % nach Vergewaltigung
- 12,8 % nach einen schlimmen Verkehrsunfall
- 10,5 % nach körperlicher Gewalt und
- 6,9 % Zeugen eines traumatisierenden Ereignisses

Bleiben u. a. folgende Symptome (▶ Übersicht) mehr als einen Monat bestehen, wird von **posttraumatischer Belastungsstörung** (PTBS) gesprochen. Die Prävalenz der PTBS bei deutschen Sdt beträgt 2,9 %.

Symptome der PTBS

- Hartnäckige Erinnerungen
- Alpträume
- »Flash backs«
- Vermeidungsverhalten
- Schreckhaftigkeit
- Schlafstörungen
- Erhöhte Reizbarkeit

22.3 Traumatischer Stress

Das Phänomen »Stress« wurde in den letzten Jahrzehnten differenziert untersucht. Ebenso rückte das Interesse über Belastungen durch traumatische Erfahrungen bei z. B. Naturkatastrophen, Gefahrensituationen oder bei Sdt in Krisen- und/oder Kriegseinsätzen immer mehr in das Bewusstsein der Forscher [11].

Mit Beginn der Auslandseinsätze der Bundeswehr in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts wuchs das Interesse an diesem Themengebiet auch im deutschsprachigen Raum. Während im Jahr 2008 noch 245 Sdt wegen einer PTBS in einem Bundeswehrkrankenhaus ambulant oder stationär behandelt wurden, waren es 2009 bereits 466 [13]. 2010 hat sich die Zahl nochmals auf 729 erhöht. Im Jahr 2011 lag die Rate bei 922 und 2012 bei 1143 Behandlungen. Nicht nur Sdt standen im Fokus wissenschaftlicher Fragestellungen, sondern auch Einsatzkräfte der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Für die Einsatzkräfte der Berufsfeuerwehr konnte z. B. nachgewiesen werden, dass mit steigender Anzahl belastender Einsätze im vorangegangenen Monat die Wahrscheinlichkeit, an einer psychischen Belastungsstörung zu erkranken, stieg [14]. In den letzten Jahren sind aber auch Vorfälle aus dem Polizeidienst zu beobachten, in denen Polizeibeamte, die z. B. an einem Schusswechsel beteiligt waren, und um ihr eigenes Leben bangten, an einem sog. »Post-Shooting-Trauma« erkrankten [12].

Trauma im griechischen Wortsinn bedeutet Wunde oder Verletzung. Ein psychisches Trauma

bedeutet nach ICD-10 (»International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems«) eine seelische Verletzung, hervorgerufen durch ein Ereignis außergewöhnlicher Bedrohung (z. B. gewalttätiger Angriff auf die eigene Person, Zeuge des gewaltsamen Todes anderer Personen, schwerer Unfall, Naturkatastrophe etc.), das bei Menschen tiefgreifende Verzweiflung auslösen kann.

In der Alltagssprache wird häufig davon gesprochen, dass der auf eine außergewöhnliche Situation reagierende Mensch unter Schock steht. In der Wissenschaft wird von **akuten Belastungsreaktionen (ABR)** gesprochen (bis zu 72 h nach dem kritischen Ereignis).

Akute Belastungsreaktionen
- Hilflosigkeit
- Angst, Todesangst
- Übererregbarkeit
- Panik
- Erstarren (»freezing«)
- Gefühlstaubheit (»numbing«)
- Keine Handlungskontrolle
- Heftige affektive und körperliche Reaktionen (Weinen, Schreien)
- Ekel- und Schamempfinden

Allgemein reagiert der Menschen in einer akuten traumatischen Stresssituation mit folgenden Verhaltensmustern:

Es kommt zum Anstieg der Herzfrequenz und Ausschüttung von Stresshormonen (Aktivierungszustand). Diese sollen den Organismus auf Kampf oder Flucht vorbereiten. Extreme traumatische Situationen zeichnen sich nun dadurch aus, dass Kampf oder Flucht objektiv oder subjektiv gar nicht oder nur eingeschränkt möglich sind. Dies führt zum Erleben von Ohnmacht und Hilflosigkeit bei jedoch gleichzeitig erhöhtem physiologischem Erregungszustand. Weil diese Erregung nicht in Aktionen des Angriffs oder der Flucht umgewandelt werden kann, sucht sich der Organismus andere Wege. Sie äußern sich z. B. durch Veränderungen in den Wahrnehmungs- und Handlungsfunktionen (**peritraumatische Dissoziation**). Zitat eines Sdt nach dem Busanschlag (2003) in Kabul: »Was geschah, erschien mir wie unwirklich, wie in Zeitlupe, als ob ich in einem Traum sei, es war alles so dumpf.«

Die Wahrscheinlichkeit, den traumatischen Stress nicht verarbeiten zu können, ist erhöht, wenn der Betroffene bereits vor dem kritischen Ereignis psychisch vulnerabel war. Zu denken ist z. B. an einen Hochstresszustand, der nicht abgebaut werden konnte, an nichtverarbeitete traumatische Vorerfahrungen und/oder chronifizierte berufliche sowie familiäre Belastungen. Bei Sdt, die eine fehlende soziale Unterstützung durch die nationale Bevölkerung wahrnehmen (»homefront«), lässt sich ebenfalls eine erhöhte Vulnerabilität auf einsatzbedingte psychische Traumastörungen erkennen. Es werden protektive Effekte in Hinblick auf eine PTBS, Depressionen und Alkoholmissbrauch beschrieben.

Eine Zusammenfassung individueller Risikofaktoren ist aus der ▶ Übersicht zu entnehmen [9].

Individuelle Risikofaktoren
- Jugendliches oder hohes Lebensalter
- Zugehörigkeit zu einer sozialen Randgruppe
- Niedriger sozioökonomischer Status
- Mangelnde soziale Unterstützung
- Psychische oder körperliche Vorerkrankungen
- Familiäre Vorbelastungen mit traumatischen Erfahrungen

Aber: Unabhängig von diesen Faktoren **kann** es **jeden** treffen!

Befindet sich z. B. ein Sdt in einer akuten traumatischen Stressphase, die beispielsweise durch einen heftigen Feuerkampf mit Toten und Verletzten hervorgerufen wurde, dann kann dieses außergewöhnliche Ereignis krankheitserzeugend wirken. Eine explodierende Handgranate, eine abgerissene Hand, ein zerberstender Kopf u.v.m. werden zwar aufgenommen, aber mangels gespeicherter Information über ähnliche Situationen von dem Betroffenen nicht verarbeitet. Die massive Ausschüttung von Stresshormonen führt zu einer Fehlfunktion der Informationsverarbeitung. Das Ereignis wird im Gedächtnis nur abgelegt. Damit sind die Voraussetzungen erfüllt, dass sich das bedrohliche Ereignis

verselbstständigt und im psychovegetativen System des Betroffenen kontextlos »herumvagabundiert«. Daraus entstehen dann die typischen Belastungssymptome (s. oben). Die Episoden wirken ohne Vorwarnung. Die Betroffenen wissen nicht so recht, was mit ihnen geschah bzw. geschieht. Sie gingen anders in die Lage hinein als sie dann herauskamen. »I' m not the same person I was before – something broke inside of me« [10, S. 164].

Nicht der Betroffene ist verrückt, sondern das schlimme Ereignis bzw. das »Bild« hat sich im Gedächtnis **ver-rückt**. Das kann jeden treffen. Zur Verarbeitung der extremen Situation gibt es verschiedene Möglichkeiten, um das »Bild« wieder an den richtigen Platz zu bringen.

Eine sehr wichtige Komponente zur Unterstützung der Verarbeitung eines kritischen Ereignisses ist die psychologische Krisenintervention (psychologische Erste Hilfe, Akutintervention, psychologische Aufarbeitung, Nachsorge).

22.4 Psychologische Krisenintervention

22.4.1 Grundlagen

Im Rückgriff auf die Erfahrungen befreundeter Streitkräfte hat die Bundeswehr umfassende Präventions- und Behandlungskonzepte entwickelt, die die organisatorischen Grundlagen für eine effektive psychosoziale Unterstützung stressbelasteter Personengruppen liefern:

- Ebene 1 **(Akutphase)** bezieht sich auf Maßnahmen, die durch Vorgesetzte oder Kameraden und Kollegen des Betroffenen erfolgen können.
- Ebene 2 **(Stabilisierungsphase)** betrifft Psychologen, Ärzte, Seelsorger und Sozialarbeiter, die an der primären gesundheitlichen Versorgung beteiligt sind.
- Auf Ebene 3 **(Weiterbetreuung)** werden Psychiater sowie ärztliche und psychologische Psychotherapeuten in den Krankenhäusern und Fachsanitätszentren tätig.

Das »Vorrücken« des Betroffenen in den Ebenen (1 bis 3) hängt vom Schweregrad seiner Belastung ab. Dementsprechend sind in Ebene zwei und drei stärker spezialisierte Fachkräfte vonnöten, um die Interventionsziele zu erreichen. Die angewendeten Hilfsmöglichkeiten orientieren sich weiterhin an der Beziehung zum Betroffenen, am aktuellen Anlass, dem emotionalen Zustand und den Interventionstechniken.

Die Präventions- und Behandlungskonzepte der Bundeswehr bei bzw. nach »critical incidents« haben sich im Rahmen der Auslandseinsätze bewährt und sollen im Folgenden als allgemeingültiges Modell der Krisenintervention verstanden werden. Es kann insbesondere auch bei Einsatzkräften der Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste und des Zolls Anwendung finden, wobei die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Einsatzarten zu berücksichtigen sind. Eine interdisziplinäre Standardisierung ist aufgrund unterschiedlicher Organisationsstrukturen nur bedingt möglich.

22.4.2 Akutphase (psychologische Erste Hilfe)

Direkt während oder unmittelbar nach einem kritischen Ereignis ist es nur realistisch, dass Vorgesetzte, Einsatzkräfte, Kameraden bzw. Kollegen und notfallmedizinisches Fachpersonal vor Ort die Erstversorgung übernehmen. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass z. B. nach einem IED (»improvise explosiv device«)-Anschlag außerhalb eines Feldlagers ein Psychologe oder Psychiater anwesend ist oder während eines schweren Zwischenfalls bei einem Polizeieinsatz ein Notfallseelsorger im Akutstadium die Betreuung eines Betroffenen übernehmen kann.

Im Folgenden steht der Fokus auf der psychologischen Ersten Hilfe (PEH) vor Ort. Die PEH ist sehr wichtig, um der Gefahr einer posttraumatischen Erkrankung präventiv entgegenzuwirken. Ziel jeder Maßnahme ist, den Betroffenen zu stabilisieren, Sicherheit zu geben und möglichst schnell wieder seiner eigentlichen Aufgabenerfüllung zuzuführen.

Für den psychologischen Ersthelfer ist unabdingbar, sich ein Bild der Lage zu verschaffen, insbesondere um Gefahrenlage und Sicherheit abzuschätzen. Es liegt kein Sinn darin, sein eigenes Leben aufs Spiel zu setzen und als Helfer unbrauchbar zu werden.

Zielgruppe der PEH sind primär und sekundär Betroffene, insbesondere diejenigen, die deutliche Symptome einer akuten Belastungsreaktion zeigen. PEH sollte außerdem vor Ort bzw. in unmittelbarer Nähe des Geschehens stattfinden.

Bei der Kontaktaufnahme mit dem Betroffenen hilft ein sicheres und ruhiges Auftreten, um die Ängste und Unsicherheiten des Gegenübers zu reduzieren. Weiterhin ist zu empfehlen, sich im wahrsten Sinne des Wortes auf »Augenhöhe« des Betroffenen zu begeben und sich generell eher kameradschaftlich bzw. kollegial zu verhalten.

Oft wissen Ersthelfer nicht, wie Sie ein Gespräch im Rahmen der PEH beginnen sollen. Einfache Sätze wie **»Was ist los?«** oder **»Was ist passiert?«** sind hier möglich und hilfreich. Manchmal möchte der Betroffene auch gar nicht reden. Hier sollte man Ruhe bewahren, das Schweigen aushalten und auf gar keinen Fall den Betroffenen in ein »Pseudogespräch« verwickeln. Das Reichen von Getränken (z. B. Tee, Kaffee, Wasser) oder das Anbieten einer Zigarette und einfach »da« sein, reicht in diesem Zusammenhang vollkommen aus. Wenn der Betroffene etwas sagen möchte, wird er es auch tun. Manchmal toben die Betroffenen oder laufen orientierungslos umher. Hier ist zu empfehlen, in lautem Ton auf die Person einzugehen, um sie zu beruhigen. Wenn gar nichts mehr hilft, ist ggf. auch mit angemessenem Körpereinsatz zu agieren, damit sich der Betroffene nicht zusätzlich z. B. wieder in eine potenzielle Gefahrensituation begibt. Eventuell ist auch die Unterstützung durch weitere Kameraden oder Kollegen hilfreich.

Beruhigungsmitteln sollten generell nur in Ausnahmefällen und wenn sparsam verabreicht werden (z. B. Tavor expidet). Diese Empfehlung berührt selbstverständlich nicht die notwendige Analgosedierung bei starken Schmerzen.

Folgende vier Grundregeln der PEH nach einem »critical incident« haben sich in der Praxis bewährt (▶ Übersicht).

Psychologische Erste Hilfe (PEH)

1. **Ruhe bewahren**
   - Herausfinden, wer organische medizinische Hilfe benötigt (hat immer Vorrang).
   - Mit Betroffenen auf ruhige, vertrauensbildende, kontrollierte Art sprechen.
2. **Stabilisierung**
   - Betroffenen vom Ort des Geschehens wegbringen, hinsetzen und etwas zu trinken geben.
   - Nonverbale Zuwendung (Augenkontakt): Bei Bedarf angemessener Körperkontakt z. B. Arme, Schultern.
   - Mit – nicht über – Betroffenen reden (nicht für Betroffenen bestimmte Äußerungen soll er nicht hören).
   - Phrasen, Floskeln, unglaubwürdigen Aussagen vermeiden (der Betroffene ist sich der Situation evtl. besser bewusst, als es den Anschein hat).
   - Kommunikation einfach gestalten: Direkt, präzise, Wiederholen der Aussage.
   - Primäre Wünsche herausfinden – wann immer möglich erfüllen.
3. **Ressourcen stärken**
   - Ereignis und Empfindungen schildern lassen (nur wenn Betroffene dies wirklich möchten und nicht vertieft auf belastende Gefühle eingehen).
   - Falsche Bewertungen korrigieren (z. B. Schuldgefühle).
   - Betroffenem klarmachen, dass seine Reaktionen normal sind (Relativierung).
   - Subjektive Kontrolle herstellen: Erläutern, was gerade mit Betroffenem passiert.
   - Beruhigungsmittel nur wenn nötig und sparsam einsetzen.
4. **Perspektive aufbauen**
   - Langsame Rückführung in Tätigkeit, einen 24-h-Plan aufbauen.
   - Weitere Unterstützung anbieten.

PEH umfasst alle Handlungen und Tätigkeiten, die dem Betroffenen bei der Bewältigung seiner aktuellen Schwierigkeiten helfen. Dazu zählen auch emotionale Unterstützungen und Gespräche sowie praktische und materielle Hilfeleistungen aller Art. Die Probleme können dadurch nicht gleich beseitigt werden. Das ist auch nicht das Ziel. Vielmehr geht es bei PEH um die Unterstützung

des Betroffenen und seiner Umgebung, damit er sich so rasch und effektiv wie möglich wieder selbst helfen kann.

Traumatisierte wollen Strukturen.

Keinesfalls sollte man jetzt schon versuchen, die Ursachen oder Konsequenzen des kritischen Ereignisses zu diskutieren. Für eine rationale Bearbeitung ist es zu diesem Zeitpunkt viel zu früh.

Im militärischen Kontext stellt sich häufig die Frage, ob die Waffe des Betroffenen abgenommen werden soll. Hier gilt eindeutig die Faustregel: Nein und wenn ja, so spät wie möglich! Diese sehr situationsbezogene Bewertung kann nur vor Ort vorgenommen werden.

Liegen deutliche Hinweise auf Selbst- oder Fremdgefährdung vor, ist die Wegnahme der Waffe unumgänglich.

Zusammenfassend hat sich in der Praxis besonders das SAFER-Modell nach einem kritischen Ereignis direkt vor Ort bewährt [7]. Dabei handelt es sich um eine standardisierte individuelle Kriseninterventionsmethode, die von jedem Ersthelfer angewendet werden kann und leicht umzusetzen ist – wenn es die Lage vor Ort zulässt.

SAFER-Modell

- **S**timulusreduktion (Reduktion der unmittelbaren Sinneseindrücke)
- **A**kzeptieren der Krise (Ereignis, Empfindungen schildern lassen)
- **F**alsche Bewertungen der Reaktionen korrigieren (verständlich und normal)
- **E**rklären von Stress und Stressreaktionen
- **R**ückführung in die Tätigkeit/Aufgabe oder Einleitung weiterer Maßnahmen

Jeder Mensch reagiert unterschiedlich auf traumatische Situationen. Dementsprechend können auch unterschiedliche Maßnahmen hilfreich sein. Striktes Handeln nach Richtlinien ist hier kontraproduktiv. Wenn auf die Reaktionen des Betroffenen mit Fingerspitzengefühl geachtet wird, kann das »professionelle Bauchgefühl« deutlich hilfreicher sein, als Checklisten abzuarbeiten.

Das folgende, sehr einfache Fallbeispiel aus dem 1. Weltkrieg zeigt, dass schon damals »Zunftwissen« über den Umgang mit belasteten Sdt vorhanden war (Erzählungen eines Unteroffiziers aus dem 1. Weltkrieg):

» … Gefreiter »Karl« saß nach einem heftigen Angriff an der Westfront regungslos herum. Ich habe ihn daraufhin aufgefordert, Kartoffel zu schälen. Ich verdeutlichte ihm, dass diese Tätigkeit wichtig sei, da die Truppe sonst verhungern würde …

An diesem sehr pragmatischen Beispiel werden die unterschiedlichen Betreuungsphasen nochmals verdeutlicht. Der betroffene Sdt sollte nach der Schockphase einfache Tätigkeiten durchführen, um sich wieder zu stabilisieren. Jeder Mensch kann Kartoffelschälen, es beruhigt aber auch aufgrund der »eintönigen« Tätigkeit. Die Arbeit ist nicht sinnlos, da die Truppe mit Nahrung versorgt werden muss. Häufig sitzt man auch im Kreis zusammen und erzählt sich Geschichten »über das Leben«. Der Sdt erfährt kameradschaftliche Unterstützung und ihm wird das Gefühl vermittelt, wichtig zu sein. Dadurch werden eigene Ressourcen aktiviert und der Regenerationsprozess gestärkt.

22.4.3 Stabilisierungsphase (Akutintervention und psychologische Aufarbeitung)

In der Regel bis ca. 24 h nach einem kritischen Ereignis ist auch eine Intervention im Gruppenrahmen möglich (angelehnt an das sog. psychologische »defusing«) [7] (▶ Übersicht). Diese Methode kann aber auch als Einzelintervention durchgeführt werden. Das Vorgehen erinnert an ein »hotdebrief« nach einer militärischen Operation und ist anzuwenden, solange emotionale Reaktionen noch deutlich überwiegen und man zum ersten Mal zum »durchschnaufen« kommt. Die Maßnahme sollte in einer sicheren Umgebung stattfinden und nicht mehr direkt am Ort des Geschehens.

Psychologisches Gruppensetting

1. **Einführung**
- Reden entlastet und erleichtert.
- Gespräch vertraulich: Alles Gesprochene bleibt »in diesen vier Wänden«.
2. **Exploration**
- Jeder schildert das Ereignisses aus seiner Sicht (z. B.: »Was ist passiert«).
- Gedanken und begrenzt Emotionen während des Ereignisses schildern lassen (z. B. »Was haben Sie während des Ereignisses gedacht und was denken Sie jetzt?«).
- Falls die Schilderung zu intensiv ist, sollte der Betroffene taktvoll gebremst werden.
3. **Information**
- Schilderungen zusammenfassen (Puzzle vervollständigen, einheitliches Bild schaffen – dies fördert die Verarbeitung).
- Erwähnen, dass die momentanen Symptome normale Reaktionen auf eine unnormale Situation sind (Relativierung).
- Unterschiedlicher Reaktionsverlauf möglich und Beispiele für weitere Reaktionen nennen (z. B. Niedergeschlagenheit, Nervosität, Schlafstörungen).
- Verhaltensempfehlungen geben (z. B. weiter mit Kameraden reden, an etwas positives Denken, Entspannungsübungen durchführen).

Die Gruppenstärke sollte nicht mehr als 8 Personen betragen. Die Dauer der Maßnahme liegt zwischen 30 und 60 min. Im Anschluss an dieses Gruppensetting sollten die Durchführenden für Einzelgespräche bereitstehen. Hier können das weitere Vorgehen und Möglichkeiten der Betreuung besprochen werden. Wenn keine deutliche Besserung nach ca. 72 h erkennbar ist, ist der Betroffene aus der Tätigkeit herauszulösen (z. B. Evakuierung) und professionelle Hilfe aufzusuchen.

Der Psychologische Dienst der Bundeswehr ist darüber hinaus im Rahmen von Auslandseinsätzen bei der psychologischen Aufarbeitung dazu übergegangen, nach kritischen Ereignissen im weiteren Verlauf der Stabilisierungsphase (Einzel- oder auch Gruppensetting) und meistens dann schon in den zentralen militärischen Einrichtungen der Einsatzgebiete, die Krisenintervention auf der Basis von Psychoedukation anzuwenden. Dabei handelt es sich um eine Informationsvermittlung bzw. gezielte Aufklärung, was ein Psychotrauma ist und welche Reaktionen auftreten können. Ziel ist es, potenzielle Symptome bzw. Verhaltensauffälligkeiten zu verstehen und besser sowie realistischer mit ihnen umgehen zu können. Feuerwehr, Polizei und verschiedene karitative Organisationen haben vergleichbare Konzepte der Akutintervention etabliert, die meist von den jeweiligen psychosozialen Diensten organisiert wird.

Für die frühzeitige Identifizierung der Personen, bei denen das Risiko eines PTBS besteht, kommt bei der Bundeswehr außerdem ein spezielles Screening-Verfahren, der Kölner Risikoindex-Bundeswehr (KRI-Bw), zum Einsatz [2]. Es handelt sich um ein halbstandardisiertes Interview, das im Einzelgespräch mit Betroffenen Anwendung findet und ebenfalls psychoedukative Elemente beinhaltet. Anhand der Ergebnisse kann eine Abschätzung des Erkrankungsrisikos vorgenommen, zielgruppenorientierte Unterstützung geplant und ggf. weitere spezifische Maßnahmen eingeleitet werden (Entspannungsmethoden, Stabilisierungstechniken, Psychotherapie, etc.).

Außerdem bildet die Bundeswehr regelmäßig ausgewählte Sdt zu freiwilligen »peer supportern« aus. Peers werden bei Kriseninterventionsmaßnahmen eingesetzt und unterstützen die Truppenpsychologen in u. a. folgenden Einsatzfeldern:
- Akuteinsatz im Rahmen der Soforthilfe nach kritischen Ereignissen
- Erstgespräche mit Betroffenen/Gruppengespräche nach kritischen Ereignissen

So steht der Bundeswehr das Programm »Sdt helfen Sdt« zur Verfügung, dessen Teilnehmer eine wertvolle Verstärkung des psychologischen Dienstes der Bundeswehr sind. Als Ausbildungseinrichtungen sind z. B. das Zentrum Innere Führung in Koblenz und das Flugmedizinische Institut der Bundeswehr in Fürstenfeldbruck zu nennen.

So wird die flächendeckende psychosoziale Unterstützung der Truppe nicht nur im Auslandseinsatz deutlich verbessert, sondern auch gewährleistet, dass die gesamte Last nicht einzig auf den Schultern der Truppenpsychologen ruht.

Dauern schwerwiegende Belastungssymptome länger als 4–6 Wochen an, ist auf jeden Fall professionelle Hilfe in Anspruch zu nehmen!

22.4.4 Weiterbetreuung (Nachsorge)

Im Auslandseinsatz erfolgt die psychiatrisch-psychotherapeutische Versorgung von Sdt in den Feldlazaretten, die sich in den zentralen militärischen Einrichtungen der Einsatzgebiete befinden. Es handelt sich dort um vollwertige Krankenhäuser der Basisversorgung, die auch eine psychiatrische Ambulanz beinhalten.

Bei einer schweren psychischen Erkrankung und bei nicht ausreichend abschätzbarer Prognose der Behandlung wird eine Rückführung nach Deutschland auf dem Luftweg veranlasst. Nach der Rückkehr nach Deutschland werden diese Sdt in ein dem Flughafen oder dem Wohnort nahe liegendes Bundeswehrkrankenhaus eingewiesen und dort weiter behandelt.

Nach Beendigung von Auslandseinsätzen ist eine Reihe von Maßnahmen zur Weiterbetreuung und zur Prophylaxe einsatzbedingter psychischer Folgeschäden etabliert. Alle Sdt werden von einem Truppenarzt bezüglich psychischer Symptomatik befragt. Bei auffälligen Ergebnissen wird eine psychiatrische Untersuchung in einem Bundeswehrkrankenhaus veranlasst und ggf. ambulante oder stationäre therapeutische Maßnahmen eingeleitet.

Eine psychische Belastung kann auch bei Einsatznachbereitungsseminaren auffallen. Vier bis sechs Wochen nach Einsatzende werden alle beteiligten Sdt geordnet nach Verbänden noch einmal zu einem Seminar zusammengeführt, bei dem in Gruppen und unter Leitung von ausgebildeten Moderatoren über Einsatzerlebnisse gesprochen wird. Einsatzerfahrene Militärpsychologen, Seelsorger und Sozialarbeiter begleiten dieses Verfahren. Zur Identifikation von besonders belasteten Sdt wenden Militärpsychologen ein spezielles Screening-Verfahren an, sodass ggf. identifizierte Sdt Maßnahmen zur Wiederherstellung der psychischen Fitness zugeführt werden können.

Um neben diesen Maßnahmen die Früherkennung psychischer Einsatzfolgen und die Zusammenarbeit der beteiligten Berufsgruppen weiter zu verbessern, wurde 2005 mit der Einrichtung sog. psychosozialer Netzwerke begonnen. Diese sind seitdem an der überwiegenden Mehrzahl der Bundeswehrstandorte unter der Mitwirkung von psychiatrischen Fachärzten, Truppenärzten, Truppenpsychologen, Militärseelsorgern und Sozialarbeitern entstanden, die regelmäßig zum Erfahrungsaustausch und zu interdisziplinären u.a. Fallkonferenzen zusammenkommen [13].

Darüber hinaus steht seit 2009 seitens der Bundeswehr eine kostenlose anonyme Telefonhotline zur Verfügung. Weitere Informationen gibt es auch im Internet:

- www.ptbs-hilfe.de
- www.Angriff-auf-die-Seele.de
- www.bundeswehr-support.de

Für den Fall, dass die geschilderten präventiven Maßnahmen nicht helfen oder der Betroffene sie nicht wahrnimmt, kann es nach kürzerer oder längerer Zeit zu der Entwicklung psychischer Erkrankungen kommen, die unbehandelt chronifizieren und über Jahre viel Lebensqualität kosten können. Nicht selten wird eine solche **Erkrankung** von den Angehörigen als Veränderung der Persönlichkeit beschrieben. Führungspersonal von Einsatzkräften sollte bzgl. solcher Veränderungen sensibilisiert sein und ggf. in Verdachtsfällen aktiv auf belastete Mitarbeiter zugehen. Eine psychische Symptomatik nach einer Traumatisierung ist im Regelfall gut behandelbar. Seit einigen Jahren gibt es in Deutschland Netzwerke von Traumatherapeuten, die eine ambulante Psychotherapie anbieten (www.DEGPT.de, www.EMDRIA.de). Zusätzlich hat sich eine Reihe von Kliniken auf die Behandlung von Traumafolgestörungen spezialisiert. Dazu gehören auch die psychiatrischen Abteilungen der Bundeswehrkrankenhäuser. Bei einer Traumatherapie werden Verfahren wie z. B. die EMDR-Technik angewandt (»Eye Movement Desensitization and Reprocessing«). Dabei nutzt der Therapeut wechselseitige Stimulationen der Sinneswahrnehmung (z. B. durch Augenbewegungen des Patienten nach links und rechts). Es kommt dadurch zu einer Reaktivierung der Erinnerungen sowie der dazugehörigen Gedanken und Gefühle, in der Folgezeit dann jedoch zu einer Umbewertung und emotionalen Entlastung, die im Regelfall dauerhaft anhält.

22.5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Umgang mit außergewöhnlichen und extremen psychischen Situationen stellt für Einsatzkräfte der BOS und Sdt der Bundeswehr eine große Herausforderung dar. Von großer Bedeutung ist die Prävention psychischer Erkrankungen. Dabei ist die akute Krisenintervention eine wirksame Option. Dazu wurden in diesem Kapitel pragmatische psychologische Interventionstechniken »in action« vorgestellt, die von jedem angewendet werden können. Hauptziel ist es, den Betroffenen zu stabilisieren, Sicherheit zu geben und möglichst schnell wieder in seine eigentliche Aufgabenerfüllung zurückzuführen. Reichen diese Maßnahmen nicht aus, sollte immer professionelle Hilfe in Anspruch genommen werden. Dazu gehören Psychologen, Ärzte, Notfallseelsorger, Psychiater und Sozialarbeiter.

Neben der professionellen Betreuung ist jedoch entscheidend, dass man auf sich und auf seine Kameraden bzw. Kollegen achtet. Eine ehrliche und vertrauensvolle soziale Unterstützung (Kameradschaft) ist eine sehr effektive Form, um einer Chronifizierung psychischer Grenzbelastungen möglichst früh entgegenzuwirken.

Zukünftig wird es noch mehr darum gehen, die Erfahrungen verschiedener Dienstleistungsangebote auszutauschen. Auf diesem Weg kann ein gegenseitiges Lernen und eine Verbesserung der unterschiedlichen Methoden ermöglicht werden. Dabei stellt der interdisziplinäre Austausch eine wichtige Voraussetzung dar.

Literatur

1. Dunker S (2010) Prognose und Verlauf der Posttraumatischen Belastungsstörung bei Soldaten der Bundeswehr. Längsschnittsstudie zur Neuvalidierung des Kölner Risikoindex – Bundeswehr (KRI-Bw). http://kups.ub.uni-koeln.de/volltexte/2010/3021/
2. Fischer G, Riedesser P (1998) Lehrbuch der Psychotraumatologie. München: Ernst Reinhardt (UTB für Wissenschaft)
3. Hoge CW, Castro CA, Messer SC (2004) Combat Duty in Iraq and Afghanistan, Mental Health Problems, and Barriers to Care. The New England Journal of Medicine 1:13–25
4. Kulka RA, Schlenger WE, Fairbank JA et al. (1990) Trauma and the Vietnam war generation. Report of findings from the National Vietnam Veterans Readjustment Study. Brunner & Mazel, New York
5. Hannich H-J, Kiekbusch S, Busch P (2001) Krisenintervention und Notfallseelsorge. In: Maerker A, Ehlert U (Hrsg.) Psychotraumatologie. Hogrefe, Göttingen
6. Maerker A, Forstmeier S, Wagner B, Glaesmer H, Brähler E (2008) Posttraumatische Belastungsstörungen in Deutschland. Der Nervenarzt 5:577–586
7. Mitchell JT, Everly GS (1997) Critical Incident Stress Debriefing. An Operations Manual for the Prevention of Traumatic Stress Among Emergency Services and Disaster Workers. Ellicott City, MD, USA: Chevron Publishing Corporation
8. Shlosberg A, Strous RD (2005) Long-term follow-up (32 years) of PTSD in Israeli Yom Kippur War Veterans. The Journal of Nervous and Mental Disease 193:693–696
9. Siol T, Flatten G, Wöller W (2004) Epidemiologie und Komorbidität der Posttraumatischen Belastungsstörung. In: Flatten G et al. (Hrsg.) Posttraumatische Belastungsstörung. Schattauer, Stuttgart
10. Solomon Z (1993) Combat Stress Reaction. Plenum Press, New York
11. Ungerer D (2003) Der militärische Einsatz. Miles-Verlag, Potsdam
12. Ungerer D, Ungerer J (2008) Lebensgefährliche Situationen als polizeiliche Herausforderungen. Verlag für Polizeiwissenschaft, Frankfurt
13. Ungerer J Zimmermann P (2010) Psychische Grenzbelastungen am Hindukusch: Wie geht die Bundeswehr damit um? – Standortbestimmung und Perspektiven. In: Hammerich HR, Hartmann U, Rosen C von (Hrsg.) Jahrbuch Innere Führung 2010. Miles-Verlag, Potsdam
14. Wagner D, Heinrichs M, Ehlert U (1998) Prevalence of symptoms of PTSD in German professional firefighters. American Journal of Psychiatry 155(12):1727–1732
15. Zimmermann P, Hahne HH, Biesold KH, Lanczik M (2005) Psychogene Störungen bei Deutschen Soldaten des Ersten und Zweiten Weltkrieges. Fortschritte der Neurologie/Psychiatrie 73(2):91–102

Weiterführende Literatur

Kreim G, Bruns S, Völker B (Hrsg.) (2014) Psychologie für Einsatz und Notfall. Bernard & Graefe, Bonn

Versorgung von Diensthunden

K. Riedel

23.1 Verhaltensregeln im Umgang mit dem Diensthund – 346

23.2 Untersuchungsgang und Vitalfunktionen – 346
23.2.1 Atmung – 347
23.2.2 Körperkerntemperatur – 347
23.2.3 Puls – 347
23.2.4 Beurteilung der Schleimhäute und kapilläre Wiederauffüllungszeit – 348
23.2.5 Arterielle Sauerstoffsättigung (SpO_2%) – 348
23.2.6 Blutdruckmessung – 348
23.2.7 Beurteilung des Hydratationsstatus – 348

23.3 Tactical Combat Casualty Care nach MARCH/CABC – 349
23.3.1 Massive bleeding/critical hemorrhage: Blutstillung – 349
23.3.2 Airway: Sicherung der Atemwege – 349
23.3.3 Respiration/breathing: Thoraxverletzungen – 351
23.3.4 Circulation: Kreislaufstabilisierung – 352

23.4 Ein Diensthundenotfall: die Magendrehung – 354
23.4.1 Differenzialdiagnose Magenüberladung – 355
23.4.2 Trokarisierung des Magens – 355
23.4.3 Magensonde – 355

23.5 Dosierungsempfehlungen für Notfallmedikamente – 355
23.5.1 Allgemeine Medikamente – 356
23.5.2 Notfallmedikamente für Wiederbelebungsmaßnahmen – 357
23.5.3 Analgetika und Antibiotika – 357
23.5.4 Empfehlungen zur Sedierung und Anästhesie des Diensthundes – 357
23.5.5 Euthanasie des Diensthundes – 358

Literatur – 358

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_23, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Internationale Erfahrungen aus Einsatzgebieten mit militärischen Konflikten zeigen, dass es für Kampftruppen mittlerweile die Realität darstellt, als Diensthundführer, Combat First Responder und humanmedizinisches Sanitätsfachpersonal medizinische Basisversorgung und taktische notfallmedizinische Behandlungen am Diensthund durchzuführen. Besonders außerhalb der Feldlager, im abgesetzten Einsatz, ist veterinärmedizinisches Personal bislang im Regelfall nicht zeitnah verfügbar. Dieses Kapitel soll dem am Menschen ausgebildeten Spezialisten einen ersten Überblick über die Besonderheiten im Umgang mit erkrankten und verletzten Hunden sowie über die speziesspezifischen Erfordernisse in der medizinischen Versorgung geben und ein Anreiz sein, die eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten in Theorie und Praxis um das Gebiet der taktischen veterinärmedizinischen Notfallversorgung zu erweitern.

23.1 Verhaltensregeln im Umgang mit dem Diensthund

Klare und unaufgeregte Kommunikation zwischen Diensthundeführer und Behandelndem ermöglicht stressfreies Arbeiten und minimiert die tierische Gegenwehr, da Hunde mit Angst und Schmerzen häufig ungewohnt feindselig und aggressiv reagieren. Liegen keine Bewusstseinsstörungen, Atemwegsprobleme und/oder Verletzungen im Gesichtsbereich vor, sollte dem Hund vor Herantreten notfallmedizinischen Personals ein Beißkorb oder eine provisorische Schnauzenbinde angelegt werden (Abb. 23.1).

Abb. 23.1 Fixierung des Hundes in Seitenlage mit provisorischer Schnauzenbinde, Venenpunktionsstellen

- **Hund und Hundeführer möglichst nicht trennen**
- **Andere Hundeführer als Helfer einteilen**
- **Verletzten Hunden grundsätzlich Beißkorb oder Schnauzenbinde anlegen**

Tipp

Eine provisorische Schnauzenbinde kann aus einer Mullbinde hergestellt werden. Der erste Knoten wird auf dem Oberkiefer, der zweite unter dem Unterkiefer gelegt. Die Enden der Mullbinde werden im Nacken verknotet und am Halsband befestigt, um ein Abstreifen durch den Hund zu verhindern.

Kann der Diensthundeführer bei der Versorgung seines Diensthundes nicht unterstützen, sollten andere Diensthundeführer als Helfer eingeteilt werden. Bei unkontrollierbaren, um sich beißenden Hunden kann die Leine durch einen Zaun, einen Wandhaken o. ä. gezogen werden, um den Kopf zu fixieren. Gegebenenfalls ist es hilfreich, dem Hund zur Ablenkung eine zusammengerollte Decke, einen Rucksack oder ähnliches als Gegenstand anzubieten, auf den er seine Aggression richten und in den er beißen kann. Bei starker Gegenwehr ist trotz des Risikos der negativen Beeinflussung der Prognose eine intramuskuläre Sedierung zur Immobilisierung des unkontrollierbaren Diensthundes häufig sinnvoll.

23.2 Untersuchungsgang und Vitalfunktionen

Die klinische Untersuchung erfolgt soweit möglich am stehenden Hund, grundsätzlich während der Diensthundeführer den Kopf des Hundes fixiert und das Tier beruhigt. Die Seitenlage empfinden viele Hunde als Zwangslage, diese ist aber zur Durchführung von Behandlungen häufig unabdingbar. Hierbei werden die unten liegenden Gliedmaßen vom auf der Rückenseite des Hundes

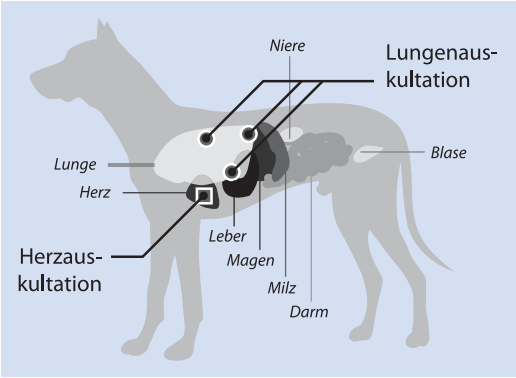


Abb. 23.2 Wichtige innere Organe und Auskultationspunkte beim Diensthund

positionierten Helfer oberhalb des Fuß- bzw. Handgelenks umfasst. Die Ellenbogen, bei unkooperativen Hunden zusammen mit dem Eigengewicht des Helfers, dienen dem Niederhalten des Hundes (Abb. 23.1).

23.2.1 Atmung

Hunde atmen überwiegend mit dem Brustkorb und eher flach. Tiefe, schnelle Atemzüge weisen häufig auf Atemnot und/oder schmerzhafte Prozesse hin. Die normale Atemfrequenz in Ruhe beträgt zwischen **10 und 30 Atemzüge/min**. Von pathologischen Ursachen erhöhter Atemfrequenz wie z. B. Blutungen und Pneumothorax ist das physiologische Hecheln zur Temperaturregulation oder bei Aufregung abzugrenzen. Die Auskultation der Lunge zur Beurteilung der Atemgeräusche und zur Feststellung örtlichen Fehlens von Lungengeräuschen ist aufgrund des Fells akustisch anspruchsvoller als beim Menschen. Beim hechelnden Hund wird sie durch Schließen des Fanges möglich (Abb. 23.2).

23.2.2 Körperkerntemperatur

Die Körperkerntemperatur wird beim Hund rektal ca. 3 cm tief im Enddarm gemessen und ist nur in Ruhe aussagekräftig, da aufgeregte Hunde bzw. Hunde in Arbeit physiologisch kurzfristig Körperkerntemperaturen über 40,5 °C erreichen können. Die Normaltemperatur liegt beim Diensthund zwischen **38,3 °C und 39,2 °C**.

Abb. 23.3 Pulskontrolle an der A. femoralis

23.2.3 Puls

Zur Beurteilung des Pulses wird auf der Innenseite des Oberschenkels im femoralen Dreieck die **A. femoralis** auf dem Oberschenkelknochen ertastet (Abb. 23.3). Die Pulsfrequenz großer erwachsener Hunde liegt in Ruhe zwischen **70 und 100 Schlägen/min**. Hierbei ist die physiologische Sinusarrhythmie der Hunde, die sich in einem schnelleren Puls während der Inspiration und einem verlangsamten Puls während der Exspiration äußert, zu beachten. Sie muss von pathologischen Arrhythmien abgegrenzt werden. Am einfachsten lässt sich die Herzfrequenz durch gleichzeitiges Palpieren des Femoralispulses und Auskultation der Herztöne messen. Die Auskultation des Herzens erfolgt hierfür kaudal des linken Ellenbogens an der unteren seitlichen Brustwand (Abb. 23.2).

Fällt der **Blutdruck unter 60 mmHg**, so wird der Puls an der A. femoralis schwach bis unfühlbar. Herztöne sind bei einem Blutdruck unter 50 mmHg nicht mehr auskultierbar. Nicht tastbarer Puls und nicht auskultierbare Herztöne sind nicht notwendigerweise mit Herzstillstand verbunden, sondern bedeuten, dass die dringende Notwendigkeit der unverzüglichen Einleitung von Maßnahmen zur Unterstützung des Kreislaufes besteht. 20 s nach Herzstillstand beginnen sich die Pupillen zu erweitern und erreichen ihre maximale Dilatation nach 45–60 s.

23.2.4 Beurteilung der Schleimhäute und kapilläre Wiederauffüllungszeit

Hinweise auf den Kreislaufzustand können beim kooperativen Hund über die Beurteilung der Färbung der unpigmentierten Maulschleimhaut gewonnen werden. Blässe weist auf Anämie oder Mangeldurchblutung hin, starke Rötung auf Hyperthermie oder Fieber. Die kapilläre Wiederauffüllungszeit wird ermittelt, indem durch Fingerdruck auf die unpigmentierte Maulschleimhaut oberhalb der Fangzähne ein anämischer Fleck erzeugt wird (Abb. 23.4). Normalisiert sich der anämische Fleck nicht innerhalb 2 s, so liegt eine mangelhafte kapilläre Durchblutung mit Verdacht auf Kollaps und Schock vor. Bei Anämie ist die kapilläre Wiederauffüllungszeit nicht verändert. Beim unkooperativen Hund kann eine Beurteilung der Schleimhäute an den Augenlidbindehäuten erfolgen, die kapilläre Wiederauffüllungszeit kann dort nicht beurteilt werden.

23.2.5 Arterielle Sauerstoffsättigung (SpO_2 %)

Am Hund sind Pulsoxymeter mit Klemmsensoren am besten anzuwenden. Die Sensorplatzierung erfolgt an gut durchbluteten, nichtpigmentierten Körperstellen wie Zunge, Lippen, Zitze oder Ohr. Die in der TCCC häufig verwendeten Fingersensoren können beim Anlegen am Hund mangels dauerhaften Oberflächenkontakts zwar kurzfristige, aber als Anhalt relativ verlässliche Werte liefern. Gesunde Hunde haben eine arterielle periphere Sauerstoffsättigung von ≥95 %. Bei Hunden in Narkose sind Maßnahmen erforderlich, wenn die Sättigung unter 90 % fällt.

Abb. 23.4 Ermittlung der kapillären Wiederauffüllungszeit

23.2.6 Blutdruckmessung

Der systemische Blutdruck kann nichtinvasiv oszillometrisch über Manschettensysteme ermittelt werden, die beim Hund unterhalb des Ellenbogens oder an der Rutenwurzel angebracht werden. Werte, die mit beim Menschen üblichen Systemen auskultatorisch ermittelt werden, sind sehr ungenau und nicht zuverlässig. Der Blutdruck des Hundes in Ruhe liegt bei **130/75 mmHg**.

Physiologische Standardwerte

- Temperatur: 38,3–39,2 °C
- Atmung: 10–30 Atemzüge/min
- Pulsfrequenz: 70 bis 100 Schläge/min
- Kapilläre Wiederauffüllungszeit: ≤2 s
- Schleimhautfarbe: rosa
- Blutdruck: 130/75 mmHg
- SpO_2 (periphere O_2-Sättigung): ≥95 %

23.2.7 Beurteilung des Hydratationsstatus

Der Dehydratationsgrad des Hundes kann anhand der Hautfaltenprobe zur Ermittlung des Hautturgors und anhand des Schleimhautzustandes ge-

Tab. 23.1 Untersuchungsbefunde bei Dehydratation

Dehydratationsgrad	Untersuchungsbefund
Geringgradig	Maulschleimhaut und Hautturgor normal (Anamnese), kapilläre Wiederauffüllungszeit ≤2 s
Mittelgradig	Maulschleimhaut trocken, Hautturgor leicht vermindert bis deutlich verzögert, kapilläre Wiederauffüllungszeit ≥2 s
Hochgradig (akut lebensbedrohlich)	Maulschleimhaut trocken, Hautfalte bleibt stehen, kapilläre Wiederauffüllungszeit >2 s, stark eingesunkene Bulbi, schwacher fadenförmiger Puls, beginnende Bewusstseinstrübung, Schock

schätzt werden (Tab. 23.1). Für die Hautfaltenprobe wird am stehenden Hund an der seitlichen Brustwand mit Daumen und Zeigefinger eine Hautfalte gebildet, kurz komprimiert und wieder losgelassen. Bis zu einem Dehydratationsgrad von 5 % der Körpermasse bildet sich die Hautfalte sofort nach dem Komprimieren zurück. Bei vermindertem Hautturgor ist stets eine Infusionstherapie indiziert, da Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit des Hundes, z.B. auch der Riechleistung, bereits ab einem Dehydratationsgrad von 3 % und somit vor dem Auftreten sichtbarer Symptome eintreten.

23.3 Tactical Combat Casualty Care nach MARCH/CABC

23.3.1 Massive bleeding/ critical hemorrhage: Blutstillung

Das durchschnittliche physiologische **Blutvolumen** des Hundes beträgt ca. 90 ml/kg Körpermasse. Blutverluste bis zu 10 ml/kg Körpermasse werden vom Hund problemlos kompensiert. Bei Blutverlust ab 15 ml/kg Körpermasse besteht beim Hund eine therapiepflichtige Anämie. Der absolute Volumenmangelschock entsteht durch Blutverlust ab 25 ml/kg Körpermasse.

Taktische Notfallausrüstung zur Blutungskontrolle wie Tourniquet, Emergency Bandage, Kerlix Gauze, HemCon Bandage, Combat Gauze, Quik Clot ACS o. ä. kann grundsätzlich beim Diensthund eingesetzt werden. Kommerziell wird für Hunde derzeit ausschließlich Celox Gauze in der Veterinärausführung beworben. Die beim Menschen am häufigsten eingesetzten Tourniquets sind für

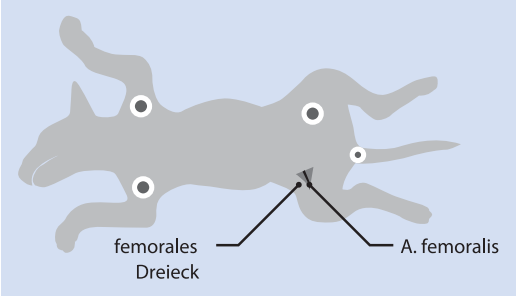


Abb. 23.5 Druckpunkte für oberflächliche Gefäße, femorales Dreieck

Diensthunde nur bedingt geeignet, da ihre Druckplatte so breit ist, dass sie beim Anlegen um Gliedmaßen mit geringem Durchmesser nicht der Gliedmaße anliegen können. Notfalls sollte die Druckplatte je nach Modell durchtrennt oder entfernt werden. Für Diensthunde gut geeignet ist z. B. der NATO-Tourniquet. Erfahrungsgemäß lassen sich jedoch die meisten kritischen Blutungen an Gliedmaßen des Hundes mit Emergency Bandages unter Kontrolle bringen.

Die Druckpunkte für große oberflächliche Gefäße sind in Abb. 23.5 dargestellt.

23.3.2 Airway: Sicherung der Atemwege

Die Sicherung der Atemwege des bewusstlosen oder sedierten Hundes erfolgt in Seitenlage. Nachdem Fremdmaterial aus der Maulhöhle entfernt wurde, z. B. Erbrochenes oder Blut, wird der Kopf des Diensthundes geringfügig überstreckt, die Zunge nach vorne aus der Maulhöhle gezogen und in den

Abb. 23.6 Gaumensegel vor dem Kehldeckel

unten liegenden Lefzenwinkel geführt. Zum Offenhalten der Maulhöhle muss ein Maulsperrer zwischen jeweils einen Fangzahn des Ober- und Unterkiefers eingelegt werden. Beim Hund kann die Atmung ggf. über einmaliges kräftiges Ziehen an der Zunge, kurzes und kräftiges Komprimieren des Thorax oder das Setzen eines Schmerzreizes stimuliert werden, indem man in das Nasenseptum kneift.

Tipp

Als provisorischer Maulsperrer kann eine 10-ml-Spritze dienen, aus der der Kolben entfernt und deren vorderes Ende abgetrennt wird.

Intubation

Die Intubation erfolgt beim Diensthund in Seiten- oder Bauchlage stets durch die mit einem Sperrer geöffnete Maulhöhle und darf nur beim bewusstlosen oder anästhesierten, am Kehlkopf reaktionslosen Tier durchgeführt werden. Guedel- und Wendl-Tubus sind beim Hund nicht einsetzbar, Endotrachealtuben der Größen 7 bis 8,5 mit Cuff sind für die meisten Diensthunde passend. Ein Laryngoskop ist meist nicht erforderlich. Ober- und Unterkiefer werden maximal geöffnet und die Zunge nach vorne gezogen, bis der Kehldeckel sichtbar wird. Gegebenenfalls muss hierfür das Gaumensegel mit der Tubusspitze nach oben angehoben werden (Abb. 23.6, Abb. 23.7). Der Kehldeckel wird mit der Tubusspitze nach vorne und unten gedrückt und der Tubus am Kehldeckel bzw. der vorderen Trachealwand entlang nach vorne-unten in die Trachea eingeführt. Hierbei ist das Gleiten der Tubusspitze über die Trachealringe spürbar. Der Cuff wird geblockt und das vordere Ende des Tubus mittels Mullbinde im Lefzenwinkel am Oberkiefer fixiert. Der korrekte Sitz des Endotrachealtubus kann nun durch Kompression des Thorax verifiziert werden (deutlicher Luftzug, Tubus zeigt keine Eigenbewegung).

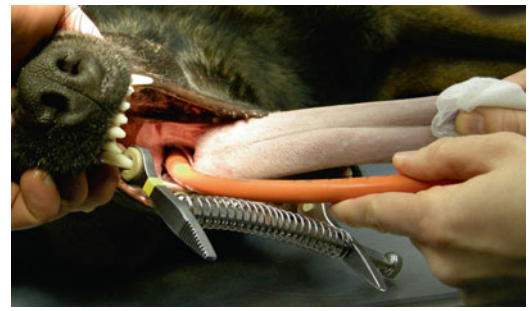


Abb. 23.7 Endotracheale Intubation. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Wawrzyniak)

Tracheotomie

Eine Koniotomie ist beim Hund nicht üblich, da beim Absenken des Kopfes das Stoma verlegt würde. Die technische Durchführung der Tracheotomie beim Hund entspricht grundsätzlich der Vorgehensweise beim Menschen. Sie ist nur am bewusstlosen oder anästhesierten Hund in Rückenlage möglich. Die Schnittführung des Hautschnitts erfolgt zwischen 3. und 6. Trachealring in Verlaufsrichtung der Trachea (Abb. 23.8). Die Tracheotomie ist auch für geübte Notfallmediziner als ultima ratio anzusehen, da selbst bei optimaler Durchführung unter klinischen Verhältnissen der Heilungsverlauf sehr häufig mit erheblichen Komplikationen in der Wundheilung, z. B. mit Strikturbildung, assoziiert ist.

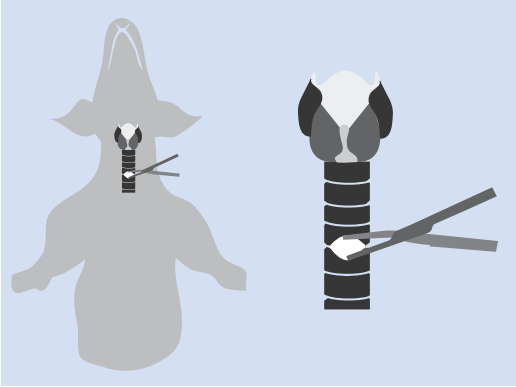


Abb. 23.8 Lagerung des Diensthundes für die Tracheotomie

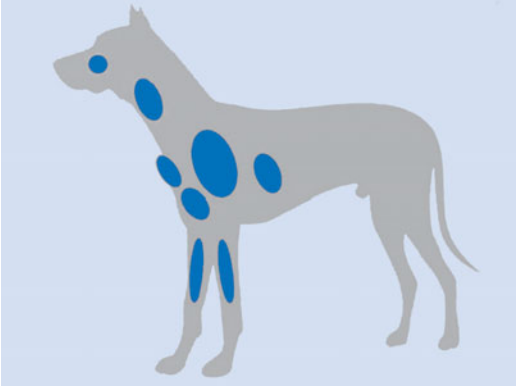


Abb. 23.9 Verteilungsmuster von Schussverletzungen bei US-Diensthunden im Auslandseinsatz (nach Schlanser 2009)

23.3.3 Respiration/breathing: Thoraxverletzungen

Diensthunde werden häufig im Bereich des Brustkorbs verwundet (Abb. 23.9).

Diensthunde mit Atemnot sollten im Sitzen oder Stehen behandelt werden und dürfen nicht in die Seitenlage gezwungen werden, da der hiermit verbundene Stress und die Komprimierung der dann unten liegenden Lunge häufig zu einer rapiden Verschlechterung des Allgemeinzustandes führen. Bewusstlose Diensthunde mit Pneumothorax werden grundsätzlich in Seitenlage mit der betroffenen Lungenseite nach unten transportiert.

Penetrierende Thoraxverletzungen

Vom offenen und geschlossenen Pneumothorax abzugrenzen ist der durch Rippenserienfrakturen auftretende Verlust der Fähigkeit zum mechanischen Aufbau intrathorakalen Unterdrucks. Der Thorax darf dann keinesfalls punktiert werden, sondern muss durch möglichst straffes, komprimierendes Bandagieren stabilisiert werden.

Die Vorgehensweise bei penetrierenden Thoraxverletzungen und Spannungspneumothorax entspricht grundsätzlich der Humanmedizin. Der Einsatz geläufiger taktischer Notfallausrüstung zur Kontrolle penetrierender Thoraxverletzungen wie Asherman Chest Seal, Bolin Chest Seal o. ä. ist beim Diensthund aufgrund des Fells nicht zielführend. Gut geeignet sind selbstklebende Battle Wraps, die um den gesamten Brustkorb gelegt werden.

Tipp

Behelfsmäßiger luftdichter Wundverschluss bei saugenden Thoraxverletzungen kann durch haushaltsübliche Frischhaltefolie erfolgen, die um den gesamten Brustkorb gelegt wird.

Thoraxpunktion

Für die Thoraxpunktion bei Spannungspneumothorax ist das Scheren oder Rasieren des Fells an der vorgesehenen Punktionsstelle empfehlenswert. Die Pleurahöhle wird im oberen Drittel des Brustkorbs mit einer großlumigen intravenösen Verweilkanüle (z. B. 14 G, Farbcode orange) an der Vorderkante der 8. Rippe senkrecht punktiert (Abb. 23.10). Nach Entfernung des Mandrins wird die Kanüle mittels medizinischen Klebebands fixiert. Die Lokalisation zum Anlegen einer Thoraxdrainage befindet sich an der Vorderkante der 8. Rippe, im Bereich des größten Thoraxdurchmessers.

Tipp

Das Auffinden der korrekten Punktionsstelle fällt leichter, wenn man die Rippen von kaudal zählt. Der Hund besitzt 13 Rippen.

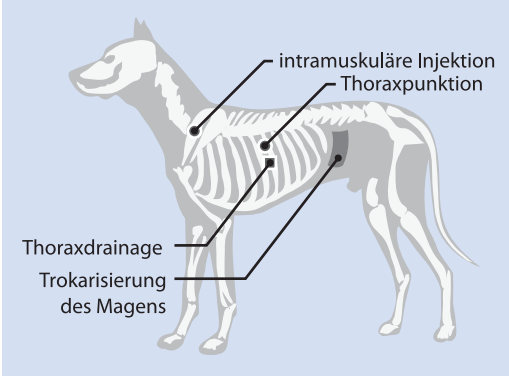


Abb. 23.10 Intramuskuläre Injektion, Thoraxpunktion und -drainage, Trokarisierung des Magens

23.3.4 Circulation: Kreislaufstabilisierung

Applikations- und Zugangswege für Notfallmedikamente

In der Regel kommt beim Hund humanmedizinisches Sanitätsmaterial zur Anwendung.

Venöser Zugang

Für Diensthunde sind intravenöse Verweilkanülen mit Farbcode rosa (20G) bis weiß (17G) gut geeignet. Der Vorderlauf wird oberhalb des Ellenbogens, der Hinterlauf oberhalb des Knies gestaut. Bei peripher-venösen Zugängen kann in taktischen Notfallsituationen auf das Scheren oder Rasieren des Fells verzichtet werden. Die Punktionsstellen lassen sich bei großzügiger Applikation von Desinfektionsmittel und Anlegen der Haare in Fellstrichrichtung gut darstellen (Abb. 23.11). Bei kollabierten Venen empfiehlt sich die Durchführung eines venösen cut-downs.

Die Fixierung der Verweilkanülen erfolgt mit medizinischem Klebeband zirkulär um die jeweilige Gliedmaße. Der Diensthund muss stets überwacht oder mit Beißkorb bzw. Halskragen ausgestattet werden, da er sich andernfalls der Zugänge entledigt.

Der Zugang für das Anlegen eines zentralen Venenkatheters am Hund liegt an der **V. jugularis externa** und sollte dem Geübten überlassen werden.

Intraossärer Zugang

Die Anwendung von Systemen zur sternalen Punktion beim Menschen (z. B. F.A.S.T.-1) ist in der veterinärmedizinischen Literatur bislang nicht beschrieben. Der Zugang mittels intraossärer Punktionsnadel (z. B. von Cook, Jamshidi, Bone Injection Gun, EZ-IO) sollte nur am bewusstlosen oder sedierten Diensthund angelegt und dem Geübten überlassen werden.

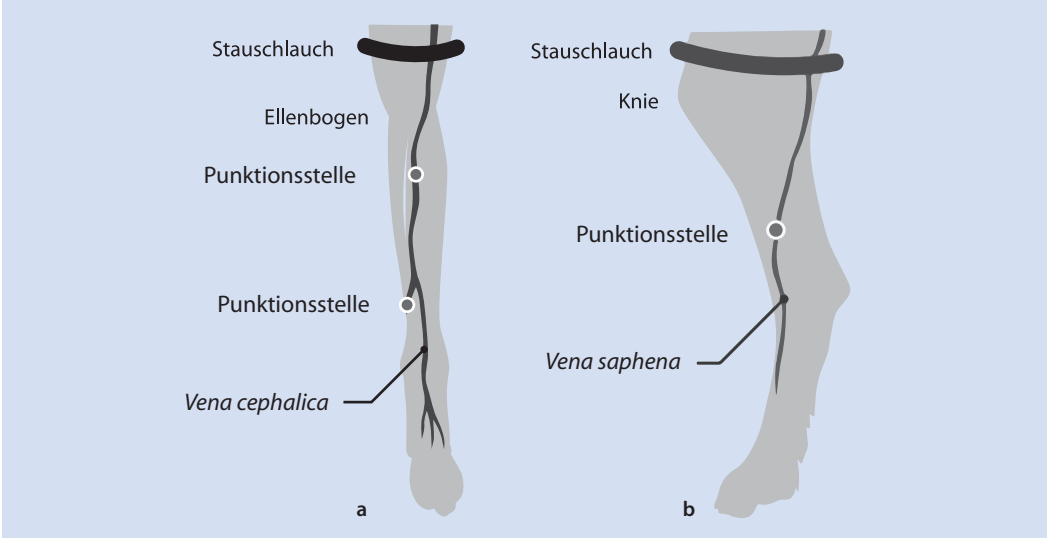


Abb. 23.11 Venenpunktion vorne bzw. innen am Vorderlauf und außen am Hinterlauf

Abb. 23.12 Lagerung des Diensthundes zur Platzierung eines intraossären Zugangs am Femur

Abb. 23.13 Platzierung der intraossären Punktionsnadel im Femur, Ansicht von kaudal

Der am einfachsten aufzufindende intraossäre Zugang liegt in der **Fossa trochanterica** des Femur, medial des **Trochanter major femoris**. Vor der Punktion muss das Knie abduziert, d. h. angehoben werden, da andernfalls der Ischiasnerv in der Punktionsstelle liegt. Die intraossäre Punktionsnadel wird parallel zur Femurachse in Richtung Knie eingebracht (Abb. 23.12 und Abb. 23.13). Die normalen Flussraten bei intraossären Zugängen am Hund sind limitiert auf 11 ml/min bzw. 24 ml/min mit 300 mmHg Druck.

Intramuskuläre Injektion

Zur Durchführung intramuskulärer Injektionen wird am Schulterblatt der Knochensteg der **Spina scapulae** aufgesucht, kranial davon in der Mitte des Schulterblatts der Muskel palpiert und ca. 1 cm tief injiziert (Abb. 23.10). Die intramuskuläre Applikation in die Oberschenkelmuskulatur birgt das Risiko der Schädigung des Ischiasnervs und sollte von Ungeübten daher nur in Notfällen, z. B. zur Immobilisation eines aggressiven Hundes, durchgeführt werden. Ein erkennbarer Wirkungseintritt der Medikation bei intramuskulärer Sedierung oder Narkose tritt frühestens 10 min nach Applikation ein.

Subkutane Injektion

Im Nackenfell wird mit Daumen und Zeigefinger eine Hautfalte gebildet und die Kanüle in kranialer Richtung unter die Haut geführt. Im Sinne einer subkutanen Infusion, z. B. beim dehydrierten Diensthund, können hier pro Punktionsstelle ca. 200 ml isotone Kochsalzlösung appliziert werden. Die Resorption der Flüssigkeit erfolgt in der Regel innerhalb 30–60 min.

Infusionsmanagement beim Diensthund

Die Vorgehensweise bei der Wahl der primär indizierten Infusionslösung entspricht grundsätzlich der Humanmedizin (Tab. 23.2). Bei allen Schockformen ist die Verabreichung von Dopamin oder Dobutamin im Dauertropf indiziert.

Tab. 23.2 Infusionsvolumina beim Diensthund

Infusionslösung	Dosierung
Isotone Kristalloide	500 ml Bolus, dann nach Kontrolle kapilläre Wiederauffüllungszeit und Puls
HES 3 %, HES 6 %, Dextran 70 6 %	10–20 ml/kg langsam i.v., gefolgt von Ringer-Lösung
NaCl 7,2 %, HyperHAES	2–4 ml/kg i.v., gefolgt von Ringer-Lösung
Oxyglobin	15–30 ml/kg i.v. bei maximal 10 ml/kg/h

Akute Flüssigkeitstherapie

Im Hinblick auf die eingeschränkten Monitoringmöglichkeiten der taktischen Notfallmedizin kann die Ausschöpfung der maximalen Infusionsmengen (bis zu 5 l für den Diensthund mit 30 kg Körpermassse) aufgrund der erheblichen Gefahr der Überinfundierung nicht empfohlen werden. Bei einer kapillären Wiederauffüllungszeit ≥2 s wird daher die initiale Infusion eines 500 ml Bolus von isotonen Kristalloiden, z. B. Ringer-Laktatlösung, als zielführend erachtet. Anschließend erfolgt bis zum Einsetzen einer Verbesserung der Pulsqualität (Frequenz, Blutdruck) und bis die kapilläre Wiederauffüllungszeit unter 2 s liegt das Weiterführen der Infusion in 500-ml-Schritten à 30 min.

Volumenreduzierte Flüssigkeitstherapie

Zur Mobilisation des Extravasalvolumens im absoluten Volumenmangelschock kann eine einmalige sehr rasche (2–5 min) Infusion einer stark hyperosmolaren Kochsalz-Kolloid-Lösung in der Dosierung 4 ml/kg Körpermasse, z. B. NaCl 7,2 % + HES 6–20 % + Dextran 70 6–10 % durchgeführt werden, auf die die Gabe von Kristalloiden folgt.

Infusionstherapie mit Hämoglobin-Glutamer

Bei Blutverlusten über 30 ml/kg Körpermasse bzw. einem Hämatokrit unter 20 % (Normalwert: 37–52 %) ist beim Diensthund eine Bluttransfusion indiziert. Die Alternative zur Bluttransfusion ist bovines Hämoglobin-Glutamer (Oxyglobin). 1 ml Oxyglobin hat die O_2-Kapazität von 3 ml Vollblut. Die kolloidosmotische Wirkung ist etwa vergleichbar der von HES 6 %. Die maximale Infusionsgeschwindigkeit beträgt 10 ml/kg Körpermasse/h bei einem Gesamtvolumen von 15–30 ml/kg Körpermasse. Oxyglobin darf nicht wiederholt verabreicht werden.

Hypothermie: Wärmeerhalt

Rettungsdecken, Wärmeschutzdecken und Wärmedecken mit Wärmeelementen können am Diensthund eingesetzt werden.

23.4 Ein Diensthundenotfall: die Magendrehung

Beim landläufig als Magendrehung umschriebenen Magenblähungs-Magendrehungs-Komplex kommt es durch mechanischen oder funktionellen Verschluss des Magenein- und -ausganges zu einer Ansammlung von Nahrungsbrei, Flüssigkeit und Gas im Magen und somit zu einer starken Magendilatation bei zeitgleicher Drehung des Magens um seine Längs- und/oder Querachse um 90–360°. Verminderter bis fehlender Blutfluss in den abführenden Magenvenen, Verlagerung, Kongestion und Thrombosen der Milz sowie Endotoxinausschüttung führen zu multipler Organschädigung. Die Magendrehung ist ein Notfall, der ohne sofortige zielführende Behandlung innerhalb weniger Stunden zum Tode führt. Typische Symptome sind die zunehmende Blähung des Magens mit deutlichen Anzeichen des Unwohlseins, abdominalen Schmerzen und zunehmender Atemnot. Häufig würgen und geifern betroffene Hunde, sind aber nur in der Lage, Speichel zu produzieren und nicht zu erbrechen (Abb. 23.14).

Bei einer Magendrehung steht die Stabilisierung des Diensthundes durch Schockbekämpfung im Vordergrund. Daneben müssen unverzüglich Maßnahmen zur Magenentleerung eingeleitet werden. Ziel der im Folgenden beschriebenen Notfallmaßnahmen soll es ein, eine kurzfristige symptomatische Entlastung des Diensthundes zu ermöglichen,

Abb. 23.14 Diensthund mit geblähtem Magen und Magendrehung. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Wawrzyniak)

so dass die chirurgische Derotation des Magens für einen sehr begrenzten Zeitraum aufgeschoben werden kann. Der Diensthund muss innerhalb weniger Stunden chirurgisch weiterversorgt werden können. Ist dies nicht möglich, und schlagen Maßnahmen zur Magenentleerung fehl, indiziert der Tierschutz unbedingt die Euthanasie des Hundes.

23.4.1 Differenzialdiagnose Magenüberladung

Zur Absicherung der Diagnose der Magendrehung sollte dem Diensthund eine größere Menge Flüssigkeit eingeflößt werden. Kann der Diensthund die Flüssigkeit einbehalten, so handelt es sich wahrscheinlich um eine Magenüberladung oder eine geringere Teildrehung des Magens. Bei einer Teildrehung des Magens kann eine Trokarisierung des Magens Erleichterung verschaffen. Schlägt die Trokarisierung des Magens in diesem Fall fehl, sollte nur bei auf lange Sicht fehlender Evakuierungsmöglichkeit aufgrund der taktische Lage als ultima ratio das Herbeiführen von Erbrechen mittels Apomorphin unter Inkaufnahme des Risikos einer möglichen Magenruptur eingeleitet werden. Bei Auftreten einer Magenruptur (erfolgloses Erbrechen, dafür aber sehr rasch zunehmende Verschlechterung des Allgemeinzustandes) indiziert der Tierschutz dann unbedingt die unverzügliche Euthanasie des Diensthundes.

23.4.2 Trokarisierung des Magens

Kann der Diensthund die Flüssigkeit nicht einbehalten, so handelt es sich wahrscheinlich um eine vollständige Magendrehung und der Magen muss so weit als möglich abgegast werden. Keinesfalls darf Apomorphin verabreicht werden, da dies unvermeidlich zur Magenruptur führen würde. Die Trokarisierung des Magens erfolgt in Seitenlage des Hundes mittels großlumiger intravenöser Verweilkanüle (z. B. 14 G, Farbcode orange), ca. 2 cm hinter der letzten Rippe auf der linken oder rechten Körperseite nach Perkussionsbefund (Trommelschall, Position ◘ Abb. 23.10). Nach Entfernen des Mandrins entweicht idealerweise Gas. Die Kanüle wird mit Klebeband fixiert. Häufig verstopft die Kanüle durch Mageninhalt oder verrutscht und muss bei erneutem Aufgasen ersetzt werden.

23.4.3 Magensonde

Ist eine zeitnahe Evakuierung des Diensthundes mit kurzer Transportdauer zur unverzüglich einsatzbereiten chirurgischen Behandlungseinheit möglich, kann der Hund sediert und der Versuch unternommen werden, über eine Magensonde einen Teil des Mageninhalts (insbesondere Gas und Flüssigkeit) abzuführen. Der sedierte Diensthund wird in Seitenlage verbracht. Nach endotrachealer Intubation wird eine Magensonde mit Mindestdurchmesser 1 cm mit Gleitmittel unter Nutzung eines Maulsperrers langsam und ohne Druck über die Speiseröhre eingeführt. Als Längenmaß für die Sonde kann die Strecke von Nasenspitze bis zur letzten Rippe herangezogen werden. Die ermittelte Länge der Sonde wird mit medizinischem Klebeband o. ä. markiert. Bei einer Teildrehung kann Mageninhalt entweichen, ggf. kann sogar eine Magenspülung durchgeführt werden. Kann die Sonde nicht ohne Druck eingeführt werden, so handelt es sich um eine komplette Magendrehung und der Sondierungsversuch muss abgebrochen werden.

Tipp

Als behelfsmäßige Magensonde kann jede Art von flexiblem Schlauch passenden Durchmessers ohne scharfe Kanten herangezogen werden.

23.5 Dosierungsempfehlungen für Notfallmedikamente

Eine individuell auf den jeweiligen Diensthund und die zur Verfügung stehenden Medikamente abgestimmte Verwundetenanhängekarte erleichtert notfallmedizinischem Personal und Weiterbehandelnden die Entscheidungsfindung und Kommunikation. Die folgenden Dosierungsempfehlungen

geben Informationen zum Einsatz von Medikamenten wieder, die Trägern präklinischer notfallmedizinischer Versorgung in der Regel zur Verfügung stehen, sowie von veterinärspezifischen Medikamenten (V), deren Mitführung aus fachlicher Sicht sinnvoll ist.

Die »freihändige« Umwidmung humaner Arzneimittel für den Hund kann zu Unter- oder Überdosierung bis hin zur massiven Gesundheitsschädigung führen. Nicht am Hund angewendet werden darf z. B. Ibuprofen, da es lebensbedrohliche gastrointestinale Blutungen häufig bereits bei einmaliger Anwendung unterhalb der therapeutischen Dosis auslöst.

Da diagnostische und therapeutische Verfahren durch Forschung und klinische Erfahrung einem fortwährenden Entwicklungsprozess unterliegen, können alle Angaben nur dem derzeitigen Wissenstand entsprechen. Jeder Nutzer ist aufgefordert, Beipackzettel und Fachinformationen der Medikamentenhersteller heranzuziehen, da jede diagnostische oder therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung in der Verantwortlichkeit des Nutzers und Durchführenden liegt.

23.5.1 Allgemeine Medikamente (Tab. 23.3)

Tab. 23.3 Allgemeine Medikamente

Wirkstoff	Indikation	Dosierung
Apomorphin	Auslösen von Erbrechen	0,08 mg/kg s.c.
Dexamethason	Allergie	0,07–0,1 (–0,3) mg/kg i.v., i.m., s.c.
	Kreislaufschock	2–4 (–8) mg/kg i.v.
Dimetinden	Allergie	0,2–2 mg/kg p.o., s.c.
Dobutamin	Kardiogener Schock	CRI 5–20 µg/kg/min
Dopamin	Schock, akutes Kreislaufversagen	CRI 3–10 (–15) µg/kg/min
Doxapram	Atemdepression	1–2 mg/kg i.v., p.o., ggf. wiederholen
Flumazenil	Benzodiazepinantagonist	0,03 mg/kg i.v., i.m., s.c.
Metoclopramid	Zentrales/peripheres Erbrechen	0,1–0,3 (–0,5) mg/kg i.v., i.m., s.c., p.o. 3-mal täglich
Naloxon	Opioidantagonist	0,03 mg/kg i.v.
Prednisolon-21-Hydrogensuccinat	Schock, Allergie	15–30 mg/kg i.v.
Procainamid	(Supra-)ventrikuläre Tachyarrythmien	8–20 mg/kg i.v., i.m. CRI: 25–50 µg/kg/min
Theophyllin	Bronchospasmus	5–10 mg/kg i.v., p.o. 2- bis 3-mal täglich
Toluidinblau	Methämoglobinämie (Vergiftung)	2–4 mg/kg streng i.v., ggf. wiederholen

23.5.2 Notfallmedikamente für Wiederbelebungsmaßnahmen (Tab. 23.4)

Tab. 23.4 Notfallmedikamente für Wiederbelebungsmaßnahmen

Wirkstoff	Dosierung
Adrenalin	Niedrige Dosis 0,01–0,02 mg/kg i.v. Hohe Dosis 0,1–0,2 mg/kg i.v.
Atropin	0,04 mg/kg i.v.
Lidocain	2–8 mg/kg i.v. (Bolus)

23.5.3 Analgetika und Antibiotika (Tab. 23.5)

Tab. 23.5 Analgetika und Antibiotika

	Wirkstoff	Dosierung
Analgetika	Morphin	0,1–2,0 mg/kg **s.c., i.m.** alle 1–4 h
	Fentanyl	0,005–0,02 mg/kg i.v. 0,05–0,1 mg/kg i.m. alle 0,5–1 h
	Butorphanol (V)	0,2–0,4 mg/kg i.v. 0,2–0,5 mg/kg s.c., i.m. alle 1–4 h
	Novaminsulfon	20–50 mg/kg i.m. oder **sehr langsam** i.v.
	Carprofen (V)	4,4 mg/kg s.c. 1-mal täglich
Antibiotika	Cefotaxim	50 mg/kg i.v., i.m., s.c. 3-mal täglich
	Ciprofloxacin	5–15 mg/kg p.o., i.v. 2-mal täglich

23.5.4 Empfehlungen zur Sedierung und Anästhesie des Diensthundes (Tab. 23.6)

Der Monoeinsatz von Midazolam oder Diazepam kann beim Hund zu exzitatorischen Erscheinungen führen und ist nur beim Status epilepticus angezeigt.

Die beim Menschen übliche Verabreichung von Ketamin zusammen mit Midazolam führt insbesondere bei Diensthunden der Rasse Malinois erfahrungsgemäß häufig zu gesteigertem Muskeltonus, unkoordinierten Muskelbewegungen und hochgradigen Exzitationen. Diese Medikamentenzusammenstellung allein ist für den Diensthund nicht geeignet und sollte daher nur in Kombination mit Medetomidin (V) appliziert werden.

Medetomidin kann mit gleicher Menge Atipamezol (V) **intramuskulär** antagonisiert werden. Wurde Medetomidin mit Ketamin angewendet, ist zwischen Ketamin- und Atipamezolinjektion mindestens 45 min zeitlicher Abstand zu wahren, um ketamininduzierte Exzitationen zu vermeiden.

Beim Diensthund kann zur Sedierung und Analgesie notfalls der Morphin-Autoinjektor eingesetzt werden. Morphin wirkt bei Hunden stark sedativ-hypnotisch, bei Wirkungseintritt allerdings

Tab. 23.6 Empfehlungen zur Sedierung und Anästhesie des Diensthundes

	Applikationsart	Medikation	Dosierung
Sedierung	Intramuskulär oder intravenös	Midazolam und	0,1–0,2 mg/kg
		Fentanyl	0,005 mg/kg
	Intramuskulär	Diazepam oder Midazolam und	0,5 mg/kg
		Medetomidin (V)	0,05 mg/kg
	Intravenös	Diazepam oder Midazolam und	0,3 mg/kg
		Medetomidin (V)	0,03 mg/kg
Analgosedierung	Intramuskulär	Diazepam oder Midazolam und	0,5 mg/kg
		Medetomidin (V) und	0,02–0,04 mg/kg
		Esketamin	2,5–5 mg/kg nachdosieren: 0,05–0,1 mg/kg i.v.
	Intravenös	Medetomidin (V) und	0,025 mg/kg
		Butorphanol (V)	0,2 mg/kg
Anästhesie	Intramuskulär oder intravenös	Medetomidin (V) und	0,025 mg/kg
		Butorphanol (V) und	0,2 mg/kg
		Esketamin	2,5 mg/kg nachdosieren: 0,05–0,1 mg/kg i.v.

auch stark emetisch. Daher ist eine Kombination mit Neuroleptika sinnvoll. Hunde sind sehr histaminempfindlich. Zur Vermeidung anaphylaktischer Reaktionen darf Morphin beim Hund daher nicht intravenös verabreicht werden. Die Verabreichung des Morphins erfolgt idealerweise in die Schulterblattmuskulatur (Abb. 23.10), im Notfall auch in die Oberschenkelmuskulatur. Zu beachten ist, dass Morphin beim Hund in Dosierungen zwischen 0,1–2,0 mg/kg eingesetzt werden kann, abhängig von der Indikation der Anwendung.

23.5.5 Euthanasie des Diensthundes

Ziel der taktischen Medizin bei Diensthunden soll es sein, bei vorhandenen personellen und materiellen Ressourcen ein überlebensfähiges Tier unter Beachtung des Tierschutzes der nächstmöglichen tiermedizinischen Versorgungseinrichtung zuzuführen, so dass dort durch tierärztliches Fachpersonal über die weitere Vorgehensweise entschieden werden kann. Lassen die Rahmenbedingungen (taktische Lage, Schwere der Verwundung/Erkrankung des Hundes) dies nicht zu, so kann es erforderlich sein, den Diensthund aus Tierschutzgründen an Ort und Stelle zu euthanasieren. Für diesen Zweck sind verschiedene veterinärspezifische Medikamente erhältlich, die per Injektion verabreicht werden und das Tier schnell und schmerzlos töten. Stehen veterinärspezifische Medikamente nicht zur Verfügung, kann die Überdosierung von Morphin angedacht werden, um den Gebrauch der Schusswaffe zu vermeiden.

Literatur

1. Erhardt W, Henke J, Haberstroh J (2004) Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier sowie bei Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen. Schattauer, Stuttgart
2. Ford RB, Mazzaferro EM (2006) Diagnostic and therapeutic procedures. In: Kirk and Bistner´s Handbook of Veterinary Procedures and Emergency Treatment. 8. Auflage. Saunders Elsevier, St. Louis, USA
3. Hedlund CS (2009) Obere Atemwege. In: Welch Fossum T, Chirurgie der Kleintiere. 2. Auflage. Elsevier, München

4. Hughes D, Beal MW (2000) Emergency Vascular Access. In: Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. Emergency Surgical Procedures 30 (3): 491–507
5. Kraft W (2010) Dosierungsvorschläge für Arzneimittel bei Hund und Katze. MemoVet. 5. Auflage. Schattauer, Stuttgart
6. Mazzaferro EM (2010) Blackwell´s Five-Minute Veterinary Consult Clinical Companion. Small Animal Emergency and Critical Care. Blackwell Publishing, Ames, USA
7. Olsen D, Packer BE, Perrett J, Balentine H, Andrews CA (2002) Evaluation of the bone injection gun as a method for intraosseous placement for fluid therapy in adult dogs. Vet Surg (31): 533–540
8. Riedel K (2013) Taktische Medizin. Notfallmedizin und Einsatzmedizin für den Diensthund. Masterarbeit aus dem Masterstudiengang Small Animal Science der FU Berlin. Mensch und Buch Verlag, Berlin
9. Riedel K (2013) Muster K9-Verwundetenanhängekarte. http://www.k9vet.de/downloads.html. Datenstand 24.08.2014
10. Rozanski EA, Rush JE (2007) A Colour Handbook of Small Animal Emergency and Critical Care Medicine. Manson Publishing, London, UK
11. Schlanser J (2009) Canine combat trauma management: lessons learned in point-of-injury and enroute care from the special operations community 2003-2009. Präsentation im Rahmen der U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine (CHPPM) Force Health Protection Conference 2009, Albuquerque/USA, 14.-21.08.2009
12. Schrey CF (2009) Notfalltherapie in der Kleintierpraxis. MemoVet. 2. Auflage. Schattauer, Stuttgart

Polizei

Kapitel 24 **BOS – 363**
R. Bohnen

Kapitel 25 **Erstversorgung im Polizeieinsatz – 371**
R. Bohnen

Kapitel 26 **Schnittstellenproblematik – 375**
R. Bohnen

Kapitel 27 **TEMS – 379**
R. Bohnen

Kapitel 28 **Personalaspekte – 389**
R. Bohnen

Kapitel 29 **Materialressourcen – 397**
R. Bohnen

Kapitel 30 **Notkompetenz – 401**
R. Bohnen

Kapitel 31 **Internationaler Vergleich und Ausblicke – 407**
R. Bohnen, J. Höfner

Kapitel 32 **Besondere Einsatzlagen – Amok – 413**
J. Höfner, K. Ladehof, J. Stocker

BOS

R. Bohnen

24.1 Einführung – 364

24.2 Feuerwehr – 364

24.3 Rettungsdienst – 364

24.4 Polizei – 365

24.5 Medizinische Ausbildung – 366

24.6 Absperrmaßnahmen – 367

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_24, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

24.1 Einführung

In der Bundesrepublik Deutschland zählen Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst zu den so genannten **Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)**. Dies ist ein Sammelbegriff, der auch weitere Einrichtungen (z. B. Zoll, Technisches Hilfswerk, Katastrophenschutz, Verfassungsschutz) umfasst, die alle eine gemeinsame Aufgabe haben, nämlich die Abwehr von Gefahren zum Schutz der inneren Sicherheit und Ordnung. Dabei unterscheidet man die polizeiliche Gefahrenabwehr von der nicht-polizeilichen.

Allerdings gibt es in Deutschland nicht **die** Polizei oder **die** Feuerwehr oder **den** Rettungsdienst. Durch den föderalen Aufbau hat jedes Bundesland seine eigenen Einrichtungen mit einem jeweiligen Ländergesetz. Es gibt somit z. B. bei der Polizei 16 Länderpolizeien und zusätzlich auf Bundesebene noch die Bundespolizei, das Bundeskriminalamt und die Polizei beim Deutschen Bundestag. Ähnlich ist es bei den Einrichtungen der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr (z. B. Feuerwehr, Rettungsdienst). Auch hier gibt es keine einheitlichen Gesetze, Richtlinien oder Vorschriften sondern jedes Bundesland hat seine eigenen und der Bund ebenso. Hieraus ergeben sich teilweise deutliche Unterschiede in Organisationsaufbau und -struktur, aber auch in Ausbildung und Ausstattung. Selbst die ministerielle Zuständigkeit ist in den Bundesländern zum Teil unterschiedlich.

Daher können in den weiteren Ausführungen der folgenden Kapitel nur allgemeine Darstellungen gemacht werden ohne auf die Besonderheiten jedes einzelnen Bundeslandes einzugehen.

24.2 Feuerwehr

Die Feuerwehr in Deutschland hat als oberste Aufgabe die Rettung von Menschen aus Gefahren. Auch die Rettung von Tieren steht noch vor der Brandbekämpfung bzw. dem Schutz von Sachwerten und der Umwelt. Dabei besteht die Aufgabe der Feuerwehr hauptsächlich in der sog. »technischen Rettung«, um eine Abgrenzung zur »medizinischen Rettung« zu schaffen.

Neben der **Berufsfeuerwehr** und den **Freiwilligen Feuerwehren**, die zu den öffentlichen Feuerwehren gezählt werden, gibt es auch **private Feuerwehren** wie z. B. Werkfeuerwehren an Flughäfen oder in der Industrie. Entsprechend der möglichen Gefahren im Einsatz (neben Feuer z. B. Atemgifte, Wasser, Chemikalien, Elektrizität, Einstürze, Abstürze) verfügt die Feuerwehr über umfangreiches technisches Gerät und die entsprechende Ausbildung. Die kleinste Einheit beim Einsatz bildet ein Trupp (mindestens 2 Personen), 3 Trupps werden zu einer Gruppe zusammengefasst und 2 Gruppen bilden einen Zug. Eine Einsatzstelle wird unterteilt in den Gefahrenbereich und das Umfeld. Der Gefahrenbereich darf nur mit besonderer Schutzausrüstung und nur von Personen, die dort akut Arbeiten verrichten, betreten werden. Geführt werden die Einsatzkräfte vom Zugführer vor Ort. Bei Großschadenslagen wird in Einsatzabschnitte unterteilt (Abb. 24.1) und die Führungskräfte werden durch Führungseinheiten unterstützt (Führungstrupp, Führungsgruppe, Stab).

24.3 Rettungsdienst

Der Rettungsdienst in Deutschland stellt die bedarfsgerechte notfallmedizinische Versorgung der Bevölkerung sicher.

Neben dem **bodengebundenen Rettungsdienst**, der mit entsprechenden Rettungsdienstfahrzeugen den Hauptteil der Einsätze abwickelt, spielt die **Luftrettung** mit Rettungshubschraubern eine wesentliche Rolle sowie in einigen Bundesländern auch noch die Wasserrettung und die Bergrettung. Dabei ist der Rettungsdienst eine öffentliche Aufgabe, deren Durchführung weitgehend von den Ländern an Kreise und kreisfreie Städte übertragen wird. Die Aufgaben werden entweder durch eigene Kräfte, z. B. in den Großstädten durch Berufsfeuerwehren, wahrgenommen oder durch Leistungserbringer, z. B. Hilfsorganisationen. Koordiniert werden die Einsätze über eine Rettungsleitstelle.

Reicht bei **Großschadensereignissen** die Kräftelage des Regelrettungsdienstes nicht aus, werden zusätzliche Kräfte, auch ehrenamtliche bis hin zu sog. Schnelleinsatzgruppen (SEG), alarmiert und decken

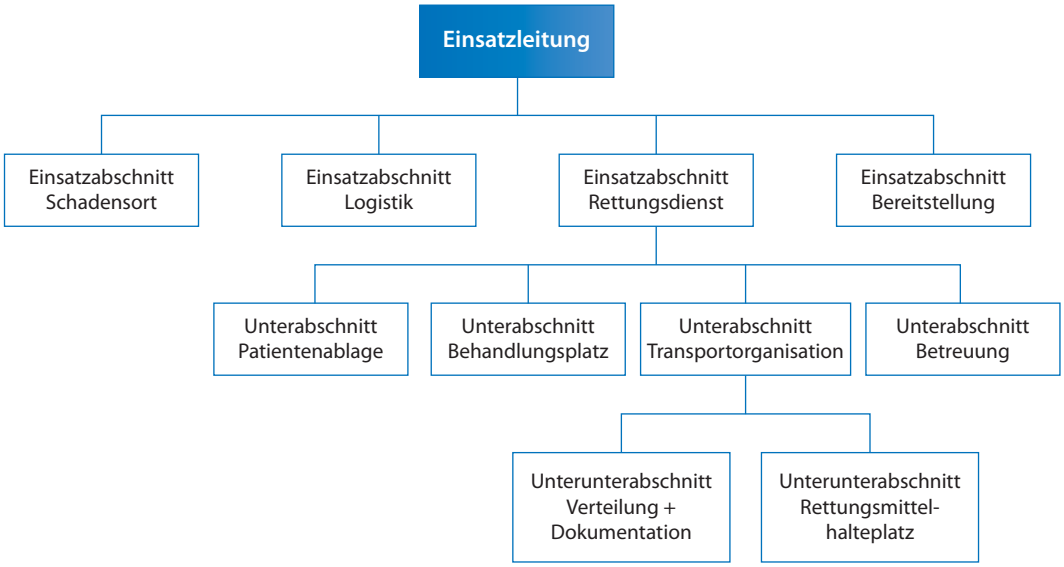


Abb. 24.1 Beispiel für eine Besondere Aufbauorganisation (BAO) von Feuer und Rettungsdienst bei einem Großschadensereignis

so den Sonderbedarf. Analog zur Feuerwehr wird der Rettungsdienst grundsätzlich von vorne geführt. Das heißt, die verantwortliche Einsatzleitung, bestehend aus organisatorischem Leiter Rettungsdienst und Leitendem Notarzt, befindet sich am Einsatzort und fügt sich als »Einsatzabschnitt Rettungsdienst« in die Struktur der örtlichen Einsatzleitung ein. So sind Feuerwehr und Rettungsdienst bei einem Großschadensereignis optimal miteinander verzahnt. Der Einsatzabschnitt Rettungsdienst befindet sich außerhalb des Gefahrenbereiches und wird in die Bereiche Patientenablage, Behandlungsplatz, Transportorganisation und Betreuung/psychosoziale Unterstützung unterteilt (Abb. 24.1).

24.4 Polizei

Die Polizei in Deutschland hat die Gefahrenabwehr und Verfolgung von Straftaten und Ordnungswidrigkeiten zur Aufgabe. Auch Verkehrssicherheitsarbeit (Straße, Schiene, Schifffahrt und Luftfahrt), Personenschutz und polizeiliche Auslandsmissionen sind Beispiele für das umfangreiche Aufgabenspektrum der Polizei.

Die Struktur der Polizei ist sehr vielschichtig und reicht bei uniformierten Polizeivollzugsbeamten (PVB) vom Streifendienst bis hin zu geschlossenen Einheiten der sog. Bereitschaftspolizei und bei zivilen Beamten von Ermittlungsbeamten und Observationskräften über zivile Fahnder bis hin zu Personenschutzkräften. Die täglich anfallende Arbeit und kleinere Einsatzlagen werden aus dieser Allgemeinen Aufbauorganisation (AAO) heraus bewältigt. Bei komplexeren Einsatzlagen oder Großereignissen wird eine Besondere Aufbauorganisation (BAO) gebildet und die eingesetzten Kräfte einheitlich geführt. Ein Polizeiführer leitet den gesamten Einsatz und wird dabei von einem Führungsstab unterstützt. Die zugeordneten Kräfte werden in sog. Einsatzabschnitte (EA) gegliedert. Ein EA kann über mehrere Unterabschnitte (UA) verfügen und eine weitere Untergliederung in Unter-Unterabschnitte (UUA) ist möglich. Dabei befindet sich der Polizeiführer in der Regel nicht am Einsatzort sondern unter Umständen viele Kilometer entfernt z. B. in einem Polizeipräsidium. Das heißt, dass die Polizei im Gegensatz zu Rettungsdienst und Feuerwehr von hinten führt. Ein direkter Kontakt der jeweils eingesetzten Führer findet also nicht statt. Dies erfordert den Einsatz von Verbindungsbeamten oder

Fachberatern, um Informations- und Kommunikationsprobleme zu minimieren.

Für besondere Einsatzlagen, bei denen mit hoher Gewaltbereitschaft oder Waffen- bzw. Sprengstoffeinsatz gerechnet werden muss, sowie bei terroristischen Aktionen, verfügen die Bundesländer über **Spezialeinsatzkommandos** (SEK) und der Bund über die **GSG 9** der Bundespolizei. Diese unterscheiden sich vom sonstigen Polizeivollzugsdienst durch eine zusätzliche spezielle Ausbildung und Ausstattung.

24.5 Medizinische Ausbildung

Die medizinische Ausbildung oder auch Erste-Hilfe-Ausbildung in den einzelnen Organisationen ist sehr unterschiedlich.

Bei der **Feuerwehr** ist jede Einsatzkraft in Erster Hilfe ausgebildet und frischt diese Ausbildung regelmäßig auf. Hauptamtliche Feuerwehranwärter werden in allen Bundesländern zu Rettungssanitätern ausgebildet – selbst wenn die Feuerwehr nicht im Rettungsdienst arbeitet. Hauptamtliche Feuerwehren und Berufsfeuerwehren, die Aufgaben im Rettungsdienst wahrnehmen, bilden zum Rettungsassistenten aus. Bei der Mehrzahl dieser Feuerwehren sind alle Einsatzkräfte auch Rettungsassistenten, um eine hohe Flexibilität in der Personalplanung zu erhalten.

Im gewerblichen **Rettungsdienst** ist die Ausbildung zum Rettungssanitäter die Minimalvoraussetzung. Die Ausbildungsdauer beträgt im Durchschnitt 520 Stunden und beinhaltet neben theoretischen Lehrinhalten auch ein Krankenhaus- und ein Rettungswachenpraktikum. In einigen Bundesländern existiert, insbesondere bei den ehrenamtlichen Kräften und im Katastrophenschutz, auch noch die deutlich kürzere Ausbildung (160–320 Stunden) zum Rettungshelfer oder Rettungsdiensthelfer. Die höchste nichtärztliche Qualifikation im Rettungsdienst stellt der Rettungsassistent dar. Diese Berufsausbildung existiert seit 1989, geregelt durch das Rettungsassistentengesetz (RettAssG), und dauert 2 Jahre. Sie soll den Rettungsassistenten sowohl auf die selbstständige Tätigkeit im Rettungsdienst vorbereiten als auch auf seine Rolle als Assistent des Notarztes. Inzwischen wurde durch den Bundestag und Bundesrat das Notfallsanitätergesetz (NotSanG) verabschiedet, das am 01. Januar 2014 in Kraft getreten ist und das RettAssG ablöst. Die Ausbildungsdauer wird nun 3 Jahre betragen.

Bei der **Polizei** erhält jeder Polizeivollzugsbeamte (PVB) in der polizeilichen Basisausbildung eine Erste-Hilfe-Ausbildung, die insgesamt 30 Stunden beträgt und anschließend alle 2 (längstens 3) Jahre mit jeweils 8 Stunden wieder aufgefrischt werden soll. Inhaltlich richtet sich die Ausbildung nach der Erste-Hilfe-Breitenausbildung in Deutschland, die von der in der Bundesarbeitsgemeinschaft Erste Hilfe (BAGEH) zusammenarbeitenden deutschen Hilfsorganisationen erarbeitet und mit dem Deutschen Beirat für Erste Hilfe und Wiederbelebung bei der Bundesärztekammer abgestimmt wurde. Damit wird auch den Forderungen des Arbeitsschutzes Genüge getan, wo im § 10 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) der Arbeitgeber zu einer geeigneten Organisation von Erste-Hilfe- und sonstigen Notfallmaßnahmen verpflichtet ist. In der Realität ist es jedoch häufig so, dass nach der Erste-Hilfe-Ausbildung während der polizeilichen Basisausbildung dieses Thema kaum noch oder gar nicht mehr geschult wird. Die Aufgabenvielfalt des täglichen Polizeidienstes ist so vielschichtig und komplex, dass für eine Erste-Hilfe-Auffrischung oft gar keine Zeit ist. Wird sie dann trotzdem angeboten, können viele Beamte wegen Schichtdienst, Urlaub oder Krankheit nicht teilnehmen und so ist es durchaus nicht selten, dass ein Polizist mehrere Jahre keinen Erste-Hilfe-Unterricht mehr hatte. Außerdem werden durch die Ausrichtung auf Erste-Hilfe-Breitenausbildung spezielle Aspekte der im Polizeidienst häufig vorkommenden Krankheiten oder Verletzungsmuster nur unzureichend berücksichtigt.

Im regulären Erste-Hilfe-Kurs liegt der Schwerpunkt auf Erkrankungen, dies spiegelt auch die zivile Realität wider. Im polizeilichen Einsatz liegt der Schwerpunkt aber bei den Verletzungen (stumpf und spitz). Die Versorgung dieser Verletzungen unter taktischen Bedingungen wird hier nicht unterrichtet. Dies könnte durch Lehrinhalte aus der taktischen Medizin ausgeglichen werden. Hierzu sind jedoch viele Länderpolizeien erst am Beginn einer Entwicklung und schulen einzelne Elemente der taktischen Medizin, jedoch überwiegend nur bei den Spezialeinheiten oder im Vorfeld polizeilicher Auslandsmissionen.

24.6 Absperrmaßnahmen

Bei polizeilichen Einsatzlagen kann es je nach Auftrag, Art und Größe des Einsatzraumes, Kräftelage oder taktischen Erfordernissen notwendig sein, den Einsatzraum oder darin befindliche Objekte durch Absperrmaßnahmen in definierte Bereiche zu trennen. Dadurch soll z. B. ein unkontrolliertes Passieren verhindert, Gefahren begrenzt oder die Tätigkeit anderer Stellen, z. B. Rettungs- und Hilfsdiensten gewährleistet werden. Diese Absperrung kann einschließend, stationär oder mobil, offen oder verdeckt oder als innere und äußere Form errichtet werden. Gegebenenfalls können auch mehrere Absperrungen hintereinander notwendig werden.

Die Grundlage dieser polizeilich-taktischen Maßnahme bildet die Polizeidienstvorschrift 100 (PDV 100). Um diese komplexe Thematik zu erläutern, sollen anhand eines Einsatzbeispiels die verschiedenen Absperr- oder Gefahrenbereiche beschrieben werden. Geeignet ist hier das Beispiel eines Amoklaufs in einem Gebäude. In den letzten Jahren kam es auch in der Bundesrepublik Deutschland wiederholt zu Amokläufen an Schulen, wobei ein oder mehrere Täter in das Schulgebäude eingedrungen sind und mit unterschiedlicher Bewaffnung auf Lehrer und Schüler eingewirkt haben.

Zum Zeitpunkt der Notfallmeldung ist häufig völlig unklar, um wie viele Täter es sich handelt und wo sie sich im Gebäude befinden. Betrachtet man im weiteren Vorgehen nun vorrangig den Aspekt der Absperrung, so wird diese von außen nach innen eingerichtet. Das heißt, dass ein Bereich festgelegt wird, in dem ein Einwirken durch den Täter nicht mehr möglich ist. Dieser Bereich ist somit sicher und kann, z. B. als Bereitstellungsraum für den Rettungsdienst, dienen. Als Begrenzung dieses Bereiches wird die **äußere Absperrung** aufgestellt.

Im weiteren Vorgehen auf das Schulgebäude wird das Ziel verfolgt, das Verlassen des Täters aus dem Gebäude zu verhindern. Dafür wird das Gebäude mit einer **inneren Absperrung** versehen. Das Gebiet zwischen innerer und äußerer Absperrung ist damit aber nur teilweise sicher, da der Täter z. B. aus einem Fenster mit einer entsprechenden Waffe auf Personen in diesem Bereich einwirken könnte. Innerhalb des Gebäudes wird mit Polizeikräften nach und nach das Gebäude durchsucht. Damit

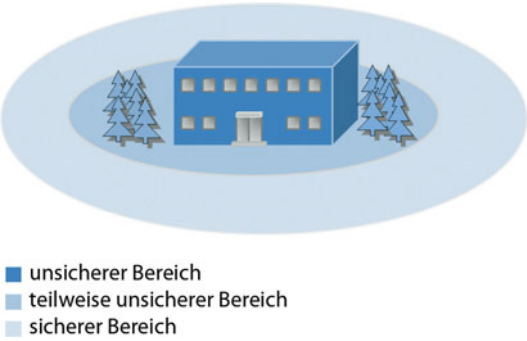


Abb. 24.2 Schematische Darstellung der Gefahrenbereiche

zieht sich die innere Absperrung immer enger, bis der Täter festgenommen oder gefunden wird und alle möglichen Waffen oder selbst gebauten Sprengvorrichtungen gesichert oder entschärft werden. Die Bereiche innerhalb des Gebäudes gelten bis dahin als unsicher, da es jederzeit zu einem Täterkontakt kommen kann und somit auch zu einem Schusswechsel oder sonstigen Gefahren für Leib und Leben.

Durch die äußere und innere Absperrung werden somit drei Bereiche geschaffen (Abb. 24.2):

- ein sicherer Bereich (vor der äußeren Absperrung),
- ein teilweise sicherer Bereich, in dem ein Einwirken des Täters nicht ausgeschlossen werden kann (vor der inneren Absperrung) und
- ein unsicherer Bereich, wo jederzeit mit Täterkontakt zu rechnen ist (innerhalb der inneren Absperrung).

Im englischsprachigen Raum und auch im militärischen Bereich werden für diesen Sachverhalt andere Begrifflichkeiten benutzt. Hier wird die Gefahrenzone mit der direkten Beschussmöglichkeit als **heiße Zone** (»hot zone«) bezeichnet und der teilweise sichere Bereich, der bedingt unter eigener Kontrolle steht aber nicht unter direktem Beschuss, als **warme Zone** (»warm zone«). Demgegenüber steht der sichere Bereich, der unter eigener Kontrolle steht und außerhalb der Schusslinie liegt. Dieser Bereich wird dann als **kalte Zone** (»cold zone«) bezeichnet.

In der Realität wird in der Hektik des Einsatzgeschehens der Gefahrenbereich von allen Beteiligten, selbst von der Polizei, häufig räumlich viel zu gering

Tab. 24.1 Beispiele für die Reichweite verschiedener Geschosse

Kaliber	Energie [J]	Geschwindigkeit V_0 [m/s]	Höchstreichweite [m]
9 mm × 19	490	350	2000
5,56 mm × 45 (.223 Remington)	1693	920	2800
7,62 mm × 39 (AK 47)	2016	710	2800
7,62 mm × 51	3272	830	5000

Tab. 24.2 Reichweite von Geschossen bei verschiedenen Waffentypen

Waffentyp	Kaliber	Effektive Reichweite [m]	Maximale Reichweite [m]
Faustfeuerwaffen			
H&K P8	9 mm × 19	50	1500
Walther P1	9 mm × 19	50	1600
Maschinenpistolen			
MP2 (Uzi)	9 mm × 19	200	1600
MP5	9 mm × 19	100	1500
Maschinengewehre			
MG3	7,62 mm × 51 mm	600	3750
MG4	5,56 mm × 45 mm	500	2850
Sturmgewehre			
G3	7,62 mm × 51 mm	400	3700
G36	5,56 mm × 45 mm	200–500	2860
AK47	7,62 mm × 39 mm	300–400	1500

eingeschätzt und auch dementsprechend abgegrenzt, so dass sich nicht selten Personen in Bereichen aufhalten, in denen eigentlich noch eine Gefahr zu erwarten ist. Oft wird zu dicht an die Einsatzstelle herangefahren oder Übergaben gemacht, weil man sich der Gefahr gar nicht bewusst ist. Die Dimensionen eines potenziellen Gefahrenbereiches kann man ungefähr einschätzen, wenn man die maximale Reichweite von **Waffengeschossen** oder von Splittern unterschiedlicher Sprengvorrichtungen betrachtet. Dabei definiert man in der Waffenkunde die Reichweite als Entfernung von der Laufmündung bis zum Auftreffen des Geschosses. Sie ist jedoch von verschiedenen Faktoren (▶ Kap. 12) wie z. B. Lauflänge, Abgangswinkel, Geschossform und -gewicht, Menge der Ladung oder Witterungsverhältnissen abhängig, so dass nicht für jedes Geschoss nur ein einzelner Wert definiert werden kann. Bei optimalen Verhältnissen und unter Berücksichtigung des günstigsten Abgangswinkels des Geschosses ergibt sich der Gefahrenbereich aus der Entfernung des Schützen und der maximalen Reichweite des Geschosses. Betrachtet man die maximale Reichweite von heute gängigen Geschossarten (Tab. 24.1) in Verbindung mit einzelnen Waffenarten (Tab. 24.2), so wird deutlich, dass bei optimalen Bedingungen und Geländevoraussetzungen ein Geschoss mehrere Tausend Meter

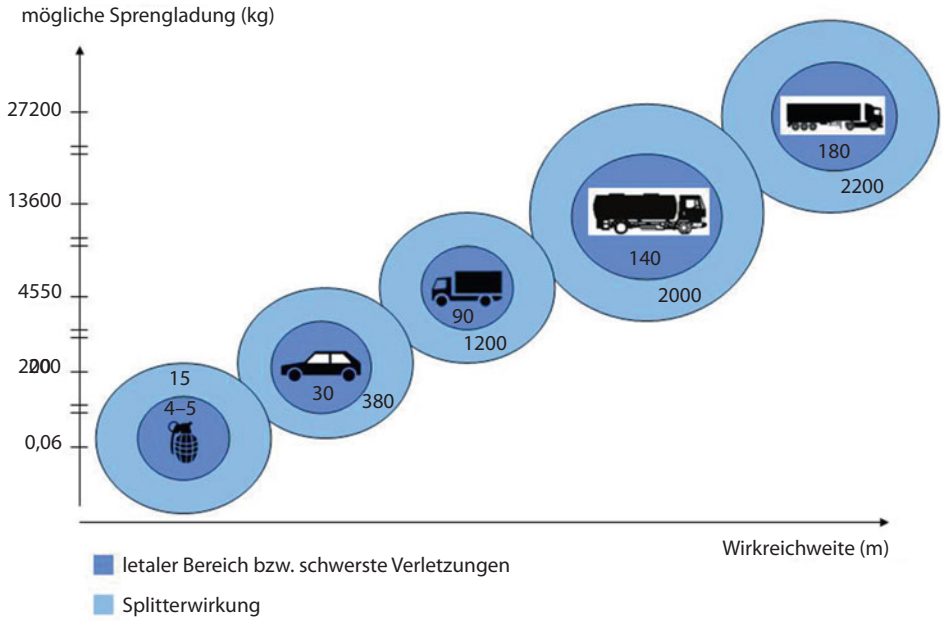


Abb. 24.3 Beispiel für den Gefahrenbereich bei verschiedenen Sprengmitteln

fliegen und dementsprechend auch Schaden anrichten kann.

Ähnlich verhält es sich bei **Sprengmitteln**. Betrachtet man z. B. eine Handgranate, so muss man nach einem Wurf vom Täter (durchschnittlich 30–40 m) bei der Explosion der Handgranate in einem Umkreis von 5 m mit schwersten oder sogar tödlichen Verletzungen rechnen und eine Splitterverletzung ist in einem Umkreis von bis zu 15 m zu erwarten. Bei größeren Mengen Sprengstoff, die z. B. in Kraftfahrzeugen verbaut sind, beträgt der gefährliche Bereich bis über 2000 m (Abb. 24.3).

Häusliche Bebauung, Mauern oder ähnliche stabile Bauteile schränken die Reichweite des Geschosses zwar ein und können einen gewissen Schutz bieten, führen jedoch zu Ablenkung und Reflexion von Geschossen und Splittern, so dass die Gefahr von Querschlägern besteht. Ein PKW bietet allenfalls Sichtschutz und ist ansonsten als Deckung völlig ungeeignet. All dies sollte bei der Planung von Absperrungen oder Errichtung von Behandlungsplätzen sowie Übergabestellen von Verletzten an den zivilen Rettungsdienst in einen sicheren Bereich berücksichtigt werden. Um Unfälle zu vermeiden, sollte die maximale Reichweite von Geschossen als Grenze des Gefahrenbereichs gelten.

Die o. g. Absperrungen bzw. Zonen gibt es aber auch bei **Demonstrationen**, **Veranstaltungen** und **Ansammlungen von Menschenmassen**. Kommt es hier zu Ausschreitungen, Paniken oder Unfällen müssen auch hier Gefahrenbereiche eingehalten werden. Eine Versorgung von z. B. mehreren verletzten Polizeibeamten bei einer gewaltsamen Demonstration, direkt am Ereignisort, kann sich ein ziviler Rettungsdienst sicher nicht vorstellen. Somit sind nicht nur Spezialeinheiten, sondern auch Beweissicherungs- und Festnahmeeinheiten und geschlossene Einheiten sowie der polizeiliche Einzeldienst gefordert, eine der Lage angepasste Versorgung in der inneren und vor der äußeren Absperrung zu ermöglichen. Die taktische Medizin zeigt, wann und wo welche Maßnahme ergriffen werden kann.

25

Erstversorgung im Polizeieinsatz

R. Bohnen

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_25, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Bei allen Polizeieinsätzen und insbesondere bei besonderen polizeilichen Lagen wie z. B. Geiselnahmen, Bedrohungslagen oder Zugriffsmaßnahmen auf bewaffnete oder gewaltbereite Personen, steht die Abwehr von Gefahren für Personen und Eigentum im Vordergrund der Polizeiaufgaben. Dies geht alleine schon aus der für Bund und Länder gemeinsamen PDV 100 hervor. Danach gehört der Schutz von Leben und körperlicher Unversehrtheit (Art. 2 Grundgesetz) zu einer der Hauptaufgaben der Polizei. Als daraus resultierende organisatorische Maßnahme wird explizit das Sicherstellen der medizinischen/ärztlichen Versorgung genannt. In den weiteren Ausführungen zur PDV 100 geht der Leitfaden 150 konkret auf die Versorgung der Polizei im Einsatz ein. Dabei ist bei Einsätzen mit erhöhtem Verletzungs- bzw. Erkrankungsrisiko eine medizinisch/ärztliche Versorgung zu gewährleisten. Um noch konkreter zu werden wird im Weiteren gefordert, dass der Einsatz eigener medizinischer/ärztlicher Spezialkräfte der Inanspruchnahme medizinischer Fachdienste vorzuziehen ist.

In weiteren Dienstvorschriften, die z. B. die Maßnahmen bei Geiselnahmen oder im Personenschutz regeln, wird sogar die medizinische Erstversorgung als direkte Aufgabe der Polizei genannt. Danach wird bei der entsprechenden besonderen Aufbauorganisation für den Einsatz ein eigener Unterabschnitt »medizinische Erstversorgung« erwähnt, der als Aufgabe die Vorbereitung und Durchführung des Ersthelfereinsatzes und der notärztlichen Versorgung sowie die Koordinierung des Rettungsdiensteinsatzes hat. In einem weiteren Unterabschnitt »ärztliche Betreuung« wird zudem die medizinische, psychologische und seelsorgerische Betreuung von Einsatzkräften, Freigekommenen und sonstigen Personen gefordert.

Auch im Gesetz über den unmittelbaren Zwang bei Ausübung öffentlicher Gewalt durch Vollzugsbeamte des Bundes (UZwG) ist in § 5 die Hilfeleistung für Verletzte genannt. Demnach ist Verletzten, wenn unmittelbarer Zwang angewendet wird, soweit es nötig ist und die Lage es zulässt, Beistand zu leisten und ärztliche Hilfe zu verschaffen. Als Vergleich zu den Bundesländern ist hier beispielhaft der gleichlautende Artikel 63 des Polizeiaufgabengesetzes (PAG) in Bayern zu nennen.

Alle rechtlichen Vorschriften in Bezug auf Polizeieinsätze bezeichnen die medizinische Erstversorgung als einen Bestandteil der polizeilichen Aufgabe. Ziel ist u. a. die körperliche Unversehrtheit der eigenen Einsatzkräfte, aber auch von Opfern, Tätern oder sonstigen Personen. Gegenüber den eigenen Polizeivollzugsbeamten steht der Dienstherr zudem durch das Bundesbeamtengesetz in der Pflicht (§ 78 BBG Fürsorgepflicht des Dienstherrn), denn der Dienstherr hat im Rahmen des Dienst- und Treueverhältnisses für das Wohl der Beamtinnen und Beamten und deren Familien zu sorgen und sie bei ihrer amtlichen Tätigkeit und in ihrer Stellung zu schützen.

Hinzu kommt noch die Verpflichtung eines jeden Bürgers, in Notsituationen Hilfe zu leisten (§ 323c Strafgesetzbuch StGB), die natürlich auch den Polizeivollzugsbeamten im Einsatz nicht ausschließt.

Aufgrund all dieser rechtlichen Vorschriften ist es verständlich, dass die Polizeien von Bund und Ländern in ihren Organisationsstrukturen sog. Polizeiärztliche Dienste aufweisen. In diesen Diensten beschäftigen sich Ärzte und entsprechendes medizinisches Fachpersonal (u. a. Rettungsassistenten, Rettungssanitäter, medizinische Fachangestellte) neben der kurativen, arbeits- und sozialmedizinischen Betreuung der Polizeivollzugsbeamten insbesondere auch mit der medizinischen Erstversorgung im Polizeieinsatz. Sie begleiten die Polizeivollzugsbeamten bei Großeinsätzen wie Demonstrationen, Kundgebungen, Sportveranstaltungen oder ähnlichen und auch bei besonderen polizeilichen Lagen und sichern so die Versorgung im Notfall. Darüber hinaus unterstützen sie bei polizeilichen Übungen und Ausbildungen und organisieren die Erste-Hilfe-Ausbildung aller Polizeivollzugsbeamten, die auch arbeitsschutzrechtlich gefordert ist.

Die personelle und materielle Ausstattung, Qualifikation und Gewichtung der einzelnen Aufgabenbereiche wie Kurativmedizin, Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Aus- und Fortbildung etc. ist in den einzelnen Polizeiärztlichen Diensten von Bund und Ländern allerdings teilweise sehr unterschiedlich. Häufig überwiegen gutachterliche, arbeitsschutzrechtliche, gesundheitspräventive und administrative Aufgaben. Dies fällt auch bei Stellenanzei-

gen für Polizeiärztinnen und Polizeiärzte auf, wo die ärztliche Versorgung der Polizei im Einsatz oft erst an letzter Stelle der Aufgabenbeschreibung genannt wird. Dabei ist dies die ureigenste Aufgabe eines Polizeiärztlichen Dienstes.

Mitverantwortlich an diesem Zustand ist u. a., dass in den letzten Jahrzehnten durch Einsparmaßnahmen bei Bund und Ländern die ärztlichen und auch Assistenzstellen oft nur noch im Angestelltenverhältnis oder Verwaltungsbeamtenstatus besetzt werden und nicht mehr im Polizeivollzugsdienst. Dadurch haben diese Kräfte keine polizeilich-taktische Ausbildung und auch keine Schutzausrüstung wie ein Polizeibeamter. Auch sind sie dienstunfallrechtlich nicht abgesichert wie ein Polizeivollzugsbeamter. Aber genau dies sind Voraussetzungen, um im Gefahrenbereich eingesetzt werden zu können.

Dies führt vielfach auch dazu, dass die Notwendigkeit für taktische Notfallmedizin von den Entscheidungsträgern nicht ausreichend erkannt wird und somit nur schleppend oder teilweise auch gar nicht Einzug findet in die Aus- und Fortbildung der Polizeikräfte bzw. in die ergänzende Beschaffung von Material. Die Erste-Hilfe-Ausbildung ist ausgerichtet an der Breitenausbildung in Deutschland (▶ Kap. 24) mit Hilfe des Auto-Verbandkastens. Zusätzliches Material aus der taktischen Notfallmedizin wie z. B. Tourniquets oder spezielle Verbandpäckchen (▶ Kap. 3) werden, z. T. auch aus Unkenntnis und genereller Ablehnung, gar nicht zur Verfügung gestellt oder ihre Anwendung gelehrt. Oftmals beschaffen sich Einsatzkräfte diese Materialien selbst und besuchen privat Fortbildungskurse. Das Interesse seitens der Polizeibeamten ist groß, da sie den Bedarf im täglichen Einsatz erleben. Es fehlt jedoch an einheitlichen Standards und Empfehlungen zur taktischen Notfallmedizin, der dazugehörigen Aus- und Fortbildung und oftmals auch der Ausrüstung. Hier sind die Polizeiärztlichen Dienste gefordert, Konzepte zu entwickeln und umzusetzen. Denn eines muss klar sein: die Hauptaufgabe der Polizeiärztlichen Dienste ist die medizinische Erstversorgung im Polizeieinsatz, um so die Lücke zum zivilen Rettungsdienst zu schließen, der im Gefahrenbereich nicht arbeiten kann und teilweise auch nicht darf.

Schnittstellenproblematik

R. Bohnen

26.1 Rechtliche Situation – 376

26.2 Eigenschutz – 377

26.3 Problemfelder bei gemeinsamen Einsatzlagen – 377

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_26, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

26.1 Rechtliche Situation

Die Bundesrepublik Deutschland ist mit den einzelnen Bundesländern föderal aufgestellt und jedes Bundesland führt die staatlichen Befugnisse und die Erfüllung staatlicher Aufgaben grundsätzlich selbst aus. Dies ergibt sich aus Artikel 30 Grundgesetz. Das führt dazu, dass es hinsichtlich Aufbau, Organisation, Struktur und Zusammenarbeit von Rettungsdienst, Feuerwehr und Polizei keine einheitliche Regelung gibt. Hinzu kommen unterschiedliche Zuständigkeiten dahingehend, dass Gefahrenabwehrbehörden in den Bundesländern beispielsweise dem Landesinnenministerium, Sozialministerium oder Ministerium für Arbeit und Gesundheit unterstellt sind. Teilweise sind für die Aufgaben nach Weisung auch die Kommunen örtlich und sachlich zuständig. Dies ergibt sich aus Artikel 28 II Grundgesetz.

Für die Polizei besteht u. a. die gesetzliche Aufgabe der Gefahrenabwehr und damit der Schutz der öffentlichen Sicherheit und Ordnung. Dabei umfasst öffentliche Sicherheit sowohl die gesamte Rechtsordnung, die verfassungsmäßige Ordnung und der Schutz von Individualrechtsgütern, zu denen neben Leben und Gesundheit auch Vermögen und Sachgüter sowie Freiheit und Ehre zählen. Die öffentliche Ordnung umfasst die Gesamtheit der ungeschriebenen Regeln für das Verhalten des einzelnen in der Öffentlichkeit.

Die Hauptaufgabe des zivilen Rettungsdienstes ist die sachgerechte Hilfe bei medizinischen Notfällen aller Art und die Rettung von Menschenleben. Sie ist in entsprechenden Ländergesetzen geregelt, genauso wie die Aufgaben der Feuerwehr.

Sehr häufig kommt es bei Einsätzen zu einem gleichzeitigen Handeln von Polizei und Rettungsdienst bzw. Feuerwehr. So wird z. B. beim Ersteintreffen der Polizei bei Verkehrsunfällen, Schlägereien oder anderen Gewalttaten mit Auftreten von verletzten Personen der Rettungsdienst nachalarmiert. Bei Rettungsdiensteinsätzen durch unkontrollierbare Situationen, z. B. durch alkoholisierte oder aggressive Patienten oder sonstige beteiligte Personen oder bei Verdacht auf Straftaten, wird die Polizei im Rahmen der Amts- oder Vollzugshilfe hinzugerufen. In der Regel verfolgen die beteiligten Behörden ein gemeinsames Ziel, nämlich den Schutz oder die Rettung von Menschenleben. Lediglich die originären Aufgaben bzw. der Blickwinkel sind jeweils unterschiedlich, was manchmal zu Konflikten führen kann. Während der Rettungsdienst sich schnellstmöglich um die Überprüfung von Vitalfunktionen und Behandlung von lebensgefährlichen Verletzungen oder Erkrankungen kümmert, sichert die Polizei den Einsatzort, nimmt Täter fest, befragt Zeugen oder sichert Beweismittel für eine mögliche Strafverfolgung. Durch jahrelange Erfahrung und häufig wiederkehrende Einsatzmuster hat sich in den meisten Fällen in der Zusammenarbeit zwischen Polizei und Rettungsdienst/Feuerwehr eine gewisse Routine entwickelt und eventuell auftretende Konflikte werden direkt nachgeregelt und besprochen.

Anders ist dies bei **besonderen Einsatzlagen** oder **Großlagen** bzw. **Naturkatastrophen**, die nicht so häufig auftreten, sehr individuelle Verläufe nehmen können und schon von vorneherein eine andere Einsatzführungsstruktur mit sich bringen. Hier können sich Zuständigkeiten überschneiden, und es gibt keine gesetzliche Regelung, wer in diesen Fällen weisungsbefugt ist. Die Polizei ist nicht befugt, in die öffentlich-rechtliche Tätigkeit anderer Behörden einzugreifen und umgekehrt. Lediglich gegenseitige Empfehlungen können ausgesprochen werden und entsprechende fachliche Beratungen stattfinden. Dies ist auch in den Landesteilen der Dienstvorschriften der einzelnen Behörden im Sinne von Grundsätzen für die Zusammenarbeit von Polizei, Rettungsdienst und Betreuungsdienst in besonderen Lagen dargestellt. Dabei wird eine abgestimmte Zusammenarbeit gefordert, eine leistungsfähige Organisation auf allen Seiten, eine rechtzeitige Information und angepasste Koordination der Einsatzabläufe. Dazu soll ein Fachberater des Rettungsdienstes oder der Feuerwehr in den Führungsstab der Polizei integriert werden. Aufgabe ist z. B. die Festlegung von Bereitstellungsräumen, Gefährdungsbereichen, Übergabestellen von Verletzten und medizinischen sowie psychologischen Versorgungs- und Betreuungsbereichen. Dies soll in gemeinsamen Übungen trainiert werden, um Verhaltenssicherheit in der Zusammenarbeit zu gewährleisten und mögliche Schnittstellenprobleme zu erkennen und entsprechend nachzubereiten.

26.2 Eigenschutz

An manchen Einsatzstellen ist eine rasche medizinische oder technische Hilfe erforderlich, um die Überlebenschance von verletzten Personen zu erhöhen und mögliche Sekundärschäden abzuwenden. Trotz dieses Zeitdrucks hat das Rettungsdienstpersonal an jedem Einsatzort das Risiko der Eigengefährdung immer genau abzuschätzen. Als mögliche Merkregel für das Verhalten bei Eintreffen an Einsatzstellen wird bereits in der Ausbildung die sog. **GAMS-Regel** gelehrt. Diese gilt zwar primär für Gefahrgutunfälle, ist aber auch generell für die Beurteilung jeder Einsatzstelle nützlich. Teilweise wird bereits bei der Anfahrt auf Gefährdungen und Risiken am Einsatzort hingewiesen, oder es erfolgt eine Lageerkundung vor Ort, um Gefahren zu erkennen, erste abwehrende Maßnahmen zu ergreifen oder Spezialkräfte nachzualarmieren.

GAMS-Regel

- **G** = Gefahr erkennen
- **A** = Absperrung errichten
- **M** = Menschenrettung durchführen
- **S** = Spezialkräfte anfordern

Dabei gilt für jeden Rettungsdienstmitarbeiter und die Feuerwehr, dass ein Einsatz mit Gefährdung für das eigene Leben oder die Gesundheit grundsätzlich abzulehnen ist. Zwar beschreibt die Feuerwehrdienstvorschrift 100 (FwDV 100) das Retten, In-Sicherheit-bringen und Schützen von Menschen als primäres Einsatzziel. Aber in vielen Fällen ist die Rettung nur möglich, wenn zuvor vorhandene Gefahren beseitigt oder zumindest eingegrenzt werden. Schon in der Laufbahnausbildung werden z.B. bei der Feuerwehr als Leistungsspektrum diejenigen Gefahren gelehrt, die sie kennen und bekämpfen können. Hierzu gehören sicher nicht polizeiliche Lagen, bei denen durch Bedrohung mit Schusswaffen oder Explosivstoffen durch das polizeiliche Gegenüber mit direkter Gefahr für das eigene Leben gerechnet werden muss. Feuerwehr und Rettungsdienst sind nicht verpflichtet, in einem solchen Gefahrenbereich zu arbeiten und teilweise ist es ihnen sogar per Dienstanweisung untersagt.

In der Realität wird dem Rettungsdienst daher ein Bereitstellungsraum außerhalb des Gefahrenbereiches (kalte Zone) zugeteilt. Ein Einsatz innerhalb der inneren Absperrung (heiße Zone) erfolgt immer nur nach Absprache mit der Polizei. Ein derartiger rettungsdienstlicher Einsatz kann jedoch nur freiwillig erfolgen, da eine Eigengefährdung nicht ausgeschlossen werden kann und es keine rechtliche Grundlage dafür gibt, das Rettungsdienstpersonal zu zwingen, in einem solchen Gefahrenbereich zu arbeiten. Auch die Ausbildung, Ausrüstung und berufliche Verpflichtung befähigt nicht zu Aktionen in einem Gefahrenbereich. Daher müssen verletzte Personen dem Rettungsdienst an einen sicheren Behandlungsplatz zugeführt werden. Diese Menschenrettung aus der Gefahrenlage obliegt aufgrund gesetzlichem Auftrag bei polizeilichen Lagen der Polizei und bei nicht polizeilichen Lagen der Feuerwehr. Erst danach erfolgen die rettungsdienstliche Versorgung und der Transport in eine geeignete medizinische Einrichtung.

Zu diesem Sachverhalt gibt es auch bei den verantwortlichen Personen in Polizei und Rettungsdienst sehr unterschiedliche Einstellungen. Zumal es für die Polizei bedeutet, eine irgendwie definierte medizinische Erstversorgung in einer heißen Zone einschließlich Evakuierung, Transport und Übergabe an den Rettungsdienst in einem sicheren Bereich mit eigenen Kräften durchführen zu müssen, wenn sich keine Freiwilligen aus dem Rettungsdienst finden lassen. Die Polizei ist per Gesetz verpflichtet, Hilfe auch im Gefahrenbereich zu leisten bzw. Gefahren abzuwehren, welche die öffentliche Sicherheit gefährden. Dies verdeutlicht noch einmal die Notwendigkeit der Ausbildung und Anwendung von taktischer Notfallmedizin durch die Polizei.

26.3 Problemfelder bei gemeinsamen Einsatzlagen

Die Schnittstelle zwischen Polizei und Rettungsdienst/Feuerwehr kann in besonderen polizeilichen Lagen wie z. B. Geiselnahmen, Amokläufen oder sonstigen Bedrohungslagen mit bewaffneten Tätern für die Rettung von Menschenleben von entscheidender Bedeutung sein. Kommt es hier durch Unkenntnis oder Wissensmangel zu Informations-

verlusten, kann dies die medizinische Versorgung von verletzten Personen verzögern oder behindern und so eventuell zu vermeidbaren gesundheitlichen Schäden und im schlimmsten Fall zum Tod führen.

Ein Hauptmangel ist sicherlich, dass die Behörden untereinander wenig von den jeweilig anderen Strukturen und Handlungsweisen wissen. So weiß die Polizei z. B. wenig über die Fahrzeugzusammenstellung bei Feuerwehreinsätzen und kann so nicht abschätzen, wie viel Bereitstellungsplatz an der Einsatzstelle zur Verfügung gestellt werden muss bzw. welche An- und Abfahrtswege geeignet sind und freigemacht werden müssen. Auch weiß die Polizei in vielen Fällen wenig über Sondereinheiten bei Feuerwehr und Rettungsdienst wie z. B. Höhenrettung, Hundestaffeln, Tauchergruppe, Spezialfahrzeuge oder -ausrüstung. Im Rahmen der Laufbahnausbildungen oder Fortbildungen werden die benachbarten Behörden in der Einsatzlehre zwar benannt, aber nicht vertiefend behandelt. Auch gegenseitige Hospitationen oder Praktika erfolgen in der Regel nicht, sodass man über die Fähigkeiten und Strukturen der jeweilig anderen Behörde meistens kein fundiertes Wissen hat. Dies kann zu falschen Vorstellungen führen, die im Einsatz fehlerhafte Beurteilungen verursachen. In der Ausbildung bei Rettungsdienst und Feuerwehr wird wesentlich mehr Einblick über die Organisation und Aufgaben der Polizei gegeben, weil man im Rahmen der Amts- und Vollzugshilfe häufig auf die Unterstützung der Polizei angewiesen ist.

An gemeinsamen Einsatzstellen bei Großlagen wird von Polizei und Rettungsdienst jeweils ein eigener Führungsstab getrennt voneinander eingerichtet. Lediglich ein Verbindungsbeamter vom Rettungsdienst soll in den Führungsstab der Polizei integriert werden. Dies ist insofern nachzuvollziehen, als dass polizeitaktische Konzepte nicht in der breiten Öffentlichkeit eines gemeinsamen Führungsstabes preisgegeben werden können. Dennoch kommt es bei zwei getrennten Führungsstäben durch Kommunikationsdefizite unweigerlich zu Informationsverlusten und so u. U. auch zu Fehlentscheidungen.

Hinzu kommt, dass in den einzelnen Behörden, insbesondere in der Einsatztaktik, unterschiedliches Fachvokabular benutzt wird, obwohl man eigentlich das Gleiche meint. So spricht etwa der Rettungsdienst von einer Patientenablage oder einem Behandlungsplatz, während die Polizei für die gleiche Struktur den Begriff Verletztensammelstelle verwendet. Alleine schon durch diesen unterschiedlichen Sprachgebrauch kann es zu Missverständnissen kommen und das Kommunikationsproblem ist vorprogrammiert.

Für die meisten Einsatzlagen hat jede Behörde für sich ein Einsatzkonzept mit entsprechenden Handlungsanweisungen erstellt. Nur in den seltensten Fällen werden diese Konzepte miteinander abgestimmt oder gemeinsam erarbeitet. So können Schwachstellen im Vorfeld nicht erkannt und beseitigt werden und im Falle eines realen Einsatzes erst in Erscheinung treten, wenn es eventuell schon zu spät ist, darauf zu reagieren.

In den letzten Jahren ist es in Deutschland durch Häufung von Amokläufen, insbesondere an Schulen, zu ersten Ansätzen gekommen, gemeinsame Einsatzkonzepte zu erarbeiten und in ihnen die Belange der jeweilig anderen Behörde bereits in der Planung ausreichend zu berücksichtigen. Dabei zeigen sich sehr unterschiedliche Lösungsansätze deren Erfolge erst in der Zukunft beurteilt und ggf. angepasst werden können. Fakt ist aber, nur wenn man etwas ausprobiert hat, weiß man ob es funktioniert und erkennt was nicht funktioniert.

TEMS

R. Bohnen

27.1 Historie – 380

27.2 Inhalte von TEMS – 380

27.3 Voraussetzungen – 381

27.4 Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst – 381

27.5 Vorteile des TEMS-Konzeptes – 382

27.6 Prävention – 383

27.7 Medizinische Grundversorgung – 383

27.8 Einsatzplanung – 384

27.9 Medizinische Erstversorgung – 384

27.10 Ausbildung – 385

27.11 Fazit – 386

Literatur – 387

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_27, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

27.1 Historie

Die medizinische Versorgung schon auf dem Gefechtsfeld ist bei militärischen Einsätzen fester Bestandteil und reicht in die Zeit um Napoleon Bonaparte zurück. Die Sanitätskomponente gehört seitdem fest zur militärischen Organisationsstruktur und wird im Einsatz voll integriert. Diese Form der frühen Verwundetenversorgung erfuhr einen weiteren Höhepunkt im Amerikanischen Bürgerkrieg als Clara Barton, die Gründerin des Amerikanischen Roten Kreuzes, die Notwendigkeit beschrieb, die medizinische Stabilisierung von Kriegsverwundeten vor und während des Transportes in eine weiterbehandelnde Einrichtung zu verbessern. Ihr Leitspruch war: »behandele sie dort wo sie liegen« und ist Synonym für die auch heute noch gültige Erkenntnis, dass das Endergebnis einer Verwundung davon abhängt was in den ersten Minuten nach der Verwundung an Maßnahmen durchgeführt wird.

Diese enge Verknüpfung von medizinischer Komponente mit militärischen Streitkräften, die also bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückreicht, ist für polizeiliche Einsätze auch heute noch nicht überall selbstverständlich. In diesem Bereich ergriffen die Amerikaner Ende des 20. Jahrhunderts die Initiative als am 1. August 1966 in Austin, Texas, Charles Whitman vom Uhrenturm der Universität insgesamt 15 Menschen tötete und 32 verletzte. Die Strafverfolgungsbehörden stellten fest, dass sie für derartige Ereignisse unzureichend vorbereitet sind und gründeten in der weiteren Folge nicht nur polizeiliche Spezialeinheiten, sog. **SWAT-Teams** (»speacial weapon and tactics«), sondern entwickelten auch erste Lösungsansätze und Programme für die medizinische Erstversorgung von Verletzten bei solchen Ereignissen. Während einzelne Strafverfolgungsbehörden es bevorzugten, ausgewählte Beschäftigte des zivilen Rettungsdienstes in polizeilichen Taktiken zu schulen und dann zu integrieren, entschieden sich andere Behörden dazu, eigene Polizeikräfte in Basis Erste-Hilfe-Maßnahmen zu unterrichten und darauf aufbauend weiter zu qualifizieren. Aus dieser Entwicklung heraus gab es 1989 als Konsensus zwischen Vertretern der Strafverfolgungsbehörden, der Notärzte und Rettungsdienstträger den ersten offiziellen medizinischen Lehrgang zur Unterstützung von SWAT-Teams. Dieser Lehrgang wurde schließlich unter dem Dach der staatlichen Universität des Militärs, Uniformed Services University of the Health Sciences, fortgeführt und weiterentwickelt.

Bei weiteren Ereignissen wie z. B. dem Amoklauf an der Columbine Highschool in Jefferson County, Colorado, am 20. April 1999 bei dem 13 Menschen getötet wurden und nicht zuletzt auch den Ereignisse des 11. September 2001 wird den Behörden und der Öffentlichkeit deutlich wie wichtig es ist, vorbereitet zu sein und spezialisierte Teams zu haben, die mit derartigen Krisen umgehen können und spezielle Polizeiinterventionen begleiten können – abseits der alltäglichen Arbeit von Polizeibeamten und Rettungsdienstkräften.

27.2 Inhalte von TEMS

Einsätze von Strafverfolgungsbehörden beinhalten immer das Risiko der Konfrontation mit Gewalt oder Waffeneinsatz und somit die Gefahr von schweren Verletzungen. Besonders verletzungsträchtig sind Geiselbefreiungen bzw. das Eindringen oder der Zugang bei Lagen, in denen sich der oder die Täter verschanzt haben. Da bei solchen Einsätzen, ähnlich wie bei militärischen Einsätzen, nicht immer eine direkte Zusammenarbeit mit dem zivilen Rettungsdienst möglich ist und Phasen, in denen die Sicherheit der Lage noch unklar ist, überbrückt werden müssen, lehnt sich die medizinische Erstversorgung in Polizeieinsätzen eng an die Erfahrungen aus der Militärmedizin an und hat sich daraus weiterentwickelt. Für diese spezielle Art der präklinischen Versorgung hat sich bei den amerikanischen Behörden das Konzept TEMS (»Tactical Emergency Medical Support«) fest etabliert und stellt heute eine Sonderform der Notfallmedizin dar.

TEMS ist weder eine militärische noch eine zivile Form der präklinischen Notfallversorgung, sondern eine speziell für das taktische Umfeld von Polizeieinsätzen modifiziertes Konzept. Im deutschen Sprachgebrauch wird hierfür der Begriff der taktischen Notfallmedizin verwendet. Dabei beinhaltet TEMS jedoch nicht nur die medizinische Erstversorgung im Einsatz sondern vielmehr auch

die Gesundheitsprävention des Teams, Einsatzplanung und -vorbereitung und die medizinische Versorgung im Alltag.

Jeder, der schon einmal bei einem Notfall anwesend war, kennt die endlos erscheinende Zeit vom Eintritt des Notfalls bis zum Eintreffen erster Rettungskräfte. Die Umstände und feindselige Art von vielen Polizeieinsätzen machen es dem zivilen Rettungsdienst häufig unmöglich, in der »heißen Zone« zu agieren, während die taktische Polizeimaßnahme noch weiterläuft. Dies macht deutlich, dass in dieser Phase durch die taktische Notfallmedizin im Sinne von TEMS die wichtigen ersten Minuten nach einer Verletzung sinnvoll für den Verletzten genutzt werden können. Somit kann die Morbidität und Mortalität der eingesetzten Polizeikräfte aber auch von Geiseln, Tätern und unbeteiligten Dritten gesenkt werden.

Statistiken der amerikanischen Behörden ergeben für das Jahr 1992 insgesamt 62 getötete Polizeibeamte und fast 30.000 verletzte. Speziell für SWAT-Team-Beamte lag die Verletzungsrate bei 1,8 pro 1000 Einsatzstunden, für Täter bei 18,9 pro 1000 Einsatzstunden und für Unbeteiligte bei 3,2 pro 1000 Einsatzstunden. Eine FBI-Statistik aus den Jahren 1996–1999 ergibt 5 Verletzungen pro 100 Polizeibeamte pro Jahr und 33 Verletzungen pro 1000 Einsatzstunden für SWAT-Teams. Diese Zahlen machen deutlich, dass bei Polizeieinsätzen die Vorbereitung auf Notfälle immer gewährleistet sein muss und bei Nichteinsetzbarkeit von zivilen Rettungskräften durch andere bzw. eigene Maßnahmen diese Lücke geschlossen werden muss.

Die taktische, polizeiliche Maßnahme hat immer Vorrang, um nicht weitere Verletzte zu riskieren und so das Scheitern der gesamten Polizeiaktion zu provozieren. Dementsprechend müssen medizinische Maßnahmen an die taktische Gesamtsituation angepasst werden.

27.3 Voraussetzungen

Für die Durchführung von eigenen Maßnahmen zur medizinischen Erstversorgung im Sinne des TEMS-Konzeptes sind einige Voraussetzungen erforderlich. Es müssen Kenntnisse und Erfahrungen vorhanden sein wie das taktische Umfeld eines Polizeieinsatzes aussieht und eine Polizeioperation abläuft und auf diese erschwerten Bedingungen müssen dann spezielle medizinische Fähigkeiten und die Verletztenbeurteilung und -behandlung abgestimmt werden. Dazu muss der Ersthelfer in der Lage sein, mit geringerem Material, in begrenztem Raum, mit eingeschränkten Sicht- und Geräuschverhältnissen und ohne Möglichkeit, sich bei einer nachgeordneten oder höher qualifizierten Stelle rückversichern oder Rat holen zu können, adäquate medizinische Hilfe zu leisten. Er muss zudem Waffenkenntnisse haben und einen Verletzten entwaffnen und diese Waffe auch sichern können, genauso wie er in der Lage sein muss, Schutzkleidung wie ballistischen Helm und Weste entfernen zu können. Eine Einweisung und Training in der Sichtung von Patienten ist erforderlich, da es bei Polizeieinsätzen auch in kurzer Zeit zu einer großen Anzahl von Verletzten und Verletzungen kommen kann, so dass die personellen und materiellen Ressourcen rasch ausgeschöpft sein können. Die Versorgung in unsicherem Gebiet, ggf. unter Beschuss, sowie die unter Umständen verzögerte Evakuierung in einen sicheren Bereich und damit verlängerte prähospitale Phase mit eingeschränkten Mitteln sind besondere Herausforderungen an den medizinischen Ersthelfer.

27.4 Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst

Hier zeigen sich auch schon deutlich die Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst (Tab. 27.1).

Während im zivilen Rettungsdienst in der Regel die Gesundheit und das Wohlergehen des Patienten oberste Priorität hat, so ist es bei einer Polizeioperation der Erfolg der taktischen Zielsetzung und die Medizin ist ein Werkzeug, dieses taktische Ziel zu erreichen.

Den zivilen Rettungsdienst erwarten überwiegend internistische Notfälle in einem vielfältigen Personenkreis von Kindern, alten Menschen, Schwangeren usw. Wenn für ein Trauma alarmiert wird, handelt es sich meistens um stumpfe Verletzungen

Tab. 27.1 Unterschiede zwischen zivilem Rettungsdienst und taktischer Notfallmedizin/TEMS

	Notfallmedizin im zivilen Rettungsdienst	Taktische Notfallmedizin/TEMS
Umgebung	Einsatz erst nach Herstellen einer sicheren Lage (kalte Zone)	Einsatz in warmer und heißer Zone
Materielle Ressourcen	RTW-basiert, Nachführen von Material möglich	Eingeschränkt, maximal Rucksackausstattung
Personelle Ressourcen	RTW + NEF Personal, Nachalarmierung weiterer Kräfte möglich	Team-Ersthelfer/Medic isoliert
Fälle	Primär internistische Patienten	Primär traumatologische Fälle
Verletzungsmuster	Stumpfes Trauma	Penetrierendes Trauma
Zugang zum Patienten	Einfach zugänglich durch normale Kleidung	Erschwerter Zugang durch Schutzweste, Helm, Einsatzausrüstung etc.
Zeitfaktor	Kurze Phase der präklinischen Versorgung	Häufig verlängerte Phase der präklinischen Versorgung durch fortlaufende taktische Operation
Massenanfall von Verletzten (MANV)	Zieht automatisch Alarmierung von weiterem Personal nach sich nach festem Schema	Häufig keine weiteren Ressourcen vorhanden
Patientensichtung	Durch leitenden Notarzt (LNA)	Unter Umständen durch taktischen Ersthelfer vor Ort

durch z. B. Stürze oder Verkehrsunfälle. Der Ersthelfer im taktischen Umfeld eines Polizeieinsatzes, speziell auch bei Einsätzen von Spezialkommandos, dagegen ist mit Schuss- oder Explosionsverletzungen konfrontiert. Es kann nicht auf ein komfortabel ausgestattetes Rettungsmittel oder die Nachalarmierung eines Notarztes zurückgegriffen werden und die Evakuierungs- oder auch Transportzeiten in eine Einrichtung mit höhergradiger Versorgungsmöglichkeit sind limitiert. Dabei kommt man bei polizeilichen Einsätzen den Bedingungen bei militärischen Einsätzen nahe und unterscheidet sich hier im Wesentlichen nur durch den Auftrag. Während Polizei sich auf Gewaltkriminalität und Terrorismusbekämpfung fokussiert, stehen beim Militär Friedensmissionen, Stabilisierung in kriegsähnlichen oder Konfliktlagen und humanitäre Einsätze im Vordergrund.

Diese Unterschiede und die für die taktische Notfallmedizin erforderlichen Lösungsmöglichkeiten sind im TEMS-Konzept berücksichtigt. Durch besondere medizinische Fähigkeiten und Fertigkeiten (sog. »skills«) und intensivem lagenbasiertem Training wird eine handlungssichere und belastungsstabile medizinische Erstversorgung in einer warmen oder heißen Zone ermöglicht. Dadurch soll nicht der zivile Rettungsdienst ersetzt werden, sondern nur die medizinische Versorgung zeitlich früher und örtlich näher an den Zeitpunkt der Verletzung gebracht werden, um so eine Brücke zum zivilen Rettungsdienst herzustellen und im Sinne eines besseren Behandlungsresultates für den Verletzten die Versorgungslücke zu schließen, die sonst entstehen würde, da der zivile Rettungsdienst aus Eigensicherungsgründen nicht in warmen oder heißen Zonen eingesetzt werden kann. Die therapiefreie Zeit wird erheblich verkürzt.

27.5 Vorteile des TEMS-Konzeptes

Auch in der heutigen Zeit wird von den verantwortlichen Personen in Führungspositionen von Polizei und auch Politik der Sinn und Zweck der Implementierung eines TEMS-Konzeptes oder der Ausbildung von medizinischen Ersthelfern leider häufig in Frage gestellt, insbesondere im Hinblick auf die Zeit, das Geld und den Arbeits- und Ausbil-

dungsaufwand, den man dafür investieren muss. Dabei lassen sich die Vorteile und Ziele eines solchen Konzeptes sehr vielfältig darlegen. Das hauptsächliche Ziel ist die Erhöhung der Erfolgswahrscheinlichkeit für die Gesamtbewältigung der Polizeioperation. Die Bereitstellung einer limitierten medizinischen Ressource wird gemessen an der Auswirkung auf die Gesamtsituation und nicht nur auf den individuellen Verletzten. Oftmals scheint es für Außenstehende befremdlich, dass ein Einsatzleiter Entscheidungen fällen kann oder auch muss, die dazu führen, dass ein Verletzter zunächst nicht oder verspätet erst behandelt wird. Der Ersthelfer im Team kann den Leiter zwar beraten, aber die letztendliche Entscheidung trifft der Einsatzleiter im Hinblick auf das Gesamtgelingen des Einsatzes. TEMS beinhaltet also mehr als nur das medizinische Problem. Im Ernstfall kann die bestmögliche medizinische Versorgung unter Vernachlässigung des operativ taktischen, polizeilichen Auftrages noch weitere Verletzte oder sogar Tote verursachen.

Jede medizinische Entscheidung muss im taktischen Gesamtkontext abgestimmt werden und für diese Beratung ist das medizinisch geschulte Teammitglied ein entscheidender Faktor.

Als weiterer Vorteil eines TEMS-Konzeptes für spezielle polizeiliche Lagen ist die **Reduzierung von Mortalität und Morbidität** für Polizeikräfte, aber auch für Täter und unschuldig Beteiligte. Schutz von Leben und Sachgütern sind eine Hauptaufgabe der Polizei im Kontext von Schutz der öffentlichen Sicherheit und Ordnung.

Hinzu kommt die **Reduzierung von Dienstunfällen und Arbeitsunfähigkeitskosten** durch Prävention und bei eingetretener Verletzung durch rechtzeitige, adäquate Behandlung. Dadurch entstehen auch geringere Dienstausfallzeiten und der hoch qualifizierte Spezialbeamte steht für nächste Einsätze schneller wieder zur Verfügung.

Die **Wertschätzung** und **Fürsorge**, die das Team durch eine verbesserte Gesundheitsvorsorge und -versorgung erfährt, resultiert in eine gesteigerte Moral im Team was auch für die Bereitschaft, kalkulierte Risiken und gefährliche Situationen einzugehen, nicht ganz unerheblich ist. Der Verantwortung des Dienstherrn, Schaden von den Bediensteten abzuwenden, trägt die Implementierung eines TEMS-Konzeptes als eine Möglichkeit Rechnung.

Dabei beinhaltet TEMS nicht nur den Aspekt der taktischen Notfallmedizin im Einsatz, sondern spiegelt sich in zahlreichen weiteren Aufgaben wieder wie z. B. Prävention, medizinische Grundversorgung in Alltag, Training und Einsatz und Einsatzplanung. In allen Teilbereichen ist das Hauptziel die Gesunderhaltung und Fitness des Teams, was schlussendlich zum Einsatzerfolg mit beiträgt.

27.6 Prävention

Die Prävention beinhaltet neben Vorsorgeuntersuchungen auch Aspekte von Ernährung, Fitness- und Trainingsprogrammen. Außerdem wird die Immunisierung der Teammitglieder überwacht und Aufklärung und Vorbeugung betrieben zu Hygiene, Lebensmittel- und Trinkwasserbedingte Erkrankungen und Besonderheiten bei Einsätzen unter extremen klimatischen Bedingungen, was insbesondere für polizeiliche Auslandslagen oder -missionen von Bedeutung ist. Zudem beschäftigt man sich im Präventionsbereich mit Themen wie Dehydrierung, Auswirkungen von Hitze und Kälte oder Auswirkungen des Schlaf-Wachrhythmus auf die Leistungsfähigkeit.

Ebenfalls zur Prävention gehört das Mitwirken bei der Auswahl von Schutzausrüstung wie z. B. ballistischer Schutzhelm und -weste oder Splitterschutzbrillen.

Die Sensibilisierung für spezielle medizinische Themen wie Wundballistik oder Wundmanagement wird in Form von Ersthelfertraining oder Schulungen in Selbst- und Kameradenhilfe durchgeführt.

Ebenso erfolgen nach Einsätzen entsprechende Debriefings zur Vorbeugung von posttraumatischen Belastungsstörungen.

27.7 Medizinische Grundversorgung

Die medizinische Grundversorgung beinhaltet die adäquate Behandlung von typischen Alltagserkrankungen und -verletzungen und, falls erforderlich,

die notwendige Weiterleitung an entsprechende Fachärzte. Diese Erkrankungen und Verletzungen treten nicht nur im Alltag auf sondern bezüglich der Verletzungen insbesondere im Training. Hier werden neue Einsatzkonzepte erprobt und in Worst-case-Szenarien für spezielle Einsätze simuliert, was selbstverständlich häufig zu Verletzungen führen kann. Diese gilt es umgehend medizinisch und/oder sport- oder physiotherapeutisch zu behandeln, um die Einsatzfähigkeit des Beamten schnellstmöglich wieder herzustellen. Auch soll vermieden werden, dass kleinere Verletzungen bagatellisiert werden und unbehandelt bleiben, was ggf. später zu Folgeschäden führen kann.

In einem Einsatz, der über mehrere Tage dauert, z. B. wenn ein Täter sich mit Geiseln in einem Gebäude verschanzt hat, kommt die medizinische Grundversorgung ebenso zum Tragen, um die Gesundheit des Teams während des Einsatzes aufrecht zu erhalten und nicht kurzfristig erkrankte Teammitglieder auswechseln zu müssen.

27.8 Einsatzplanung

Vor jeder polizeilichen Spezialoperation spielt die Einsatzplanung eine wichtige Rolle und beinhaltet auch immer Aspekte der medizinischen Erstversorgung und der Evakuierung. Dabei geht es nicht nur um die eigenen Kräfte sondern auch um die körperliche Unversehrtheit von Geiseln oder unbeteiligten Dritten, aber auch von Tätern. Daher gilt es im Rahmen der Einsatzplanung Erkenntnisse über den Zustand oder die Vorerkrankungen von Beteiligten zu gewinnen, um den Einsatzleiter über mögliche Komplikationen während der weiteren Lageentwicklung beraten zu können, was unter Umständen Einfluss auf das taktische und zeitliche Gesamtkonzept haben kann. Diese Ferneinschätzung von möglichen gesundheitlichen Entwicklungen bei Geiseln und Dritten wird im Bereich der taktischen Medizin unter dem Begriff »medicine across the barricade« geführt und gehört immer mit in die Einsatzplanung und die damit verbundene Aufklärung. Dadurch können z. B. bei bestimmten Erkrankungen von Geiseln entsprechende Medikamente besorgt werden, spezielle Kliniken vorinformiert werden oder sogar über die Verhandlung mit den Tätern eine Herauslösung dieser Person erwirkt werden.

Der Einsatzleiter wird insgesamt beraten

- zur medizinischen Erstversorgung, falls es während des Zugriffs zu Schusswechsel oder Explosionen kommt,
- zur Kräfteverteilung und
- zur Festlegung von Verletztensammelstellen und Übergabebereichen an den zivilen Rettungsdienst.

Die Identifizierung von **heißer** und **warmer Zone** und die Festlegung der **kalten Zone** gehören ebenso zur Aufgabe des TEMS-Sanitäters oder Arztes, um die Kräfte des zivilen Rettungsdienstes davor zu schützen, sich einer gefährlichen Situation auszusetzen.

Im Vorfeld werden die lokalen **Krankenhäuser** und **Traumazentren** sowie die kürzesten Fahrtwege und auch Alternativrouten aufgeklärt. Außerdem wird die Möglichkeit des Lufttransportes von Schwerstverletzten überprüft und generell die Transportmittel organisiert und koordiniert.

Mit der **Rettungsleitstelle** vor Ort wird Kontakt aufgenommen, Kommunikationswege geklärt und am Einsatzort wird ein sicherer Bereitstellungsraum für den Rettungsdienst festgelegt und die Kräfte der Lage entsprechend eingewiesen und koordiniert.

Ebenfalls berät der TEMS-Sanitäter oder -Arzt den Einsatzleiter über verschiedene **Evakuierungsmöglichkeiten** und -alternativen, falls ein geordnetes Verlassen des Einsatzraumes wegen plötzlicher Ereignisse (Ausbruch von Feuer, Explosion etc.) nicht mehr möglich ist.

27.9 Medizinische Erstversorgung

Das Herzstück des TEMS-Konzeptes ist jedoch die effektive Behandlung eines Verletzten noch während einer fortlaufenden Operation, die **taktische Notfallmedizin**. Die Kontrolle lebensbedrohlicher Blutungen und die Behandlung von Atemwegsobstruktion oder Spannungspneumothorax profitieren nachweislich von der zeitnahen Behandlung, die nicht abschließend sein muss oder nach Lehrbuch, wie es vielleicht im Schockraum oder Opera-

tionssaal eines Krankenhauses möglich ist, aber lebenserhaltend. Es sind die wichtigsten und dringlichsten Behandlungsindikationen während eines Polizeieinsatzes von Spezialeinheiten und nicht wie z. B. im zivilen Rettungsdienst die Immobilisierung der Wirbelsäule und Überprüfung von Herz-Kreislauf-Parametern.

Die Entscheidung einer schnellen **Evakuierung** zu einem Ort der definitiven Versorgung gegenüber einer Durchführung erweiterter medizinischer Maßnahmen noch am Einsatzort kann nur von einem medizinisch Erfahrenen getroffen werden, der den Einsatzleiter dahingehend berät. Allerdings unterliegt er der gesamt taktischen Entscheidung und muss in der Lage sein, eventuelle Verzögerungen bis zur endgültigen Evakuierung überbrücken zu können. Dabei kann es wichtig sein, den Verletzten aus dem Schussfeld in eine sichere Deckung zu verbringen, um dort weitere medizinische Maßnahmen vornehmen zu können.

Beim Auftreten mehrerer Verletzten muss eine Sichtung erfolgen und die **Priorität der Behandlung** an die vorhandenen Ressourcen angepasst werden.

Bei der Übergabe an den Rettungsdienst können wichtige Aspekte der Anamnese eines eigenen Kameraden wie z. B. Allergien oder Medikamenteneinnahme als wichtige Information an die weiterbehandelnden Ärzte in der Klinik weitergegeben werden.

Auch kann es psychologisch von Vorteil sein, wenn bei der Information an die **Familienangehörigen** eines im Einsatz verletzten Beamten ein TEMS-Sanitäter oder Arzt anwesend ist und zwischen Familie und Krankenhaus vermitteln kann.

Ein weiterer Aspekt während des laufenden Einsatzes stellt die **Beweissicherung** dar. Hier könnten für die späteren Ermittlungen wichtige Indizien für die Beweiskette durch die erfolgten medizinischen Maßnahmen vernichtet werden und somit verloren gehen. Durch entsprechende forensische Schulung kann dies verhindert werden.

Am Einsatzende wird durch die Mitwirkung bei »Stress-Incident-Management-Programmen«, die psychische Belastung des Einsatzes beleuchtet, um entsprechende Belastungsreaktionen frühzeitig zu erkennen und so einer Belastungsstörung entgegenzuwirken. Außerdem werden aufgetretene medizinische Notfälle dokumentiert und die Ereignisse analysiert um ggf. Rückschlüsse und vorbeugende Maßnahmen für zukünftige Einsätze zu treffen. In der Nachbereitung kann zusätzlich die Rehabilitation verletzter Beamten durch eine geeignete Koordination zwischen Ärzten, Krankenhäusern und Reha-Einrichtungen optimiert werden und gleichzeitig die Familie und Dienststelle in die Wiedereingliederung mit eingebunden werden.

Das TEMS-Konzept ist somit extrem vielseitig und beinhaltet neben den genannten Bereichen des Teams Health Managements (mit Prävention, Grundversorgung und Regeneration) auch alle Aspekte der Aus- und Weiterbildung, Inübunghaltung, Weiterentwicklung, Qualitätsmanagement, Beschaffung und Pflege von medizinischer Ausrüstung und die gesamte Einsatzplanung und taktische Notfallmedizin zum Zweck der bestmöglichen medizinischen Versorgung und damit zur Gewährleistung des Gesamterfolges der taktischen Operation.

27.10 Ausbildung

Für die vielseitigen Aufgaben und Besonderheiten des TEMS-Konzeptes ist eine entsprechende Aus- und Weiterbildung von großer Bedeutung. Hiermit ist nicht nur die Schulung aller Teammitglieder in Basismaßnahmen der Ersten Hilfe und taktischen Medizin gemeint, sondern insbesondere der Einsatzsanitäter und -ärzte. Durch die Unterschiede zur zivilen Notfallmedizin bedarf es zusätzlicher Aus- und Weiterbildung speziell in taktischer Medizin. Dazu gibt es heute entsprechende Kurse durch Militär, Polizei und kommerzielle Anbieter.

Die ersten Kurse fanden 1989 in Los Angeles statt und waren initiiert von einem SWAT-Teamleiter, der zuvor als Sanitäter in einer US Army Spezialeinheit tätig war und einem Sanitätsbeamten der medizinischen Unterstützungseinheit des Los Angeles County Sheriff`s Department. Die Kurse fanden unter der Schirmherrschaft des Gründers der »**National Tactical Officers Association**« (NTOA) statt, eines Verbandes amerikanischer Polizisten, und fanden sehr rasch reges Interesse. Dadurch wurde 1990 die amerikanische Militäruniversität mit ihrem 1989 gegründeten Forschungszentrum für Verwundetenversorgung (»**Casualty**

Care Research Center«) auf die Kurse aufmerksam und man entwickelte unter dem Dach des Verteidigungsministeriums den sog. »**Counter Narcotics Tactical Operations Medical Support Course**« (CONTOMS). In diesem Kurs wird Rettungsdienstpersonal speziell geschult sowohl in taktischer Medizin aber insbesondere auch in allgemeiner Einsatztaktik, Waffentechnik oder Wundballistik.

Etwa 10 Jahre später nahmen auch Kurse zu, in denen Polizeibeamte von Spezialeinheiten in speziellen medizinischen Basismaßnahmen trainiert wurden (SAEMT, »**Special Agent Emergency Medical Technician Program**«) und dann zusätzlich zu ihrer polizeilichen Arbeit die Aufgaben des TEMS-Konzeptes wahrnahmen. Spätestens seit der Veröffentlichung der Richtlinien der taktischen Verwundetenversorgung (»**Tactical Combat Casualty Care**«, TCCC) für den militärischen Bereich im Jahr 1996 hat die Anzahl der angebotenen Kurse zugenommen und wesentliche Inhalte und Erfahrungen aus diesen Richtlinien fließen auch in die Ausbildung für Spezialeinheiten der Polizei mit ein.

Seit den Ereignissen des 11. Septembers 2001 und der Zunahme von terroristischer Bedrohung und Anschlägen insgesamt nimmt die Bedeutung und Notwendigkeit von medizinischer Erstversorgung nicht nur im militärischen Bereich, sondern speziell auch bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben zu. Während zunächst jedoch nur Sanitätspersonal geschult wurde, geht die Erkenntnis heutzutage so weit, dass bei zunehmend komplexen Einsatzlagen jedes Teammitglied in der Lage sein muss, lebenserhaltende Basismaßnahmen durchführen zu können, bis der Sanitäter hinzukommt und die weitere Versorgung übernimmt.

Dieses Umdenken findet bei der Bundeswehr aktuell durch die Einführung von sanitätsdienstlicher Ausbildung für Nicht-Sanitätspersonal statt; entsprechende Ausbildungskonzepte liegen vor. Bei den meisten Strafverfolgungsbehörden wird dieser Bereich leider noch sehr restriktiv verfolgt, zum einen aus Gründen von Kosten und Arbeitsaufwand und zum anderen aus unklaren rechtlichen Gründen heraus. Denn verschiedene Aspekte wie Notkompetenz, unterlassene Hilfeleistung, Körperverletzung, rechtfertigender Notstand, Heilberufsgesetze oder Ordnungsverschulden sind nach der gültigen Rechtsmeinung nicht abschließend geklärt und führen schon zu Problemen bei der Zuweisung von erweiterten Maßnahmen für Rettungsassistenten im zivilen Rettungsdienst. Erheblich komplizierter wird es dann natürlich erst recht für Nicht-Sanitätspersonal. Aber es gilt dringend diese Probleme zu beseitigen und für die Thematik zu sensibilisieren. Denn im Ernstfall hängt davon das Leben eines Beamten oder Zivilisten ab.

Neben den Aus- und Fortbildungsprogrammen bei der Bundeswehr und einigen Polizeibehörden fassen auf dem wachsenden Gebiet der taktischen Medizin auch zunehmend kommerzielle Anbieter Fuß. Diese Firmen entstehen meist durch ehemalige Soldaten oder Polizisten von Spezialeinheiten mit zusätzlicher medizinischer Weiterbildung, die ihr Wissen und ihre Erfahrungen weitergeben wollen. Im Vordergrund stehen Verletzungsszenarien, die in eine taktische Gesamtsituation eingebaut werden, so dass der Trainingseffekt sowohl die taktische als auch die medizinische Komponente berücksichtigt. Die Trainings finden sowohl mit Laiendarstellern als auch mit Patientensimulatoren statt, um das Szenario so realitätsnah wie möglich darstellen zu können. Bei besonderen medizinischen Techniken wie z. B. intraossären Zugängen, der Koniotomie, der Anwendung von Hämostyptika oder Tourniquets wird gelegentlich auch auf Leichen, die sich zu Lebzeiten der Wissenschaft zur Verfügung gestellt haben, Tierkadaver oder lebende Tiere (im Rahmen der Tierschutzgesetze) zurückgegriffen. Ziel ist es, die jeweilige Technik in der Anwendung im Vorfeld so gut zu erlernen, dass es im Ernstfall am Verletzten zu einem sicheren Handeln beiträgt.

27.11 Fazit

TEMS ist ein Gesamtkonzept, dass die Phasen vor, während und nach dem Einsatz beinhaltet. TEMS hat zum Ziel, die therapiefreie Zeit beim Patienten so kurz wie möglich zu halten und den Patienten so schnell wie möglich an zivile Strukturen weiterzugeben. Die Polizei hat per Gesetz die Aufgabe, in der heißen und warmen Zone Gefahren für das Leben und die Gesundheit abzuwehren. Andere Organisationen sind hierfür nicht vorgesehen, ausgebildet und ausgerüstet. Dass die Polizei den Täter fasst, wird von der Öffentlichkeit erwartet. Gemessen

wird die Polizei aber an der Zahl der Verletzten und Toten, die bei einem Einsatz entstanden sind. Die taktische Notfallmedizin kann nachweislich Verletzungen und sogar Todesfälle vermeiden bzw. minimieren.

Literatur

1. Carmona R, Rasumoff DH (1998) Guidelines fort he development of TEMS programs. The Tactical Edge16: 75–77
2. Heiskell LE, Carmona RH (1994) Tactical emergency medical services: an emerging subspeciality of emergency medicine. Ann Emerg Med 23:778–785
3. Schwartz RB, McManus JG, Swienton RE (2008) Tactical Emergency Medicine. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA

Personalaspekte

R. Bohnen

28.1 Einführung – 390

28.2 TEMS-Konzept – 390

28.3 Rettungskräfte – 391

28.3.1 Externe Rettungskräfte – 391

28.3.2 Interne Rettungskräfte – 394

28.3.3 Versicherung – 394

28.3.4 Bewaffnung externer Rettungskräfte – 395

28.4 Fazit – 395

Literatur – 396

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_28, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

28.1 Einführung

In der Vergangenheit hat man sich in vielen Spezialeinheiten Deutschlands häufig die Frage gestellt, wer im Einsatz die medizinische Erstversorgung übernimmt. Oft ist der eigene Polizeiärztliche Dienst personell oder zeitlich nicht in der Lage, alle Einsätze abzudecken oder ist mit vielfältigen administrativen Arbeiten überlastet. Außerdem mag die durchaus gefahrenträchtige Aufgabe einer Spezialeinheit bei dem ein oder anderen Beamten des Polizeiärztlichen Dienstes ein »mulmiges« Gefühl hinterlassen. Häufig fehlt die richtige und notwendige polizeilich taktische Ausbildung, aber auch Schutzausrüstung oder insgesamt die Möglichkeiten zur Eigensicherung sind nicht vorhanden. Dies liegt unter anderem daran, dass in den letzten Jahrzehnten nahezu alle Ärzte nur noch als Verwaltungsbeamte oder teilweise angestellte Ärzte eingestellt wurden und auch beim Assistenzpersonal (Rettungssanitäter/Rettungsassistenten) vielfach auf Angestelltenverhältnisse umgestellt wurde. Ein Polizeivollzugsbeamtenstatus mit den daraus resultierenden Rechten und Pflichten, aber auch Ausbildung und Ausrüstung, besteht also für dieses Personal nicht. So »versteckt« man sich vorsorglich hinter Vorsorge- oder Einstellungsuntersuchungen und Gutachten, um zu verhindern, zu einem Einsatz eingeteilt zu werden. Vielfach fehlt auch die notärztliche Qualifikation und Inübunghaltung.

Folglich stützt sich manches SEK (Spezialeinsatzkommando) in vielen Fällen auf den **zivilen Rettungsdienst**. Dies funktioniert, solange es kurze und überschaubare Einsatzlagen sind. So kann z. B. der zivile Rettungsdienst bei der Erstürmung einer Wohnung, in der ein gefährlicher Straftäter festgenommen werden soll, ein oder zwei Straßen weiter entfernt in Bereitstellung gehen und ist umgehend am Einsatzort, wenn die Erstürmung beendet ist und es doch Verletzte gab. Der Zeitverzug ist hier minimal und vertretbar. Aber auch bei einer solchen Maßnahme reagiert der ein oder andere Notarzt oder Rettungsdienstmitarbeiter sehr befremdlich beim Anblick der schwer bewaffneten und vermummten Einsatzbeamten. Es kam schon vor, dass ein Notarzt sich weigerte, die Wohnung zu betreten, bis alle Waffenträger das Gebäude verlassen hatten. Hier spielt natürlich das subjektive Sicherheitsempfinden, Angst und mangelnde Erfahrung und Kenntnisse über die gegenseitigen Aufgaben und Besonderheiten eine große Rolle.

Allerdings muss man auch berücksichtigen, dass diese Bereitstellung eines zivilen Rettungsmittels (sog. »**Stand-by-Methode**«) aus der Regelversorgung des betroffenen Landkreises oder kreisfreien Stadt geschieht und als reine »Good-will-Aktion« der entsprechenden Leitstelle gesehen werden muss. Ein vorsorglicher Einsatz aus der Regelvorhaltung ist beim zivilen Rettungsdienst eigentlich nicht vorgesehen. Wenn ein Notfall bei der ILS (Integrierte Leitstelle) gemeldet wird und das für den Polizeieinsatz bereitstehende Rettungsmittel das nächste ist, so hat der aktuelle Notfall vor dem potenziellen Notfall der Polizei Vorrang. Die Polizei hat noch keinen Patienten, da der Zugriff noch nicht erfolgt und es unklar ist, ob überhaupt einer verletzt wird. Die ILS muss das für den Polizeieinsatz bereitstehende Rettungsmittel zum aktuellen Notfall abziehen, ansonsten könnte sich der ILS-Disponent strafbar machen. Auch wenn kein zusätzlicher Notfall gemeldet wird, muss die entstehende Lücke dann mit Rettungsmitteln z. B. aus dem Nachbarlandkreis gefüllt werden oder, wenn vorhanden, durch Indienstsetzung von Reservekräften. In letzter Konsequenz könnte bzw. müsste der zivile Rettungsdienst diese vorsorgliche Bereitstellung von Rettungsmitteln der Polizei in Rechnung stellen. Dies könnten, je nach angefordertem Rettungsmittel bzw. mit oder ohne Notarzt, Kosten von mehreren Hundert € für die Polizei bedeuten. Noch schwieriger wird es bei mobilen Lagen über die Leitstellengrenze hinaus. Dann kann eine Bereithaltung von Rettungsdienstkräften nicht mehr gewährleistet werden.

Hieraus ergibt sich für die Polizei erneut die Notwendigkeit, eigene medizinische Kompetenz vorhalten zu müssen, die polizeilich-taktisch geschult und ausgerüstet und in taktischer Medizin ausgebildet ist.

28.2 TEMS-Konzept

Spätestens bei komplexeren Einsatzlagen, die durch zeitliche oder räumliche Gegebenheiten zunächst unübersichtlich sind und bei denen schon zu Be-

ginn der Lage Verletzte auftreten können, funktioniert das Modell »ziviler Rettungsdienst« nicht mehr. Die Berufsverbände lehnen Einsätze in unsicheren Bereichen (heiße und warme Zone) aus Gründen des Eigenschutzes grundsätzlich ab und sie haben auch keinen gesetzlichen Auftrag hierzu (▶ Kap. 26.2). Verletzte Personen müssen dem Rettungsdienst an einen sicheren Behandlungsplatz zugeführt werden. Für diese Zeitspanne besteht also im Notfall eine Behandlungslücke, die es zu schließen gilt. Dazu gibt es verschiedene Denkansätze und Lösungswege.

In Amerika gibt es durch die Einführung und Fortentwicklung des TEMS-Konzeptes schon viele Erfahrungen zu möglichen Lösungswegen und man kann aktuell als Fazit feststellen, dass es **den** goldenen Lösungsweg nicht gibt. Man muss die personellen Maßnahmen immer individuell an die Bedingungen der jeweiligen Behörde und deren Aufgabenstruktur anpassen.

In Deutschland gibt es bis heute kein offiziell anerkanntes und umgesetztes Konzept. In einigen Bereichen von Militär und Strafverfolgungsbehörden orientiert man sich zwar an TCCC oder TEMS (▶ Kap. 27) und ist auch sehr motiviert und engagiert, Veränderungen herbeizuführen und Konzepte fest zu etablieren, stößt aber seitens der Führung und Politik häufig auf Gegenwehr. In beiden Bereichen gibt es aber durchaus gute und erfolgversprechende Ansätze, die es gilt auszubauen, Erfahrungen zu sammeln und dann zu optimieren.

Die Frage, wer im Einsatz in der warmen und heißen Zone die medizinische Erstversorgung übernimmt, wird im TEMS-Konzept in Amerika mit zwei Modellen beantwortet. Zum einen machen es voll ausgebildete Polizeibeamte, die sich in zweiter Linie medizinisch weitergebildet haben und diese Funktion im Einsatz zusätzlich ausüben (sog. **interne Lösung**). Oder man rekrutiert aus den Reihen des zivilen Rettungsdienstes freiwillige Interessenten, die dann eine entsprechende polizeilich taktische Ausbildung erhalten, mit den SWAT-Teams trainieren und bei Einsätzen in das Team integriert werden (sog. **externe Lösung**). Letzteres wird in Amerika überwiegend praktiziert. Nur wenige Behörden nutzen noch die »Stand-by-Methode«, bei der sich der zivile Rettungsdienst in einiger Entfernung bereithält.

In Deutschland hat man in den letzten Jahren versucht, vorwiegend die interne Lösung zu etablieren. Nur in wenigen Bundesländern, z. B. in Schleswig-Holstein, hat man freiwillige Rettungsdienstmitarbeiter weitergebildet und greift bei Einsätzen von Spezialeinheiten speziell auf diese Rettungsdienstkräfte zurück. Für viele Kurzlagen oder Wohnungsstürmungen wird aber meistens auf die »Stand-by-Methode« zurückgegriffen (▶ Abschn. 28.1).

Für jedes Modell gibt es Vor- und Nachteile. Wichtig ist, dass man überhaupt über das Problem der medizinischen Erstversorgung in der warmen und heißen Zone nachdenkt und für die eigene Einheit oder Behörde einen Lösungsweg entwickelt.

28.3 Rettungskräfte

28.3.1 Externe Rettungskräfte

Bei der **externen Lösung** werden Rettungsdienstkräfte, die sich freiwillig melden, in den Besonderheiten der taktischen Medizin weitergebildet. Sie erhalten eine taktische Grundlagenausbildung, um zu lernen, wie man sich in einem Objekt taktisch bewegt und sicher den Umgang mit der Ausrüstung und den Einsatzverfahren beherrscht. In ihrem täglichen Dienst sind sie im Rettungsdienst tätig und bleiben so ständig in der praktischen medizinischen Tätigkeit auf einem hohen Niveau. Das erhöht im Polizeieinsatz das Vertrauen der Beamten in die medizinischen Fähigkeiten. Im Einsatz werden diese Rettungsdienstkräfte speziell angefordert und ihre einzige Aufgabe ist dann die medizinische Versorgung. Allerdings beinhaltet dieses Modell auch einige Nachteile, denn es handelt sich um zusätzliche Kräfte, die in das Team integriert werden müssen und so wird insgesamt auch mehr Personal einer potenziell gefährlichen Situation ausgesetzt. Da es sich häufig um geheime Operationen fernab von Öffentlichkeit und Medien handelt, bedeutet es auch, mehr Geheimnisträger zu haben, was immer eine Sicherheitslücke sein kann.

Die externen Kräfte bedeuten immer ein Sicherheitsrisiko für das gesamte Team und da es sich bei Spezialeinheiten um hochspezialisierte und ausgebildete, oft als Elitebeamte bezeichnete Einsatzkräfte handelt, werden sie in der Regel als Fremde ange-

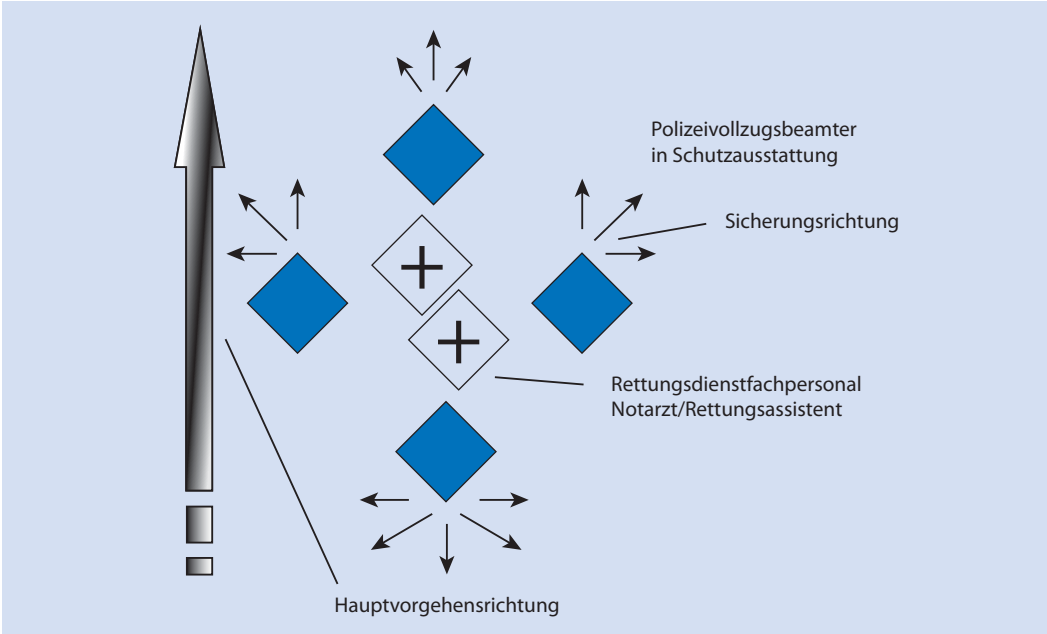


Abb. 28.1 So genannte Schildkrötentaktik: Rundumsicherung von Rettungsdienstkräften durch Polizeibeamte

sehen und haben Akzeptanzprobleme. Zudem binden sie Einsatzkräfte, da sie sich nur unter dem Schutz und der Begleitung von Polizeikräften in der warmen und heißen Zone bewegen können. Als Modell hat sich hier in der Vergangenheit die sog. **Schildkrötentaktik** etabliert, bei der Rettungsdienstkräfte, ausgestattet mit Schutzwesten, durch eine Rundumsicherung durch Polizeikräfte geschützt werden (Abb. 28.1). Gelegentlich wird diese Taktik auch als **Diamantformation** beschrieben. Sollte sich beim Vorgehen einer der Polizeibeamten verletzen und ausfallen, müssten die Rettungsdienstkräfte sich selber schützen und z. B. in einen Raum flüchten und die Türe verriegeln. Die Formation funktioniert auch nur, wenn man sehr eng zusammensteht und vorgeht, was bei der notwendigen Ausrüstung gar nicht einfach ist. Hinzu kommt, dass das Rettungsdienstpersonal nicht gewohnt ist, mit einer Schutzweste, die die Bewegungsfreiheit einengt, zu arbeiten, und auch die physische Belastung unterschätzt, die mit dem hohen Gewicht und der mitunter langen Tragezeit der Weste einhergeht.

Häufig wird es schwierig sein, die Rettungsdienstkräfte regelmäßig mit den Teams und der vollständigen Ausrüstung trainieren zu lassen. Durch das fehlende Training entsteht fehlendes Vertrauen und auch ein falscher Eindruck von den Belastungen, physisch und psychisch, denen man sich aussetzt. Außerdem müssen für die medizinische Versorgung im taktischen Umfeld spezielle Materialien besorgt werden, z. B. sind Notfallkoffer für einen solchen Einsatz völlig ungeeignet. Sie sollten beispielsweise durch Notfallrucksäcke ersetzt werden. Auch der Inhalt muss lageangepasst sein und nicht unbedingt nach DIN-Rettungsdienst. All dies bedeutet zusätzliche Kosten und Arbeitsaufwand durch Lagerung, Pflege und Wartung des Materials.

Auf keinen Fall sollte es vorkommen, dass sich (über-?)engagierte Kräfte von Feuerwehr oder Rettungsdienst privat Unterziehschutzwesten kaufen, und so meinen, für eine Unterstützung bei einem Polizeieinsatz gerüstet zu sein. Hier ergeben Unkenntnis und mangelnde Erfahrung über Waffenkunde, Geschosswirkung und Schutzklassen von Schutzwesten und Helmen ein völlig falsches Sicherheitsgefühl, das im Einsatz gravierende Folgen haben könnte. In ▶ Kap. 24 wird auf die Reichweite von Geschossen und Explosionssplittern hingewiesen. Betrachtet man die Energie von Geschossen (Tab. 24.1) und berücksichtigt gleichzeitig, dass

Tab. 28.1 Definition von Schutzklassen (SK) für ballistische Schutzwesten

Schutzklasse (SK)	Bedeutung
SK L	Durchschusshemmend gegen Weichkerngeschosse, verschossen aus Pistolen im Kaliber 9 mm × 19
SK 1	Durchschusshemmend gegen Weichkerngeschosse und Polizeigeschosse, verschossen aus Kurzwaffen (einschließlich Maschinenpistole) im Kaliber 9 mm × 19
SK 2	Durchschusshemmend gegen Vollgeschosse oder Eisenkerngeschosse, Verschossen aus Kurzwaffen einschließlich Maschinenpistolen
SK 3	Durchschusshemmend gegen Weichkerngeschosse, verschossen aus Langwaffen
SK 4	Durchschusshemmend gegen Hartkerngeschosse, verschossen aus Langwaffen

bereits eine Energie von 80–100 Joule ausreicht, um menschliche Haut zu durchdringen, so wird einem klar, wie wichtig **Schutzausrüstung** für Polizeieinsätze ist. Allerdings trügt der häufig fehlerhaft verwendete Begriff der schusssicheren Weste.

Eine schusssichere Weste gibt es nicht.

Eine Schutzweste oder auch ein Helm können allenfalls **beschusshemmend** sein, also die kinetische Energie eines Geschosses aufnehmen und auf eine möglichst große Fläche verteilen, so dass das Geschoss in optimaler Weise die Weste nicht durchdringt. Der Impuls des Geschosses wird jedoch auf den Träger der Weste weitergeleitet und auch durch die Verformung des Westenkörpers bei der Aufnahme der kinetischen Energie können Kräfte auf den Träger der Weste wirken, die zumindest zu stumpfen Verletzungen führen werden. Je nach Geschosstyp kann es aber auch sein, dass das Geschoss von der Weste nur »abgebremst« wird und so nur noch mit geringer Energie und Tiefe in den Menschen eindringt und das Verletzungsbild dadurch minimiert wird. Somit ist die Schutzwirkung von ballistischer Schutzweste und -helm limitiert und je nach verwendetem Material und Konstruktion in unterschiedliche Schutzklassen einzuteilen. Dies geschieht in Deutschland anhand der Ergebnisse von sog. **Beschusstests**, die nach der Technischen Richtlinie für Schutzwesten der Polizei [1] bzw. der Technischen Richtlinie Gesamtsystem »Ballistischer Helm« [2] durch die staatlichen Beschussämter durchgeführt werden.

Grundsätzlich unterscheidet man beim ballistischen Schutz zwischen Hart- und Weichballistik. Bei der **Weichballistik** trifft das Geschoss auf eine mehrschichtige Netz- oder Folienstruktur aus einem reißfesten Gewebe, das häufig aus Aramidfasern (z. B. Kevlar) oder einem anderen Kunststoff besteht. Die durchschusshemmende Wirkung ist hier jedoch begrenzt und kann nur durch die Kombination mit **Hartballistikplatten** (z. B. Oxidkeramik- oder Polyethylenplatten) erhöht werden.

Abgesehen von den hohen Kosten für derartige Schutzkleidung und der nur eingeschränkten Schutzwirkung muss der Feuerwehr- oder Rettungsdienstmitarbeiter auch noch das hohe Gewicht (je nach Schutzklasse bis zu 20 kg und auch mehr) berücksichtigen, dass er dann zusätzlich zu seiner originären Ausrüstung noch tragen muss. Dies bedeutet eine noch höhere physische Belastung und auch Einschränkung seines Bewegungsspielraumes, die entsprechend trainiert werden muss. Sich »mal eben« eine Schutzweste überziehen und dann mit der Polizei in einen Gefahrenbereich gehen sollte also sehr kritisch bewertet werden. Jedem Rettungsdienstmitarbeiter sollte auch bewusst sein, dass eine Schutzweste nur 1/3 bzw. 1/4 seines Körpers schützen, dies nur in der jeweiligen Schutzklasse und nur bei geradem Beschuss. Bei Beschuss von schräg oben oder schräg unten verringert sich die Fläche erheblich.

Im Gegensatz zur externen Lösung eignet sich die »Stand-by-Methode«, wie oben beschrieben, allenfalls für kurze Lagen. Bei komplexen Einsatzszenarien ist die Verzögerung bis zum Nachrücken des Rettungsdienstes oder bis zum Schaffen eines sicheren Bereiches u. U. zu lange, was im schlimmsten Fall den Tod des Verletzten zur Folge haben

kann. Die Methode setzt außerdem die Bereitwilligkeit des Rettungsdienstes voraus und ist mit Kosten verbunden, denn einen vorsorglichen Einsatz aus der Regelvorhaltung gibt es eigentlich nicht.

28.3.2 Interne Rettungskräfte

Bei der **internen Lösung** werden aus den Reihen der Spezialeinsatzkräfte einzelne Beamte ausgewählt und erhalten eine zusätzliche medizinische Grundlagenausbildung und Ausbildung in taktischer Medizin. Dies hat zur Folge, dass sie im Einsatz zwei verschiedene Aufgaben erfüllen müssen, was ggf. zu einem Rollenkonflikt führen kann. Auf der einen Seite müssen sie ihrem taktischen Auftrag nachgehen und sind in erster Linie Polizeibeamte, auf der anderen Seite fühlen sie sich durch ihre medizinische Ausbildung beim Auftreten von Verletzten für eine sofortige Hilfeleistung zuständig. Außerdem sind sie durch die nicht regelmäßige Teilnahme am Rettungsdienst in ihren praktischen Fähigkeiten limitiert, was nur durch ausreichendes Training einigermaßen kompensiert werden kann. Dagegen sind sie im Team voll integriert und akzeptiert, können sich selber sichern und haben alle Befugnisse eines Polizeivollzugsbeamten. Sie können sicher mit Ausrüstung und Waffe umgehen und haben das erforderliche taktische Grundverständnis.

Unabhängig davon, welches Modell eine Behörde favorisiert, stellt sich auch immer die Frage, welchen Qualifizierungsgrad man haben möchte und ob dieser Wunsch auch realisierbar ist. In **Amerika** variiert die medizinische Qualifikation von sog. EMT(»Emergency Medical Technician«)-Basics, vergleichbar mit deutschen Rettungssanitätern, über sog. Paramedics, vergleichbar mit Rettungsassistenten, bis hin zu Ärzten. Die Entscheidung trifft jede Behörde individuell nach einer Kosten-Nutzen-Analyse. Die Ausbildungskosten und -zeiten, aber auch die Personalkosten spielen hier eine wichtige Rolle.

Bei den meisten Spezialeinheiten in **Deutschland** werden ausgewählte Polizeibeamte zu Rettungssanitätern qualifiziert. Darüber hinaus werden alle Teammitglieder in Basismaßnahmen der Ersten Hilfe geschult oder zum sog. qualifizierten Ersthelfer oder Rettungshelfer ausgebildet. Nur sehr wenige Einheiten können sich einzelne Rettungsassistenten erlauben, weil diese Ausbildung zu lange und kostenintensiv ist und der Beamte für diese Zeit dem regulären Dienst nicht zur Verfügung steht. Die neue Gesetzgebung mit der Ausbildung zum Notfallsanitäter, die das Rettungsassistentengesetz abgelöst hat, wird diese Situation für die Polizei noch weiter erschweren. In zwei Bundesländern sind Ärzte des Polizeiärztlichen Dienstes einem SEK zugeordnet und werden bei Bedarf alarmiert und in den Einsatz miteinbezogen. In einigen Bundesländern stehen zivile Notärzte freiwillig als Unterstützer zur Verfügung und kooperieren mit der Polizeibehörde. Nur bei einer Spezialeinheit ist ein Arzt als Polizeivollzugsbeamter fest eingestellt und steht für jeden Einsatz zur Verfügung. Auf dieser Basis besteht dann auch die Möglichkeit der Implementierung eines TEMS-Konzeptes, da der Arzt zugleich die fachliche Aufsicht führen kann und aufgrund der medizinisch höchsten Qualifikation dem Polizeiführer, aber auch dem zivilen Rettungsdienst, ein adäquater Berater ist.

28.3.3 Versicherung

Wählt man das Modell mit **externen Kräften**, müssen auch Versicherungsfragen geklärt werden. Hier geht es nicht nur um Haftungsfragen, falls der Rettungsdienstmitarbeiter bei einer Tätigkeit einen Fehler macht, der zu schwerwiegenden Folgen führt, sondern auch um die Absicherung von Berufsunfähigkeit und Tod durch einen Einsatz. Die Versicherung des Rettungsdienstträgers wird dies für einen Polizeieinsatz wahrscheinlich nicht mit abdecken und eine private Versicherung wird nur mit Risikozuschlägen gewährt werden.

Personen, die bei Unglücksfällen oder gemeiner Gefahr oder Not Hilfe leisten oder einen anderen aus erheblicher gegenwärtiger Gefahr für seine Gesundheit retten, sind Kraft Gesetzes über das Sozialgesetzbuch VII versichert.

Bei der **internen Lösung** stellt sich diese Problematik nicht, da der Polizeibeamte durch das Landes- oder Bundesbeamtengesetz in Verbindung mit dem Beamtenversorgungsgesetz abgesichert ist. Anders

verhält es sich bei Polizeiärztlichen Diensten, in denen die Mitarbeiter in der Regel als Verwaltungsbeamte oder Angestellte beschäftigt sind. Hier gehört es nicht zur versicherten Tätigkeit, in einem Gefahrenbereich zu agieren. Sollte es hier zu einer Gesundheitsschädigung kommen, kann diese nicht im Sinne eines Arbeitsunfalls gewertet werden.

28.3.4 Bewaffnung externer Rettungskräfte

Eine weitere Frage, die sich im Zusammenhang mit der Einbindung externer Kräfte immer wieder ergibt, ist die der Bewaffnung. Als Hauptargument für eine Bewaffnung wird genannt, dass man Rettungsdienstkräfte nicht in Umstände bringen soll, in der sie sich selbst oder den Patienten nicht schützen können. Beim Militär ist es selbstverständlich, dass die Sanitätssoldaten bewaffnet sind, obwohl sie keinen Kombattantenstatus haben und an der Kampfhandlung nicht aktiv beteiligt sind.

Ist die Rettungsdienstkraft bewaffnet, kann sie sich unabhängiger bewegen und selber schützen und muss nicht zwingend durch andere Kräfte geschützt werden. Hierzu bedarf es jedoch einer Trageberechtigung und vor allen Dingen eines regelmäßigen Trainings, um den sicheren Umgang mit der Waffe gewährleisten zu können. Dieser Aufwand dient den Gegnern der Bewaffnung als ein Gegenargument. Außerdem wird auch hier ein Rollenkonflikt befürchtet, da die bewaffnete Rettungsdienstkraft sich eventuell nun auch taktisch gefordert fühlt, obwohl das nicht ihre Aufgabe ist. Die Bewaffnung darf auch nicht als Argument genutzt werden, um im Team besser akzeptiert zu werden und sich als »Einer von ihnen« zu fühlen.

Die Rettungsdienstkraft besitzt durch das Tragen einer Waffe keine Vollzugsbefugnisse, sondern nur eine Möglichkeit zur Eigensicherung.

Bei Polizeikräften, die als Sanitäter ausgebildet werden, stellt sich diese Problematik nicht, da sie an der Waffe ausgebildet sind und der sichere Umgang mit ihr Teil ihrer täglichen Arbeit ist.

In **Amerika** wird dieses Problem in manchen Bundesstaaten dadurch gelöst, dass die ausgewählten Rettungsdienstkräfte nach einer taktischen Ausbildung in einem offiziell anerkannten Lehrgang zum Teil als staatlich vereidigte Hilfspolizisten ernannt werden und somit legal eine Waffe tragen und auch einsetzen dürfen. Für eine solche Lösung gibt es in Deutschland keine Voraussetzungen, und die Gesetzeslage lässt dies nicht zu.

Dennoch gibt es in einigen Bundesländern den sog. »**Freiwilligen Polizeidienst**« (Baden-Württemberg, Hessen) bzw. die »**Sicherheitswacht**« (Bayern, Sachsen). Hierbei handelt es sich um freiwillige Bürgerinnen und Bürger, die ehrenamtlich, stundenweise und gegen eine Aufwandsentschädigung die Polizei unterstützen. Dabei handelt es sich jedoch nicht um einen Beruf und die Mitarbeiter haben auch keinen Vollzugsstatus. Die Befugnisse sind in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich definiert. Die Mitarbeiter sind zum Teil uniformiert oder auch nur mit einer Armbinde gekennzeichnet und sind zu Fuß oder per Fahrrad unterwegs, sind aber zum Teil auch berechtigt, einen Streifenwagen zu führen. Die Ausbildung dauert in der Regel 2 Wochen. Die Eigensicherung geschieht überwiegend mit Pfefferspray, jedoch gestattet das Land Baden-Württemberg das Tragen einer Dienstwaffe (Walther P5). Dies ist sicher unter Berücksichtigung des Status dieses Personenkreises und der geringen Ausbildungszeit als sehr fragwürdig einzustufen und ermöglicht es den Personen noch lange nicht, eine Spezialeinheit im Gefahrenbereich zu unterstützen.

Wenn man sich also für die externe Lösung entscheidet, muss einem bewusst sein, dass dies nur ohne Bewaffnung geht und somit immer eigene Polizeikräfte vom eigentlichen taktischen Auftrag abgezogen werden müssen, um die Rettungsdienstkräfte zu schützen.

28.4 Fazit

Egal für welchen Lösungsweg man sich entscheidet, wichtig ist, dass man überhaupt etwas initiiert und nicht wartet, bis ein gravierendes Ereignis mit Schwerverletzten oder sogar Toten eintritt und man sich dann fragt: »warum haben wir nicht früher …?« Beide Modelle haben Vor- und Nachteile.

Wenn man es aber genau nimmt, bedarf es eines gewissen polizeilichen Know-hows und einer Hilfe, die nicht allein auf Freiwilligkeit basiert, um gerade die am meisten gefährdeten Polizeikräfte zu schützen und im Notfall adäquat medizinisch behandeln zu können. Polizeiliche Sanitäter (Medics) und zivile Rettungsdienstkräfte unterscheiden sich allein schon in ihrer Risiko-Nutzen-Analyse. Medics passen ihr Risiko demjenigen Risiko an, dem ihr Kamerad gerade ausgesetzt ist, da sie Teil der Einheit sind. Der zivile Rettungsdienst orientiert sich vorrangig an der eigenen Sicherheit. Dies wiederum spricht für eine **interne Lösung**, auch wenn das einen hohen Trainingsaufwand und geringe Einbußen in der Praxis und Qualität mit sich bringt. Aber es geht auch nicht um Lehrbuchmedizin, sondern um einfache, lebensrettende Maßnahmen, bis der Rettungsdienst und die Schulmedizin übernehmen können.

Literatur

1. Technische Richtlinie (TR) »Ballistische Schutzwesten«, Stand: März 2008, herausgegeben durch: Polizeitechnisches Institut (PTI) der Deutschen Hochschule der Polizei (DHPol), Münster
2. Technische Richtlinie (TR) Gesamtsystem »Ballistischer Helm«, Stand Mai 2010, herausgegeben durch: Polizeitechnisches Institut (PTI) der Deutschen Hochschule der Polizei (DHPol), Münster

29

Materialressourcen

R. Bohnen

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_29, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Unabhängig davon ob eine **externe** oder **interne Lösung** gewählt wird, sollten die Sanitätskräfte in einer Spezialeinheit immer die gleiche Uniform oder Overall tragen damit es beim Zusammenwirken mehrerer unterschiedlicher Polizeikräfte nicht zur Konfusion kommt und die Zugehörigkeit nicht erkannt wird, so dass unbeabsichtigt ein Feuergefecht (»friendly fire«) entsteht. Auch sollte die entsprechende Schutzausstattung mit Helm, Weste, Splitterschutzbrille, Sicherheitsschuhen und Handschuhen getragen werden.

Die **Auswahl der medizinischen Ausrüstung** ist nicht nur von der Qualifikation der jeweiligen Einsatzkraft abhängig, sondern insbesondere von den individuellen Gegebenheiten jeder einzelnen Lage. So wird das erforderliche Material bei einem Einsatz in einem Mehrfamilienhaus anders aussehen als auf einem Fährschiff mit über 1000 Geiseln. Auch wird man seine Ausrüstung nach Fernbeurteilung von Geiseln hinsichtlich deren Vorerkrankungen durch gezielte Medikamente oder Geräte erweitern und anpassen müssen. So würde z. B. für eine herzkranke Geisel sicherheitshalber z. B. ein automatisch externer Defibrillator (AED) mitgenommen oder für einen Diabetiker entsprechende Medikamente gegen Hypo- oder Hyperglykämie.

Die **Transportgegenstände** sollten so gewählt werden, dass sie die Handlungsfreiheit beider Hände zulassen, um z. B. zunächst vorrangig die Waffe nutzen zu können. Erst beim Auftreten von Verletzten wird die medizinische Ausrüstung gebraucht und sollte dann modular so gestaffelt sein, dass der Zugriff auch abhängig von der Dringlichkeit unterschiedlich schnell möglich ist d. h. z. B. das das Tourniquet unmittelbar in oder an der Weste getragen wird. Die Einsatzkoffer aus dem Rettungsdienst z. B. sind daher ungeeignet. Medics von Spezialeinheiten bevorzugen Beintaschen, Rucksäcke oder spezielle Taschensysteme, die sich an die Schutzweste adaptieren lassen oder als Weste über die Schutzweste getragen werden. Sie können mit einem Schnellabwurfsystem auch rasch wieder entfernt werden, wenn die Lage das erfordert.

Jede **Einsatzkraft** sollte in der Lage sein, gewisse Behandlungsmaßnahmen im Falle einer eigenen Verletzung an sich selber durchzuführen, z. B. ein Tourniquet anzulegen ohne dafür die Hilfe eines Kameraden zu benötigen. Trifft er auf einen verletzten Kameraden, der bewusstlos oder nicht mehr einsatzfähig ist, benutzt er dessen Material und hat anschließend beim weiteren Vorgehen immer noch sein eigenes Material vollständig zur Verfügung. Natürlich darf man sich selbst oder das Team währenddessen nicht in Gefahr bringen. Falls noch eine direkte Bedrohung besteht, ist ggf. zunächst eine Deckung aufzusuchen und das Feuer zu erwidern bevor eine medizinische Behandlung stattfindet (»Care under Fire«).

Ziel ist eine schnellstmögliche Behandlung oder/und das Verbringen in einen schon gesicherten Bereich.

Das ausgewählte Material muss sich vorrangig an den zu erwartenden Verletzungen und deren möglichen, lebensbedrohlichen Folgen orientieren, nämlich Verbluten, Atemwegsobstruktion und Spannungspneumothorax. Auf weiterführende Instrumente wie z. B. Blutzuckermessgerät oder Otoskop und besondere Wundauflagen kann im ersten Ansatz verzichtet werden, da die umfangreiche sonstige Ausrüstung nur begrenzte Möglichkeiten für zusätzliches medizinisches Material lässt.

Tipp

Jeder Einsatzbeamte sollte in seinem individuellen Erste-Hilfe-Set (IFAK, »individual first-aid kit«) zumindest ein Tourniquet, einen Druckverband, einen Wendl-Tubus, ein Beatmungstuch, eine Rettungsdecke und Einmalhandschuhe haben und daran ausgebildet sein. Unter Umständen kann es durch einen Okklusivverband (»chest seal«) ergänzt werden.

Dieses **Erste-Hilfe-Set** ist bei allen Einsatzkräften an der gleichen Stelle zu tragen, damit im Ernstfall durch Suchen von Material nicht unnötige Zeit verloren geht. Die Medics im Team führen zusätzliches Material wie z. B. Hämostyptika, Larynxtubus, chirurgisches Atemwegsset, Okklusivverband für Brustkorbwunden, Entlastungspunktionsnadeln, Materialien zum aktiven und passiven Wärmeerhalt, intravenöse und intraossäre Zugänge, Infusionen und Medikamente mit, je nach Ausbildungsstand. Hierfür sind dann zusätzliche Rucksäcke oder Taschen erforderlich, die vom jeweiligen Sani-

täter individuell gepackt werden. Ein Polizeiarzt wird darüber hinaus noch weitere Materialien und Medikamente mitnehmen.

Alle Materialien werden auch bei Übungen und Situationstrainings benutzt, um die Handhabung für den Ernstfall immer wieder zu üben und jeder Handgriff klar ist, ganz nach dem Grundsatz: »train as you fight«.

Einen weiteren Aspekt stellen **Materialien zur Evakuierung** dar. Hier sind besondere Bergetücher oder Stecktragen im Gebrauch, weil sie sich relativ leicht verstauen lassen. Selbstverständlich können nicht mehr gehfähige Verletzte auch mit speziellen Tragegriffen durch ein oder zwei Personen ohne weitere Hilfsmittel getragen werden. Verschiedene Alternativen (▶ Kap. 3 und 5) sind also denkbar und sollten flexibel vorgehalten und eingesetzt werden, je nachdem was die Lage zulässt. Jedenfalls muss es klar sein, das die Evakuierung eine nicht zu unterschätzende Belastung für die Einsatzkräfte bedeutet und nicht nur Zeit, sondern auch personelle Ressourcen kostet, die dann für andere Maßnahmen nicht mehr zur Verfügung stehen.

Es hat sich gezeigt, dass Patienten schneller geholfen werden kann, wenn sichere Bereiche geschaffen werden, in denen der Rettungsdienst arbeiten kann, als zeit- und personalintensiv jeden Patienten zum Rettungsdienst zu tragen.

Betrachtet man diese einzelnen Aspekte zur Ausrüstung, so werden die **Unterschiede zum zivilen Rettungsdienst** schnell klar. Die Materialien sind nicht nur teilweise sehr unterschiedlich zum Rettungsdienst und stammen aus Erfahrungen und Erkenntnissen der Militärmedizin, sondern sind hinsichtlich ihrer Ressourcen erheblich eingeschränkt. Die Transportkapazität ist limitiert, z. T. durch geringeren Ausbildungsstand aber in erster Linie auch durch die sonstige umfangreiche polizeiliche Ausrüstung. Auf die komplette Ausrüstung eines RTW oder NEF kann nicht zurückgegriffen werden und in unsichere Bereiche kann in der Regel nur unter erschwerten Bedingungen oder gar kein ergänzendes Material nachgeführt werden. Man muss mit dem auskommen, was man dabei hat und versuchen, damit den Verletzten zu stabilisieren damit man ihn in einen sicheren Bereich bringen und dem Rettungsdienst übergeben kann. Diese eingeschränkten Materialressourcen kommen umso mehr zum Tragen, wenn es mehrere Verletzte gibt. Dann werden nicht nur die personellen, sondern insbesondere auch die materiellen Ressourcen schnell an ihre Grenzen kommen und ausgeschöpft sein. Hier gilt es, eine gute Sichtung vorzunehmen und eine Behandlungspriorität festzulegen. Und die größte Gabe heißt: Improvisation! Mit taktischer Medizin kann man keinen Schönheitspreis gewinnen, aber Leben erhalten!

Notkompetenz

R. Bohnen

30.1 Rechtsgrundlage – 402

30.2 Delegation und Notkompetenz – 403

30.3 Fazit – 404

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_30, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Im zivilen Rettungsdienst gibt es bis heute keine zuverlässige Rechtssprechung zur Aufgabenweisung oder Delegation ärztlicher Aufgaben an nichtärztliches Fachpersonal. Stellungnahmen und Veröffentlichungen der Berufsverbände und einschlägiger Juristen betrachten auch immer ausschließlich den Rettungsassistenten als anerkanntes Berufsbild und nicht den Rettungssanitäter, der durch seine deutlich kürzere Ausbildung und die fehlende Anerkennung als Ausbildungsberuf mit noch viel weiteren Einschränkungen seiner Tätigkeitsbreite zu rechnen hat.

30.1 Rechtsgrundlage

Betrachtet man jedoch den Ist-Zustand in deutschen Spezialeinheiten, so handelt es sich überwiegend um Polizeibeamte mit einer zusätzlichen Qualifikation als **Rettungssanitäter**. Nur selten kommen Beamte mit zusätzlicher Rettungsassistentenausbildung oder Polizeiärzte zum Einsatz. Die Rechtsgrundlage für Rettungssanitäter und -helfer ist in den einzelnen Ländergesetzen geregelt, in Nordrhein Westfalen z. B. über die Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Rettungssanitäter und Rettungshelfer (RettAPO). Danach ist die Ausbildung von Rettungssanitätern auf die Patientenbetreuung beim Krankentransport ausgerichtet und auf die Fahrer- und Helferfunktion in der Notfallrettung. Das wäre natürlich für die medizinische Erstversorgung im Polizeieinsatz viel zu wenig. Dennoch wird im Folgenden Rettungssanitäter und Rettungsassistent als ein Tätigkeitsfeld zusammengefasst und rechtlich nicht weiter differenziert. Für die polizeilichen Rettungssanitäter ist somit die Grauzone bei ihrem medizinischen Handeln noch viel größer, zumal die Tätigkeit als Rettungssanitäter nicht ihre Hauptaufgabe darstellt. Gleichwohl unterliegt ein Polizeibeamter, der als Rettungssanitäter handelt, den gleichen rechtlichen Voraussetzungen wie ein Rettungssanitäter im zivilen Bereich.

Nach § 3 Rettungsassistentengesetz (RettAssG) ist es ausdrückliche Aufgabe, lebensrettende Maßnahmen bei Notfallpatienten durchzuführen, ohne Art und Umfang dieser Maßnahmen näher zu definieren oder einzugrenzen. Damit kann man sich auf diejenigen Maßnahmen berufen, die man im Rahmen seiner Aus- und Fortbildung erlernt hat und sicher beherrscht.

Mit der Übernahme eines Einsatzes zur medizinisches Erstversorgung bei einer laufenden Polizeiaktion entsteht für diesen Polizeisanitäter die sog. **Garantenstellung**, d. h. er geht die Verpflichtung ein, dafür zu sorgen, dass ein bestimmtes Rechtsgut, hier das Leben, vor Schäden geschützt wird. Dadurch ergibt sich auch die Pflicht, die erforderlichen Maßnahmen vorzunehmen, die in der Ausbildung vermittelt wurden und die man sicher beherrscht. Wird diese Pflicht nicht erfüllt oder versucht zum Erfolg zu bringen, macht er sich strafbar durch Unterlassen (§ 13 Abs. 1 Strafgesetzbuch, StGB). Übernimmt der Polizeisanitäter seine Funktion als medizinischer Erstversorger jedoch, obwohl er diese Funktion aufgrund fehlender Kenntnisse und Fähigkeiten nicht erfüllen kann und dies auch hätte erkennen können, dann muss er sich ein Übernahmeverschulden vorwerfen lassen und handelt fahrlässig. Außerdem muss die Polizeibehörde oder ein von ihr beauftragter Polizeiarzt die individuelle Qualifikation der Polizeisanitäter regelmäßig überprüfen und dahingehend geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen einführen, um dem Vorwurf des Organisationsverschuldens vorzubeugen, wenn der Polizeisanitäter Notfallpatienten im Einsatz schädigt.

Kommt es während eines Polizeieinsatzes zu Verletzten und ist kein Polizeiarzt zugegen oder eine Versorgung durch den zivilen Rettungsdienst nicht möglich, so muss der Polizeisanitäter gemäß seiner Ausbildung, Kenntnisse und Fähigkeiten ggf. invasive Maßnahmen vornehmen, wenn andere Maßnahmen zur Lebenserhaltung nicht ausreichen. Grundsätzlich unterliegen jedoch invasive Maßnahmen, und dazu zählt auch schon das Legen eines peripher-venösen Zugangs, nach Heilpraktikergesetz (HeilprG) und der Muster-Berufsordnung für Ärzte dem Arztvorbehalt. Theoretisch verstößt also der Polizeisanitäter gegen den Arztvorbehalt bei der Ausübung der Heilkunde. Da jedoch Rettungssanitäter und -assistent keine Heilberufe, sondern ärztliche Hilfsberufe sind, gilt das Heilpraktikergesetz für sie nicht. Dennoch machen sie sich nicht nur

durch unsachgemäße Versorgung, sondern auch durch bewusst veranlasste Eingriffe in die körperliche Unversehrtheit der **Körperverletzung** schuldig (§ 223 StGB) und im schlimmsten Fall auch der fahrlässigen Tötung (§ 222 StGB). Erschwerend kommt noch hinzu, dass es sich beim Polizeibeamten um eine Körperverletzung im Amt (§ 340 StGB) handelt.

Die vermeintliche Rechtswidrigkeit dieser medizinischen Erstversorgung lässt sich entkräften, wenn die verletzte Person ausdrücklich in die medizinische Maßnahme einwilligt (§ 228 StGB) oder man bei nicht einwilligungsfähigen bzw. bewusstlosen Personen von einer mutmaßlichen Einwilligung (§ 677 BGB) ausgehen kann und dann von der berechtigten Geschäftsführung ohne Auftrag (§ 680 BGB) spricht. Hinzu kommt noch die Möglichkeit, sich auf den **rechtfertigenden Notstand** (§ 34 StGB) zu berufen. Dieser Paragraph sagt aus, dass wer in einer gegenwärtigen, nicht anders abwendbaren Gefahr für Leben, Leib, Freiheit, Ehre, Eigentum oder ein anderes Rechtsgut eine Tat begeht, um die Gefahr von sich oder einem anderen abzuwenden, nicht rechtswidrig handelt, wenn bei Abwägung der widerstreitenden Interessen, namentlich der betroffenen Rechtsgüter und des Grades der ihnen drohenden Gefahren, das geschützte Interesse das beeinträchtigte wesentlich überwiegt. Dies gilt jedoch nur, soweit die Tat ein angemessenes Mittel ist, die Gefahr abzuwenden. Dieser Paragraph ist allgemein gültig und nicht nur für Rettungsassistenten oder anderes nichtärztliches Fachpersonal. Auf den Paragraph 34 kann sich jeder Bürger berufen, auch ein Polizeivollzugsbeamter. Er sollte allerdings nachweisen können, dass er die angewendete medizinische Maßnahmen im Rahmen einer Schulung sauber erlernt hat und durchführen kann, dass dies zertifiziert wurde und einer regelmäßigen Widerholungsschulung und Rezertifizierung unterliegt und schriftlich dokumentiert ist.

Egal für welche Maßnahmen sich der Polizeisanitäter entscheidet, solange er von seiner Behörde oder einer von ihr beauftragten Stelle keine klaren Weisungen und Freigaben bekommt, bewegt er sich entweder im Bereich der Körperverletzung im Amt und dem Verstoß gegen das Heilpraktikergesetz, wenn er etwas macht, oder der **unterlassenen Hilfeleistung** (§ 223c StGB), wenn er nichts macht. Denn wer bei Unglücksfällen oder gemeiner Gefahr oder Not nicht Hilfe leistet, obwohl dies erforderlich und ihm den Umständen nach zuzumuten ist, insbesondere ohne erhebliche eigene Gefahr und ohne Verletzung anderer wichtiger Pflichten, macht sich ebenfalls strafbar. Jedes Mal den rechtfertigenden Notstand (§ 34 StGB) heranzuziehen ist auch nicht legitim, denn er gilt nur im o. g. Ausnahmefall und kann nicht als Regelbefugnis missbraucht werden. Bei dem gesetzlichen Auftrag, den die Polizei hat, sind die personellen und rechtlichen Rahmenbestimmungen zu schaffen.

30.2 Delegation und Notkompetenz

Um den Polizeisanitäter aus dieser rechtlichen Zwickmühle annähernd zu befreien, bedarf es also klarer Richtlinien. Diese existieren jedoch noch nicht einmal im zivilen Rettungsdienst und erst recht nicht innerhalb einer Polizeibehörde, in der der Polizeiärztliche Dienst in der Regel nur einen ganz kleinen Teil der Organisationsstruktur darstellt. Teilweise versucht man diese wenig zufriedenstellende Situation durch Begriffe wie Delegation oder Notkompetenz zu entschärfen. Dabei bedeutet **Delegation**, dass eine Reihe von Verrichtungen, die eigentlich einem Arzt vorbehalten sind, auf entsprechend aus- oder fortgebildetes nichtärztliches Personal übertragen wird. Der Arzt trägt dann die Verantwortung für die Anordnung und das medizinisch geschulte Personal die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung. Dabei muss der Arzt nicht nur entscheiden ob sich die vorgesehene Maßnahme zur Delegation überhaupt eignet und das medizinische Personal auch vom Ausbildungs- und Kenntnisstand zur Übertragung geeignet ist, sondern er muss auch die ordnungsgemäße Überwachung gewährleisten können. Die Verantwortung liegt hier also klar beim Arzt.

Dagegen versteht man unter der **Notkompetenz** Maßnahmen, die der Lebensrettung und der Abwehr schwerer gesundheitlicher Schäden bei Notfallpatienten dienen und auch ohne ausdrückliche Delegation durch den Arzt in eigener Verantwortung durchgeführt werden. Dabei gilt der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, dass also nur dasjenige Mittel angewendet werden darf, das am

wenigsten invasiv ist und trotzdem das gleiche Ziel erreicht. Zur Notkompetenz gibt es eine Empfehlung der Bundesärztekammer für das Berufsbild des Rettungsassistenten. Hier liegt auch schon wieder die Problematik, denn die meisten Polizeibeamten mit medizinischer Zusatzqualifikation sind keine Rettungsassistenten sondern Rettungssanitäter. Außerdem stellt diese Empfehlung für die Rechtspflege lediglich eine unverbindliche rechtliche Einordnung dar. Die Berufung auf die Notkompetenz knüpft die Bundesärztekammer dabei an gewisse Voraussetzungen. So muss der Rettungsassistent am Notfallort auf sich alleine gestellt und ärztliche Hilfe nicht rechtzeitig erreichbar sein. Zudem müssen die Maßnahmen, die der Rettungsassistent aufgrund eigener Diagnosestelllung und therapeutischer Entscheidung durchführt, zur unmittelbaren Abwehr von Gefahren für das Leben oder die Gesundheit des Notfallpatienten dringend erforderlich und das gleiche Ziel durch weniger eingreifende Maßnahmen nicht erreichbar sein.

Nur wenn diese Voraussetzungen erfüllt und die Hilfeleistung nach den besonderen Umständen des Einzelfalles für den Rettungsassistenten zumutbar sind, gewährt die Bundesärztekammer dem Rettungsassistenten im Rahmen der Notkompetenz

- die Durchführung der Intubation,
- die Venenpunktion,
- die Gabe kristalloider Infusionen sowie
- ausgewählter Medikamente und die Frühdefibrillation.

Dies setzt eine adäquate Ausbildung, Fortbildung und Überwachung des nichtärztlichen Personals voraus, und ein weisungsbefugter Arzt muss dieses Wissen und Können regelmäßig überprüfen.

Für Rettungsassistenten und insbesondere auch für Rettungssanitäter bedeuten diese einzelnen Feststellungen eine unzuträgliche Rechtsunsicherheit. Hier ist dringend die Gesetzgebung gefordert, diese Unsicherheit zu beseitigen. Als ein kleines Signal in die richtige Richtung gilt diesbezüglich u. a. ein Gerichtsurteil des Arbeitsgerichtes Koblenz vom 7.11.2008 (Az 2 Ca 1567/08), wonach die fristlose Kündigung eines Rettungsassistenten, der im Einsatz wiederholt eigenverantwortlich Medikamente verabreicht hatte, für unwirksam erklärt wurde. Erstmals wurde hier gerichtlich entschieden, dass bei Notfalleinsätzen das Rettungsassistentengesetz Vorrang vor dem Heilpraktikergesetz haben kann. Sofern der Rettungsassistent oder Rettungssanitäter im Rahmen einer Erstversorgung im Einsatz eine invasive medizinische Maßnahme beherrscht und auch mögliche Komplikationen, die damit einhergehen könnten, sicher erkennen und behandeln kann und insofern ein Notarzt nachalarmiert wurde oder der Verletzte innerhalb einer vertretbaren Zeit einem Arzt zugeführt wird, sollte es gesetzlich geregelt werden, dass diese Handlung keinen Straftatbestand darstellt.

30.3 Fazit

Insgesamt betrachtet sind also die rechtlichen Rahmenbedingungen für den medizinisch handelnden Polizeibeamten aktuell sehr schwierig. Für die medizinische Erstversorgung im Polizeieinsatz und insbesondere dann, wenn durch den besonderen Verlauf der Lage der Einsatz von zivilem Rettungsdienst nicht möglich ist, ist jedoch die medizinische Ausbildung von Polizeikräften oder die taktische Ausbildung von freiwilligen Rettungsdienstkräften zwingend erforderlich, um den Anforderungen der Polizeidienstvorschriften gerecht werden zu können. Die medizinische/ärztliche Versorgung durch eigene Spezialkräfte ist der Inanspruchnahme anderer medizinischer Fachdienste vorzuziehen. Daher ist es unabdingbar, dass die Polizeien von Bund und Ländern mit ihren polizeiärztlichen Diensten Konzepte entwickeln, Aus- und Fortbildungsprogramme festlegen, die notwendige Ausstattung beschaffen und insbesondere für die Spezialeinheiten verantwortliche Polizeiärzte bestimmen, die die Notkompetenz individuell für den eingesetzten Beamten bestimmen und die Qualitätssicherung übernehmen. Darüber hinaus sollten auch die verantwortlichen Polizeiärzte selber in die Lage versetzt werden, bedeutende Polizeieinsätze notärztlich begleiten zu können und die dafür erforderliche polizeitaktische Ausbildung und Ausrüstung erhalten. Dabei sollten die Polizeiärzte die zum Sanitäter fortgebildeten Polizeibeamten nicht als Konkurrenz ansehen, sondern als wertvolle Unterstützung für spezielle Lagen. Außerdem muss man einsehen, dass man selbst Laien und erst Recht Rettungssani-

tätern und Rettungsassistenten spezielle Maßnahmen, die Leben retten, sicher beibringen kann und man als Arzt, durch die höhere wissenschaftliche Ausbildung und Erfahrung, zur Aus- und Fortbildung dieser Polizeisanitäter und zur Qualitätssicherung beitragen kann. Auch muss das Rad nicht neu erfunden werden. Es gibt wissenschaftlich fundierte Guidelines in der taktischen Medizin, die ein klares Vorgehen und einen einheitlichen Behandlungsalgorithmus vorgeben. Diese Guidelines und Algorithmen sind national und international anerkannt. Die TREMA e.V. bietet beides in deutscher Sprache an.

Die Verantwortung für die medizinische Erstversorgung liegt ganz eindeutig bei der Polizeiführung bzw. den Leitern der Polizeiärztlichen Dienste. Die Motivation auf Seiten der Polizeibeamten, sich medizinisch fortzubilden und Verantwortung für die medizinische Erstversorgung zu übernehmen, ist vorhanden.

Internationaler Vergleich und Ausblicke

R. Bohnen, J. Höfner

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_31, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Betrachtet man in der Bundesrepublik Deutschland die einzelnen Strafverfolgungsbehörden im Hinblick auf ihre Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der taktischen Notfallmedizin, so findet man sehr große Unterschiede. In einzelnen Bereichen gibt es dahingehend noch gar nichts, in anderen Bereichen hat man in den letzten Jahren schon gute Fortschritte erzielt. Von einem einheitlichen Standard hinsichtlich Vorgehensweisen, Ausrüstung oder Ausbildung ist man also noch meilenweit entfernt. Hier sind nicht nur die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den einzelnen Bundesländern als Ursache zu nennen, sondern auch häufig Unkenntnis und Unwillen in den Entscheidungsebenen. Der Bedarf wird zum Teil nicht erkannt (oder will nicht erkannt werden), »Angst vor Neuem«, rechtliche Unsicherheiten bei der Durchführung von medizinischen Maßnahmen durch nichtärztliches Personal, der zu erwartende Ausbildungs- und damit auch Arbeitsaufwand und natürlich auch die immer mehr eingeschränkte Haushaltslage sind hier nur einige Gründe.

Betrachtet man diesen Zustand in der Bundesrepublik Deutschland im internationalen Vergleich, so muss man nur auf die Ebene der **Europäischen Union** (EU) schauen und stellt fest, dass es auch anders gehen kann. Als Reaktion auf die Terroranschläge vom 11. September 2001 auf das World Trade Center in New York wurde auf EU-Ebene als Maßnahme zur Bekämpfung des internationalen Terrorismus im Oktober 2001 der sog. **ATLAS-Verbund** gegründet. Hierbei handelt es sich um ein Forum von Spezialeinheiten aus allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union mit dem Ziel, die operative Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedsstaaten und Dritten zu verbessern sowie koordinierte Maßnahmen zwischen den Mitgliedsstaaten zu implementieren, um ein hohes Sicherheitsniveau garantieren zu können. Dabei wird die ATLAS-Kooperation selbst nicht operativ tätig, sondern schafft durch organisatorische Grundlagen sowie durch eine Weiterentwicklung in Taktik und Technik die Voraussetzung für eine multinationale Angleichung der Leistungsspektren von Spezialeinheiten innerhalb der EU. Zur Zeit gehören 36 Spezialeinheiten aus 28 Mitgliedsstaaten zur ATLAS-Kooperation; aus Deutschland sind dies die GSG 9 der Bundespolizei und stellvertretend für die Spezialeinsatzkommandos (SEK) der Bundesländer das SEK Baden-Württemberg. Als assoziierte Mitglieder zählen die Schweiz und Norwegen.

Im Oktober 2011 wurde innerhalb der ATLAS-Kooperation eine Projektgruppe »**Medic**« gegründet – unter der Führung von Ungarn, Deutschland, Schweden, Finnland und den Niederlanden. Im November 2011 fand ein Expertentreffen der Mitgliedseinheiten statt, bei dem zunächst der Ist-Zustand hinsichtlich der Fähigkeiten zur medizinischen Erstversorgung im Einsatz festgestellt wurde. Danach haben einige Einheiten gar keine Vorkehrungen zu dieser Thematik getroffen, nur wenige verfolgen die externe Lösung und die meisten die interne Lösung (▶ Kap. 26.3), wobei auch hier die Unterschiede sehr groß sind: vom Sanitäter bis hin zur Arztbegleitung bei jedem Einsatz. Trotz dieser großen Unterschiede und auch der allgemein unterschiedlichen Rahmenbedingungen und rechtlichen Gegebenheiten in den einzelnen EU-Ländern hat man es während dieses nur dreitägigen Treffens geschafft, einen Konsens zu erwirken, was man in Zukunft von jeder einzelnen Einsatzkraft (egal ob Präzisionsschütze, Techniker, Entschärfer usw.) als Basis-Erste-Hilfe-Maßnahme erwarten können muss (◘ Tab. 31.1).

Hierzu werden nun auf EU-Ebene in gemeinsamen Ausbildungsworkshops entsprechende Multiplikatoren aus jedem Land geschult, die das Erlernte dann in ihren Einheiten weitergeben, so dass es in der ATLAS-Kooperation bis 2014 einen einheitlichen Standard für die traumatologischen Basismaßnahmen geben wird. Als nächster Schritt soll dann ein gemeinsamer Standard für den Sanitäter im Team definiert werden, der weitergehende, auch invasive Maßnahmen beinhalten wird. So wird die notfallmedizinische Kompetenz in den einzelnen Einheiten der EU-Länder Schritt für Schritt, aber unter einem einheitlichen Standard, erhöht.

Diese Entwicklung auf EU-Ebene hat in kurzer Zeit stattgefunden, trotz der großen Unterschiede verfassungsrechtlicher, gesetzgeberischer und auch sonstiger Art in den einzelnen Mitgliedsländern und trotz der Tatsache, dass man sich sogar buchstäblich erst einmal auf eine gemeinsame Sprache zur Kommunikation einigen musste. So muss man sich schon ernsthaft fragen, warum es in **Deutschland** auf Ebene der Strafverfolgungsbehörden, z. B.

Tab. 31.1 Definierter Standard für notfallmedizinische Basismaßnahmen, die durch jede einzelne Einsatzkraft einer Spezialeinheit der ATLAS-Kooperation beherrscht werden können sollte. (Einzig für den Nasopharyngeal-/Wendl-Tubus konnte kein Konsens gefunden werden, so dass die Anwendung dieses Hilfsmittels jede Nation/Spezialeinheit für sich entscheiden muss.)

Situation	Basismaßnahmen durch jede einzelne Einsatzkraft
Massive Blutung von Extremitätenwunden	Anwendung eines Tourniquet
	Direkter und indirekter Druck
	Anlegen eines Notfall-Druckverbandes
Thoraxverletzung und Spannungs-pneumothorax	Okklusivverband (»chest seal«)
	Kenntnisse und Erkennen der Symptome eines Spannungspneumothorax
Atemwegsprobleme	Stabile Seitenlage
	Kopf überstrecken
	Atemwegsöffnung mittels Esmarch-Handgriff oder ähnliche Manöver
Sonstige Maßnahmen	Kenntnisse über TCCC, TEMS (▶ Kap. 8 und 27)
	Kenntnisse und Anwendung des Algorithmus <C>ABCDE (▶ Kap. 9)
	Schleiftechniken zur Entfernung eines Verletzten aus dem unsicheren Bereich (▶ Kap. 5)
	Body check
	Vorsichtung
	Erkennen von und Maßnahmen gegen Hypothermie
	Vorsichtung (Behandlungspriorität festlegen, wenn noch kein Arzt oder Sanitäter vor Ort ist)
	Dokumentation (sog. MIST-Report: mechanism, injury, symptoms, treatment)
	Basic-Life-Support
	Kardiopulmonale Reanimation (CPR)
	Anwendung eines automatisierten externen Defibrillators (AED)

innerhalb der Polizei, und noch nicht einmal auf Ebene der Spezialeinheiten möglich ist, solche Standards festzulegen, eine einheitliche Ausbildung und auch Angleichung der Ausrüstung zu ermöglichen, obwohl man immerhin die deutsche Sprache schon einmal als gemeinsame Grundlage hat.

Dabei muss man natürlich gerade im Hinblick auf Ausbildung und Ausrüstung differenzieren. Nicht jeder Polizeivollzugsbeamte benötigt eine voll umfassende Ausbildung in taktischer Notfallmedizin. Hier sollte man sich am jeweiligen Einsatzspektrum orientieren, die dabei zu erwartende Gefährdung mit den daraus resultierenden Verletzungsmustern analysieren und darauf die Erste-Hilfe-Ausbildung ausrichten. Dabei ist die bisherige Erste-Hilfe-Ausbildung (▶ Kap. 24.2) als Basis absolut sinnvoll. Sie sollte aber durch die Erfordernisse des jeweiligen Einsatzes ergänzt werden und ggf. auch Elemente und Materialien der taktischen Medizin enthalten (Tab. 31.2).

So benötigt z. B. der Polizeibeamte im Führungsstab oder in einer Einsatz- und Lagezentrale keine weiterführende Ausbildung. Der Streifenbeamte jedoch, der als ersteintreffende Kraft jederzeit z. B. mit dem Thema Amok, häusliche Gewalt und Widerstandshandlungen konfrontiert werden kann, muss eine höhere Kompetenz und Kenntnis für Schuss- und Explosionsverletzungen haben und

Tab. 31.2 Empfehlungen zu einer differenzierten Erste-Hilfe-Ausbildung für Polizeivollzugsbeamte in Abhängigkeit ihres Einsatzschwerpunktes. Darüber hinaus sollte jeder Polizeivollzugsbeamte über die standardisierte Erste-Hilfe-Ausbildung (einschließlich CPR, AED) verfügen, die während der Laufbahnausbildung (30 UE) stattfindet und alle 2 Jahre (8 UE) aufgefrischt wird. *CPR* kardiopulmonale Reanimation, *AED* automatisierter externer Defibrillator, *PVB* Polizeivollzugsbeamter, *UE* Unterrichtseinheiten, *RS* Rettungssanitäter, *RA* Rettungsassistent

Einsatzschwerpunkt	Zusätzliche Weiterbildung	Unterrichtseinheiten (UE)	Auffrischung	Zusätzliches Material
PVB im Stab o. ä.	Nicht erforderlich (schadet aber auch nicht)	–	–	–
Streifenbeamter	Taktische Medizin mit Schwerpunkt Schuss- und Stichverletzungen	8 UE	Jährlich 8 UE	Tourniquet Notfallverband Rettungsdecke
Bereitschaftspolizei	Taktische Medizin mit Schwerpunkt stumpfe und spitze Verletzungen sowie Brandwunden	16 UE	Jährlich 8 UE	Tourniquet Notfallverband Brandwundenverbandpäckchen Rettungsdecke
Personenschutz Inland	Taktische Medizin mit Schwerpunkt Schuss-/Stich- und Explosionsverletzungen	16 UE	Jährlich 8 UE	Tourniquet Notfallverband Okklusivverband (»chest seal«) AED
Personenschutz Ausland	Taktische Medizin mit Schwerpunkt Schuss-/Stich- und Explosionsverletzungen	30 UE	Jährlich 16 UE	Tourniquet Notfallverband Okklusivverband (»chest seal«) Wendl-Tubus Rettungsdecke Ggf. »pill pack« Verletztenanhängekarte AED
PVB Spezialeinsatzkommando	Taktische Medizin mit Schwerpunkt Schuss-/Stich- und Explosionsverletzungen	16 UE	Halbjährlich 8 UE	Tourniquet Notfallverband Okklusivverband (»chest seal«) Wendl-Tubus Rettungsdecke
PVB Spezialeinsatzkommando mit Zusatzqualifikation RS/RA	Taktische Medizin mit Schwerpunkt Schuss-/Stich- und Explosionsverletzungen	40 UE (und für jede zu delegierende invasive Maßnahme entsprechend weitere UE Dokumentation!)	Halbjährlich 16–40 UE	Tourniquet Notfallverband Hämostyptika Wendl-Tubus Alternative Intubationsmittel Chirurgischer Atemweg Okklusivverband (»chest seal«) Thoraxentlastungspunktion i.v. Zugang i.o. Zugang Volumensubstitution Analgesie Wärmeerhalt AED

auch zumindest den Umgang mit einem Tourniquet beherrschen (▶ Kap. 7). Ein Beamter der Bereitschaftspolizei, der bei Fußballspielen und Demonstrationen eingesetzt ist, wird mit Steine- und Flaschenwerfern, bengalischem Feuer oder Molotow-Cocktails konfrontiert und sollte mit stumpfen und spitzen Verletzungsmustern sowie Brandverletzungen umgehen können. Ein Entschärfer benötigt zusätzliche Kenntnisse und Kompetenz im Umgang mit Explosionsverletzungen genauso wie man auch für Personenschützer, Flugsicherheitsbegleiter (sog. Sky Marshals) und andere Spezialisierungen innerhalb der Polizeibehörden die zu erwartenden Gefahren und Verletzungsmuster analysieren und die Ausbildung danach ausrichten muss. Insbesondere sind hier natürlich auch Beamte von Spezialeinheiten zu nennen. Ihr Aufgabenschwerpunkt ist das Vorgehen gegen schwere Gewaltkriminalität und Terrorismus und sie sind im täglichen Einsatz Schusswaffengewalt und anderen Gefahren ausgesetzt. Daher sollte hier die Selbst- und Kameradenhilfe einen besonders hohen Stellenwert einnehmen. Sehr häufig benutzen diese Einheiten zwar bei kurzen Einsatzlagen die »Stand-by-Methode« (▶ Kap. 28.1), aber auch das Nachrücken eines zivilen Rettungswagens, der zwei Häuserblocks entfernt bereitgestellt wurde und dessen Besatzung ggf. erst noch in den 4. Stock eines Mehrfamilienhauses laufen muss, kostet wertvolle Zeit, die je nach Verletzungsmuster durch eigene Kollegen schon sinnvoll genutzt werden kann.

Aufgrund der hohen Gefährdung der Beamten von Spezialeinheiten ist neben einer Basisausbildung in Erster Hilfe einschließlich taktischer Medizin für alle Teammitglieder auch die zusätzliche Weiterqualifikation eines oder mehrerer Beamten zu Rettungssanitätern zu empfehlen.

Die standardisierte Ausbildung zum Rettungssanitäter mit Abschlussprüfung gibt dem Beamten die nötigen anatomischen, physiologischen und medizinischen Grundlagen, auf die dann polizeiintern mit Weiterbildungen zur taktischen Medizin aufgebaut werden kann.

Dabei soll die Polizei natürlich nicht den Rettungsdienst ersetzen oder mit ihm durch eigenes ausgebildetes Fachpersonal konkurrieren. Die Polizei schließt damit lediglich die Lücke in der sofortigen medizinischen Versorgung, bis der Rettungsdienst den Verletzten übernehmen und gewohnt professionell weiterversorgen kann.

Besondere Einsatzlagen – Amok

J. Höfner, K. Ladehof, J. Stocker

32.1 Einleitung – 414

32.2 Grundsätze – 414

32.3 Erstversorgung und Rettung – 415
32.3.1 Personelle Optionen – 415
32.3.2 Vorgehensweise im Objekt – 417
32.3.3 Raumordnung/Annäherung – 420
32.3.4 Materielle Vorbereitung – 421

32.4 Taktisch-operative Einsatzleitung – 422

32.5 (Strategisch-)planerische Vorbereitungen – 422

32.6 Zusammenfassung – 423

32.7 Beispiel für ein BOS-übergreifendes Trainings- und Einsatzkonzept – 424
32.7.1 Ziel des gemeinsamen Konzeptes – 424
32.7.2 Umsetzung des Konzeptes – 424
32.7.3 Rechtsvorschriften – 424
32.7.4 Einsatzkonzept und Training für »besondere Einsatzlagen« – 424
32.7.5 Fazit und Ausblick – 431

Literatur – 431

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_32, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

32.1 Einleitung

Es gibt keine einheitliche Definition für das Phänomen Amok. Sehr häufig wird angeführt, dass es meistens ein Einzeltäter ist, der versucht, wahllos möglichst viele Menschen mit unterschiedlichen Waffen zu verletzen. Oft wird versucht, Ablauf der Tat sowie Hintergründe und Psychologie des Täters zu berücksichtigen. Für das Vorgehen in der taktischen Medizin ist jedoch lediglich ein Sachverhalt entscheidend: Mindestens ein Täter ist wahrscheinlich noch aktiv und er verletzt oder tötet weiterhin Menschen.

Es geht in diesem Kapitel um die Versorgung von Verletzten unter Bedrohung und es ist dabei auch nicht notwendig, Amoktaten völlig losgelöst von der sonstigen Planung für Bedrohungslagen zu betrachten. Eine Besonderheit bei Amokläufen ist vor allem die Dynamik der Bedrohung, ohne einen schnell identifizierbaren Ausgangspunkt bzw. fest lokalisierbaren »Herd« zu haben. Die Arten möglicher Bedrohungen sind vielfältig. Die von den Tätern eingesetzten Waffen reichten bei den Amokläufen der letzten Jahrzehnte von Stich- und Hiebwaffen über unterschiedlichste Schusswaffen bis hin zu unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV). Auch der Versuch, eintreffende Kräfte z. B. durch Spreng- oder Stromfallen zu schädigen, ist bereits vorgekommen.

In diesem Kapitel werden ausschließlich mögliche Vorgehensweisen in der polizeilichen und rettungsdienstlichen Reaktion auf die Tat selbst dargestellt. Entscheidend bei der weiteren Beschäftigung mit der Thematik sind natürlich die Prävention, die unterschiedlichste Möglichkeiten von der Stärkung der Rolle des schulpsychologischen Dienstes bis hin zu infrastrukturellen Maßnahmen umfasst, die frühzeitige Erkennung möglicher Täter und die Schulung potenziell Betroffener. Ein gutes Beispiel dafür ist das »Active Shooter Booklet« des US-Department of Homeland Security [1].

32.2 Grundsätze

J. Höfner, K. Ladehof

Die entscheidenden Leistungen bei einer Amoklage sind die initiale Raumordnung unter Berücksichtigung der Bedrohung, die Abwendung der Gefahr sowie die essenziellen Erstversorgungsmaßnahmen. Diese müssen primär von den lokalen Kräften, also den ersteintreffenden Beamten des Streifendienstes und – eingeschränkt – den ersten Rettungsmitteln erbracht werden. Spezialkräfte oder andere Spezialisten treffen in der Regel dafür zu spät ein.

Geht man von einem aktiven Täter aus, der wahrscheinlich weiterhin andere Menschen verletzt oder tötet, hat die Polizei (Pol) den Handlungszwang diese Gefahr abzuwenden. Die einhellige Taktik in dieser Situation ist das **Finden und Binden des Täters**, d. h. der Auftrag besteht darin, den Täter zu stellen oder zumindest seinen Aktionsradius einzuengen, um weitere Gewalttaten zu unterbinden. Hier wird von den ersten eintreffenden Streifenbesatzungen der Polizei erwartet, dass sie ein hohes Eigenrisiko eingehen. Diese, meist als »Contact-« bzw. Interventionsteam bezeichneten Kräfte dringen unter gegenseitiger Sicherung in den Gefahrenbereich (heiße Zone) vor. Die Teams mit dem Auftrag Finden und Binden sind auf den Täter fixiert und können sich daher nicht um verletzte Personen kümmern. Durch dieses täterorientierte Vorgehen wird das Ziel verfolgt, ihn daran zu hindern, weitere Personen zu verletzen oder zu töten.

Leicht zeitlich versetzt, wird der zweite Auftrag erteilt, die **Evakuierung**. Polizeibeamte bringen die Personen aus dem Gefahrenbereich des Täters in der heißen oder warmen Zone in Sicherheit – die »kalte Zone«. Neben dem Auftrag, die Personen vor dem Täter zu schützen, haben sie auch die erste **Versorgung der Verletzten** vorzunehmen. Diese Kräfte werden häufig als »Rescue«- oder Rettungsteam bezeichnet. Durch dieses opfer- und unbeteiligtenorientierte Vorgehen wird das Ziel verfolgt, die Opferzahlen zu minimieren und eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Verletzten zu verhindern.

Tab. 32.1 G-BEET- und THREAT-Algorithmus

G	**G**efahr abwenden (Pol)/vermeiden (RettDst)	**T**	**T**hreat suppression
B	**B**lutungen stillen	**H**	**H**emorrhage control
E	**E**vakuierung/Crashrettung	**RE**	**R**apid **E**xtrication
E	**E**rstversorgung durch Medic/RettDst	**A**	**A**ssessment by medical providers
T	**T**ransport ins Krankenhaus	**T**	**T**ransport to definitive care

Alle zur Evakuierung eingesetzten Kräfte müssen auch in der Lage sein, notfallmedizinische Basismaßnahmen, insbesondere Blutstillung und Atemwegssicherung durch stabile Seitenlage, durchzuführen.

» »While efforts to isolate or stop the active shooter remain paramount, early hemorrhage control is critical to improving survival.“ [2].

Ein sinnvoller Ausrüstungsumfang wird weiter unten (▶ Abschn. 32.3.4) bzw. in ▶ Kap. 29 und im Detail in ▶ Kap. 3 beschrieben.

Die Kernpunkte der Vorgehensweise werden mit dem **G-BEET-** bzw. **THREAT-Algorithmus** [2, 3, 4] beschrieben (Tab. 32.1).

Abhängig von der Bewertung des Risikos durch eine potenzielle Bedrohung muss analog zu einer Care-under-Fire-Lage (▶ Kap. 8) auch abgewogen werden, ob nicht einmal die Anlage eines Tourniquets unmittelbar möglich ist, da sie den Retter unverhältnismäßig gefährden würde. In diesem Fall wäre die Merkhilfe orthographisch korrekt »GEBET«.

Unter Umständen ist nicht einmal eine Annäherung an das Opfer möglich und ein »remote assessment« (▶ Kap. 8) wird durchgeführt, um eine Nutzen-Risiko-Abwägung des Rettungsversuches vornehmen zu können [5]. (Das Opfer liegt zum Beispiel im unmittelbaren Wirkungsbereich eines Täters mit einer Präzisionswaffe.)

32.3 Erstversorgung und Rettung

J. Höfner, K. Ladehof

32.3.1 Personelle Optionen

Bei beiden Aufträgen gibt es in Deutschland keine gesetzliche Verpflichtung, dass der öffentliche Rettungsdienst hier mitwirkt. Der Rettungsdienst ist erst zur Notfallversorgung in der kalten Zone verpflichtet (▶ Kap. 26), d. h. die Polizei hat eine medizinische Kompetenz sowohl im Abschnitt Finden und Binden als auch im Abschnitt Evakuierung vorzuhalten, die **interne Lösung** (▶ Kap. 28.3).

Wie dargestellt geht es beim ersten Auftrag primär um Selbst- und Kollegenhilfe bzw. die Versorgung von Opfern erst, nachdem der Täter festgenommen werden konnte – ggf. des Täters selbst, wenn er bekämpft werden musste. Es besteht die Möglichkeit, dass sich Rettungsdienstkräfte finden, die in der warmen oder heißen Zone arbeiten würden. Diese **externe Lösung** (▶ Kap. 28.3) beruht aber nur auf einer Freiwilligkeit des Rettungsdienstes und bindet weitere Polizeibeamte, die die Rettungsdienstmitarbeiter schützen.

Hier wird sehr häufig diskutiert, dass mittels einer Sandwich-Methode, Schildkrötentaktik oder Diamantformation, Rettungsdienstmitarbeiter von der Polizei geschützt in die warme Zone geführt werden. Dies ist eine Kräftemischung, die generell problembehaftet ist (Tab. 32.2). Der Rettungsdienst, der für diesen Auftrag nicht vorgesehen ist, muss gesichert werden, idealerweise nach allen Seiten. Die Standardausrüstung des Rettungsdienstes (Notfallrucksack/Notfallkoffer) ist mit Verbandmitteln und Medikamenten für nur einen oder zumindest wenige Patienten ausgestattet. Durch die

Tab. 32.2 Beispiele für die unterschiedliche Betrachtung und Bewertung der Situation

	Polizei	Rettungsdienst
Bedrohung	Finden und Binden	Eigene Sicherheit/Abstand, Koppeln mit und Führung durch Polizei
Einsatzort	»Objekt«; Abriegeln der warmen Zone; täterorientiertes Vorgehen	Gefahrenzone, außerhalb des Sicht- und damit Wirkungsbereiches bleiben
Sammlung nachrückender Kräfte	Kräftesammelstelle	Bereitstellungsraum, evtl. (temporärer) Verfügungsraum
Aufgaben in der Anfangsphase	Auftrag 1: Finden und Binden, Abriegeln/Schutz nach außen Sobald ausreichend Kräfte für Auftrag 1 eingetroffen: Auftrag 2: Evakuierung aus dem und/oder Verletztenversorgung im Gefahrenbereich	Aufbau von (Führungs- und Aufnahme-)Strukturen (PA/BHP); Vorbereitung Stabilisierung u. (ggf. Früh-) Transport Einsatz von Teams in der warmen Zone erwägen u. mit Polizei besprechen
Weitere Aufgaben	Tatortarbeit, Feststellung »Vollständigkeit«, Zeugen-, evtl. Beschuldigten-Vernehmung	Betreuung, Angehörige aufklären und bestmöglich beruhigen, KIT/PSNV
Unbekannte Person	Möglicher Täter? Potenzielle Gefährdung, ggf. Fesselung	Patient! Verletzungen? Gute Arbeitsmöglichkeiten (Platz, Licht), Eigenschutz

PA = Patientenablage, *BHP* = Behandlungsplatz, *KIT* = Kriseninterventionsteam, *PSNV* = Psychosoziale Notfallversorgung

sperrige Ausrüstung ist der Rettungsdienst langsam und nicht besonders beweglich, so dass er viel Angriffsfläche bietet, die personalintensiv geschützt werden muss. Dies sollte vor dem Einsatz der externen Lösung bedacht werden und alle Beteiligten müssen sich über diese Schwierigkeiten klar sein. Ist die externe Lösung aber in der jeweiligen Situation die vermutlich bessere Variante, so kann sie nach Beurteilung durch die Führung von Polizei und Rettungsdienst trotz der genannten Problemfelder durchgeführt werden.

In den USA wird diese Möglichkeit häufig umgesetzt, dann jedoch eben auf der Basis fester Kooperationen bzw. Zuordnung von Rettungsdienstpersonal zu einzelnen Einheiten. Diese erhalten im Regelfall aber auch eine mehr oder weniger umfangreiche taktische Ausbildung sowie eine Schutzausstattung analog zu den begleiteten Kräften einschließlich Schutzweste, Helm und oft auch Bewaffnung. Gemeinsame Übungen bzw. regelmäßige Einsatzbegleitung bei entsprechendem Bedrohungspotenzial festigen diese Zusammenarbeit. Dies muss jedoch vor dem Hintergrund einer anderen Rahmenlage und Gesetzgebung betrachtet werden – z. B. hinsichtlich Waffenbesitz oder der Möglichkeit auch in Nebentätigkeit »sworn police officer« zu werden [4, 6, 7].

In Reaktion auf die zunehmenden Häufigkeit von »active shooter events« hat 2013 eine Expertengruppe unter Federführung der Amerikanischen Chirurgenvereinigung (American College of Surgeons) und der Bundespolizei (Federal Bureau of Investigation, FBI) und beraten durch das Militär (CoTCCC, ▶ Kap. 1) in zwei Konferenzen in Hartford, Connecticut, gemeinsame Empfehlungen zur Vorbereitung auf solche Ereignisse entwickelt. Die beiden Kernpunkte sind die Befähigung aller Einsatzkräfte zur schnellen Blutstillung und die nur BOS-übergreifend mögliche, erfolgreiche Bewältigung der Lage [2].

Im zweiten »Hartford Consensus« werden detailliertere Forderungen gestellt und Vorgehensweisen zur Umsetzung beschrieben. Unter anderem wird gefordert, dass »traditionelle Rollenbeschränkungen« überdacht werden müssen und eben angestrebt werden muss, dass der Rettungsdienst »vor-

geschobener« eingesetzt werden kann (»It is no longer acceptable to stage and wait for casualties to be brought out to the perimeter.«) [3].

Im Idealfall sollten also beide Lösungen für den jeweiligen BOS-Bereich in gemeinsamen Konzepten ausgeplant, personell (Zusatzausbildung) und materiell (angepasste und modulare Ausstattung) vorbereitet und dann intensiv trainiert werden. Erst nach der erfolgreichen Erprobung der unterschiedlichen Lösungen in Vollübungen können sie seriös in einer realen Lage zur Anwendung kommen. Dies wurde bereits in der Auswertung des Einsatzes beim Columbine High School Shooting 1999 als ein Kernpunkt herausgestellt [8]. Lediglich die Vorhaltung einiger, zusätzlicher Schutzwesten ist vielleicht ein guter Anfang, sie wird jedoch hinsichtlich angepasster Größen, sinnvoller Gewöhnung des Trägers und konkreter Sicherstellung ihrer rechtzeitigen Verfügbarkeit im Einsatz an ihre Grenzen stoßen. Wenn sie jedoch in ausreichender Menge und angepasst an eine für diesen Eventualfall fest vorgesehene, freiwillige Gruppe beschafft werden und diese dann eben auch entsprechend einsatztaktisch vorbereitet wird, kann dies ein weiterer Schritt zur möglichst lückenlosen Versorgung in Bedrohungslagen sein – vorausgesetzt, dass auch noch eine konstante Erreichbarkeit und die schnelle Verbringung dieser Kräfte an den Einsatzort gewährleistet werden kann.

Außerdem muss es die Rahmenlage auch ermöglichen, die erforderliche Ausrüstung für beide Aufgaben mitzuführen. Selbst ein Notarzt, der bestens taktisch ausgebildet ist, aber zur Gewährleistung hoher Beweglichkeit nur eine medizinische Minimalausstattung mitführen kann, wird bei einer komplexeren Patientenversorgung noch immer schnell an Grenzen stoßen.

Welche Lösung »die Richtige« für solche Lagen ist, wird immer wieder kontrovers diskutiert [9]. So reagierte z. B. die Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Notärzte (AGNN) auf einen der ersten Artikel zur »Schildkrötentaktik« [10] mit einer Stellungnahme in der sie betonte, dass »Ihre Ausbildung, ihre Ausrüstung und ihre berufliche Verpflichtung diesen Personenkreis [Anm.: den Regelrettungsdienst] nicht zur Aktion in Gefahrenlagen im Sinne einer nicht geklärten Amoklage befähigt.« Mittlerweile gibt es auch in Schleswig-Holstein eine gemeinsam erarbeitete Amok-Einsatzkonzeption von Polizei und Rettungsdienst, die versucht, analog zum weiter unten dargestellten Waiblinger Praxisbeispiel, Begrifflichkeiten zu vereinheitlichen, die Grundmaßnahmen im Vorgehen beschreibt und die als Option (!) auch den – freiwilligen und polizeigeschützten – Einsatz des Rettungsdienstes im »warmen Bereich« vorsieht. Es wurde nach gemeinsamer Erprobung jetzt begonnen, die Verfahren in der Fläche zu schulen und gemeinsam zu üben.

Es ist egal, ob man einen Polizeibeamten in – taktischer – Rettungsmedizin weiterbildet oder Rettungsdienstmitarbeitern einsatztaktische Grundkenntnisse vermittelt sowie weitere Voraussetzungen schafft, um sie in der warmen Zone begleitet einsetzen zu können: Diese Zusatz- bzw. Doppelqualifikation wird nur einen Vorteil bringen, wenn auch unter hohem Stress der Primärauftrag beherrscht und nicht vergessen wird.

Komplexität der BOS-Zusammenarbeit

Ähnlich verhält es sich mit der Feuerwehr. Sie ist zwar verpflichtet, im Gefahrenbereich zu arbeiten, jedoch ist der Gefahrenbereich, für den sie »zuständig« ist, der Brand, die Höhe oder Tiefe, der Gefahrstoffunfall oder Ähnliches – jedoch eben nicht der Beschuss oder der aggressive Täter. Hat ein Täter einen Brand gelegt und ist ein Vordringen für das Interventionsteam nicht möglich, so entsteht eine ähnliche Situation, wie bei der Zusammenarbeit mit dem Rettungsdienst. Die Polizei hat entweder selbstständig, mit der Ausrüstung der Feuerwehr, den Brand oder die Rauchentwicklung zu beseitigen (interne Lösung) oder sie muss die Feuerwehr bei ihrer Arbeit schützen, wobei auch hier nur freiwillige Einsatzkräfte der Feuerwehr in den Gefahrenbereich gehen müssen (externe Lösung).

Grundsätzlich ist zu sagen, dass ein Vordringen des Interventionsteams nur bis zur Rauchgrenze Sinn macht. Um den Brand oder die Rauchentwicklung unter Eigensicherung zu bekämpfen, sind z. B. das Löschen mittels positionierter Drehleiter oder Standlöscher sowie der Einsatz eines Überdrucklüfters möglich. Die Polizei muss hier von der Feuerwehr beraten werden, ob die interne oder die externe Lösung angewandt wird [11].

32.3.2 Vorgehensweise im Objekt

Beim Abschnitt **Finden und Binden** kommen die Prinzipien von »Care under Fire« zum Tragen, im weiteren Verlauf evtl. auch »Tactical Field Care« (▶ Kap. 8).

Den Abschnitt **Evakuierung** prägen dementsprechend die Prinzipien von »Tactical Field Care« (Stabilisierung) und »Evacuation Care«. Hier müssen hinsichtlich der Evakuierung schnelle und weitreichende Entscheidungen in kurzer Zeit getroffen werden. Umso wichtiger ist es, die möglichen Planungen und Vorbereitungen im Vorfeld erledigt zu haben. Welche Optionen und Mittel zur Evakuierung gibt es? Es kann z. B. eine Option sein, dass die Polizei Mittel des Rettungsdienstes (z. B. Fahrtrage oder Spineboard) mitführt, auf die sie dann jedoch vorher ausreichend eingewiesen werden sollte.

Tipp

Der Transport mit einer Schaufeltrage oder einem Spineboard wird in engen Räumlichkeiten nicht nur patientenschonender, sondern (bei vorheriger Übung und guter Koordination) auch schneller als mit einem Bergetuch sein.

Insbesondere eröffnet es die Möglichkeit, den gut festgeschnallten Patienten kurz senkrecht zu stellen, um Richtungsänderungen in engen Fluren zu passieren. Dafür ist es mit einem Tuch in engen Treppenhäusern meist möglich, diese in einem Zug zu durchlaufen, weil der Patient entsprechend »gebogen« oder »gestaucht« werden kann.

Zur Planung der Evakuierung muss zuerst mit den wenigen Informationen, die in der anfänglichen Chaosphase vorhanden sind, die Gefährdung eingeschätzt werden. Besteht für die Personen eine **hohe Gefährdung**, z. B. wegen Explosionsstoffen oder eines Brandes, so ist eine **Crash-Evakuierung** (analog zur »Crash-Rettung« aus Pkw) durchzuführen. Alle Personen müssen so schnell wie möglich in einen sicheren Bereich gebracht werden. Der Vorteil ist, dass viele Menschen schnell aus dem Gefahrenbereich kommen. Als Nachteile kann durch die Geschwindigkeit eine Panik ausgelöst werden, Verletzungen können sich verschlimmern, neue Verletzungen können entstehen und Menschen können zu Tode kommen. Weiterhin gehen Beweise vom Tatort verloren bzw. werden vernichtet.

Besteht für die Personen eine **geringe Gefährdung**, z. B. weil der Abschnitt Finden und Binden den Aktionsradius des Täters eingeengt hat, so kann eine **geordnete Evakuierung** stattfinden. Bei dieser Form der Evakuierung kann schonender und zielgerichteter vorgegangen werden. Dies geht natürlich zu Lasten des Faktors Zeit.

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass sich die Polizei nicht nur auf den Auftrag Finden und Binden beschränken und erst nach Durchsuchung des ganzen Areals an den öffentlichen Rettungsdienst übergeben kann. Hierdurch wird zu viel Zeit vergeudet, was letztlich die Verschlechterung des Zustandes von Verletzten bis hin zum Tod bedeuten kann! Auch das alleinige Heraustragen und Hinausbegleiten der Personen in die kalte Zone, in der der Rettungsdienst bereitsteht, ist langwierig und personalintensiv.

Meistens ist es von Vorteil, im Areal sichere Bereiche zu schaffen und sukzessive an den Rettungsdienst zu übergeben. Dadurch werden Polizeibeamte wieder frei, um in der warmen und heißen Zone zu arbeiten.

Der Rettungsdienst kann dann gemäß seines gesetzlichen Auftrages die Notfallversorgung in der jetzt neu geschaffenen bzw. vergrößerten kalten Zone übernehmen. Sichere Bereiche schafft die Polizei dadurch, dass ein Einwirken eines Täters auf diesen Bereich nicht mehr möglich ist, d. h. durchsuchter und gewonnener Raum wird durch Polizeibeamte gesichert, damit der Täter hier nicht eindringen kann. Ist der Täter mit Schusswaffen bewaffnet, so muss der sichere Bereich diesen Beschuss aushalten bzw. Sicherungsschützen müssen diesen Bereich abriegeln.

In jedem Fall muss ein Schwerpunkt auf der gemeinsamen Festlegung von sicheren oder kurzzeitig sicherbaren Übergabepunkten liegen, die natürlich ggf. an die Dynamik der Lageentwicklung angepasst werden müssen. Die Identifikation und Planung einer möglichen Raumordnung für potenziell gefährdete Infrastrukturen im Vorfeld kann sich jetzt auszahlen. Die Übergabe selbst sollte zur Verminderung der Expositionszeit bei einem potenziellen Restrisiko improvisiert (z. B. mit Tragetuch unmittelbar ins Rettungsmittel, umgehende Abfahrt) durchgeführt werden. Wenn ein gepanzertes Fahrzeug zur Verfügung steht, wäre es – abhängig von der Bewaffnung des Täters – eine weitere Option mit diesem auch in Begleitung von Rettungs-

dienstpersonal Verletzte unmittelbar in der heißen Zone abzuholen und improvisiert zu transportieren. In beiden Fällen müssen die Verfahren vorher gemeinsam geübt werden. Zum Thema Gefahrenbereiche, Schutzklassen und Geschosswirkung ▶ Kap. 24.3.

Übergabepunkte

- »So weit vorne wie vertretbar« (abhängig von Sicherungsmöglichkeiten und taktischer Ausbildung/Ausrüstung des Rettungsdienstes)
- Genaue Abstimmung des Ortes zwischen Pol und RettDst, Aufnahme durch Pol (Vorschlag durch Pol, RettDst berät, gemeinsame Entscheidung)
- Übergabe mit – erprobten – Standardverfahren
  → Personal- und Zeitbedarf für die Verlagerung von Vwu nicht unterschätzen!
- Immer in Anpassung an die dynamische Lage (Übersicht und Ausweichmöglichkeit)
- Entspricht dem Rettungsmittelhalteplatz (RMHP) in einer Lage ohne Bedrohung

Den Kräften des Rettungsdienstes kann aus einsatztaktischen Gründen ein spezifischer Auftrag zugewiesen werden, was sich in der Benennung des Teams widerspiegelt: Sichtungs-, Behandlungs- bzw. Evakuierungsteam. Die Aufgabenschwerpunkte werden beispielhaft im Waiblinger Konzept dargestellt (◘ Abb. 32.4). Die jeweiligen Aufträge sollten jedoch lageangepasst und nicht dogmatisch betrachtet werden. So soll die Aussage »Keine Behandlungsmaßnahmen!« natürlich nicht die in wenigen Sekunden durchführbaren »Care-under-Fire-Maßnahmen« Tourniquet-Anlage sowie das Drehen in die stabile Seitenlage ausschließen. Beide müssen bei fehlender unmittelbarer Bedrohung und entsprechendem Befund immer sofort erfolgen (▶ Kap. 11).

Für das taktische Vorgehen der Kräfte im Objekt ist die geschätzte **Anzahl der Verletzten** (und orientierend der Schweregrad) wichtig und in Relation dazu die Anzahl derjenigen, die im taktischen Umfeld versorgen können. Übersteigt die Anzahl der Verletzten nur unwesentlich die Zahl der Medics bei der Polizei, kann noch eine Individualversorgung im Areal stattfinden, bis an den Rettungsdienst übergeben werden kann. Gibt es mehr Verletzte als qualifizierte Helfer oder Medics im taktischen Umfeld, ist eine Vorsichtung nach tacSTART zu empfehlen. Diese auf reiner Ermittlung der Vitalfunktionen basierende (»physiologische«) Vorsichtung, die nur einfachste medizinische Kenntnisse erfordert, sollte jeder Polizeibeamte vornehmen können. Der erfahrenste Helfer oder idealerweise der Master-Medic (▶ Kap. 7) sollte dann die Ergebnisse der erstversorgenden Medics zusammentragen, in eine Meldung umsetzen und die Evakuierungsreihenfolge festlegen. Dieses Schema und die Vorgehensweise bei MANV werden ausführlich im ▶ Kap. 11 dargestellt.

Es geht in der taktischen Lage zum einen darum, die wenigen Medics und vor allem auch das nur sehr begrenzt vorhandene medizinische Material denjenigen zukommen zu lassen, die es am nötigsten brauchen. Zum anderen geht es darum, welcher Patient als erstes zum öffentlichen Rettungsdienst in die kalte Zone gebracht wird. Zur **Dringlichkeit** der Evakuierung wird der Medic den taktischen Führer beraten, damit dieser eine an die taktische Lage angepasste Entscheidung fällen kann, die dennoch dem Patienten bestmöglich gerecht wird. Wenn die Evakuierung zum Beispiel bei einer inneren Blutung extrem dringlich ist, wird der Führer ggf. auch ein höheres Risiko für die Einsatzkräfte vertreten. Ohne eine solche Dringlichkeit kann ggf. »in aller Ruhe« im Objekt versorgt und stabilisiert werden, unter Umständen bis die Lage vollständig geklärt ist.

Bei der **Dokumentation** sollte man abhängig von der zur Verfügung stehenden Zeit ebenfalls gestaffelt vorgehen: anfangs nur Triagekategorie, ggf. Zeit der Tourniquet-Anlage, evtl. fortlaufende Nummer (je Einsatzabschnitt, z. B. OG-Ost-01) unmittelbar auf der Haut notieren, dann vereinfachte Doku-Karte (z. B. TREMA, ▶ Kap. 9, ◘ Abb. 9.29) nutzen, dann ggf. zivile Dokumentationssysteme (z. B. abhängig von der Patientenzahl Verletztenanhängekarte oder Notarztprotokoll) verwenden. Um einen Überblick für die Meldung und Priorisierung zu gewinnen, kann als Dokumentations-Hilfsmittel die »MANV-Koordinationskarte« (▶ Kap. 11, ◘ Abb. 11.4) genutzt werden.

32.3.3 Raumordnung/Annäherung

Die Raumordnung unterscheidet sich nicht grundsätzlich zu einem MANV anderer Ursache (▶ Kap. 11), es sind jedoch Besonderheiten zu beachten.

Wie eingangs dargestellt, geschieht die Festlegung von Gefährdungszonen durch die Polizei aufgrund der zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Informationen und sie ist daher eine »Momentaufnahme«. Jede neue Information über den – oder die – Täter, ihre Bewaffnung, möglicherweise hinterlassene USBV und andererseits über bereits gesicherte Bereiche oder die klare Lokalisierbarkeit der Bedrohung müssen zu einer Anpassung der Bereiche führen. Ihre zu starre Festlegung wird der Dynamik der Lage nicht gerecht und im Zweifelsfall sollte der größere Abstand gewählt werden. In jedem Fall muss der kontinuierliche Informationsaustausch der BOS gewährleistet werden (z. B. Weitergabe von möglicherweise neuen Erkenntnissen aus Aussagen von Patienten).

Bei unklarer Lage sollte der erste Anlaufpunkt für die Rettungsdienstkräfte mit großem Sicherheitsabstand gewählt werden. In einigen Konzepten wird dieser daher mit dem Begriff »**Verfügungsraum**« beschrieben, da er kein unter einsatztaktischen Gesichtspunkten optimal gelegener **Bereitstellungsraum** (BR) ist, sondern im Idealfall bei klarerer Lage näher an die Einsatzstelle verlegt werden sollte. »Sicherer« oder »temporärer Erst-BR« sind Alternativen, um den gleichen Sachverhalt zu beschreiben.

Tipp

Leitstelle und eingesetzte Kräfte müssen sensibel auf ungewöhnliche Meldungen (insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatzort oder z. B. auch dem Datum) reagieren (Bauchgefühl beachten; ▶ Kap. 11) und im Zweifel versuchen, mehr Informationen (mit Polizei koppeln) zu bekommen oder eben **Abstand halten**. Die ersteintreffenden (Polizei-)Kräfte sind für die Raumordnung – auch des Rettungsdienstes – verantwortlich!

Die Annäherung muss auch vorsichtig erfolgen, um die Gefährdung panisch flüchtender Betroffener zu vermeiden. Aufgrund der Möglichkeit, dass sich der Rettungsdienst wegen der anfangs unklaren Lage doch bereits bis in den unmittelbaren Gefährdungsbereich bewegt hat, sollten Schulungen für die Einsatzkonzepte auch Informationen zu Waffenwirkungen und Reichweiten, Erkennen von USBV, Verhaltensweisen etc. beinhalten.

Tipp

Selbst eine Kurzwaffe kann einen RTW in den meisten Bereichen mühelos durchschlagen und er bietet daher nur einen Sicht- (»concealment«), aber keinen ballistischen Schutz (»cover«). Hinter dem Motorblock oder den Reifenfelgen ist der Schutz etwas besser.

Die Einsatzkräfte sollten unbedingt auch aus großer Entfernung als solche zu erkennen sein. In Columbine wäre ein nicht regulär im Dienst befindlicher, unterstützender Feuerwehrmann in Zivilbekleidung beinahe von Präzisionsschützen der Polizei erschossen worden.

Wie bei jedem MANV oder größerem BOS-Einsatz ist die frühzeitige, klare Regelung der **An- und Abfahrtswege** entscheidend. Sobald Rettungsdienstkräfte die Einsatzstelle anfahren können, sollte an der Grenze zwischen kalter und warmer Zone eine **gemeinsame Einsatzleitung** (GEL) der BOS eingerichtet werden.

Ebenfalls muss an dieser Grenze umgehend eine **Patientenablage** (PA) festgelegt werden. Einerseits werden insbesondere leicht verletzte Opfer selbstständig aus der Gefahrenzone flüchten, andererseits können polizeiliche Rettungsteams evakuierte Patienten zuführen. Das weiter oben beschriebene Konzept der möglicherweise »vorgeschobenen« Übergabe- bzw. Abholpunkte kann helfen, die Evakuierung zu beschleunigen. Nach Schaffung eines sicheren Bereiches kann eine PA ggf. auch im Objekt eingerichtet werden.

Abhängig von den möglichen Verletztenzahlen sowie dem zeitlichen Verlauf kann die Einrichtung eines **Behandlungsplatzes** (BHP) sinnvoll sein. Auch wenn aufgrund des lagebedingt verzögerten Beginns der Versorgung Transportmittel oft bereits in ausreichender Anzahl vorhanden sein werden, ermöglicht er eine zentrale Sichtung für die Regis-

trierung und Zuweisung geeigneter Krankenhäuser oder kann eine mögliche Patientenwelle nach Festnahme oder Auffindung des Täters abpuffern. Trotzdem ist unbedingt der verzögerungsfreie Transport instabiler Patienten zu ermöglichen. Da oft nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich ein – weiterer – Täter unter den Evakuierten befindet, muss eine Sicherung aller Strukturen und eine Eingangsdurchsuchung der Patienten durch die Polizei sichergestellt werden.

Von PA bzw. BHP räumlich getrennt, muss eine **Betreuungsstelle für die unverletzten Opfer** eingerichtet werden und schnellstmöglich eine Erfassung erfolgen, um ein vollständiges Lagebild zu gewinnen und insbesondere die Angehörigen informieren zu können. Diese müssen bis dahin bei Eintreffen an der Einsatzstelle aufgefangen, betreut und über Lage und Vorgehensweisen informiert werden. Diese Aufgabe kann lageabhängig von Polizei oder Rettungsdienst oder eben im Idealfall gemeinsam übernommen werden. Es sollte auf ausreichenden Abstand, Witterungsschutz und Kommunikationsmöglichkeiten geachtet werden.

Tipp

Wenn sich keine feste Infrastruktur anbietet, an die frühzeitige Anforderung von Bussen des örtlichen Nahverkehrs denken.

32.3.4 Materielle Vorbereitung

Das Material für die Bewältigung solch einer Lage ist den speziellen Einsatzanforderungen anzupassen. Ein Autoverbandkasten ist zwar besser als nichts, jedoch sicher nicht optimal, um starke Blutungen von Stich-, Schnitt- und Schusswunden unter taktischen Bedingungen zu versorgen. Geeignetes Material zur Patientenversorgung in der taktischen Einsatzmedizin wird in diesem Buch ausgiebig vorgestellt (▶ Kap. 3).

Generell ist zu sagen, dass das beste Material nichts bringt, wenn nicht damit trainiert wurde. Wer mit unbekanntem Material im Einsatz versorgt, vergeudet Zeit durch Fehlbedienung und gefährdet dadurch den oder die Patienten. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass die Erstversorger an den Materialien geschult werden, die sie in ihren individuellen Ersthelfer-Ausstattungen (IFAK) mit sich führen. Sie müssen vor allem die Anwendung »ihres« Tourniquets unter erfahrener Anleitung regelmäßig üben können, ohne dass, wie im tatsächlichen Einsatz, Zeitdruck oder Bedrohung die Handlungssicherheit einschränken [12].

Jede polizeiliche Einsatzkraft sollte ein individuelles **Erste Hilfe-Set** (IFAK, ▶ Kap. 29) mit sich führen, das ermöglicht schnell und effizient auf eine, ggf. eigene, starke Blutung zu reagieren. Umfang und Erweiterung des Materials hängen in erster Linie vom Leistungs- und Trainingsstand des Anwenders ab. Darüber hinaus spielen oftmals aber auch fehlende Haushaltsmittel oder Berührungsängste der fachdienstlichen Führung gegenüber aus Sicht des zivilen Rettungsdienstes eher unkonventionellem Material sowie erweiterten Maßnahmen durch nichtärztliches Personal eine Rolle. Daraus resultiert leider immer wieder, dass nicht die optimale Ausrüstung und der bestmögliche Ausbildungsstand zur Versorgung von Angehörigen der BOS und Schutzbefohlenen sichergestellt werden.

Wenn Kräfte des Rettungsdienstes in der warmen Zone eingesetzt werden sollten, müssen diese sich auch in der materiellen Ausstattung auf die besondere Lage einstellen. So sollten sie ihre Rucksäcke hinsichtlich Verbandmaterial und Sichtung ergänzen und ebenfalls Kits mit sich führen, die die schnelle Versorgung von Blutungen auch bei mehreren Patienten ermöglichen [3] (weitere Überlegungen ◘ Abb. 32.4). Außerdem sollte die Kommunikation mit der GEL über **Handfunkgeräte** sichergestellt werden, die derzeit noch nicht zur Regelausstattung der Rettungsmittelbesatzungen gehören.

Polizeikräfte wiederum sollten in die Handhabung verschiedener **Tragemittel** (▶ Kap. 5 und 29) eingewiesen sein. Wie immer in der taktischen Medizin sollte versucht werden, die eingeschränkte Möglichkeit der abgesessenen Einsatzkräfte Material mitzuführen, durch miniaturisierte Geräte sowie modular gestaffelte Vorhaltung weiteren Materials zu kompensieren (▶ Kap. 2.5).

32.4 Taktisch-operative Einsatzleitung

J. Höfner, K. Ladehof

Die Polizei führt den Gesamteinsatz. Sie gibt insbesondere vor, wann, wo und wie das Objekt betreten werden kann.

Die Einsatzleiter der BOS müssen in jedem Fall schnellstmöglich an der Einsatzstelle miteinander Verbindung aufnehmen und als »Minimallösung« wenigstens die telefonische Erreichbarkeit austauschen (möglichst sollten sie als unbedingt sinnvolle Entlastung einen »Funker« bei sich haben). Folgetreffen sollten zeitlich und örtlich fest vereinbart sowie bei wahrscheinlich überlastetem Funkverkehr Melder eingesetzt werden.

Um auf die beschriebene Dynamik der Lage schnellstmöglich reagieren zu können, die Raumordnung kontinuierlich abzustimmen und um insbesondere die Option eines gemeinsamen Vorgehens in der warmen Zone abzustimmen, sollten die Einsatzleitungen aller BOS räumlich zusammen oder in unmittelbarer Nähe zueinander aufgebaut werden.

Entscheidend für die reibungslose Zusammenarbeit werden größtmögliche Transparenz und darauf basierendes Vertrauen sowie eben die persönliche Kenntnis durch die gemeinsame Vor- und Nachbereitung von Ereignissen sein.

Tipp

Die Einsatzleitung sollte im Bereich Nachrichtenauswertung unbedingt personell verstärkt werden, um die große Menge eingehender Informationen von Unbeteiligten, Betroffenen und Helfern bewältigen zu können.

32.5 (Strategisch-)planerische Vorbereitungen

J. Höfner, K. Ladehof

Dass die Konzeptentwicklung, Erprobung und Schulung unbedingt BOS-übergreifend erfolgen muss, wurde bereits dargestellt. In den USA wurden Ziele und Umfang der regional notwendigen Vorbereitungen in den Hartford-Consensus-Dokumenten [2, 3] beschrieben und sie werden in einem Leitfaden des Amtes für Katastrophenschutz (FEMA) detaillierter dargestellt [4]. Auch in Deutschland wird in den wenigen Artikeln zu diesem Thema die zwingende Notwendigkeit sorgfältiger strategisch-planerischen Vorbereitung betont [13]. Zunehmend wird die Thematik in die Aus- und Fortbildung der BOS aufgenommen. So wurde sie in Bayern z. B. bereits 2010 sowohl in die Lehrpläne der OrgL- als auch der LNA-Fortbildung aufgenommen.

Mindestinhalte gemeinsamer Einsatzkonzeptionen

- Vereinheitlichung der Begriffe bzw. Glossar für die jeweils anderen BOS
- Gegenseitige Information über Fähigkeiten und Grenzen der Organisationen
- Festlegung der einzelnen Maßnahmen und Phasen eines Ablaufplans – mit der Möglichkeit auf die Lage mit alternativen Vorgehensweisen zu reagieren
- Darstellung und Umsetzung angepasster »Tactical Emergency Casualty Care (TECC)«-Verfahren [14]
- Schwerpunkt ist die schnelle Behandlung durch Ersthelfer und die Evakuierung
- Gemeinsame Führungsstruktur und gemeinsamer Kommunikationsplan
- Eventualfallplanung (»contingency management«) im Detail – Beispiele dafür sind das Vorsehen eines »duress code« (Nutzung, wenn der Funkende unmittelbar bedroht wird und daher nicht frei sprechen kann) oder eines Notfall-Stichwortes, das z. B. bei Entdecken eines Sprengsatzes oder Feststellen der Instabilität der Infrastruktur

zum verzugsfreien Verlassen des Gebäudes auf dem kürzesten Weg führen sollte
- Festlegung von Umfang und Häufigkeit von Schulungen und gemeinsamen Übungen
- Formale Einsatznachbereitung und Gewährleistung der Betreuung aller Einsatzkräfte

32.6 Zusammenfassung

J. Höfner, K. Ladehof

Entscheidend ist bei der Bewältigung einer Amoklage die unmittelbare Reaktion auf die Bedrohung, die initiale Raumordnung und die möglichst schnelle Versorgung von Verletzten. Die Gesamteinsatzleitung liegt ebenso wie die Verantwortung für die medizinische Versorgung im Gefahrenbereich klar bei der Polizei, jedoch nur durch eine gute Zusammenarbeit der BOS werden diese Aufgaben bestmöglich erfüllt werden können.

Ziel ist es, nach Abwendung oder auch bei noch bestehender Gefährdung, wie immer so schnell wie möglich die MANV-Lage zu beherrschen, damit idealerweise wieder eine Individualversorgung der Verletzten möglich ist. Dies kann, wie dargestellt, auch durch Schaffung von sicheren Bereichen erreicht werden. Da in solchen besonderen Einsatzlagen in den meisten Fällen in der kalten Zone schnell genügend Kräfte des öffentlichen Rettungsdienstes eintreffen werden, sollte die Polizei schnellstmöglich die Bedingungen schaffen, dass der Rettungsdienst zum Patienten kann oder der Patient zum Rettungsdienst kommt. Nur so können die vorhandenen Ressourcen im Sinne der Betroffenen optimal zum Einsatz kommen. In der Zwischenzeit hat die Polizei in der heißen und warmen Zone die Verletzten bestmöglich zu versorgen. Die Prinzipien und Algorithmen der taktischen Verwundetenversorgung bilden die Grundlage für diese Verpflichtung der Polizei. Dementsprechend muss der Schwerpunkt auch in der Ausbildung auf der Stillung schwerer Blutungen liegen. Für Patienten mit Rumpfverletzungen und daher Verdacht auf eine innere Blutung ist die schnelle Evakuierung aus dem Objekt und der möglichst verzugslose Transport in eine geeignete Zielklinik entscheidend. Die Kernfrage lautet: Wen kann ich »drinnen« stabilisieren und wen kann ich nur durch schnellstmögliche Evakuierung retten?

Für die möglichst erfolgreiche Bewältigung der Gesamtlage ist es zwingend erforderlich, dass insbesondere Polizei und Rettungsdienst eine gemeinsame Sprache und gemeinsam entwickelte und erprobte Konzepte verwenden sowie einen gemeinsamen Einsatzstab vor Ort bilden.

Checkliste Vorgehensweise bei besonderer Einsatzlage – Amok
- Alarm(stichwort)
- Weitere Informationsgewinnung bei der Anfahrt
- Festlegung eines – sicheren – Bereitstellungsraumes
- Kontaktaufnahme der Einsatzleiter vor Ort (unterstützt durch die Leitstelle/FLZ)
- Absetzen der Lagemeldungen mit Nachforderung von Kräften und Material sowie Kommunikation mit beteiligten oder unterstützenden Kräften (insbesondere Vorinformation an regionale Krankenhäuser – Aktivieren der jeweiligen Notfallpläne)
- Örtliche Pläne abrufen (z. B. Farbkennzeichnung Gebäudeabschnitte) und Unterstützung/Informationsquellen einbinden (Hausmeister, Sicherheitsdienst)
- Erfassung und Identifikationsmöglichkeit aller eingesetzten Kräfte
- Zonen festlegen, Information aller Einsatzkräfte, kontinuierliche Lageanpassung
- Absperrung nach außen
- Einrichtung einer oder mehrerer PA im gesicherten Bereich (Möglichkeit Sprengfallen/»second hit« bedenken, ► Kap. 11)
- Transport/Evakuierung von Patienten in den kalten Bereich (PA oder Übergabestelle), evtl. Einsatz von (geschützten) Rettungskräften im warmen Bereich
- Verschieben des BR erwägen

- BHP in größerer Entfernung bei voraussichtlich länger dauernder Lage
- Betreuungsstelle(n) mit Schwerpunkt auf der Feststellung der Vollständigkeit
- Transportorganisation/Registrierung ggf. personell verstärken, um jederzeit über den Verbleib aller Opfer auskunftsfähig zu sein
- Von GEL abgesetztes (aber unbedingt gemeinsames!) Presseinformationszentrum [3]
- Notwendigkeit von Personalersatz und Nachführung weiteren Materials (z. B. Batterien) prüfen
- Rettungsdienst wird »regulär« im Objekt tätig, sobald dieses von der Polizei als »sicher« freigegeben wird
- Einsatzende an alle beteiligten und anschlussversorgenden Kräfte kommunizieren
- SOP für die Nachbereitung befolgen (Debriefing, Nachbesprechungen, Sammeln der Einsatzberichte, Betreuungsangebote etc.)

32.7 Beispiel für ein BOS-übergreifendes Trainings- und Einsatzkonzept

J. Stocker

Bereits im Jahr 2007, also weit vor dem Amoklauf von Winnenden am 11.03.2009, wurde im Dienstbereich der Polizeidirektion (PD) Waiblingen und dem Rettungsdienst des DRK-Kreisverbandes Rems-Murr ein gemeinsames Konzept zur »Deeskalation« an Einsatzstellen entwickelt. Der Rems-Murr-Kreis hat eine Fläche von 858 km^2 mit ca. 416.000 Einwohnern. Die PD mit 5 Polizeirevieren hat über 700 Beschäftigte, der Rettungsdienst verfügt über etwa 150 hauptberufliche und 100 ehrenamtliche Kräfte an acht Rettungswachen und einer integrierten Leitstelle (ILS, gemeinsame Disposition von Feuerwehr und Rettungsdienst).

32.7.1 Ziel des gemeinsamen Konzeptes

Es geht primär darum, eine sichere und schnelle Rettung in Einsatzlagen mit Gefährdungspotenzial zu realisieren. Durch koordiniertes Vorgehen beider Partner und vorbereitendes Training auf psychischer und physischer Ebene sollen sogenannte »heiße Einsatzstellen« entschärft und gleichzeitig die Eigensicherung aller Beteiligten so gut als möglich garantiert werden. Für die psychosoziale Betreuung nach belastenden Einsätzen wurde ein ebenfalls gemeinsames, anonym nutzbares »Netz der Hilfe« aufgebaut.

32.7.2 Umsetzung des Konzeptes

- Gemeinsame Schulungen und Trainings
- Regelmäßige Überprüfung der notfallmedizinischen Ausstattung der Polizei durch den Rettungsdienst

32.7.3 Rechtsvorschriften

Für die Polizei gibt es in Baden-Württemberg Vorschriften für das Einsatztraining und Konzeptionen zum spezifischen Training für Amoklagen. Der Rettungsdienst hat lediglich ein MANV-Konzept, dass sich in Bezug auf Bedrohungslagen aber nur mit der Abarbeitung in der kalten Zone beschäftigt.

32.7.4 Einsatzkonzept und Training für »besondere Einsatzlagen«

Eine Arbeitsgruppe von Polizei und Rettungsdienst wurde auf Landkreisebene eingerichtet, in der alle Funktionsebenen von Anfang an vertreten waren, damit ein rechtssicheres und vor allem anwendbares Konzept erstellt werden konnte. Auf Ebene der Ausbildungsbeauftragten des DRK-Kreisverbandes und der Einsatztrainer der Polizeidirektion wurde die Konzeption zum taktischen Vorgehen in Sonderlagen entwickelt, erprobt und trainiert.

Ziel war es ein breites Spektrum abzudecken, angefangen vom häuslichen Streit bis hin zur

Amoklage. Bei diesen unsicheren Umständen sollte ein sicheres Arbeiten des Rettungsdienstes ermöglicht. Es galt dem jeweiligen Partner zu vermitteln, welche Unterschiede in der Sichtweise auf ein und dieselbe Situation bestehen und einen gemeinsamen Sprachgebrauch zu etablieren.

Die Polizei beurteilt die Einsatzstelle und ordnet sie in verschiedene Bereiche bzw. Gefährdungsstufen (rote, gelbe, grüne Zone). Der Rettungsdienst hält sich anfangs in der kalten Zone in einem Bereitstellungsraum auf. Er sammelt Informationen, nimmt Kontakt zur Polizei auf und wartet auf Anweisungen. Er nutzt die Zeit um – geführt durch das Führungs- und Lagezentrum (FLZ) der Polizei und die ILS – eine Einsatzführung vor Ort und die weitere Ablauforganisation einzurichten.

Der **rote Bereich** (entspricht der heißen Zone) ist für den Rettungsdienst, aufgrund der unmittelbaren Gefahr, tabu.

Der **gelbe Bereich** kann in diesem Konzept unter Sicherung der Polizei betreten werden, da er als bereits abgesucht und überwiegend gesichert eingestuft wird. Er entspricht damit nur bedingt der warmen Zone (▶ Kap. 8) bei der lediglich keine unmittelbare Bedrohung mehr besteht (»erste Deckung«). Ob vor Ort versorgt oder nur eine Sichtung durchgeführt oder ob unmittelbar evakuiert werden kann bzw. muss, ist abhängig von der Anzahl der Verletzten, der Anzahl der Helfer und sichernden Polizeibeamten sowie den örtlichen Gegebenheiten. Die Entscheidung hierüber fällen die beiden Führungen von Polizei und Rettungsdienst.

Im **grünen Bereich** (kalte Zone) kann rettungsdienstlich wie gewohnt gearbeitet werden, da hier keine Gefahren von der Einsatzstelle ausgehen.

Um der Lageentwicklung Rechnung tragen zu können, wird die »Farbcodierung« analog auch für »Phasen« verwendet (z. B. kann in der »grünen Phase« der gesamte Einsatzraum als gesichert eingestuft werden, da er vollständig abgesucht oder der Täter festgenommen wurde).

Die intensive Umsetzung der Theorie in die Praxis erfolgte in kleinen Teams und bestand aus den wesentlichen Modulen »Sammeln und Vorrüsten im gesicherten Bereitstellungsraum«, »Annäherung an Objekte« und »sicheres Bewegen in Objekten«. Die **Sandwich-Methode**, in der sich die Rettungskräfte inmitten der Polizei bewegen, war für viele Kolleginnen und Kollegen sehr ungewohnt, vermittelte aber ein zusätzliches Sicherheitsgefühl. Den Weg und das Tempo gibt die Polizei vor. Durch das Auflegen der Hand auf die Schulter des Front- bzw. Vordermanns ist es kein Problem den Bewegungen der Polizei zu folgen (◘ Abb. 32.2).

Das Vorgehen im Sandwich machte eine Reduzierung der Einsatzausrüstung notwendig. In Anpassung an den möglichst engen Kontakt im Team, die schnelle Beweglichkeit und unklare Situation im Objekt muss die Ausrüstung auf dem Rücken mitführbar sein. Der schnelle Zugriff auf die entscheidenden Ausrüstungsgegenstände (Kennzeichnung und Tourniquet) muss gewährleistet sein auch ohne den Rucksack abzunehmen. Die eigentliche Versorgung der Patienten erfolgte nach PHTLS-Grundsätzen.

Ein weiteres wichtiges Element des Trainings war die schnelle Übergabe von Verletzten im gelben Bereich, die von der Polizei aus dem roten Bereich gerettet wurden. Hierbei galt es eine, von den Abläufen des Regelrettungsdienstes abweichende, schnellere Lösung zu finden. Nach polizeilicher Einweisung oder mit Begleitung wird ein Rendezvouspunkt angefahren und der Verletzte dort mittels Tragetuch unmittelbar auf den Tragentisch in das Fahrzeug übergeben, um diesen Bereich umgehend wieder zu verlassen.

Die aus dem Training heraus entstandenen Team-Checkkarten für gemeinsame Einsätze von Polizei und Rettungsdienst fassen übersichtlich alle Grundsätze zusammen und steht allen Mitarbeitern in den Einsatzmitteln, dem Einsatzführungsdienst und der FLZ bzw. ILS zur Verfügung (◘ Abb. 32.1 und ◘ Abb. 32.4). Bei entsprechenden Lagen können Verbindungsbeamte/-personen zur jeweilig anderen Leitstelle entsandt werden, um den Informationsaustausch aus erster Hand zu gewährleisten.

Team-Check-Karte AMOK-Intervention

Eintreffen

- Info Leitrevier/FLZ
- Bildung > Interventionsteam/Meldekopf (Digital 16 und 1)

Kurzaufklärung

- Objekt, Annäherung, Deckung?
- Anzahl Täter?
- Tathandlung, Verhalten?
- Waffen, Sprengmittel, Werkzeuge?
- **Aufenthaltsort – Täter MOBIL**?

Lagebeurteilung AMOK

- Personen verletzt oder getötet? **5 < Verletzte > 10 ? sofort Meldung**
- Kann Täter auf weitere Personen einwirken?
- **Täter noch aktiv / noch vor Ort – FAHNDUNG?**

JA! Sofortige Intervention!
Ziel:

- **Täter lokalisieren**
- **Täter isolieren**
- **Handlungsunfähigkeit herbeiführen**

Aufgabenverteilung

Interventionsteam

- **Front, Back und Sicherungsschütze**

Beachten

- P2000/MP 5 geladen, entsichert, Ersatzmagazine
- Schutzwesten / zusätzliche Schutzausstattung
- Funkgeräte (Digial 16) Handy (Sprechprobe)
  - Absolute Funkdisziplin
  - Funken vorrangig von innen nach außen
  - Wenn möglich, häufige Lagemeldungen
- Taschenlampen (Funktion)
- Zivilkräfte – Erkennbarkeit (z. B. Warnweste)

Vorgehen

- Kontakt- oder Suchmodus?
- Ebene: 0, 1, 2 – darunter – 1, - 2 → EB 2 / EB 1 / EB 0 / EB -1 **Haupt-eingang**

Mentale Vorbereitung

- Alles OK? - Konzentration auf die Aufgabe!

360 Grad Sicherung – Zusammen bleiben

- Aufgabentreue – auch bei RETTUNG!!!

Abb. 32.1 Team-Check-Karte Amok (Polizeidirektion Waiblingen und DRK-Kreisverband Rems-Murr)

Team-Check-Karte AMOK-Rettung
Nur für den Dienstgebrauch

Grundsatz: **Intervention vor Rettung**
Fachdienstrettung vor Crashrettung

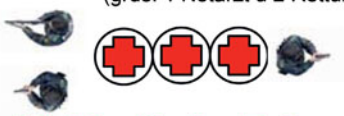
Aufgabenverteilung
Rettungsteam (=Interventionsteam mit Rettungsaufgaben)

Crashrettung (nur Polizei – Rettungsteam erforderlich)

- Transport und
- **Sicherung** gewährleisten!!

Fachdienstrettung (Rettungsteam + Rettungskräfte)
nur wenn Gefahr für Rettungs- und Hilfskräfte weitestgehend ausgeschlossen werden kann (Entscheidung PF/EA)

- Polizei sichert und schützt (Front, Back, Sicherung)
- Rettungsdienst gewährleistet medizinische Versorgung (grds. 1 Notarzt u 2 Rettungsassistenten)



ERST in GELBER PHASE

Wichtig für den Rettungsdienst:
Anzahl der Verletzten bis 5 oder 5 – 10 Verletzte oder mehr als 10 Verletzte !!!!! Nachalarmierung erforderlich (x + 30 Min. !!!)

Rote Zone / Phase:
- **Gegenwärtige Gefahr für alle Personen und Sachen im Einsatzraum – Aufenthalt in diesem Bereich nur soweit unabdingbar = Polizei**

Gelbe Zone / Phase:
- **Einsatzraum ist bereits überwiegend gesichert – eine Gefahr für Einsatzkräfte kann weitestgehend ausgeschlossen werden**

Grüne Zone / Phase:
- **Einsatzraum ist gesichert - allgemeine Betriebsgefahren vorhanden**

360 Grad Sicherung – Zusammen bleiben
– Aufgabentreue – auch bei RETTUNG!!!

Abb. 32.1 (Fortsetzung)

Abb. 32.2 Vorgehen im »Sandwich«

Abb. 32.3 Schnelle Übergabe an den Rettungsdienst

Kreisverband Rems-Murr e.V.
Rettungsdienst

Team-Check-Karte Sonderlagen mit der Polizei

Anfahrt / Eintreffen

- Anfahrt mit ILS abklären (Sonderrechte rechtzeitig aus!)
- Bereitstellungsraum suchen / benennen (gelbe Zone – Objekt darf nicht sichtbar sein)
- Schnellstmöglich Lagemeldung an ILS
- Meldekopf / Einsatzleitung Polizei suchen
- **Keine Maßnahmen ohne Absprache mit der Polizei!**
- **Eigenschutz beachten**

Equipment

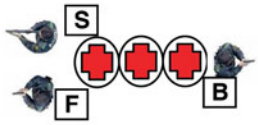
- Material checken und vorbereiten

Material Sichtungsteam	Material RTW	Material RTW & NA
- Schreibbrett	- Atmungskoffer	- Atmungskoffer
- Notfallrucksack NEF	- Kreislaufkoffer	- Kreislaufkoffer
- Handy	- Tragetuch	- Tragetuch
- Funk (ggf Aufschaltung!)	- Taschenlampe	- Taschenlampe
- Verl.-Anhängekarten		- Medikamentenkoffer
- Taschenlampe		

Phasen / Zonen

ROT	GELB	GRÜN
- Höchste Gefährdung - Direkte und Unmittelbare Bedrohung - Unklare Lage, Täter kann auf Opfer / Einsatzkräfte einwirken	- Potentielle Gefahr, nicht akut und unmittelbar - Abgesuchte und gesicherte Bereiche - Erster Einsatz des RD mit Sichtungsteam - Nachführen weiterer Kräfte durch Polizei	- Unterster Gefährdungsgrad - Alle Bereiche abgesucht und gesichert
Kein Einsatz des RD möglich!	**Bewegung des RD nur mit Polizei!**	**Einsatz des RD frei möglich!**

Vorgehen mit der Polizei in der gelben Phase / Zone



Front, **S**icherungsschütze, **B**ack
Front führt und lenkt das Team

Abb. 32.4 Team-Checkkarte Amok für den Rettungsdienst

Deutsches Rotes Kreuz

Aufgabe Sichtungsteam

- **Schnellstmögliche Lageerkundung + vorläufige Sichtung**
- Rückmeldung an die EL RD (RM 100 oder ILS)
- Raum Nr.?, Verletztenzahl?, Schweregrad?
- Verletztenanhängekarten mit Pat. Nr.
- **Keine Behandlungsmaßnahmen!**
  (außer Stillen kritischer Blutungen und stabile Seitenlage)
- Rettung eines Verletzten in sichere Bereiche
- Anweisungen: Sicher / Fertig / Weiter
- Polizei hat eine reine Sicherungsaufgabe
- Abbruch ist jederzeit möglich (Rückzug!)

Aufgabe Behandlungsteam

- Einsatzort / Raum wird von der EL RD zugewiesen
- RTW-Team oder RTW-Team + NA wird von der Polizei an / in den Einsatzort / Raum geführt (**Sandwich**)
- Keine Behandlung auf Fluren – Zimmer sind sicherer
- Patientenablage schaffen (Patienten zusammenführen)
- Schnelle Lagerung auf Tragetuch
- Einfache + lebensrettende Maßnahmen
- So wenig wie möglich, so viel wie nötig
- Effektiv arbeiten + Prioritäten setzen
- **Weitere Kräfte + Material nachführen lassen**

32

Crash-Rettung

- Schnelle Übernahme eines Patienten im gesicherten Bereich
- Bereich wird von der Polizei definiert

Beachte

- Klarer, einfacher Sprachgebrauch
- Wenn möglich häufige Lagemeldungen
- Absolute Funkdisziplin
- Informationen weitergeben
- **Kommunizieren!**
- Diszipliniertes Vorgehen und Arbeiten

Mentale Vorbereitung

- Alles ok?
- Konzentration auf die Aufgabe
- **Aufgabentreue!!!**

Stand: 11.01.2012

Abb. 32.4 (Fortsetzung)

32.7.5 Fazit und Ausblick

Durch die Fortbildungsveranstaltungen konnte eine deutlich erweiterte Lagebewertung bei real stattgefundenen Einsätzen festgestellt werden. Bereits beim Notrufeingang werden über die medizinischen Abfragestandards hinaus auch verstärkt eigensicherungsrelevante Umstände berücksichtigt. Auch vor Ort zeigte sich eine verbesserte Zusammenarbeit sowohl bei der Implementierung einer gemeinsamen Einsatzleitung als auch bei der Koordination der vorgehenden Kräfte.

Die Einsatzkräfte von Polizei und Rettungsdienst wiederholen dieses Einsatztraining spätestens alle drei Jahre. Es werden regelmäßig gemeinsame Einsatzübungen zu verschiedenen Lageszenarien durchgeführt und nachbereitet.

Derzeit wird an einem weiteren Konzept zur Zusammenarbeit aller BOS-Kräfte im Rems-Murr-Kreis zu den Einsatzkonstellationen im Zusammenhang mit Gefahrstoff- und Brandlagen gearbeitet, um auch dort eine noch größere Handlungssicherheit für alle beteiligten Einsatzkräfte zu erreichen.

Literatur

1. Active-Shooter-Booklet (2008) U.S. Department of Homeland Security, Washington, DC. http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/active_shooter_booklet.pdf bzw. U.S. Department of Homeland Security website: Active Shooter Preparedness, http://www.dhs.gov/active-shooter-preparedness
2. Joint Committee to Create a National Policy to Enhance Survivability From Mass Casualty Shooting Event (2013) Improving Survival from Active Shooter Events: The Hartford Consensus, April 2, 2013. Bull Am Coll Surg 98(6):14–6. http://www.naemt.org/Files/LEFRTCC/Hartford_Consensus.pdf
3. Joint Committee to Create a National Policy to Enhance Survivability From Mass Casualty Shooting Events (2013) Hartford Consensus II, July 11, 2013. Bull Am Coll Surg 98(9):18–22
4. Guide for Active Shooter and Mass Casualty Incidents (2013) U.S. Federal Emergency Management Agency/U.S. Fire Administration, Emmitsburg, MD. http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/active_shooter_guide.pdf
5. NAEMT (2008) Präklinisches Traumamanagement – Das PHTLS Konzept, 1. Aufl. Elsevier, München
6. Wipfler EJ, Campbell JE, Heiskell LE (2012) Tactical Medicine Essentials. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA
7. Stair RG, Polk DA, Shapiro GL, Tang N (2013) Law Enforcement Responder. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA
8. Mell HK, Sztajnkrycer MD (2005) EMS Response To Columbine: Lessons Learned. The Internet Journal of Rescue and Disaster Medicine 5(1)
9. Jansch A (2010) Taktische Notfallmedizin. Verlag für Polizeiwissenschaft, Frankfurt
10. Knacke PG (2006) Mit »Schildkrötentaktik« in die Amoklage: Kooperation von Polizei und Rettungsdienst am Einsatzort. Rettungsdienst 29: 364–367
11. Weiler J (2013) Einsatzlagen mit Nebel-, Rauch- oder Brandeinwirkung. Konzept für die Zusammenarbeit von Polizei und Feuerwehr im Rems-Murr-Kreis. Erhältlich über den Autor: juergen.weiler@polizei.bwl.de
12. Jacobs LM, Wade DS, McSwain NE (2013) The Hartford Consensus: THREAT, A Medical Disaster Preparedness Concept. J Am Coll Surg 217(5): 947–953
13. Bartels UE, Schmid F (2014) Der Leitende Notarzt bei Amoklagen. Notfall + Rettungsmedizin 17:243–248
14. Callaway DW, Smith ER, Cain J, et al. (2011) Tactical Emergency Casualty Care (TECC): Guidelines for the Provision of Pre-hospital Trauma Care in High Threat Environments. Journal of Special Operations Medicine 11(3): 1–20

Besondere Umgebungen

Kapitel 33 **Militärischer Einsatz in großer Höhe – 435**
M. Tannheimer

Kapitel 34 **Flugmedizin – 451**
G. Röper, J. Stier, J. Schwietring

Kapitel 35 **Tauchmedizin – 473**
R. Bohnen

Kapitel 36 **Warme Klimazonen – 485**
C. Neitzel, I. Ostfeld

Kapitel 37 **Vergiftungen durch Tiere – 503**
R. Lechner, F. Spies

Kapitel 38 **Kalte Klimazonen – 521**
U. Unkelbach, C. Neitzel, T. Schuck, E. Meister

Militärischer Einsatz in großer Höhe

M. Tannheimer

33.1 Einführung – 436

33.2 Physiologische Grundlagen und Einteilung in Höhenstufen – 437

33.2.1 Mittlere Höhe – 437

33.2.2 Große Höhe – 438

33.2.3 Extreme Höhe – 438

33.2.4 Höhentaktik – 438

33.3 Formen der Höhenkrankheit und deren Therapie – 440

33.3.1 Akute Bergkrankheit – 440

33.3.2 Höhenhirnödem – 440

33.3.3 Höhenlungenödem – 441

33.3.4 Schlafstörungen – 441

33.4 Quantifizierung der Höhenkrankheit – 442

33.4.1 Anwendung der Pulsoxymetrie – 442

33.5 Therapie der Höhenkrankheit – 443

33.6 Aktuelle Problemfelder und Lösungsansätze – 446

33.7 Tipps und Tricks – 449

Literatur – 450

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_33, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

33.1 Einführung

Beim militärischen Einsatz in der Höhe haben die Einsatzkräfte mit unterschiedlichen »Gegnern« zu tun – den bewaffneten und der nicht minder gefährlichen Natur. Die speziellen Anforderungen des militärischen Einsatzes im Gebirge wurden erstmalig von Carl von Clausewitz (1780–1831) in seinem Buch »Vom Krieg« analysiert. Für den menschlichen Organismus unterschied er bereits damals zwischen den direkten Kriegseinwirkungen durch Waffen und den indirekten Kriegseinwirkungen durch die Umweltbedingungen. Die Dolomitenfront des 1. Weltkriegs reichte bis knapp an die 4000-m-Marke (Ortler, Adamello, Presanella, Marmolada) heran. Trotz einer bis dahin nie gekannten Materialschlacht mit Trommelfeuer und Sprengung ganzer Berggipfel (z. B. Lagazuoi, Col di Lana) starben laut übereinstimmenden Berichten an dieser Gebirgsfront 1915–1918 zwei Drittel der Kämpfenden durch die Auswirkungen der Hochgebirgsnatur, z. B. Krankheit. »Nur« ein Drittel der Opfer ist auf direkte militärische Einwirkung zurückzuführen. Allein Lawinen sollen insgesamt rund 60.000 Menschen, Hunger, Krankheit und Entkräftung etwa 100.000 Menschen das Leben gekostet haben [9].

Der höchste jemals bekannt gewordene militärische Einsatz war die Besteigung des 7.422 m hohen Sia Kangri durch eine pakistanische Einheit unter Führung von Yusaf Khan im Jahr 1988 unter indischem Beschuss. In heutigen Einsätzen, z. B. in Afghanistan, liegt die typische Einsatzhöhe im Gebirge zwischen 2.000 und 4.500 m, in Einzelfällen sind Einsätze in Höhen über 6.000 m durchgeführt worden, z. B. durch britische Spezialeinheiten ebenfalls in Afghanistan.

Nach wie vor stellen die durch die Gebirgsnatur bedingten Faktoren (Kälte, Erschöpfung, Dehydratation, Hygiene, Strahlung, Berggefahren, Unfälle und Verletzungen), aber v. a. logistische Probleme mit langen Bergezeiten und Transportwegen eine große medizinische Herausforderungen dar. Seit den Schilderungen von Clausewitz hat sich hinsichtlich des militärischen Einsatzes in großen Höhen wenig getan. Allerdings spielte damals die Höhenkrankheit eine unbedeutende Rolle, da die Aufstiegsgeschwindigkeit langsamer war und sich die dort eingesetzten Soldaten zumeist aus den Einheimischen der Gebirgstäler rekrutierten. Dies ist in den aktuellen Einsatzszenarien, z. B. in Afghanistan, genau umgekehrt. Unsere Soldaten sind in der Regel in niedriger Höhe stationiert und treffen daher ohne Akklimatisation auf einen an die Höhe bestens adaptierten Gegner, der zudem über fundierte Gelände- und Ortskenntnisse verfügt. Hinzu kommt die schwere Schutzausrüstung, die bei der höhenbedingt eingeschränkten körperlichen Leistungsfähigkeit besonders »ins Gewicht fällt«.

Militärische Einsätze in Gebirgsregionen unterscheiden sich in wesentlichen Punkten vom zivilen Bergsteigen: Der Soldat muss in der Einsatzhöhe topfit sein – und das über längere Zeit. Diese lange Expositionszeit in der Höhe ist ein wichtige Ursache der **Höhenkrankheit**, denn sie tritt typischerweise mit einer Verzögerung (Latenzzeit) von etwa 6–48 h auf. Der zivile Bergsteiger hat in diesem Zeitraum den Gipfel längst wieder verlassen.

Die Schlafhöhe und nicht die maximal erreichte Gebirgshöhe ist für die Höhenkrankheit und damit für die Akklimatisationstaktik entscheidend.

Neben dem Verbleib und der Auftragserfüllung in der Höhe sind **taktische Vorgaben** und die oft sehr **rasche Aufstiegsgeschwindigkeit**, z. B. mit Hubschrauber (Problem des »vertical maneuver«), weitere wesentliche Unterschiede zum zivilen Bergsteigen. Der am häufigsten gemachte Fehler ist, dass die Risikobewertung eines militärischen Einsatzes anhand der gängigen Praxis beim zivilen Bergsteigen durchgeführt wird, obwohl sich diese beiden Szenarien grundsätzlich voneinander unterscheiden (Tab. 33.1).

Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass Soldaten ausgesprochen anfällig für die Höhenkrankheit sind [1, 18]. Hierzu liegen umfangreiche Daten vor. So sind ein 2 %iger höhenkrankheitsbedingter Komplettausfall innerhalb der ersten 3 Tage nach Verlegung in eine Höhe zwischen 2.000 m bis 2.500 m bei US-Marines [16] sowie von 8,3 % in einer Höhe zwischen 3.350 m und 5.500 m bei der indische Armee [17] dokumentiert. In der US-Army trat in einem Höhenbereich zwischen 2.000–3.960 m in 20–70 % die **akute Bergkrankheit** (AMS, »acute mountain sickness«) auf. Die erkrankten Soldaten sind (wenn überhaupt) allenfalls nur noch bedingt einsatzfähig.

Tab. 33.1 Grundsätzliche Unterschiede des zivilen Bergsteigens und des militärischen Einsatzes in der Höhe (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Zivil	Militärisch
Kurze Gipfelexposition	Verbleib in der Höhe
Keine Feindeinwirkung	100 %ige Einsatzfähigkeit
Selbst gewähltes Aufstiegstempo, individuelle Akklimatisierung möglich	Taktische Vorgaben, schnelles Aufstiegstempo, Einsatz als Gruppe, evtl. Hubschrauber
Lange Vorbereitung	Zeitkritische Einsätze
Minimalgepäck	Hohes Gewicht
Umkehr/Abbruch möglich (z. B. witterungsbedingt)	Auftragserfüllung, Gefahr der Aufklärung

Der bekannte Höhenphysiologe James Milledge beschreibt das Befinden einer AMS-Erkrankung sehr treffend mit »Nobody dies from a mild AMS, but many wish they could«.

Gerade die Soldaten des KSK (Kommando Spezialkräfte) wurden und werden regelmäßig in Afghanistan in Höhen bis zu 4.500 m eingesetzt. Aktuelle Zahlen des 274th FST (»Forward Surgical Team«), welches 90 % aller US-Kriegsopfer während der ersten Phase (14. Oktober 01–8. Mai 02) der »Operation Enduring Freedom« versorgte, unterstreichen die große wehrmedizinische Bedeutung dieser Thematik. So waren 14,3 % aller Ausfälle während der »Operation Anaconda« (Höhe bis 3.191 m), welche als das heftigste Feuergefecht seit dem Vietnamkrieg in die Geschichte einging, allein durch die Höhenkrankheit bedingt, weitere 24,5 % der Ausfälle wurden durch Unfälle im unwegsamen alpinen Gelände verursacht [14]. Die NATO beschäftigte sich aus diesem Grund mit der Höhenmedizin und veranlasste 2006 ein Meeting internationaler Experten in Kirgistan [12]. In der Bundeswehr wurde auf Befehl des Inspekteurs San extra der Lehrgang »Höhenmedizin für Sanitätspersonal« eingerichtet, um Sanitätsoffiziere höhenmedizinisch für den Einsatz auszubilden.

33.2 Physiologische Grundlagen und Einteilung in Höhenstufen

Eine umfassende Darstellung der physikalischen Grundlagen und der physiologischen Auswirkungen der Höhe würde den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Die wesentlichen Punkte werden grob angerissen.

Die Zusammensetzung der Luft ist in großen Höhen und im Flachland identisch, d. h. der Sauerstoffanteil beträgt 20,9 %. Aber: der Luftdruck nimmt mit steigender Höhe ab und die Luft dehnt sich entsprechend den Gasgesetzen aus, sie wird »dünner«. Daher sind pro Volumeneinheit Luft weniger Gas- und Sauerstoffmoleküle enthalten und der Mensch nimmt somit pro Atemzug weniger Sauerstoff auf. Es kommt zur Hypoxie, daraus folgt u. a. eine Leistungsreduktion.

33.2.1 Mittlere Höhe

Bis etwa 1.500 m über Meeresniveau ist diese Leistungsreduktion nur geringfügig ausgeprägt. Oberhalb dieser Höhe (mittlere Höhe) sind die sofort einsetzenden Kompensationsmaßnahmen (Hyperventilation, Tachykardie) des Organismus bei maximaler Belastung nicht mehr ausreichend und die VO_{2max} als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit nimmt dann um etwa 1 % pro 100 Höhenmeter ab. Diese Abnahme ist bei hochtrainierten Ausdauerathleten ausgeprägter als bei untrainierten Personen.

Auch bei vollständiger Akklimatisation kommt es in einer Einsatzhöhe von 4.000 m zu einer um 25 % reduzierten Ausdauerleistungsfähigkeit.

33.2.2 Große Höhe

Die Schwellenhöhe von 2.500 m markiert den Übergang zur großen Höhe. Dieser Höhenbereich reicht bis 5.300 m. Hier sind die Sofortanpassungsmechanismen des Organismus nicht mehr ausreichend und eine Akklimatisation ist erforderlich. Es sind sogar Fälle des lebensbedrohlichen **Höhenlungenödems** (HAPE) in dieser Höhe beschrieben [2, 8]. Das ohne schnell eingeleitete Therapie häufig tödliche **Höhenhirnödem** (HACE) ist in 2.500 m Höhe selten (0,01 %) in 4.000 m beträgt die Inzidenz bei Soldaten und Bergsteigern bereits 1–2 % [4]. Die Inzidenz der AMS liegt auf 2.500 m Schlafhöhe bei etwa 10–15 %, in 3.000 m bei mehr als 20 %. Unter 2.500 m Schlafhöhe kommt AMS nur selten vor [1].

Die notwendige Hyperventilation führt in der Höhe zur periodischen Atmung. Dieser Atmungstyp ist in der Rettungsmedizin als Cheyne-Stokes-Atmung bekannt. In der Höhe über 3.000 m tritt sie häufig v. a. im Schlaf auf. Durch die höhenbedingte Hyperventilation kommt es zu einer vermehrten Abatmung von CO_2 (respiratorische Alkalose) und damit zu einer relativen Hemmung des Hauptatemzentrums in der Medulla oblongata. Die Atemaussetzer betragen 10 s bis zu 1 min und werden von Personen, die dieses häufige Höhenphänomen noch nicht kennen als bedrohlich empfunden. Es kommt dabei zu einem Abfall des pO_2, wodurch im Glomus caroticum (»Ersatzatemzentrum«) als eine Alarmreaktion wieder tiefe Atemzüge ausgelöst werden. Diese führen wiederum zu einer weiteren CO_2-Abatmung, sodass sich das Phänomen der periodischen Atmung selbst erhält. Die eigentlich harmlose periodische Atmung selbst ist kein Symptom der Höhenkrankheit und sie tritt auch nach erfolgreicher Akklimatisation häufig weiterhin auf. Allerdings kann sie den Schlaf massiv beeinträchtigen.

33.2.3 Extreme Höhe

Die extremen Höhen über 5.300 m spielen militärisch eine untergeordnete Rolle. An diese Höhe kann sich der Organismus nicht mehr vollständig akklimatisieren, deshalb ist ein Daueraufenthalt nicht möglich. Nur eine mit zunehmender Höhe immer massivere Hyperventilation ermöglicht einen befristeten Aufenthalt. Die maximale Aufenthaltsdauer nimmt mit steigender Höhe immer weiter ab. Sie ist ab etwa 7.500 m nur noch so kurz, dass häufig plakativ von der »Todeszone« gesprochen wird.

Die in der Höhe (überlebens-)notwendige Hyperventilation führt jedoch zu einer Abatmung von CO_2 und damit zu einer massiven Störung des Säure-Basen-Haushalts (pH-Wert). Der pH-Wert hat wiederum einen entscheidenden Einfluss auf die Enzymfunktion und damit auf alle Stoffwechselvorgänge, jede Körperzelle ist davon betroffen. Somit wirken sich die Höhenhypoxie und die daraus hervorgerufenen Störungen elementar auf den gesamten Organismus aus, und diese Umstellung erfordert Zeit. ◘ Abb. 33.1 zeigt bewährte Akklimatisationsprofile. Je nach individueller Höhenempfindlichkeit kann ein schnelles oder ein eher langsames gewählt werden.

Tipp

Die zuverlässigste Abschätzung, zu welchem Akklimatisationstyp der einzelne gehört, gelingt durch wiederholte Höhenexposition und der daraus gewonnen Erfahrung.

Im militärisch relevanten Höhenbereich zwischen 2.000 und 4.500 m sind nur wenige Tage zur Akklimatisation notwendig. Allerdings ist die Zielsetzung dieser Akklimatisationsempfehlungen nicht eine bestmögliche körperliche Leistungsfähigkeit oder die Vermeidung aller Höhensymptome, sondern die weitestgehende Verhinderung schwerer Höhenkrankheit (schwere AMS, HAPE oder HACE), welche zum Abstieg zwingen. Demzufolge dauert die Akklimatisationsphase für einen militärischen Einsatz in der Höhe, wenn dort z. B. mit Kampfhandlungen zu rechnen ist, etwa 2–4 Tage länger.

33.2.4 Höhentaktik

Nun stellt sich die Frage, wie lange die einmal erlangte Akklimatisation anhält. Erfahrungsgemäß profitieren die Einsatzkräfte vollständig von einer früheren Akklimatisation, wenn die Zeitspanne

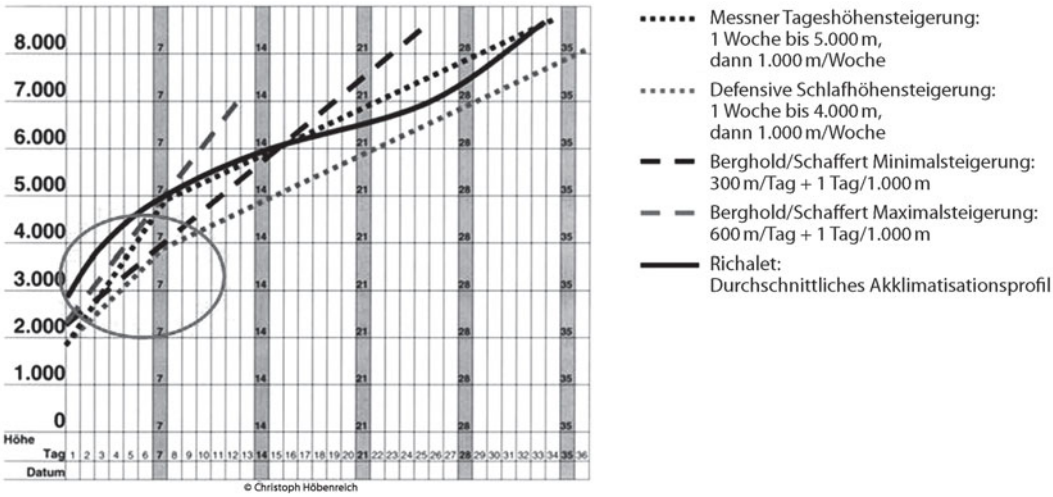


Abb. 33.1 Höhen-Zeit-Profil: Gängige Empfehlungen zur Steigerung der täglichen Schlafhöhe beim Höhenbergsteigen. Der Kreis markiert den für militärische Einsätze in der Höhe relevanten Höhenbereich. (Adaptiert nach [6])

zwischen dem Unterschreiten der Schwellenhöhe und dem späteren erneuten Überschreiten nicht mehr als 7–12 Tage beträgt. Diese Zeitspanne von über einer Woche eröffnet Handlungsspielräume beim militärischen Einsatz.

Der legendäre Höhenphysiologen Charles S. Houston hat folgende goldenen Regeln der Höhentaktik geprägt:

- »Don't go too high too fast« (nicht zu schnell zu hoch steigen)!
- »Go high enough to get acclimatized« (gehe hoch genug, um einen Akklimatisationsreiz zu setzen)!
- »Don't stay too high too long« (bleibe nicht zu lange zu hoch oben)!
- »Go high, sleep low« (tagsüber hoch, Schlafhöhe tief)!

Diese werden heute noch ergänzt durch die Empfehlung, anaerobe Anstrengungen (z. B. Zwischensprints, Maximalkraftanstrengungen, Tätigkeiten mit Pressatmung) unbedingt zu vermeiden.

Mit der schweren militärischen Ausrüstung wird die anaerobe Schwelle schnell erreicht. Als Zeitbedarf in akklimatisiertem Zustand muss von 1 h pro 4 Entfernungskilometern sowie zusätzlich von 1 h pro 300 Höhenmetern im Aufstieg bzw. 500 Höhenmetern im Abstieg ausgegangen werden.

Um in einer Höhe von 4.500 m Tätigkeiten wie Schweizer Flaschenzug oder das Tragen einer Person im Rahmen der Selbst- und Kameradenhilfe durchführen zu können, sind in Meereshöhe eine Leistungsfähigkeit von 3,5 Watt/kg Körpergewicht erforderlich. Als Minimalanforderung ist für Soldaten, die in der Höhe eingesetzt werden müssen, eine Leistungsfähigkeit in Meereshöhe von 3 Watt/kg Körpergewicht notwendig.

Die **Akklimatisation erfolgt immer stufenweise**. Überschreitet man die Schwellenhöhe, erfolgt die Akklimatisation an diese Höhe. Steigt man dann höher, muss an die neue Höhe erneut akklimatisiert werden. Idealerweise wird die Schlafhöhe täglich um 300 m gesteigert (Abb. 33.1). Allein schon die Steigerung der Schlafhöhe von 300 auf 400 m täglich führt zu einer nachgewiesenen **4fach erhöhten** AMS-Rate [1]. Oft zwingen unterschiedlichste Gründe (z. B. Gelände oder Auftrag) zu einer deutlich stärkeren Steigerung. In diesen Fällen ist dann eine weitere Nacht auf dieser neu erreichten Höhe erforderlich.

Die Akklimatisationsphase hat nicht die vollkommene Symptom-/Beschwerdefreiheit zum Ziel. Es darf und soll tagsüber durchaus ein entsprechender Hypoxiereiz gesetzt werden. Die Schlafhöhe sollte bei Symptomen nicht weiter gesteigert werden!

Tipp

Viele Höhenbergsteiger empfinden es für die Akklimatisation als vorteilhaft, nach Erreichen des Lagers und einer kurzen Rast noch ohne Gepäck etwa 100–200 Höhenmeter weiter zu steigen. Dies sollte allerdings nur durchgeführt werden, wenn man sich wohl fühlt und es das Gelände erlaubt.

Ein weit verbreiteter Irrglaube ist, dass körperliche Fitness vor Höhenkrankheit schützt. **Fitness** und **Höhenkrankheit** sind **unabhängig** voneinander. Eher ist das Gegenteil der Fall: körperlich fitte Personen werden schneller höhenkrank, da sie tendenziell zu schnell und zu hoch aufsteigen.

Dass dieser Sachverhalt oft nicht bekannt ist, belegt der Auszug aus dem Interview mit dem erfahrenen Kommandeur der Task Force Rakkasan während der Operation Anaconda.

» Bay: »How did you train troops for high altitude operations?«

» Wiercinski: »It's fitness, that part first, maintaining absolute fitness, aerobic, anaerobic, and strength training. Not only running but a lot of road marching with loads.«

Selbstverständlich ist ein hohes Maß an Fitness (Ausdauerleistungsfähigkeit und Kraft) die Grundvoraussetzung, damit auch bei der trotz vollständiger Akklimatisation ab 1.500 m abnehmenden Ausdauerleistungsfähigkeit noch genügend Reserven vorhanden sind. Aber unabdingbar für einen Einsatz in der Höhe ist die Akklimatisation an diese Höhe.

Während der Höhenexposition ist die Zeit des Fitnesstrainings vorbei, ab jetzt geht es nur noch um die Akklimatisation.

Während der Akklimatisationsphase gilt das **Prinzip der Unterforderung:**

- Der Aufstieg sollte mit Puls <120, d. h. mit einem Leistungsgrad von 50–60 % durchgeführt werden. Bei sehr jungen Einsatzkräften (jünger als 20 Jahre, Maximalpuls >200/min) kann diese Grenze bis auf 140 erhöht werden.
- Pressatmung und anaerobe Belastungen müssen vermieden werden.
- Praktische Zeichen einer erfolgten Akklimatisation sind:
  - die wieder auf den persönlichen Normwert gesunkene Ruheherzfrequenz
  - vermehrtes (oft nächtliches) Urinieren
  - wiedererlangen der Ausdauerleistungsfähigkeit (beachte 10 % Abfall pro 1.000 m siehe oben)
  - vertiefte Atmung in Ruhe und unter Belastung

33.3 Formen der Höhenkrankheit und deren Therapie

Einige, immer wieder auftretende Höhenkrankheiten werden nachfolgend beschrieben.

33.3.1 Akute Bergkrankheit

Bei der AMS treten als Leitsymptom häufig Kopfschmerzen, verbunden mit Schlafstörungen, einem ungewohnten Leistungsverlust und Appetitlosigkeit auf. Der Ruhepuls ist erhöht (ca. 15–20 Schläge), weiter Symptome sind Übelkeit mit Erbrechen und Hautödeme (z. B. Gesicht). In der Regel tritt sie mit einer Latenzzeit von 6–48 h meist aus völliger Gesundheit auf und verschwindet in den meisten Fällen nach 1–2 Tagen.

Kopfschmerz tritt bei AMS so häufig auf, dass er zum Leitsymptom geworden ist. In den meisten Fällen tritt aber der Leistungsverlust früher als der Kopfschmerz ein – dieser wird nur meist übersehen oder ignoriert.

» »I was unable to sleep and passed so bad a night that I would not wish it on my worst enemy«

» Dr. Jacottet on Mont Blanc 1881

33.3.2 Höhenhirnödem

HACE hat vermutlich den gleichen Pathomechanismus (Entstehungsursache im Körper) wie AMS. Vermutet wird eine hypoxische Störung der Membranfunktion, welche zu einem Ödem führt. Diese

Schwellung in Kombination mit einer gesteigerten hypoxieinduzierten Gehirndurchblutung reizen die Hirnhäute, dies führt zu den typischen Kopfschmerzen. Bei weiterer Ödemzunahme kommt es zur Hirndruckerhöhung und neurologischen Symptomen. Per MRT (Magnetresonanztomographie) konnte diese Flüssigkeitszunahme im Gehirn nachgewiesen werden. Der Übergang von AMS zu schwerer AMS hin zum HACE ist fließend, der Patient ist auch für den Laien offenkundig schwerstkrank. Als Leitsymptom gilt die Ataxie (Gleichgewichts- und Koordinationsstörung) die zu den AMS-Symptomen hinzukommt. Ebenso können vielfältige neurologische Symptome wie Halluzinationen und vernunftwidriges Verhalten hinzukommen, aber auch Erstsymptome sein. HACE endet häufig tödlich und ist oft mit dem Höhenlungenödem kombiniert.

33.3.3 Höhenlungenödem

Der Pathomechanismus des Höhenlungenödems (»high altitude pulmonary edema«, HAPE) basiert auf einem ansteigenden Blutdruck im Lungenkreislauf. Diesem Druck können die Lungengefäße (Niederdrucksystem) nicht standhalten, es kommt zu kleinen Lecks und zur Ödembildung zwischen Kapillare und Alveole. Dadurch wird der Gasaustausch (O_2 stärker als CO_2) beeinträchtigt und die Höhenhypoxie verstärkt sich weiter. Die betroffenen Patienten sind schwerstkrank. Atemnot und Lufthunger/Luftnot sind Alarmsymptome. Der **plötzliche** (unerklärliche) **Leistungsabfall** ist typischerweise das Leitsymptom des HAPE. HAPE ist dabei gar nicht so selten wie oft angenommen. Gabry hat von 1992–2000 52 HAPE-Fälle in den französischen Skigebieten (1400–2400 m) dokumentiert (28). Auch in Deutschland ist ein HAPE-Fall auf dem Jubiläumsgrat (Verbindungsgrat Zugspitze – Alpspitze) beschrieben.

Der in der kalten trockenen Höhenluft sehr häufige trockene Höhenhusten hat für sich allein nichts mit HAPE zu tun. Allerdings kann der Höhenhusten so stark werden, dass es dadurch zu Rippenfrakturen kommt.

Zur Linderung des Hustens, aber auch bei kritischen Operationen, können Codeinpräparate erwogen werden, um diesen verräterischen Husten etwas einzudämmen. Es ist aber zu bedenken, dass sie atemdepressiv sind und häufig nicht ausreichend wirken.

Ist die SaO_2 (SaO_2 = Sauerstoffsättigung) auffällig niedrig, lässt man die betroffene Person bewusst hyperventilieren. Steigt dann die SaO_2 nicht deutlich (mindestens 5–10 %-Punkte) liegt eine massive Diffusionsstörung (Übertritt von O_2 aus den Lungenbläschen in die Blutkapillaren) vor, und es droht HAPE. Dieser Patient muss, auch wenn ansonsten nur geringe Symptome vorliegen, in tiefere Lagen gebracht werden.

In 3.000 m Höhe weist eine SaO_2 <90 % auf eine ungenügende Akklimatisation hin. AMS und HAPE gehen immer mit einer erheblichen Entsättigung einher.

Tipp

Die SaO_2 ist oft individuell unterschiedlich (unterschiedliche Werte auf gleicher Höhe und bei gleicher Akklimatisation), daher kann der Vergleich innerhalb der Gruppe zu falschen Rückschlüssen führen. Der individuelle Verlauf ist aussagekräftiger, deshalb am besten tägliche Routinemessung mit dem Pulsoxymeter durchführen, um einen plötzlichen Sättigungsabfall zu erfassen.

Typischerweise treten HAPE oder HACE häufig in der 2. Nacht auf einer neuen Höhe bzw. in der 4. Nacht nach dem Überschreiten der Schwellenhöhe auf. Eine AMS muss dabei nicht vorausgegangen sein [1].

33.3.4 Schlafstörungen

Schlafstörungen sind in der Höhe sehr häufig. Durch den Sauerstoffmangel befindet sich der Organismus in einer Alarmsituation und dies führt zur Ausschüttung von Stresshormonen. Diese verbessern durch ihre Wirkung auf Herz und Lunge die Sauerstoffversorgung des Gewebes. Am deutlich erhöhten Ruhepuls kann jeder diese Wirkung spüren und messen. Die Schlafstörungen sind direkte

Folge dieser Stresshormone und für die betroffenen Personen häufig sehr belastend. Keinesfalls empfiehlt sich die Einnahme von Schlafmedikamenten oder Alkohol. Beides wirkt sich in der Höhe ungünstig aus und ist gefährlich, denn sie senken den Atemantrieb und verschärfen dadurch die Hypoxie. Für den Organismus ist in diesem Fall die durch die Stresshormone verbessere Sauerstoffversorgung erholsamer als ein erzwungener narkoseartiger Schlaf. Beispielsweise wird, wie unten aufgeführt, das mit dem Coffein eng verwandte Theophyllin erfolgreich zur Schlafverbesserung eingesetzt. In der Höhe ist eben alles anders!

Vom ehemaligen Präsidenten der österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin Prof. Dr. Franz Berghold stammt folgendes Zitat:

» »Höhenkrankheit tritt nie schicksalshaft auf, sondern ist fast immer die Folge gravierender höhentaktischer Fehlentscheidungen. Zahlreiche Analysen schwerer und tödlicher Höhenanpassungsstörungen zeigen mit erschütternder Regelmäßigkeit, dass zuvor gegen eine, meist sogar gegen mehrere Regeln der Höhentaktik verstoßen wurde und dass außerdem die daraus resultierenden Frühzeichen bagatellisiert, verschwiegen, missachtet und ohne rechtzeitige Konsequenzen geblieben sind.«

Beim militärischen Einsatz, insbesondere von kleinen Spezialeinheiten, gefährdet bereits ein höhenkranker Soldat den gesamten Einsatz und bringt damit nicht nur sich selbst, sondern auch seine Kameraden in Lebensgefahr. Diese Problematik sollte in der Vorbereitungsphase thematisiert werden, denn Corps-Geist, die Bedeutung von Stärke und Durchhaltefähigkeit im sozialen Gefüge und die hohe Motivation, besonders von Spezialeinheitssoldaten, führen dazu, eigene Symptome herunterzuspielen.

Die fünf »goldenen Regeln« der Himalayan Rescue Association

- Jeder kann höhenkrank werden, aber niemand muss daran sterben.
- Jede Gesundheitsstörung in der Höhe muss so lange als Höhenkrankheit gelten, solange nicht das Gegenteil bewiesen ist.
- Bei AMS-Symptomen kein weiterer Aufstieg.
- Wenn es dir schlechter geht, steige sofort ab
- Personen mit AMS dürfen nie allein gelassen werden.

33.4 Quantifizierung der Höhenkrankheit

Eine weit verbreitete Möglichkeit, den Schweregrad der Höhenkrankheit zu quantifizieren, ist der Lake Louise Score [5]. Die beim Ausfüllen dieses Fragebogens (Tab. 33.2 und Tab. 33.3) notwendige Selbstreflektion der eigenen Symptome ist ein gewollter Nebeneffekt. Er ermöglicht bei täglichem (am besten morgendlichen) Ausfüllen eine gute Verlaufsbeobachtung. Der Aufwand ist gering, daher sollte er bei Höhenausbildungen generell von allen Teilnehmern ausgefüllt werden. Bei einem militärischen Einsatz in der Höhe muss im Einzelfall entschieden werden, ob er verwendet wird oder nicht, denn je höhenerfahrener die Einsatzkräfte sind, desto weniger sind derartige Hilfsmittel erforderlich.

33.4.1 Anwendung der Pulsoxymetrie

Die SaO_2-Messung sollte immer am selben Finger (Zeigefinger) durchgeführt werden. Der Finger muss warm sein (zuvor unter die Achsel klemmen). Wegen der in der Höhe typischen periodischen Atmung schwankt die vom Pulsoxymeter angezeigte SaO_2, deshalb muss über einen längeren Zeitraum (1–2 min) gemessen und der Mittelwert für diese Messperiode abgeschätzt werden. Der Untersuchte sollte während der Messung nicht auf die Anzeige schauen, um eine Beeinflussung durch Hyperventilation zu vermeiden.

Der Untersucher muss bei der Messung immer auf Hyperventilation achten.

Ausdauerathleten weisen in Ruhe mitunter inadäquat niedrige SaO_2-Werte auf. Passen auffällig

Tab. 33.2 Der Lake Louise Score. Punkte 1–5: Selbstbeurteilungsabschnitt. Summe ≥4: Verdacht auf AMS. (Nach [11])

1. Kopfschmerz	0: Kein Kopfschmerz 1: Geringer Kopfschmerz 2: Mäßiger Kopfschmerz 3: Massiver Kopfschmerz
2. Gastrointestinale Symptome	0: Normaler Appetit 1: Appetitlosigkeit oder leichte Übelkeit 2: Mäßige Übelkeit oder Erbrechen 3: Schwerste Übelkeit oder Erbrechen
3. Müdigkeit und/oder Schwäche	0: Keine Müdigkeit oder Schwäche 1: Geringe Müdigkeit/Schwäche 2: Mäßige Müdigkeit/Schwäche 3: Schwere Müdigkeit/Schwäche
4. Schwindel	0: Kein Schwindel 1: Leichter Schwindel 2: Mäßiger Schwindel 3: Schwerer Schwindel
5. Schlafstörungen	0: Normaler, gewohnter Schlaf 1: Ungewohnte Schlafstörung 2: Schwere Schlafstörungen, häufiges Aufwachen 3: Völlige Schlaflosigkeit

Tab. 33.3 Zusätzlich wurden für begleitende Ärzte die Punkte 6–9 aufgenommen. Ab einer Gesamtsumme von = 5 besteht der Verdacht auf AMS. (Nach [11])

6. Bewusstsein	0: Ungestörtes Bewusstsein 1: Lethargie, Apathie 2: Verwirrtheit, Desorientierung 3: Somnolenz, Bewusstlosigkeit 4: Koma
7. Ataxie (Fersen-Zehen-Gehen)	0: Keine Gleichgewichtsstörung 1: Leichte Gleichgewichtsstörungen 2: Aus der Linie treten 3: Niederfallen 4: Stehunfähigkeit
8. Periphere Ödeme	0: Keine periphere Ödeme 1: Periphere Ödeme an einer Stelle 2: Periphere Ödeme an mehreren Stellen
9. Wie beeinträchtigen diese Punkte die Leistungsfähigkeit	0: Keine Leistungseinschränkung 1: Geringe Leistungseinschränkung 2: Mäßiger plötzlicher Leistungsabfall 3: Schwerer plötzlicher Leistungsabfall

niedrige SaO_2-Ruhewerte nicht in das klinische Bild, sollte diese Person leichte körperliche Tätigkeit (z. B. Herumlaufen oder 5 Kniebeugen) durchführen und anschließend erneut gemessen werden. Liegt diese Messung höher, wird dieser Wert verwendet. Ein derartiger Befund spricht für eine bereits solide Akklimatisation. Ein weiterer Abfall der SaO_2 bei dieser moderaten körperlichen Belastung ist hingegen ein Alarmzeichen.

33.5 Therapie der Höhenkrankheit

Bei der Höhenkrankheit kann eine leichte und eine schwere Form der AMS unterschieden werden. Bei der **leichten Form** kann man auf der jeweiligen Höhe abwarten und den Zustand des Betroffenen beobachten. Bei der **schweren Form** der AMS muss abgestiegen werden.

Bei allen schweren Formen der Höhenkrankheit gilt der Abstieg bis zur letzten beschwerdefreien Schlafhöhe als kausale Therapie der Wahl.

Ist die beschwerdefreie Schlafhöhe nicht bekannt, muss zumindest auf die Höhe abgestiegen werden, in der 2 Nächten zuvor geschlafen wurde.

Bei HAPE oder HACE gelten folgende Therapiemaßnahmen:

- Jegliche körperliche Anstrengung vermeiden.
- Den Patienten mit dem Hubschrauber evakuieren. Ist dies nicht möglich muss er getragen werden
- Transport muss in aufrechter Oberkörperposition erfolgen, damit der Druck im Lungenkreislauf nicht weiter steigt.
- Patient muss warm gehalten werden.

Als wichtigster Therapiebaustein bei der AMS gilt, keinen weiteren Aufstieg durchzuführen, sondern ein Ruhetag einzulegen.

Bei einer Befundverschlechterung muss abgestiegen werden.

Neben den Sofortmaßnahmen Ruhe und Abstieg bzw. Abtransport sind folgende Therapiemöglichkeiten von nachgeordneter Bedeutung und dienen lediglich dazu, den Patient transportfähig zu bekommen bzw. die Zeit bis zu einem möglichen Abstieg zu überbrücken. Keinesfalls dürfen diese Maßnahmen den sofortigen Abstieg relevant verzögern:

Grundsätzlich sinnvoll ist die **Gabe von Sauerstoff** mit einer Flussrate, um eine SaO_2 von 90 % zu erreichen (z. B. initial 6–10 l/min, anschließend 2–4 l/min).

Die Therapie mit Sauerstoff ist immer sinnvoll, sie ist allerdings v. a. durch die mangelnde Verfügbarkeit von Flaschensauerstoff limitiert. Daher muss eine Befundbesserung für den raschen Abstieg genutzt werden!

Eine elegante Therapie ist die Verwendung eines **Überdrucksackes**, in den der Patient gelegt wird. Durch Aufpumpen mit Umgebungsluft wird der Druck im Sack erhöht und so ein beachtlicher »Abstieg« von 2.000–2.500 m simuliert. Die Behandlungsdauer sollte zwischen 60 und 120 min betragen. Auch hier muss die Befundbesserung für den sofort anschließenden Abstieg genutzt werden. Das Gewicht eines solchen Sacks liegt bei akzeptablen 4,8 kg (CERTEC Bag) und 6,5 kg (GAMOW Bag). Probleme liegen in der Verfügbarkeit, meist ist der Sack nicht am Ort des Bedarfs, und es kann immer nur ein Patient pro Sack behandelt werden. Das permanente Pumpen bindet mindestens zwei Kameraden ein, und es ist körperlich anstrengend. So einfach das Prinzip klingt, die Anwendung muss zuvor intensiv geschult werden. Es sind bereits Personen bei der Überdrucksacktherapie verstorben, weil nicht genügend Frischluft zugepumpt wurde. Platzangst oder Übelkeit und Erbrechen (typische Höhensymptome) sowie die fehlende direkte Kontaktmöglichkeit sind weitere Problemfelder. Druckausgleichsprobleme können in der Regel effektiv mit abschwellendem Nasenspray behandelt werden, der Druck darf nur nicht zu schnell wieder abgelassen werden. Nützlich sind ein am Patient angeschlossenes und durch das Beobachtungsfenster sichtbares Pulsoxymeter sowie ein im Sack platzierter Höhenmesser als Minimalmonitoring und zur Erfolgskontrolle.

Eine immer verfügbare Therapiemöglichkeit ist das **Ausatmen gegen die Lippenbremse**, auch Auto-PEEP (PEEP = »positive endexpiratory pressure«) genannt. Hierbei schließt der Patient die Lippen soweit, dass nur noch ein kleiner Luftstrahl unter Druck mit Einsatz der Bauchmuskulatur entweichen kann. Der Luftstrahl sollte so stark sein, dass er in 30 cm am Handrücken noch gefühlt werden kann. Nun wird streng nach Armbanduhr innerhalb 2 s eingeatmet und innerhalb 8 s Auto-PEEP ausgeatmet. Idealerweise wird an den Patienten ein Pulsoxymeter angeschlossen. Die Behandlung wird über 30 min durchgeführt, anschließend 90 min Pause. Dieser 2-h-Rhythmus wird fortgeführt. Der Betroffene sollte dabei mit erhöhtem Oberkörper liegen oder sitzen. Auto-PEEP-Atmung ist anstrengend, wird aber in der Regel von höhenkranken Personen dennoch gut toleriert, da der damit erzielte Anstieg der Sauerstoffsättigung enorm ist (Abb. 33.2).

Medikamente werden regelmäßig im Zusammenhang mit Höhenerkrankungen eingesetzt, obwohl keines dieser Medikamente eine entsprechende Zulassung hat. Eine allumfassende Beschreibung und Aufzählung übersteigt auch den Rahmen dieses Buches. Dennoch sollen einige typische Medikamente vorgestellt werden, allerdings mit dem deutlichen Hinweis, dass Medikamentenverordnung eine rein ärztliche Aufgabe ist und sie nur im Rahmen der Notkompetenz durch Laien erfolgen darf. Die Medikamentengabe setzt eine korrekte Diagnose der Erkrankung und Erfahrung im Umgang mit dem Medikament und dessen Wirkungsweise voraus. Die unten aufgeführte Liste ist nicht vollständig, insbesondere hinsichtlich möglicher Nebenwirkungen.

Als Grundsatz gilt: Muss ein Medikament verabreicht werden, muss die Symptombesserung für den Abstieg genutzt werden. Ausnahme: Höhenkopfschmerz. Hier kann bei Symptombesserung auf der Höhe verblieben werden.

Bessert sich der Kopfschmerz jedoch nicht, droht ein HACE und es muss abgestiegen werden. Eine besondere Stellung nimmt Acetazolamid (Diamox) ein, dies wird zur Prophylaxe zeitlich befristeter Höhenexposition bei nicht ausreichender Akklimatisation eingesetzt.

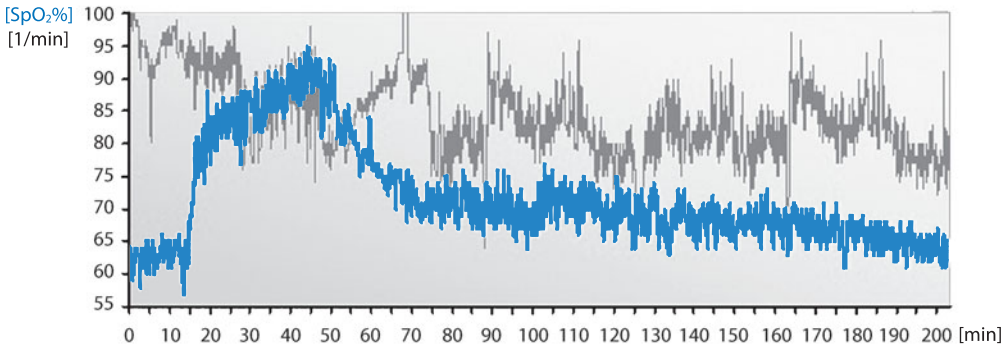


Abb. 33.2 Auto-PEEP-Atmung in 4.330 m Höhe bei einer schwer höhenkranken Person (die SaO_2-Werte von <65 % liegen in einem kritisch tiefen Bereich. Es kommt zu einem sofortigen SaO_2-Anstieg von 20 %-Punkten mit einem Anstieg auf für diese Höhe ausgesprochen hohe Werte von bis zu 95 %. Sehr interessant und noch nicht vollständig geklärt ist die im Anschluss an die Auto-PEEP-Phase noch lang andauernde SaO_2-Verbesserung (*dunkle Kurve*). Die erforderliche Anstrengung ist tolerabel; Pulswerte <100/min (*helle Kurve*). Bereits 4 Tage später konnte der 6.198 m hohe Mt Mc Kinley erfolgreich bestiegen werden. (Adaptiert nach [27])

Acetazolamid (Diamox, Glaupax)

Falls ein Einsatz in der Höhe bei ungenügendem Akklimatisationszustand unumgänglich ist, ist es das Medikament der Wahl. Auch in bereits gut akklimatisiertem Zustand kann eine Einnahme erwogen werden, wenn Geschwindigkeit eine große Rolle spielt (z. B. Kommandounternehmen oder auch Verkürzung der Expositionszeit bei großer Kälte). Die Abwägung einer Einnahme unter diesen Gesichtspunkten ist streng zu stellen.

Dosierung 2-mal 125 mg bis 2-mal 250 mg zur Prophylaxe (Vorbeugung).

Wirkmechanismus Über die Hemmung des Enzyms Carboanhydrase kann weniger CO_2 abgeatmet werden. Dadurch erhöht sich der CO_2-Spiegel im Blut und der wichtigste Stimulus für das Hauptatemzentrum in der Medulla oblongata bleibt erhalten. Der Atemantrieb wird erhöht und erlaubt plakativ eine Hyperventilation ohne (mit weniger) Störung des Säure-Basen-Haushalts. Über diesen Mechanismus wirkt das Medikament auch schlafverbessernd (Erhöhung des SaO_2, Reduktion der periodischen Atmung). Es greift damit als einziges Medikament kausal in den Entstehungsmechanismus der Höhenkrankheit ein. Über die beschriebene Enzymhemmung wirkt es auch diuretisch.

Es beschleunigt **nicht** die Akklimatisation – im Gegenteil – es reduziert die respiratorische Alkalose und damit einen bedeutenden Akklimatisationsreiz.

Kontraindikation Acetazolamid darf bei HAPE nicht angewendet werden, da es eine vorliegende respiratorische Azidose verschlimmert. Eine Sulfonamidunverträglichkeit zählt ebenfalls zu den Kontraindikationen.

Ibuprofen

Dosierung 3-mal 600 mg bei Höhenkopfschmerz; alternativ Paracetamol 4-mal 500 mg.

Wirkmechanismus Der Wirkmechanismus ist symptomatisch und nicht kausal. Grundsätzlich ist Ibuprofen in der Höhe gut verträglich.

Falls sich der Kopfschmerz nicht besser, Abstieg bei Gefahr für drohendes HACE.

Acetylsalicylsäure (Aspirin)

Das Medikament hat im Rahmen der Therapie der Erfrierung nach wie vor einen Stellenwert und sollte daher für Höhenaufenthalte mitgeführt werden.

Dosierung 1-mal 100–300 mg.

Wirkmechanismus Es hemmt das Aneinanderlagern der Thrombozyten (Thrombozytenaggregation)

irreversibel und bessert daher die Durchblutungssituation in erfrorenem Gewebe

Nebenwirkung In der Höhe deutlich erhöhtes Magenblutungsrisiko. Daher sollte es nicht zur Therapie des Höhenkopfschmerzes verwendet werden.

- **Nifedipin (Adalat) retard**

Dosierung 20 mg retard alle 6–8 h; das Notfallmedikament bei HAPE.

Wirkmechanismus Als klassisches antihypertensives Medikament (Ca-Antagonist) senkt es effektiv den pulmonalarteriellen Blutdruck und beseitigt damit die Hauptursache des HAPE.

Anwendung Nifedipin ist in Kombination mit Überdrucksack und Sauerstoff am effektivsten. Es muss ein schnellstmöglicher Abstieg erfolgen. Nifedipin wird auch zur Prophylaxe bei HAPE-gefährdeten Personen bei nicht vermeidbarem Aufstieg eingesetzt.

Vorsicht systemischer Blutdruckabfall, deshalb immer nur Retardform verwenden.

Medikamente, die spezifisch den pulmonalaraterielen Druck senken sollen, z. B. **Sildenafil**, haben sich bislang in der Therapie des HAPE (noch) nicht durchgesetzt. Vom Wirkmechanismus sollten sie sich auch zur Prophylaxe eignen, die Studienlage ist bislang allerdings uneinheitlich. Auch eigene Erfahrungen haben nicht überzeugt. Bislang existiert daher keine Anwendungsempfehlung für den Einsatz in der Höhe.

- **Dexamethason (Fortecortin)**

Dosierung 40 mg intramuskulär bei HACE. 8 mg alle 6 h oral bei Patienten mit klarem Bewusstsein.

Wirkmechanismus Es stabilisiert die Zell-Membranen und wirkt antientzündlich.

Anwendung Dexamethason wird idealerweise in Kombination mit Überdrucksack und Sauerstoff gegeben, ein schnellstmöglicher Abstieg ist notwendig. Es senkt zusätzlich den Druck im Lungenkreislauf bei HAPE, aber nicht so wirksam wie Nifedipin und kann daher bei nicht eindeutiger Situation (HACE und HAPE liegen vor) kombiniert werden. Es ist zur Prophylaxe der AMS (4 mg alle 8 h) effektiv, weist aber prinzipiell mehr Nebenwirkungen auf als Diamox. Dient auch zur Therapie schwerer Höhenkopfschmerzen, insbesondere in Verbindung mit Übelkeit.

Nebenwirkungen Die möglichen Nebenwirkungen sind bei der akuten Lebensgefahr (HACE) von untergeordneter Bedeutung, werden aber bei längerer Einnahme (z. B. zur Prophylaxe) relevant: Stimmungsbeinflussung, Nebennierensuppression, Infektneigung, Eiweißabbau, etc.

- **Theophyllin retard**

Dosierung 200–300 mg zur Nacht zur Schlafverbesserung.

Wirkmechanismus Erhöht den zentralen Atemantrieb und verbessert dadurch in der Höhe den Schlaf (Fallberichte).

Nebenwirkungen Es können z. B. Herzfrequenzerhöhungen auftreten, sind in dieser niedrigen Dosierung aber selten.

Anwendung Höhenbedingte Schlafstörungen.

33.6 Aktuelle Problemfelder und Lösungsansätze

Bislang sind vor allem Fortschritte in der frühzeitigen Diagnose der Höhenkrankheit vor Ort gelungen [24–26]. Aktuelle Probleme bestehen beim Rettungseinsatz und bei Einsätzen von Spezialeinheiten in der Höhe. Ungeklärt sind bislang die Probleme, die ein zeitkritischer Einsatz von Reserveeinheiten, z. B. der QRF (»Quick Reaction Force«), in der Höhe mit sich bringt. Ein Personalpool mit höhenerfahrenen Soldaten ist die Grundvoraussetzung, damit ein militärischer Einsatz in der Höhe überhaupt durchgeführt werden kann. Idealerweise sollte jeder in der Höhe eingesetzte Soldat seine individuellen Höhenkrankheitssymptome kennen. Minimalforderung ist zumindest eine fundierte theoretische höhenmedizinische Ausbildung und höhenerfahrene Führer vor Ort. Wegen höhenme-

dizinischer Unerfahrenheit mussten bereits Einsätze während der Anfangszeit der OEF (»Operation Enduring Freedom«) abgebrochen werden.

Neben der Höhe spielt die **Expositionszeit**, die **Planbarkeit** und die **Art des Einsatzes** eine wesentliche Rolle. Beispielsweise verbringen Einsatzkräfte bei einem Flugzeugabsturz in großer Höhe eine überschaubare Zeit in dieser Region, um Verletzte zu bergen. Dagegen ist die Zeitdauer meist unklar, wenn Soldaten in ein Gefecht gegen akklimatisierte Gegner in die Höhe verlegt werden. Kann man im ersten Fall, analog dem zivilen Bergsteigen in den Alpen, die Latenzzeit der Höhenkrankheit für sich nutzen, müssen im zweiten Fall die eingesetzten Soldaten an die Einsatzhöhe akklimatisiert und mit der Höhenkrankheit vertraut sein.

Tipp

Wird für einen Einsatz das durch die Latenz der Höhenkrankheit bedingte symptomfreie Intervall fest eingeplant und kann dann aber die vorgesehene kurze Höhenexpositionszeit – aus welchen Gründen auch immer (auftretender Gegner, Ausfall Luftfahrzeug, Wetterumschwung, etc.) – nicht eingehalten werden, ist mit massivem Auftreten der Höhenkrankheit zu rechnen. Alle eingesetzten Personen sind in akuter Gefahr, und es muss alles daran gesetzt werden, sie so schnell wie möglich zu evakuieren.

Für die höhenmedizinische Ausbildung ist das Expeditionsbergsteigen ideal, da dieses dem militärischen Einsatz in der Höhe am nächsten kommt [19]. Dabei wird lange Zeit in der Höhe verblieben, in der Regel fehlt eine feste Infrastruktur und das Gepäckgewicht ist ebenfalls sehr hoch. Die ▶ Übersicht gibt einen Überblick über die Ausbildungsziele des Expeditionsbergsteigens.

Ausbildungsziele des Expeditionsbergsteigens

- **Höhenmedizin**
  - Höhensymptome und -krankheit kennenlernen
  - Schulung in Diagnoseverfahren, z. B. Lake Louise Score, Pulsoxymetrie
  - Höhentaktik erlernen
  - Anwendung spezifischer Medikamente
  - Eigenen Höhentauglichkeit erfahren
  - Individuelles Akklimatisationsverhalten erlernen
- **Überleben in extremer Umgebung**
  - Berggefahren, Wettervorhersage
  - Lagerbau, Wärmeerhalt
  - Trinkwassergewinnung und Verpflegung
  - Lösung logistischer Herausforderungen
  - Ausrüstungserprobung
  - Erhalt der Kommunikation
  - Schulung der Leidensfähigkeit

Wegen der hohen Ausbildungsintensität führen viele Verbündete wie z. B. Großbritannien, Frankreich, Spanien, USA, etc. regelmäßig Ausbildungsexpeditionen (u. a. Mt. Everest) durch. In der Bundeswehr ist hier das KSK besonders aktiv.

Ausgesprochen wünschenswert wäre es, wenn eine Vorabidentifikation von Soldaten mit **besonderer Höhenverträglichkeit** möglich wäre. Hier gibt die bisherige Höhenanamnese die wertvollsten Hinweise, auch dies unterstreicht die Bedeutung der Höhenausbildung. Des Weiteren wurden und werden u. a. im Bundeswehrkrankenhaus Ulm Testverfahren speziell für diese Fragestellung entwickelt. So können vor Ort mit Hilfe des »**Höhenleistungstests**« innerhalb einer Gruppe diejenigen Soldaten identifiziert werden, die bei weiterem Aufstieg nicht höhenkrank werden. Bei diesem Test mussten bereits vorakklimatisierte Soldaten eine Treppe auf der Turiner Hütte (3.371 m) im Mt. Blanc-Gebiet so schnell als möglich hochrennen. Die benötigte Zeit und die niedrigste SaO_2 beim Testlauf waren die Zielkriterien, diese korrelierten mit der Höhensymptomatik auf dem Mt. Blanc (4.808 m). Durch die kombinierte Betrachtung beider Zielgrößen (Zeit und SaO_2) und unter Beachtung der Grenzwerte ist es möglich die Soldaten zu identifizieren, die auf dem Mt. Blanc keine bzw. nur eine unbedeutende Höhensymptomatik aufwiesen, d. h. in dieser Höhe auch einen länger andauernden Aufenthalt durchführen könnten [22]. Die exakte Testbeschreibung

würde den Rahmen dieses Buches sprengen und ist in der weiterführenden Literatur nachlesbar oder direkt vom Autor erhältlich.

Ein anderer viel versprechender Ansatz bietet der Aminosäureabkömmling **ADMA** (asymmetrisches Dimethylarginin). Anhand dessen Verhalten (Anstieg oder Abfall im Blut) ist bereits nach 2 h Höhenaufenthalt (entsprechend 4.000 m) eine sichere Aussage möglich, ob eine Person im weiteren Verlauf (nach 12 h) höhenkrank wird (Sensitivität 80 %; Spezifität 100 %) [23]. Die Laborbestimmung des ADMA ist allerdings (derzeit noch) sehr aufwändig und an ein gut ausgestattetes Labor gebunden. Wenn diese Bestimmung irgendwann einmal so einfach wird wie die Blutzuckerbestimmung könnte diese Methode vor einem geplanten Einsatz sogar draußen im Feld angewandt werden.

Es stehen noch mehrere Testmethoden zur Verfügung, die statistisch gesicherte Aussagen erlauben. Allerdings muss bedacht werden, dass keine Testmethode eine 100 %ige Vorhersagesicherheit bieten kann. Jedes Testergebnis ist letztendlich eine Wahrscheinlichkeitsabschätzung, wobei grundsätzlich Aussagen über größere Gruppen zutreffender und Aussagen zu Einzelpersonen immer problematischer sind. Daher besteht die Notwendigkeit, dass in der Höhe eingesetzte Soldaten vorab eigene Erfahrung in realer Höhe sammeln. Aus diesem Grund führt das KSK inzwischen regelmäßig entsprechende Expeditionen durch. Dennoch bleibt es ein großes Problem wie Eingreiftruppen (z. B. QRF) akklimatisiert werden sollen und wie diese Akklimatisation erhalten wird.

Grundsätzlich wären **Akklimatisationscamps** auf z. B. 3.000 m Höhe sinnvoll, allerdings nur sehr schwer praktikabel. Intermittierende Höhenaufenthalte sind eine eher praktikable Lösung, doch sind diese im Einsatzland immer mit einer Gefährdung verbunden.

Eine sehr vielversprechende Möglichkeit der Akklimatisation vor Ort bieten sog. **Hypoxiekammern**. In diesen wird die Höhe nicht durch Unterdruck, sondern durch Verringerung des Sauerstoffanteils in der Luft simuliert. Diese »normalen« Räume können im Gegensatz zu Unterdruckkammern einfach durch eine Tür betreten und wieder verlassen werden. Diese Technik ist auch deutlich kostengünstiger als Akklimatisationscamps und wäre relativ unproblematisch im Einsatzland installierbar. Neuere Studien [3] zeigen, dass bereits eine kurze Zeitspanne von 1–4 h pro Tag (IHE) einen Akklimatisationseffekt bewirkt. Wenn sich diese Ergebnisse bestätigen, würde die Hypoxiekammer eine vollkommen neue Möglichkeit der Akklimatisation und »In-Übung-Haltung« von Soldaten ermöglichen [20]. Es wäre eine einsatzbegleitende Akklimatisation im Schlaf möglich, oder es könnte sogar das Einsatz-Briefing in einem entsprechend eingerichteten Hypoxieraum bereits zur Akklimatisation genutzt werden. Praktische Erfahrungen der indischen Armee, die zahlreiche Hypoxiekammern an 16 Standorten mit einer Kapazität von bis zu 500 Soldaten pro Tag betreibt, lassen vermuten, dass sich körperliche Betätigung in einer derartigen Kammer zusätzlich günstig auf den Akklimatisationsvorgang auswirkt [20]. Eine Übersichtsarbeit im Auftrag des US-Army Research Institute of Environmental Medicine sieht hierin einen wesentlichen Fortschritt für die in der Höhe eingesetzten Soldaten und plädiert für die Anwendung [13]. Aktuell sind entsprechende Empfehlungen zur Akklimatisation in einer solchen Hypoxiekammer veröffentlicht worden [7].

Trotz aller Erfolge in der Früherkennung der Höhenkrankheit oder der Höheneignung sowie innovativer Ideen, wie sogar in Feldlagern eine suffiziente Akklimatisation erlangt und erhalten werden kann, ist die Ausbildung der in der Höhe eingesetzten Soldaten der wichtigste Punkt. Nur wer seine Höhensymptome kennt kann diese rechtzeitig auch unter Einsatzstress bemerken. Auch müssen die zusätzlichen Höhenfaktoren wie Kälte, Wetter, Trinkwassergewinnung, Hygiene, Leidensfähigkeit, Berggefahren, etc. praktisch erlernt und am eigenen Leib erfahren werden, um im Einsatz in dieser lebensfeindlichen Umgebung bestehen zu können.

Wesentlich ist es, bei allen militärischen Führern ein ausgeprägtes Problembewusstsein für den militärischen Einsatz in der Höhe herbeizuführen. Häufig werden die Höhen von 2.000–4.500 m massiv unterschätzt, die Berichte und Studien v. a. der amerikanischen Streitkräfte zeigen dies ganz deutlich [14–16, 18]. Um derartigen leidvollen Erfahrungen zukünftig entgegenzuwirken, werden von zivilen Firmen für die Streitkräfte Extra-Lehrgänge angebotene, z. B. »mission performance at high altitude« von DMI (»Deployment Medicine Interna-

tional«), welcher ganz pragmatische Lehrgangsziele verfolgt. Ausgeschrieben für militärische Führer werden die Teilnehmer in diesem Lehrgang mit der Höhenkrankheit konfrontiert, kombiniert mit zahlreichen veranschaulichenden praktischen Übungen und Erfahrungen sowie vorgeschaltetem theoretischen Unterricht. Dies geschieht in einer Umgebung, in der jederzeit interveniert werden könnte. In der Bundeswehr wurde der Lehrgang »Höhenmedizin für Sanitätspersonal« eingerichtet, und es wird seit jeher im Rahmen des Heeresbergführerlehrgangs auch eine solide höhenmedizinische Ausbildung vermittelt.

Zum Schluss einige Bemerkungen zu dem Thema »**ausreichenden Trinkmenge**« in der Höhe. Aus dem Sport ist bekannt, dass bereits ein Verlust an Körperwasser von 2 % die Ausdauerleistungsfähigkeit und bei 4 % die Kraft einschränkt. In der Höhe kommt hinzu, dass bei einem Flüssigkeitsverlust von 1 l die Sauerstofftransportkapazität des Blutes um 5 % abnimmt – das entspricht 500 Höhenmetern mehr. Durch die Anstrengung und dem erhöhten Wasserverlust in der kalten trockenen Luft kommt dem Wasserhaushalt und damit der Trinkmenge große Bedeutung zu.

Viel trinken verhindert zwar keine Höhenkrankheit, ein Flüssigkeitsdefizit kann jedoch die Höhenkrankheit auslösen.

Allgemein geht man von 4–5 l Flüssigkeitszufuhr pro Tag aus. Diese Trinkmenge sicherzustellen, ist eine große Herausforderung. Wegen des hohen Gewichts ist eine Versorgung aus dem Gelände meist unumgänglich. Grundsätzlich muss aber das Wasser (auch Quellwasser) als kontaminiert betrachtet und daher entsprechend aufbereitet werden. Hierzu eigenen sich z. B. Katadynfilter und die Verwendung von chlorhaltigen Wasseraufbereitungsmittel. Silberionen dienen der Haltbarmachung von aufbereitetem Wasser, als alleiniges Aufbereitungsmittel sind sie ungeeignet. Iod ist am wirksamsten, aber in Deutschland dafür nicht zugelassen. Bis 6.000 m ist das Abkochen des Wassers eine gute Möglichkeit zur Aufbereitung. Wenn das Trinkwasser aus Schnee geschmolzen wird, muss viel Zeit und Brennstoff eingeplant werden. Je nach Temperatur und Schneebeschaffenheit (Sulzschnee, Eis oder Champagnerpowder) variiert der Brennstoffbedarf erheblich. Schnee muss wegen der Gefahr kältekonservierter Fäkalien ebenfalls abgekocht werden.

Tipps

- Schneller und spritsparender ist es, falls möglich, einen See aufzuhacken und das eiskalte Wasser abzukochen, als das Eis des Sees zu schmelzen.
- Immer einen Topfdeckel verwenden.
- Am besten das 2-Topf-Prinzip anwenden. Großer Topf zum Schnee schmelzen, kleiner Topf, um das erhaltene Wasser abzukochen.
- Waagrecht liegende 1,5 l PET-Flasche in direktem Sonnenlicht ergibt Trinkwasser (SODIS: Solar Water Disinfection).

33.7 Tipps und Tricks

- Buddy (Partnering)-System: Jeder achtet besonders auf den ihm zugewiesenen Partner.
- Schlafen mit erhöhtem Oberkörper (z. B. Rucksack unter Isomatte), dies vermindert den Druck im Lungenkreislauf, verbessert die Sauerstoffversorgung und beugt HAPE vor.
- Kohlenhydratreiches Essen verbessert die Sauerstoffversorgung.
- Tagsüber Höhenreiz zur Akklimatisation setzen (z. B. Materialtransport), nachts in tieferen Lagen schlafen, damit sich der Organismus wieder erholen kann
- Keine Pressatmung, keine anaeroben Belastungen
- Aufstieg mit Puls <120 d. h. mit einem Leistungsgrad von 50–60 % (Prinzip der Unterforderung)
- Atmen im Gehrhythmus:
  - über 1 Schritt einatmen, über 2 Schritte ausatmen
  - im steileren Gelände: über 1 Schritt einatmen, über 1 Schritt ausatmen
- Möglichst Nasenatmung mit geschlossenem Mund
- Viel trinken, fehlende Urinproduktion ist ein Warnsymptom
- Ausatmung gegen die Lippenbremse erhöht die Sauerstoffsättigung

Literatur

Zitierte Literatur

1. Berghold F, Schaffert W (2005) Physiologie und Medizin der grossen und extremen Höhen. Höhentrekking und Höhenbergsteigen. In: Berghold F, Kaprun (Hrsg.) Lehrskriptum der österreichisch-deutschen Alpinärzteausbildung. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin
2. Brandt S, Brugger H (1994) High altitude lung edema in the East Alps. Wien Klin Wochenschr 106(23): 742–745
3. Burtscher M, Brandstatter E, Gatterer H (2008) Preacclimatization in simulated altitudes. Sleep Breath 12(2): 109–114
4. Gallagher SA, Hackett PH (2004) High-altitude illness. Emerg Med Clin North Am 22(2): 329–355
5. Hackett P, Oelz O (1992) The Lake Louise consensus on the definition and quantification of altitude illness. In: Sutton J, Coates G, Houston C (eds) Hypoxia and Mountain Medicine, pp. 327–330. Queen City Printers, Burlington
6. Höbenreich C (2002) Schneller, höher, weiter. Berg & Steigen 02: 27–30
7. Kupper TE, Schoffl V (2009) Preacclimatization in hypoxic chambers for high altitude sojourns. Sleep Breath: 14(3):187-91
8. Ladner E, Schobersberger W, Sparr H, Pall H (1994) High altitude pulmonary edema at a medium height. A case report. Anaesthesist 43(3): 183–186
9. Lichem von H (2001) Gebirgskrieg Band 2, p 132. Athesia Verlag, Bozen
10. Maggiorini M, Buhler B, Walter M, Oelz O (1990) Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. BMJ 301(6756): 853–5
11. Maggiorini M, Muller A, Hofstetter D, Bartsch P, Oelz O (1998) Assessment of acute mountain sickness by different score protocols in the Swiss Alps. Aviat Space Environ Med 69(12): 1186–1192
12. Milledge J (2006) High altitude medicine and biology advanced research workshop, Issyk-Kul, Kyrgyzstan, June 5–8, 2006. High Alt Med Biol 7(4): 315–318
13. Muza SR (2007) Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. Med Sci Sports Exerc 39(9): 1625–1631
14. Peoples GE, Gerlinger T, Craig R, Burlingame B (2005) The 274th Forward Surgical Team experience during Operation Enduring Freedom. Mil Med, 170(6): 451–459
15. Perry ME, Browning RJ, Jackson R, Meyer J (1992) The effect of intermediate altitude on the Army Physical Fitness Test. Mil Med, 157(10): 523–526
16. Pigman EC, Karakla DW (1990) Acute mountain sickness at intermediate altitude: military mountainous training. Am J Emerg Med 8(1): 7–10
17. Singh I, Khanna PK, Srivastava MC, Lal M, Roy SB, Subramanyam CS (1969) Acute mountain sickness. N Engl J Med 280(4): 17–184
18. Singh I, RS (1969) Biomedicine of High Terrestrial Elevation Problems. Edited, 108–120, Washington, DC, US Army Research and Development Command
19. Tannheimer M (2008) Der militärische Einsatz in großer Höhe. In 50 Jahre Heeresbergführerausbildung in der Bundeswehr 1958–2008, pp. 20–21. Edited by Corthobius, 20–21, Mittenwald, Verband Deutscher Heeresbergführer
20. Tannheimer M (2009) Intermittent simulated hypoxia for pre-acclimatization. Sleep Breath: 14(3):185-86epub
21. Tannheimer M, Albertini N, Ulmer H, Thomas A, Engelhardt M, Schmidt R (2011) Testen des individuellen Höhenkrankheitsrisikos vor militärischen Einsätzen in großer Höhe. Wehrmed Mschr 55: 58–62
22. Tannheimer M, Albertini N, Ulmer HV, Thomas A, Engelhardt M, Schmidt R (2009) Testing individual risk of acute mountain sickness at greater altitudes. Mil Med 174(4): 363–369
23. Tannheimer M, Hornung K (2009) Asymmetrisches Dimethylarginin erlaubt die Identifizierung höhenkrankheitsanfälliger Soldaten. Wehrmed Mschr 53: 371–77
24. Tannheimer M, Thomas A, Gerngross H (2003) Eignet sich die Sauerstoffsättigung zur Objektivierung der Höhensymptomatik? Erfahrungen einer militärisch-zivilen Forschungsexpedition zum Broad Peak (8047 m). Wehrmed Mschr 47(2-3): 34–41
25. Tannheimer M, Thomas A, Gerngross H (2002) Oxygen saturation course and altitude symptomatology during an expedition to Broad Peak (8047 m). Int J Sports Med, 23(5): 329–335
26. Tannheimer M, Thomas A, Gerngross H (2000) Self-test to assess high altitude symptomatology. Wehrmed Mschr 44(7): 138–141
27. Tannheimer M, Tannheimer S, Thomas A, Engelhardt M, Schmidt R (2009) Auto-PEEP in the therapy of AMS in one person at 4.330 m. Sleep Breath 13(2):195–9
28. Gabry AL, Ledoux X, Mozziconacci M, Martin C (2003) High-altitude pulmonary edema at moderate altitude (<2,400 m; 7,870 feet): a series of 52 patients Chest 123 (1):49-53

Weiterführende Literatur

29. Berghold F, Schaffert W (2005) Physiologie und Medizin der grossen und extremen Höhen. Höhentrekking und Höhenbergsteigen. In Berghold F, Kaprun (Hrsg.) Lehrskriptum der österreichisch-deutschen Alpinärzteausbildung. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin
30. Küpper Th, Ebel K, Gieseler U (2010) Moderne Berg- und Höhenmedizin. Gentner, Stuttgart

Internetseiten

31. http://www.theuiaa.org/medical_advice.html
32. http://www.high-mountains.de
33. http://www.alpinmedizin.org
34. http://bexmed.de
35. http://www.argealpinmed.at
36. http://www.sodis.ch/index

Flugmedizin

G. Röper, J. Stier, J. Schwietring

34.1 Einführung – 452

34.2 Organisation des luftgebundenen Verwundetentransportes – 452

34.2.1 Militärisches Luftrettungssystem – 452

34.2.2 Ziviles Luftrettungssystem – 453

34.3 Personal und Sicherheit – 455

34.3.1 Gesundheitliche Voraussetzungen für militärisches AE-Personal – 455

34.3.2 Ausbildung von AE-Personal – 456

34.3.3 Taktischer Flug und allgemeine Sicherheitsaspekte – 456

34.3.4 Aeromedical Crew Ressource Management (ACRM) – 457

34.3.5 Platzmanagement – 458

34.4 Arztgespräch, Patientenaufnahme, Patientenübergabe – 459

34.4.1 Forward AE – 459

34.4.2 Tactical AE – 461

34.5 Physikalische und psychische Einflüsse auf Patient und Personal – 461

34.5.1 Einfluss von Flughöhe auf Sauerstoffpartialdruck und luftgefüllte Räume – 461

34.5.2 Sehvermögen in der Flugmedizin – 465

34.5.3 Lärm – 466

34.5.4 Kinetosen – 466

34.5.5 Vibrationen – 467

34.5.6 Hypothermie – 468

34.5.7 Stressprophylaxe – 469

34.5.8 Müdigkeit – 469

34.6 AE im Rahmen von Personal-Recovery-Operationen – 470

Literatur – 471

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_34, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

34.1 Einführung

Die Flugmedizin hat mit Beginn der luftgebundenen Evakuierung von schwerverletzten Soldaten aus verschiedensten Krisengebieten wesentlich an Bedeutung gewonnen. Seit dem Korea- (1950–1953) und später auch Vietnamkrieg (1965–1973) trug der »Forward und Tactical Air MedEvac« wesentlich zur raschen Rettung der verletzten Soldaten und zur Etablierung der heutigen zivilen und militärischen Luftrettungssysteme bei.

Angelehnt an die Dokumente der Nato (z. B. STANAG 3204 und 2087, AMEDP-13(B), AJP-4.10(A), AAP6) sowie der darin angewandten Terminologie, spricht man beim luftgebundenen Verwundetentransport heute besser von »Forward/Tactical Aeromedical Evacuation (AE)«. Diese Form des schnellen und lebensrettenden Verwundetentransports hat in Zeiten asymmetrischer Kriegsführung und bestehender weltweiter Konfliktherde unter widrigsten klimatischen Bedingungen wesentlich an Bedeutung gewonnen. Insbesondere **Drehflügler** (»rotary wing« – RW) besitzen im taktisch anspruchsvollen Umfeld (urbanes Gelände, Waldlichtungen, Gebirgsplateaus, Trümmergebiet etc.) gegenüber den **Flächenflugzeugen** (»fixed wing« – FW) aufgrund der Verzichtbarkeit zur Landung geeigneter Flugfelder eine höhere Einsatzvarianz und rücken in der Einsatzmedizin vermehrt in den Fokus. Anders als zivile Rettungshubschrauber, die sich zumeist in Flughöhen zwischen 150 und 600 m bewegen, nehmen während militärischer und taktischer Operationen eingesetzte RW – in Abhängigkeit von der jeweiligen Bedrohungslage sowie den meteorologischen und geologischen Gegebenheiten (Wetter, Gebirge) – Flughöhen zwischen 30 und 10.000 Fuß (ca. 10 und 3000 m) ein.

Hieraus lassen sich, insbesondere vor dem Hintergrund zahlreicher physikalischer Gesetzmäßigkeiten, die außerordentlichen flugmedizinischen Besonderheiten beim Lufttransport von Verletzten ableiten. Es liegt auf der Hand, dass flugbegleitendes, medizinisches Fachpersonal in einem Drehflügler- oder auch Flächenflugzeug über besondere flugmedizinische Kenntnisse verfügen muss, um Patienten während eines Fluges vor schädigenden Einflüssen schützen zu können. Es ist daher zu Beginn eines Fluges zwingend notwendig, die für den Patienten ungünstigen Einflussfaktoren zu identifizieren und dann durch geeignete Maßnahmen die möglichen Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. Im Folgenden wird daher nicht nur eine Darstellung der zivilen und militärischen Luftrettung skizziert, sondern insbesondere auch auf die wesentlichen, beim Lufttransport zu berücksichtigenden flugmedizinischen Aspekte näher eingegangen.

34.2 Organisation des luftgebundenen Verwundetentransportes

34.2.1 Militärisches Luftrettungssystem

Um verwundeten Soldaten schnellstmöglich eine optimale medizinischen Versorgung zukommen zu lassen, ist eine luftgebundene Rettungskette anzustreben. Hierbei wird der militärische Lufttransport allgemein in folgende Formen unterteilt:

- Forward AE (Forward Air MedEvac oder FWD AirMedEvac bzw. FAME)
- Tactical AE (Tactical Air MedEvac,TacAirMedEvac oder TacEvac)
- Strategic AE (Strategic Air MedEvac, StratAirMedEvac oder StratEvac)

Grundsätzlich greifen alle drei Kategorien ineinander und ergänzen sich so zu einem effizient ablaufenden Rettungssystem:

- **Forward AE** wird der Transport vom Punkt der Verwundung (POI) oder der Erstversorgung (»point of injury care«) zur ersten medizinischen Behandlungseinrichtung (MTF, »medical treatment facility«) bezeichnet. Im luftgebundenen Verwundetentransport werden hier aufgrund fehlender Landemöglichkeiten für FW immer RW genutzt.
- **Tactical AE** umfasst den Transport von Patienten aus der ersten MTF in eine andere, zumeist höherwertigere Behandlungseinrichtung. Hier kommen je nach taktischer Lage, Flugstrecke, Patientenanzahl, Verletzungsmustern, Anforderungen an das Luftfahrzeug, erforderlichem Flugprofil etc. sowohl Dreh- als auch Starrflügler zum Einsatz. Oft werden dabei Turboprop-Flugzeuge eingesetzt, welche auch auf kurzen, unbefestigten oder improvisierten Bahnen

starten und landen können (z. B. C-160 Transall, C-130 Hercules).

- **Strategic AE** beschreibt generell den Lufttransport eines Patienten aus dem Einsatz- in das Heimatland (Repatriierung). Dieser kann dann oft über längere Strecken, mehrere Länder oder ganze Kontinente führen. Die hierzu verwendeten Luftfahrzeuge sind fast immer Jet- (z. B. Airbus A-310, C-17 Globemaster o. ä.) oder Turboprob-Flugzeuge.

Die Luftfahrzeuge für die Rolle des Forward AE werden als Primärrettungsmittel, ähnlich einem zivilen Rettungshubschrauber (RTH), in einer nationalspezifischen MedEvac-fähigen Version vorgehalten. Internationale Vorgaben zu Ausstattung, Personalqualifikation etc. gibt es nicht. Geflogen wird in der taktischen Fliegerei in der sog. **Two-Ship-Formation**, wobei das Rettungs-LFZ zur Aufnahme der Verwundeten von einem zweiten LFZ (»Chaser«) aus der Luft gesichert wird. Je nach Bedrohungslage ist manchmal auch der Einsatz von Kampfhubschraubern zur Sicherung der Landezone (LZ) vorgesehen.

Bei der taktischen und der strategischen Luftverlegung (Tactical- bzw. Strategic AE) ist mit zum Teil längeren Vorlaufzeiten der LFZ zu rechnen, da diese oft kurzfristig für den medizinischen Zweck erst ein- bzw. umgerüstet werden müssen. Auch hier sind die Standards der verschiedenen Nationen unterschiedlich. Die Kategorie der Verlegung, die Art des Luftfahrzeuges, das Flugprofil, die Dringlichkeit der Lage müssen in die Entscheidungsfindung zur Patientenverlegung einbezogen werden. Am Anfang steht dabei immer die Beurteilung des klinischen Patientenzustands (stabil vs. instabil).

Grundsätzlich gibt es beim Forward AE keine medizinischen Kontraindikationen, weil die Vorteile für den Patienten im Vergleich zum Landtransport nahezu immer überwiegen. Vor einem Tactical- bzw. Strategic AE ist letztlich jeder Fall gesondert zu beurteilen. Die aus dem schnellen Lufttransport resultierenden Vorteile müssen den möglichen Nachteilen einer Luftverlegung gegenübergestellt werden. Auch wenn es für den Primärtransport keine Kontraindikation gibt, sollten für einen Sekundärtransport in Flughöhen über 1500 m adäquate Zeitabstände zwischen operativer Behandlung und einer Sekundärverlegung eingehalten werden (Tab. 34.1). Bei den genannten Zeitwerten handelt es sich um Richtwerte, wie sie für Patienten im zivilen Setting vorgesehen sind, bis eine luftgebundene Reisefähigkeit festgelegt werden kann. Letztlich müssen im militärischen Umfeld aber immer der Zustand des Patienten, die Transportdringlichkeit, die Sicherheitslage, die beabsichtigte Flughöhe sowie vorab durchgeführte medizinische Maßnahmen (Drainagen, Katheter etc.) beim Abweichen von diesen Richtzeiten berücksichtigt werden.

Tab. 34.1 Empfohlene Wartezeiten nach operativen Eingriffen bis zur luftgebundenen Verlegung

Chirurgische Eingriffe	Zeitabstand zur Operation
Appendektomie/Herniotomie	5–10 Tage
Cholezystektomie	8–10 Tage
Diagnostische Laparotomie	3 Tage
Polypektomie (endoskopisch)	7 Tage
Laparoskopische Eingriffe	10 Tage
Pneumoperitoneum	10 Tage
Diagnostische Thorakomie	7 Tage
Herzchirurgische Eingriffe	10 Tage
Pneumozephalus	Ggf. mit Drainage flugtauglich
Mittelohroperationen	10 Tage
Intraokuläre Eingriffe/penetrierende Augenverletzung	7 Tage
Periphere Gefäßoperationen	14 Tage

34.2.2 Ziviles Luftrettungssystem

Das militärische Luftrettungswesen war der Ursprung des zivilen Luftrettungssystems. Wesentliche Aufgabe ist hierbei das Heranführen des Notarztes auf direktem Wege über eine größere Distanz sowie das ebenso rasche Rückführen des Patienten. Während anfänglich häufige Verkehrsunfälle mit einer Vielzahl an Verkehrstoten und -verletzten den Anstoß zur Projektierung eines Hubschraubers als

Rettungsmittel gaben, stellt sich das Bild heute deutlich vielschichtiger dar.

Die **Bundeswehr** hatte sich über viele Jahre am zivilen luftgebundenen Primärrettungssystem beteiligt. So waren die Maschinen vom Typ Bell UH 1D mit den roten Türen, der Aufschrift SAR sowie das noch bekanntere typische Rotorengeräusch (»Teppichklopfer«) der Garant für nahende Hilfe. Ab 1999 zog sich das staatlich-militärische Engagement aus der zivilen Rettungsfliegerei zurück. Die Rolle der Bundeswehr in der deutschen Luftrettung beschränkt sich seitdem auf die alleinige Erfüllung des sog. **ICAO-Auftrages**, also die Durchführung von Such- und Rettungsoperationen (SAR) im Falle abgestürzter oder vermisster Luftfahrzeuge. Hierzu ist jeder Staat, welcher der International Civil Aviation Organisation (ICAO) angehört, im Rahmen des Chicagoer Abkommen von 1944 über die internationale Zivilluftfahrt verpflichtet. Die Bundesrepublik trat der ICAO 1956 bei. Mit dem Rückzug aus der Rettungsfliegerei der Bundeswehr folgte die Einführung ziviler Luftrettungsmittel.

Neben der **ADAC Luftrettung GmbH** und der **Stiftung DRF Luftrettung** beteiligen sich noch Bundespolizei und das Bundesministerium des Inneren als Betreiber einzelner Luftrettungsstationen und stellen das fliegerische Personal. Insgesamt gibt es heute in Deutschland ca. **80 Luftrettungsstützpunkte**. In einigen Bundesländern kommen zudem speziell ausgerüstete Polizei- oder Katastrophenschutzhubschrauber für Suchaufgaben (z. B. bei vermissten Personen), Katastrophenhilfe, Evakuierungsaufgaben, Ersthilfe von Verletzten sowie Unterstützung in der Seuchenbekämpfung zum Einsatz.

Der klassische **Rettungshubschrauber** (RTH) wird organisatorisch an eine Vertragsklinik angebunden. In der Mehrzahl der Fälle besteht das medizinische Team des zivilen RTH (HCM) aus einem Notarzt, einem Luftrettungsassistenten bzw. Luftrettungsmeister (HEMS Crew Member) sowie bei Bedarf einem Praktikanten. Der Notarzt wird oft aus dem ärztlichen Personalpool der Vertragsklinik entliehen, der Luftrettungsassistent rekrutiert sich aus einer vertraglich gebundenen Rettungsdienstorganisation (DRK, Feuerwehren, Bundeswehr und u. a.). Der Luftrettungsassistent unterstützt zusätzlich zu seinen medizinischen Aufgaben entsprechend seiner Ausbildung nach JAR-OPS das fliegende Personal beim Funken, Navigieren, Luftraumbeobachten sowie zahlreichen weiteren Flugsicherheits- bzw. Bergungsaufgaben (Berg- bzw. Alpinrettung). In der infrastrukturellen Konfiguration bezüglich Material/Personal unterscheidet sich das arztbesetzte Rettungsmittel RTH grundsätzlich nicht von einem NEF. Diese Grundsatzregelung ist in der Europäischen Norm EN 13718 festgeschrieben und bindend für die Betreiberorganisation.

Meist erfolgt der Einsatz eines RTH bei Traumapatienten oder in ländlichen Gebieten, kann aber im städtischen Umfeld auch als rascher Zubringer für Rettungsdienstpersonal bei internistischen Notfällen eingesetzt werden. Häufig werden RTH zu Verlegungen zwischen einzelnen Kliniken (Sekundäreinsatz) herangezogen. Hier wird aufgrund der sich ändernden Krankenhauslandschaft (weniger Kliniken, längere Flugstrecken) zukünftig ein Anstieg zu erwarten sein. Heutzutage werden im zivilen Rettungsdienst entsprechend den seit 2009 geltenden JAR-OPS 3 ausschließlich Maschinen mit 2 Turbinen eingesetzt. Gängiges Muster für den Primäreinsatz ist z. B. die EC135. Sie vereint ausreichendes Platzangebot mit der Möglichkeit, auch kleinere Landeflächen zu nutzen. In Abhängigkeit der einzelnen Betreiber wird sie in unterschiedlichen Konfigurationen verwendet (z. B. Bundespolizei mit polizeitaktischer Ausrüstung wie Kamera und Überwachungssysteme), was z. T. eine deutliche Gewichtszunahme mit sich bringt.

An einigen Standorten wird heute Luftrettung auf der Basis einer 24-h-Verfügbarkeit betrieben. Neben den erhöhten technischen Aufwendungen (z. B. Nutzung NVG) ist für den **Nachtflug** ein zweiter Pilot erforderlich. Wesentlich während des Nachtbetriebes ist der höhere planerische Vorbereitungsaufwand bezüglich Zeit und Gesamtumlauf. Auch der klinische Zustand des Patienten sowie die Entfernung zwischen Aufnahmeort und Zielklinik sind maßgeblich für den Zeitbedarf des Gesamteinsatzes. Oft ist aufgrund eingeschränkter Landemöglichkeiten (keine Sicht, keine Kenntnis des Landebereichs) der klassische Primäreinsatz mit direktem Anflug und unmittelbarer Landung am Einsatzort nicht möglich. Hier kann eine Lösung die Übernahme des erstversorgten Patienten an einer Klinik

sein, oder es existieren katalogisierte Landestellen wie Parkplätze, Sportanlagen etc.

Eine Ausleuchtung des Landeplatzes kann über die Kräfte der Feuerwehr oder des THW erfolgen. Auch ist nach Landung des RTH die bodengebundene Zuführung der medizinischen Besatzung an die Einsatzstelle möglich, um die vor Ort befindlichen Einsatzkräfte zu unterstützen. Bedingt durch die Veränderung der Krankenhausstrukturen, der demographischen Entwicklung der Bevölkerung und der Dynamik des medizinischen Fortschritts ist jetzt schon erkennbar, dass die Zahl der Transporte unter Nutzung spezieller medizinischer Techniken, hier insbesondere sog. Organersatzverfahren wie z. B. ECMO, Novolung-Beatmung, in weiterführende Spezialkliniken zunehmen wird.

Praktische Regeln

- Kritische Phase ist immer der Be- und Entladevorgang
- Klare Absprache zwischen den Crewmembers
- Kommunikation im Hubschrauber auf ein Mindestmaß reduzieren (»silent cockpit«)
- Bei fehlender Unterstützung durch Bodenrettung Mitnahme des gesamten Materials
- Umladevorgänge bei Gesamttransportzeit berücksichtigen (RW <20 min oft ohne wesentlichen Vorteil)
- Keine losen Gegenstände (Jacken, Taschen) bei Start und Landung
- Ordnungsgemäße Befestigung der medizinischen Geräte (MPG) an den DIN-Schienen
- Wachen Patient ggf. in den Bordfunk mit »einklinken«
- Elternteil ggf. mitfliegen lassen
- Adäquate Bekleidung für HCM, abweichendes Temperaturbedürfnis zwischen HCM und Patient
- Zwischendrin immer wieder die Frage: »everybody happy?«

34.3 Personal und Sicherheit

34.3.1 Gesundheitliche Voraussetzungen für militärisches AE-Personal

Grundsätzlich können organische bzw. psychische Grunderkrankungen sowie eine individuell bestehende Disposition zur Flugunverträglichkeit bei z. B. hohen Krafteinwirkungen (G-Kräfte) während rascher Änderungen von Flugrichtung und Flughöhe die Arbeitsfähigkeit eines Rettungsdienstmitarbeiters stark beeinträchtigen. Übermüdung, psychoaktive Substanzen am Vorabend (z. B. Alkohol, Nikotin), viszeroaktivierende Maschinenvibrationen, unbehagliche Zellentemperatur, monoton drehender Rotorschatten (Flickerlight) oder Müdigkeit sowie bereits kleinste Anzeichen von banalen grippalen Infekten können diesen Effekt zusätzlich verstärken oder für sich alleine eine gesundheitliche Beeinträchtigung auslösen.

Medizinisches Personal auf fliegenden Rettungsmitteln sollte einer gesundheitlichen Eignung für den »Flugdienst« unterzogen werden.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, werden die medizinischen Mitarbeiter eines luftgebundenen militärischen Rettungsmittels als Additional Crew Member (ACM) im zivilen Hubschrauberbereich: Helicopter Crew Member (HCM) betrachtet und in Analogie zu anderen Nationen jährlich durch einen Fliegerarzt der Bundeswehr gesundheitlich auf eine **Wehrfliegerverwendungsfähigkeit** (WFV) untersucht und begutachtet. Für das Personal ziviler Rettungsdienste existieren demgegenüber keine echten medizinischen Flugtauglichkeitsvorgaben. Eine medizinische Begutachtung des Rettungsdienstpersonals erfolgt hier allenfalls im Rahmen der üblichen betriebsärztlichen Untersuchung, eine arbeitsmedizinische Bewertung durch einen Arbeitsmediziner mit flugmedizinischer und flugphysiologischer Erfahrung wäre wünschenswert [2, 4, 6]. Für eine Tätigkeit im Bereich FwdAE ist eine uneingeschränkte körperliche und psychische Belastungsfähigkeit zwingend notwendig, um den gestellten Anforderungen in vollem Umfang gerecht zu werden.

Tab. 34.2 Empfohlene Ausbildungsgrundlagen für den Einsatz auf militärischen und/oder zivilen Rettungshubschraubern

	Ziviles Sanitätspersonal im luftgebundenen Patiententransport Lufttransport (HCM)	Militärisches Sanitätspersonal im luftgebundenen Verwundetentransport (ACM)
Medizinische Kompetenzen	Algorithmus-basierte Spezialkurse (z. B. ATLS/PHTLS/ITLS/AMLS/APLS)	Algorithmus-basierte Spezialkurse (z. B. ATLS/PHTLS/ITLS/AMLS)
	Focused Abdominal Sonography on Trauma (F.A.S.T.)	Focused Abdominal Sonography on Trauma (F.A.S.T.) für Tac/Strat AE
	DIVI-Kurs (Curriculum der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin)	Nationaler/internationaler militärischer AE-Lehrgang
	Flugphysiologische Ausbildung	Flugphysiologische Ausbildung
	Medizinprodukteinweisung aller auf dem LFZ zu nutzender Geräte und Materialien	Medizinprodukteinweisung aller auf dem LFZ zu nutzender Geräte und Materialien
		Taktische Verwundetenversorgung (TVV) bzw. »Tactical Combat Casualty Care« (TCCC)
Nicht-medizinische Kompetenzen	Einweisung auf LFZ und Sicherheitstraining	Helikoptertraining (luftfahrzeugspezifisch)
	(A)CRM bzw. Crew Coordination Concept (CCC)	Mindestens SERE-Level-»B« (Lehrgang für »personal recovery«)
	Navigation	Überlebenslehrgang Land
	Ggf. Rettungswindenausbildung	Überlebenslehrgang See
	Meteorologie	(A)CRM-Ausbildung
	Luftfahrtrecht	

34

34.3.2 Ausbildung von AE-Personal

Medizinisches Personal wird auf luftgebundenen Rettungsmitteln im Rahmen von Primär- und Sekundärtransporten eingesetzt. Insbesondere die Primärrettung bedingt für das medizinische Personal zur Bewältigung seiner Aufgaben eine hochwertige und umfassende Ausbildung. Im Gegensatz zum zivilen Rettungsdienst sind im militärischen Setting zur Erfüllung des Forward-AE-Auftrages zwingend auch weitere militärische Qualifikationen notwendig. RW sind in der Landephase und insbesondere auch während der Wartephase am Boden ein exponiertes Ziel (»sitting duck«) für feindliche Kräfte und können so durch feindlichen Beschuss zerstört oder fluguntauglich gemacht werden. Außer dem medizinischen »Handwerk« müssen daher von militärischem Sanitätskräften, die auf einem Drehflügler zum Einsatz kommen, in besonderen militärischen Lagen z. B. das überlebenswichtige Verhalten in isolierten Lagen beherrscht und die Grundlagen des »personal recovery« (PR), verinnerlicht werden. Die folgenden Ausbildungsempfehlungen sind aus Sicht der Autoren die Mindestanforderungen, welche sich an der jeweils zuordenbaren fachlichen Ausbildungshöhe (z. B. RettAss/Notfallsanitäter/Intensivpfleger/Arzt) orientieren müssen (Tab. 34.2).

34.3.3 Taktischer Flug und allgemeine Sicherheitsaspekte

Der taktische Flug ist insbesondere unter Bedrohung durch Feindbeschuss sowohl für Patient als auch für das medizinische Personal eine besondere

Herausforderung. Um der feindlichen Aufklärung zu entgehen, ist der tiefe und deckungsgebende Konturenflug in Anpassung an das Geländeprofil oftmals die einzige Überlebensgarantie. Schnelle Ausweichmanöver des Luftfahrzeugs (LFZ) in drei Dimensionen beeinträchtigen sowohl die Arbeit am Patient als auch dessen Transporttoleranz.

Gegebenenfalls können in größeren Hubschraubermodellen Stehhaltegurte den freien Fall des Personals im LFZ verhindern und Sicherheitshelme gegen Kopfverletzungen innerhalb des LFZ schützen. Die Patienten sollten stabil auf einem adäquaten Transportmedium wie z. B. dem Lufttransportsack gegen vertikale und horizontale Scherkräfte gesichert werden. Die Art und Weise der Fixierung des Patienten kann jedoch in hohem Maße auch von der der Gesamtlage abhängig sein, aus welcher der Patient ausgeflogen werden soll. Rettungsmittel und medizinische Geräte müssen gegen Eigenbewegungen im LFZ gesichert werden.

Gerade im Umgang mit medizinischem Sauerstoff sei erwähnt, dass es sich um Gefahrgut der Klasse 2 handelt und im Hinblick auf die Ladungssicherheit eine besondere Sorgfalt notwendig ist. Um das Risiko von Schäden (Explosion, Brand) durch Sauerstoffflaschen zu umgehen, können Produkte zur Herstellung von medizinischem Sauerstoff aus Granulaten/Pulvern (EmOX Unit) oder mittels Sauerstoffkonzentrierung (»oxygen concentrators«) aus der Umgebungsluft eine Alternative darstellen. Eine allgemeingültige Empfehlung kann hier aber nicht gegeben werden. Anders als bei der zivilen Luftrettung ist während eines militärischen »Forward AE« eine luftfahrtzugelassene Befestigung der Geräte nicht immer möglich, woraus sich eine rechtliche Grauzone ergibt.

Praktische Regeln

- Kopfschutz tragen
- Ggf. Sicherungsleine bzw. Stehhaltegurt anlegen, um sich in geräumigen LFZ gegen Sturz zu sichern
- Patienten sichern
- Medizinische Geräte beim Transport ggf. zusätzlich durch Kabelbinder fixieren

34.3.4 Aeromedical Crew Ressource Management (ACRM)

In der Luftfahrt konnte festgestellt werden, dass zumeist **menschliches Versagen** (»human factor«) ursächlich für viele schwere Un- oder Zwischenfälle war. Meist waren hier mangelnde Kommunikation/Kooperation, personelle Kompetenzkonflikte, reduzierte situative Aufmerksamkeit, nicht zielgerichtetes Führungsverhalten sowie fehlerhafte Entscheidungsfindung ursächlich. Diese Erkenntnis machte die Entwicklung eines »Werkzeugs« notwendig, welches die genannten Ursachen optimieren sollte. In den 1970er Jahren schlug daher die Geburtsstunde des Crew Ressource Management (CRM), welches von der NASA erstmals ins Leben gerufen wurde und in der zivilen wie auch militärischen Luftfahrt bis heute erfolgreich angewendet wird.

Ziel ist es, das Bewusstsein einer Crew so zu steuern, dass erkannt wird, wie entscheidend effektive Kommunikation und die Beziehung der Crewmitglieder untereinander für den Erfolg einer Mission ist.

Da auch im medizinischen Bereich bis zu 70 % der Komplikationen auf den »human factor« zurückzuführen sind, hat CRM inzwischen auch den Bereich der Notfall- bzw. Rettungsmedizin zunehmend erobert und sich hier insbesondere im Bereich der Luftrettung seit 2004 als Aeromedical Crew Ressource Management (ACRM) etabliert.

Gerade im Bereich der Luftrettung unterliegt das Handeln an Bord eines LFZ einer besonders hohen Dynamik und Komplexität und damit wiederum einer hohen Fehleranfälligkeit. Abweichende Ausbildungsstände der medizinischen Crewmitglieder, unterschiedliche Kompetenzen und viele andere Faktoren haben bei der Versorgung von Verletzten einen wesentlichen Einfluss auf die Versorgungsqualität.

Insbesondere während eines luftgebundenen Verwundetentransports, bei dem zahlreiche negative Umgebungseinflüsse wie Lärm, Lichtverhältnisse, Platzmangel, Bedrohungslage oder Zeitdruck einwirken, ist eine funktionierende Kommunikation sowohl innerhalb der medizinischen Crew als auch mit den Piloten (o. ä.) aufrecht zu halten.

Medizinische Parameter, Zustandsänderungen des Patienten, technische Probleme der Medizingeräte, Zusammenarbeit mit dem technischen Personal an Bord des LFZ wie auch zahlreiche andere Faktoren gehören zum Informationsinhalt eines funktionierenden Gesamtteams. Hierbei sollte der medizinische Leiter eines Teams klare Vorgaben machen, dabei jedoch Vorschläge seines Teams annehmen und umsetzen können. Im Team sollten zur Aufgabenbewältigung ggf. Führungsansprüche zurückgestellt, Konkurrenzdenken und Emotionen hinten angestellt werden. Die Kommunikation im Team muss sich respektvoll gestalten, Stärken und Schwächen des Personals müssen untereinander bekannt sein, um ggf. Defizite eines Teamkollegen zum Wohl der Patientensicherheit kompensieren zu können. Interaktionen im Sinne eines **(A)CRM** sollten daher bei militärischem Sanitätspersonal, das oft gemeinsam mehrere Monate in einem Einsatz arbeitet, schon im Vorfeld intensiv trainiert werden.

Unter (A)CRM versteht sich somit ein Training, welches die kommunikative Interaktion von militärischen wie auch zivilen Rettungsdienstmitarbeitern untereinander so optimieren soll, dass eine möglichst konflikt- und fehlerfreie, qualitativ hochwertige medizinische Versorgung der Patienten gewährleistet wird.

Ziel ist es, im Verbund von technischem und medizinischem Personal einen effektiven Einsatz aller verfügbaren Ressourcen zur Steigerung der Flug- und Patientensicherheit zu gewährleisten. Ein gemeinsames Training aller an einem Einsatz beteiligten Personen (auch technisches Personal) ist somit zwingend nötig, um eine gemeinsame Sprache zu entwickeln, die Erwartungshaltung eines Jeden im Team zu definieren, ein Verständnis für die Teamressourcen zu schaffen, die Abläufe und Prozesse in der Luftrettung professionell zu beherrschen, und ein gemeinsames Teamziel zu formulieren. Nur durch ein intensives, einsatznahes Teamtraining kann eine professionelle und medizinisch hochwertige Patientensicherheit garantiert werden. Das Debriefing nach jedem Einsatz sowie ggf. ein etabliertes anonymes »Critical Incident Reporting System« (CIRS) sollten Anwendung finden [8, 9]. (A)CRM-Kurse werden von verschiedenen Anbietern

Abb. 34.1 Medical Emergency Response Team (MERT) der Britischen Streitkräfte bei der Versorgung von Verletzten in einer CH-47 (Chinook). (Foto: Crown Copyright/MOD 2012)

offeriert, weitere Informationen sind erhältlich über z. B. den Initiator des ACRM, der European HEMS and Air Ambulance Committee e.V. (EHAC), das »New Training Institute«, NTI, oder CCAT (»Clinical Considerations in Aeromedical Transport«), http://www.ccat-training.org.uk/index.htm.

34.3.5 Platzmanagement

Die Organisation des Arbeitsplatzes ist eine wesentliche Herausforderung bei der Versorgung der Patienten. In Abhängigkeit vom genutzten LFZ-Typ und dem verfügbaren Raumangebot ist im Vorfeld mit dem Team abzusprechen, wer welche Tätigkeiten am Patienten verrichtet. Es ist notwendig festzulegen, wer welche Zusatzaufgaben übernimmt (z. B. wechseln der Sauerstofflasche während des Fluges) und wer im Team wo seinen Platz hat (Abb. 34.1). Fehlstrukturierung des Arbeitsablaufs führt gerade auf engstem Raum und bei insgesamt schlechten Umgebungsverhältnissen (Licht, Lärm, Kälte etc.) zwangsläufig zu massiven Problemen bei der Patientenversorgung. Instruktionen des Teamleaders werden überhört, Arbeitsprozesse vernachlässigt oder ganz vergessen. Insbesondere die Notwendigkeit zur Versorgung mehrerer Patienten bringt jeden Einzelnen an die Grenzen der Leistungsfähigkeit. Auch wenn verschiedene AE-Mittel strukturierte, standardisierte und in der

Anzahl genau festgelegte Arbeitsbereiche haben (z. B. Patiententransporteinheit auf CH-53/NH 90), kann dies bei entsprechenden Rahmenbedingungen bedeuten, dass z. B. im Falle eines Massenanfalls von Verletzten (MANV) mehr als die grundsätzlich vorgesehene Patientenanzahl mitgeführt werden muss. Um den Arbeitsablauf bestmöglich zu gestalten, ist eine entsprechende teaminterne Festlegung zwingend notwendig. Arbeiten, die bereits im Vorfeld eines Einsatzes vorbereitet werden können, sollten auch vorher ausgeführt werden (z. B. Spritzen mit Analgosedierung vorbereiten), da dies später unter taktischen Flugbedingungen häufig nicht mehr möglich ist. Dies kann effektiv nur bei gemeinsamen Teamübungen trainiert werden.

34.4 Arztgespräch, Patientenaufnahme, Patientenübergabe

34.4.1 Forward AE

Der Forward AE wird durch einen 9-Liner-Request angefordert und kann am Unglücksort unkontrolliert oder kontrolliert ein- bzw. zweizeitig stattfinden. Bevor man sich für eines der drei Systeme entscheidet, muss man sich verschiedener Rahmenbedingungen bewusst werden. Das Hubschraubermodell (z. B. CH53/CH47 oder UH60/NH90), die Besatzungsstärke des medizinischen Personals sowie die Bauweise des medizinischen Rüstsatzes eines LFZ haben einen entscheidenden Einfluss auf die Anwendbarkeit der drei o. g. Systeme. Alle Verfahren haben Vor-, aber auch Nachteile und müssen lageabhängig bewertet werden.

Das **unkontrollierte Verfahren (UV)** bedeutet in diesem Zusammenhang das Zuführen von Verletzten an das LFZ. Dies erfolgt in einer »heißen Zone« (»hot zone«) durch einen Tragetrupp der Bodenkräfte. Dem medizinischen Personal ist es dann erst an Bord des LFZ möglich, sich einen ersten eigenen Eindruck der vorhandenen Verletzungsmuster zu machen. Medizinische Übergaben erfolgen hierbei im Hubschrauber bei laufenden Triebwerken. Übermittelte Informationen sind oft rudimentär, die Verwundetenkarten häufig unvollständig oder fehlerhaft ausgefüllt. Oft weichen die ersten Diagnosen der 9-Liner-Meldung erheblich von den tatsächlichen medizinischen Fakten ab. Ein besonderer Schwerpunkt ist auf die Entwaffnung aller Verwundeter zu legen. Selbst eigene Verletzte können bei psychischer Beeinträchtigung die aktuelle Situation verkennen und bewaffnet ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellen. Weiterhin ist nicht jedem Soldaten bekannt, in welcher Art und Weise man sich einem LFZ nähert. Abhängig vom Modell des Hubschraubers (z. B. Boden-Rotorabstand) sowie der Standneigung (z. B. an einem Gefälle) sind bestimmte Sicherheitsaspekte unbedingt zu berücksichtigen, da sich diese Unkenntnis sonst zu einer lebensbedrohlichen Situation entwickeln kann. Das unwissende Zubringerpersonal kann hierdurch zu einem extremen Sicherheitsrisiko werden.

Das **kontrollierte einzeitige Verfahren (KEV)** bedeutet in Anlehnung an das Vorgehen der US Flight Medics, dass Teile des medizinischen Teams (ACM, HCM) den RW verlässt und ca. 100 m vom LFZ entfernt von Bodentruppen aufgenommen wird. Hierbei gibt es dann wiederum zwei Möglichkeiten:

- Das medizinische Team wird in eine gedeckte Stellung geführt, um sich ein eigenes Bild der verletzten Soldaten zu machen. Dies hat den Vorteil, dass lebensbedrohliche Zustände soweit möglich vor dem Flug stabilisiert werden können und bei begrenzter Transportkapazität und hoher Patientenanzahl eine Vorflug-Triage mit Priorisierung der Transportreihenfolge durchgeführt werden kann. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die Zuladung mehrerer Verletzter im schlimmsten Fall zum überhöhten Workload des medizinischen Personals führt und eine effiziente Behandlung des Einzelnen verhindern kann. Der Übergang in den nachfolgend beschriebenen zweizeitigen Fwd AE ist bei dieser Methode häufig.
- Der ACM führt die angetroffenen Bodenkräfte mit dem Verletzten direkt zum LFZ und lässt sich vorab einen Überblick über den Zustand des Patienten geben. Dies beschleunigt den Abtransport der Verletzten wesentlich (»scoop and fly«), birgt aber die Gefahr von Informationsverlust. Das LFZ bleibt während dieser Patientenaufnahmephase maximal 2–3 Minuten am Boden, da die Wahrscheinlichkeit eines feindlichen Treffers mit der zeitlichen Verweildauer am Boden zunimmt (»sitting duck«).

Tab. 34.3 Vor- und Nachteile der kontrollierten und unkontrollierten Patientenaufnahme beim Forward AE unter Berücksichtigung der Bodenkontaktzeit (BKZ) des LFZ

	Unkontrollierte Patientenaufnahme (UV)	Kontrollierte Patientenaufnahme – einzeitig (KEV)	Kontrollierte Patientenaufnahme – zweizeitig (KZV)
Vorteile	Rasche Aufnahme von Patienten Wenig Zeitverlust	Überblick der Verletzungen (»trauma assessment«) Adäquate Versorgung vor Transport möglich Planbare Workload Heranführen der Tragetrupps an das LFZ	Überblick der Verletzungen Adäquate Versorgung vor Transport möglich Sichtung unklarer Verletzungskategorien möglich
Nachteile	Fehlerhafte Patientenübergabe Oft unklarer Verwundetenstatus durch vorab unzureichende Sichtung, ggf. nicht ausreichende Behandlung Verletzter mit unklarem Bewaffnungsstatus Tragetrupp oft ohne Einweisung im Umgang mit RW Bei vielen Verletzten erfolgt hoher Workload	Längere Wartezeit des RW möglich Transferwege der ACM (Sicherung?) zum Verletzten Übergang in kontrolliert zweizeitig möglich	Zweimalige ggf. gefährliche Landeverfahren des LFZ Treibstoffsituation des LFZ Transferwege der ACM (Sicherung?) zum Verletzten Ggf. besondere Verhaltensmuster am LFZ erforderlich (z. B. hinlegen nach Verlassen des LFZ)
Wann mache ich was?	Heiße Zone, stabile/instabile Patienten Hohe Zuladekapazität des LFZ (z. B. CH47) bei MANV LFZ mit hohem Rotorbodenabstand (CH53, CH47 etc.)	Heiße Zone, nur wenn die BKZ des LFZ (bis max.. 3 min) LFZ mit niedrigerem Rotorbodenabstand (UH60, NH90 etc.)	Ergibt sich oft aus dem KEV bei Beschuss und BKZ >3 min Bei mehreren Patienten, unklarem Verletztenstatus, reduzierter Transportkapazität und wenig Personal auf dem LFZ

Grundsätzlich sollte bei beiden beschriebenen Varianten der ACM den Tragetrupp des Verletzten zum Hubschrauber führen, die Ladetür am Helikopter sichern und den Beladevorgang koordinieren.

Beim **kontrollierten zweizeitigen Verfahren (KZV)** verlässt der ACM zunächst das LFZ. Überschreitet die Bodenkontaktzeit des Helikopters in einer »Heißen Zone« (HZ) die Zeit von maximal 2-3 Minuten hebt er ab um den Gefahrenbereich temporär zu verlassen. In sicherer Distanz vor feindlichem Beschuss befindet sich der Helikopter dann in einer Warteschleife (Holding), um auf Abruf durch den Führer der medizinischen Crew erneut die HZ anzufliegen und die Rettungskräfte mitsamt dem Patienten aufzunehmen. Eine wesentliche Gefahr liegt bei diesem Vorgehen in der damit erneut in Kauf zu nehmenden kritischen Landephase bei z. B. Staub- oder Schneelandungen (Brown- bzw. White-out). Grundsätzlich wird durch dieses Verfahren die Bodenkontaktzeit (BKZ) des LFZ auf ein Minimum reduziert, die Gefahr eines feindlichen Treffers vermindert und die verfügbare Arbeitszeit der ACM verlängert. Das zweizeitige Verfahren entwickelt sich häufig aus dem kontrolliert einzeitigen Vorgehen durch unvorhergesehene verlängerte Übergabe- bzw. Behandlungszeiten der ACM oder ist aufgrund der vor Ort herrschenden Sicherheitslage das Verfahren der Wahl.

Die Vorteile der kontrollierten einzeitigen Patientenaufnahme überwiegen sicherlich die der unkontrollierten und haben letztlich dazu geführt, dass die US-Soldaten dieses System bevorzugt einsetzen (Tab. 34.3).

34.4.2 Tactical AE

Der Tac AE wird durch einen »**patient movement request**« (PMR) angefordert und hat eine planbare Vorlaufzeit. Ein PMR sollte immer die Personalien, die Anamnese, sowie die Diagnosen, die erfolgten Therapiemaßnahmen, sowie die noch bestehenden medizinische Erfordernisse beinhalten. Leider ist dies nicht immer der Fall. Die PMR werden oft durch Angehörige unterschiedlicher Nationalitäten erstellt, die Fehlerquellen ergeben sich somit z. B. durch mangelndes Sprachvermögen, unterschiedliche Ausbildungsstände, inkompatible Kommunikationsmittel und andere Faktoren. Zwingend notwendig ist es, die sanitätsmateriellen Unterschiede verschiedener Nationen zu berücksichtigen. Vor der Patientenübernahme muss geklärt sein, inwiefern eine Kompatibilität der Medizinprodukte der unterschiedlichen Nationen besteht (passen z. B. deutsche Infusionsleitungen an die Anschlüsse anderer Nationen?). Trotz aller Bemühungen um ein leitliniengerechtes und medizinisch einwandfreies Arbeiten müssen Reserven vorgehalten und Möglichkeiten zur Improvisation gelassen werden. Sprach- bzw. Verständigungsprobleme und kulturelle Besonderheiten (Ehrbegriff, Rolle der Geschlechter etc.) können je nach Einsatzregion einen direkten und unmittelbaren Einfluss auf das weitere Vorgehen der Einsatzplanung haben. Das Vorab-Telefonat mit dem behandelnden und »Patienten-abgebenden« Arzt ist oft unumgänglich und dringend anzuraten. Eine Checkliste möglicher Probleme und deren Lösungsansatz gibt ◘ Tab. 34.4 wieder.

Praktische Regeln

- Unkontrollierte Patientenaufnahme vorab mit dem Hubschrauberkommandanten koordinieren, da er die Gesamtverantwortung für den Helikopter und seine Crew hat.
- Wann welche Verfahrensoption durchgeführt wird, ist nicht immer eindeutig und von der Gesamtsituation abhängig.
- Die drei Verfahren des Forward AE müssen vorab intensiv trainiert werden
- Bei fraglich vollständigen PMR mit dem abgebenden Arzt telefonieren und immer vom Schlimmsten ausgehen.

- Die Tactical/Strategic AE im Einsatz ist ein komplexer, multifaktorieller Prozess, welcher neben flugphysiologischem und medizinischem Wissen auch umfangreiche organisatorische, technische, strukturelle, taktische und nicht zuletzt kulturelle Kenntnisse erfordert.

34.5 Physikalische und psychische Einflüsse auf Patient und Personal

34.5.1 Einfluss von Flughöhe auf Sauerstoffpartialdruck und luftgefüllte Räume

Mit zunehmender Flughöhe nimmt der Luftdruck ab. Dies kann insbesondere für den taktischen wie auch strategischen Verwundetentransport einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit von Patient und Personal haben. Ursächlich hierfür ist der Zusammenhang von Höhe, Gesamtluft- und Sauerstoffpartialdruck. Mit zunehmender Höhe bewirkt ein Abfall des Gesamtluftdrucks einen gleichzeitig stattfindenden Abfall des Sauerstoffpartialdrucks. So herrscht am Erdboden ein atmosphärischer Gesamtdruck von 1 bar (ca. 1013 Hektopascal oder 760 mmHg), der Sauerstoffpartialdruck liegt mit 21 % Sauerstoffanteil bei 1 bar × 0,21 (1013 hPa × 0,21 bzw. 750 mmHg × 0,21) der mit zunehmender Flughöhe abnimmt. Obwohl der Druckabfall im Medium Luft bis in die höheren Atmosphären exponentiell verläuft, zeigt sich bis etwa 10.000 Fuß (feet, ft) ein nahezu linearer Druckkurvenverlauf mit einem Abfall von etwa 1 hPa/30 ft.

Pro 5500 m Höhe halbiert sich der Sauerstoffpartialdruck, so dass bei 18.000 Fuß Flughöhe nur noch die Hälfte des ursprünglichen Drucks auf Meereshöhe und somit auch nur noch ca. die Hälfte des Sauerstoffpartialdrucks in der Atmosphäre herrscht.

Dies hat direkte Auswirkungen auf die **Sauerstoffsättigung** (SpO_2), welche mit Hilfe eines Pulsoxymeters gemessen werden kann. Während am

Tab. 34.4 Checkliste zur Lösung sich im Sekundärtransport ergebender Probleme

Thema	Problem	Lösungsansatz
PMR vollständig (z. B. Identität, medizinische Fakten, Dringlichkeit)?	Mangelhafte Daten zu Patient, Diagnose oder Behandlung	Rücksprache mit Rettungsleitstelle i.E, Arzt-Arzt-Gespräch (A-A-G)
PMR inhaltlich: Zustand des Patienten, wesentliche Befunde, Dringlichkeit?	Angaben zu kritischen Patienten oft unterschiedlich, Transport-Indikation bzw. -priorität.	A-A-G: Vorbereitung wegweisender Fragen, ggf. in Fremdsprache (z. B. medizinische Begriffe auf englisch)
Fristen nach operativen Eingriffen?	Zeitpunkt für Sekundärtransport u. U. früher (Vor-/Nachteil?)	Empfehlungen (z. B. Tab. 34.1) einhalten, Gefährdung abwägen
Auswirkungen von Luftdruckänderungen auf Patienten bzw. Organsysteme?	Isolierte Lufteinschlüsse in natürlichen oder künstlichen Körperhöhlen	Entlastung (z. B. Thoraxdrainage (s. u.), Parazentese), Resorption/Zuwarten, Variation Zielflughöhe
Standard der jeweiligen bisherigen Behandlung?	Qualität der Behandlung in den Quellkliniken i.E. unterschiedlich	A-A-G, ggf. zusätzliche Maßnahmen vor Verlegung veranlassen
Diagnostik vor dem Lufttransport?	Für den Lufttransport notwendige Informationen nicht im PMR	z. B. CCT, (aktuelles) Rö-Thorax, BGA, Hb, Konsile (z. B. Augen), A-A-G
Intubations- und Beatmungsstatus? Lage ET-Tubus?	Unklare Informationen im PMR (Spontan, assistiert usw.?), Dislokation ET-Tubus?	Beatmungsmodus und -parameter erfragen, Abgleich mit Beatmungsoptionen, regelmäßige Lagekontrolle
Drainagen vorhanden? Besondere Indikation bei Lufttransport, Zielflughöhe?	Flugmedizinische Expertise u. U. nicht vorhanden, Zustand und Funktion der Drainage?	A-A-G als auch Abstimmung mit Piloten wichtig (z. B. Zielflughöhe)
Zugänge, Katheter, Infusionssysteme, Perfusoren?	Verweildauer? Zustand? Lage? Kompatibel mit Geräten im LFZ?	Genaue Absprache im A-A-G (v. a. bei Überlassung/Tausch!)
Patientenmedikation, v. a. welche i.v. Medikamente.	Katecholamine, Hypnotika, Analgesie usw.? Präparate anderer Nationen? Kontinuierliche Gabe?	Dosierungen, evtl. Reservespritzen aufziehen lassen, notwendige Umstellungen **vor** Lufttransport
Noch invasive Maßnahmen vor Transport erforderlich?	Oft werden in kleineren Med. Einrichtungen eher weniger invasive Maßnahmen getroffen	Zugänge (peripher/zentral, Hirn-Drucksonden), Magensonde etc. oder Intubation **vor** Aufnahme in LFZ vornehmen
Aufnahmepunkt klären (Klinik oder Flugfeld?), Sichtung vor Übernahme?	Übernahmevereinbarungen werden missverstanden und enden in Wartezeiten. Wichtige Aspekte manchmal erst beim »Sichten« erkennbar	»Komplexe« Patienten wenn möglich in Klinik übernehmen, vorherige Sichtung, Besonderheiten bei Übernahme im internationalen »Setting« beachten
Nationale Besonderheiten beim Sanitätsmaterial?	Beispielsweise verschiedene Schraubverschlüsse bei venösen Zugängen/Infusionssystemen	Prüfung von Diskrepanzen, ggf. vor Transport beseitigen
Gefährdungs-/Feindlage?	Nicht immer ist es überall sicher	Schutzweste an, Waffe am Mann
Flugverlauf? Flugwetter?	(Bsp.) Taktisch? Turbulenzen?	Arzt-Pilotengspräch
Bin ich fit? Kann ich das alleine?	Eigene Fähigkeiten überschätzen Fachlichen Defizite nicht eingestehen Flug trotz Unwohlsein	Ehrlich zu sich sein Spezialisten anfordern Gesundheitlich ungeeignete Menschen sollten besser nicht fliegen
Nationalität des Patienten, Sprache? Kinder?	Sprachliche und kulturelle Barrieren, Begleitperson?	Sprachmittler, kulturelle Sensitivität, Dosierungstabellen Kind
Patient Freund oder Feind?	Freundliche/feindliche Absicht?	Narkose, Fixierung, Wachpersonal
Patient (noch) bewaffnet?	Auch eigene Kräfte bergen bei Delir/Sedierung hohe Gefahren!	Durchsuchung und Entwaffnung **aller** Patienten (ggf. durch Militärpolizei)
Besonderheiten bei psychiatrischen Patienten	Gefährdung der Flugsicherheit z. B. durch Erregungszustände	Facharztkonsil, ggf. Sedierung oder Ablehnung des Transportes

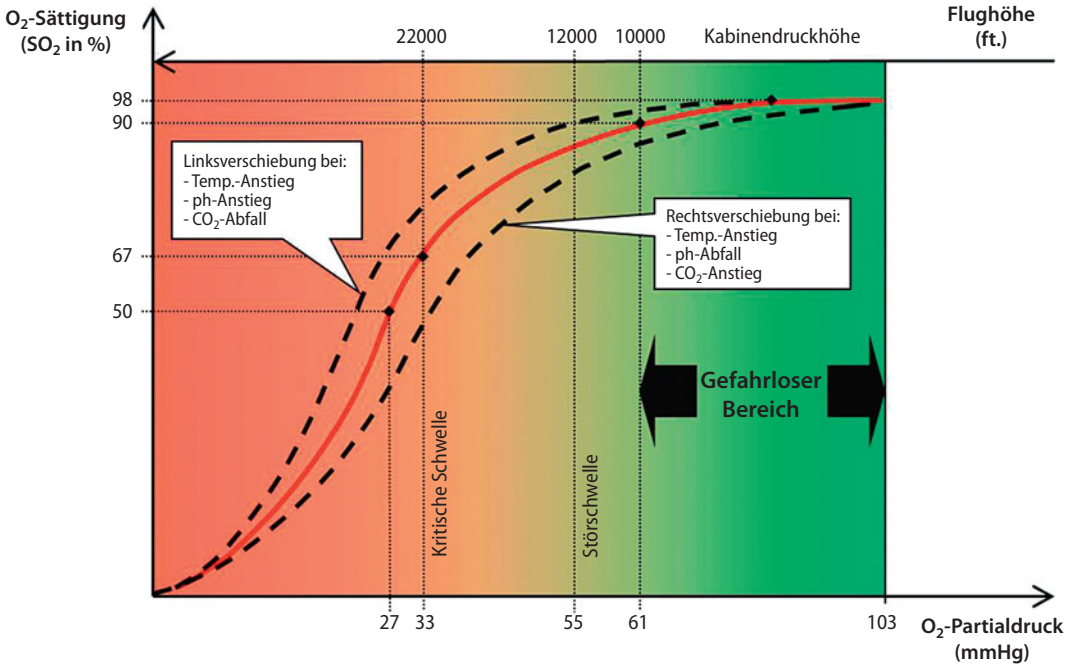


Abb. 34.2 Zusammenhang von Flughöhe, Sauerstoffpartialdruck und Sauerstoffsättigung im Blut sowie die zugehörigen Schwellenbereiche hinsichtlich Kompensierbarkeit möglicher Hypoxien (G. Röper)

Erdboden die SpO_2 eines Gesunden ca. 98 % beträgt, beginnt der Körper ab ca. **10.000 ft** (entspricht 3048 m) mit kompensatorischen Reaktionen wie Anstieg der Herzfrequenz um den verminderten Sauerstoffpartialdruck zu kompensieren. Durch diese Kompensation kann zumeist ein SpO_2 von etwa 90 % aufrecht erhalten werden, was einem arteriellen pO_2 von ca. 60 mmHg entspricht. Hierbei ist immer zu bedenken, dass ein solcher SpO_2 nicht zwingend eine verletzungsbedingte Hypoxie darstellt, sondern sich alleine schon aufgrund der Flughöhe erklären lässt. Ab ca. **12.000 ft** wird die Störschwelle überschritten und eine vollständige Kompensation ist nicht mehr möglich. Aus diesem Grund wird in Strahlenflugzeugen (z. B. LearJet oder Airbus) ein künstlicher Druck (Kabinendruck) aufgebaut, der einer theoretischen Flughöhe von ca. 2000–2400 m entspricht obwohl das Flugzeug eigentlich viel höher fliegt (LearJet ca. 12 km). Hubschraubern ist im zivilen Flugbetrieb das Überfliegen einer Höhe von 10.000 ft verboten.

Ab einer Flughöhe von etwa **22.000 ft** wird die kritische Schwelle erreicht und eine respiratorische Kompensation ohne zusätzlichen Sauerstoff oder einen »physiologischen Kabinendruck« ist bei gesunden nicht mehr möglich. Der SpO_2 sinkt ab dieser Höhe auf 67 % ab, was einem effektiven pO_2 von 33 mmHg entspricht (Abb. 34.2).

Bei **Intensivpatienten** gelten grundsätzlich dieselben physikalischen Gesetzmäßigkeiten wie beim Gesunden, jedoch verhalten sich die Ausgangswerte instabiler. Während ein Gesunder am Boden einen SpO_2 von 98 % besitzt, kann ein lungenverletzter Patient hier mit deutlich niedrigerem SpO_2 von z. B. 80 % bei 10.000 ft im Lufttransport ein Atemnotsyndrom entwickeln. Es ist daher sinnvoll entsprechende Patienten bereits bei niedrigeren Höhen mit Sauerstoff zu versorgen oder auf »sea level« zu verbleiben. Zudem ist zu bedenken, dass in einer Flughöhe von 8000 ft eine Beatmung mit 100 % O_2 einer Beatmung mit ca. 75 % O_2 in Meereshöhe entspricht, da der Sauerstoffpartialdruck in dieser Höhe auch nur etwa 75 % des Drucks auf Meereshöhe entspricht. Daher müssen Patienten mit einem O_2-Partialdruck von 213 hPa (21 % O_2) und einer **inspiratorischen Sauerstoffkonzentration** FiO_2 = 0,6, bereits auf 8000 ft Höhe eine um den Faktor 1,35

höhere FiO_2 erhalten, damit ein bodengleicher Sauerstoffpartialdruck erhalten bleibt.

Die für den Flug in einer bestimmten Höhe benötigte FiO_2 kann näherungsweise ermittelt werden und sollte vor jedem geplanten Flug durchgeführt werden:

$$FiO_2 \text{ in der Höhe} = [pB - pW] \times FiO_2B/[pF - pW]$$

pB = Gesamtluftdruck am Boden (hPa/mmHg)
pF = Gesamtluftdruck in der Flughöhe (hPa/mmHg)
pW = Wasserdampfdruck bei 37 °C, höhenunabhängig (47 mmHg bzw. 62,6 hPa)
FiO_2B = benötigter FiO_2 am Boden

Liegt bei einem Patienten bereits am Boden eine FiO_2 von 1,0 vor, dann ist eine weitere Steigerung nicht möglich und es muss entweder der Kabineninnendruck erhöht oder auf »sea level« geflogen werden. Des Weiteren wird die Oxygenierung des Gewebes durch verschiedene Faktoren (Temperatur, pH, CO_2 etc.) mit Auswirkung auf die O_2-Bindungskurve beeinflusst.

Bei **zunehmender Flughöhe** kommt es neben einer Abnahme des SpO_2 auch zu einer Abnahme des Umgebungsdrucks. Dieses Phänomen hat für den Lufttransport eine herausragende Bedeutung, da er unmittelbare Auswirkungen auf die gasgefüllten Hohlräume des Patienten hat. Wie bereits in ▶ Kap. 35 beschrieben, erklärt das Gasgesetz von Boyle-Mariotte den Zusammenhang zwischen Druck und Volumen bei konstanter Temperatur. Eine Zunahme der Flughöhe bewirkt eine Abnahme des Gesamtdrucks und damit die Zunahme eines definierten Luftvolumens in einem geschlossenen Raum. Bei **Reduzierung der Flughöhe** verhält sich dieser Prozess entgegengesetzt. Auch dies kann bei schnellen Sinkraten von RW (z. B. 2000 ft/Minute) eine rasche und u. U. gefährliche Abnahme eines definierten Luftvolumens bedeuten.

Die direkten Auswirkungen des Gasgesetzes nach Boyle-Mariotte zeigen sich beim Menschen insbesondere in den **luftgefüllten Organbereichen** wie Mittelohr, Nebenhöhlen, Zähne, Lunge, Darm oder auch iatrogene luftgefüllte Räume wie z. B. Lufteinschlüsse im Auge nach Schrapnellverletzungen (◘ Abb. 34.3). Flüssigkeitsverschiebungen aus dem Intravasalraum in das Interstitium werden

◘ **Abb. 34.3** Auge mit kleiner Luftblase (*LB*) nach Schrapnellverletzung (*Pfeil*). Bei Ausdehnung dieser LB durch Höhenzunahme im Lufttransport kann es zur Schädigung des Auges kommen. (Aus [17], mit freundlicher Genehmigung des Borden-Institutes)

durch den höhenbedingten Druckabfall begünstigt, damit besteht eine erhöhte Gefahr für die Zunahme von Ödemen. Bereits ab 1600 m wurde die Entstehung von **Zahnschmerzen** beschrieben [7]. Bildgebende Verfahren oder fachärztliche Konsile sollten daher bei einem geplanten Tactical AE immer genutzt oder angefordert werden, um letzte Unklarheiten zu beseitigen.

Die Druck- und höhenbedingten Phänomene haben aber nicht nur Auswirkungen auf den Patienten, sondern auch auf **Medizingeräte** bzw. **medizinische Hilfsmittel**. Durch Abnahme des Gesamtdrucks in der Höhe kann der Cuff-Druck bei intubierten Patienten ansteigen und zu Trachealschäden führen, nicht beseitigte Bläschen in Perfusorenspritzen können zu Bolusgaben führen, Vakummatratzen werden in der Höhe weicher und Luftkammerschienen dagegen härter. Weichgewordene Vakummatratzen führen in der Folge zum Verlust der Stabilisierung bei Patienten mit z. B. Wirbelsäulentrauma und harte Luftkammerschienen induzieren durch ein iatrogen ausgelöstes Kompartmentsyndrom Nervenschädigungen. Kapnometrische Verfahren, die über Nebenflussverfahren das CO_2 messen, zeigen in der Höhe oft zu niedrig gemessene Werte an und arterielle RR-Messungen können insbesondere während der Aufstiegsphase durch Druckzunahme in der

Druckmanschette deutliche Fehlerwerte aufzeigen (hier erst die Zielhöhe abwarten).

Um am Patienten unerwünschte, druckbedingte Effekte zu vermeiden, ist die Anlage geeigneter Ableitungen (z. B. Thorax- und Wunddrainagen, Katheter etc.) bereits vor dem Lufttransport anzuraten. Eine regelmäßige Reevaluierung der gemessenen Parameter (klinisch und über Monitoring) während des Fluges ist zwingend notwendig, um erste Anzeichen von Komplikationen rechtzeitig zu erkennen. So sollte außerdem bei bewusstlosen Patienten, die aktiv keinen Druckausgleich des Mittelohrs herbeiführen können, der Nasenrachenraum mit **schleimhautabschwellenden Nasensprays** (z. B. Xylometazolin) »gespült« oder, falls ein HNO-Arzt verfügbar ist, in begründeten Einzelfällen eine Parazentese diskutiert werden. Bei bewusstseinsklaren Patienten muss vor Beginn des Fluges die Tubendurchgängigkeit mit Hilfe des **Valsalva-Manövers** überprüft werden, ggf. sollten auch hier schleimhautabschwellende Nasensprays zur Anwendung kommen.

Neben den bereits genannten Punkten sollte auch immer an Lufteinschlüsse nach Operationen (Abdomen, Auge, Schädel etc.), weichwerdende Vakuummatratzen und Drucksteigerung in Luftkammerschienen gedacht werden. Es ist darüber hinaus zu beachten, dass sich mit zunehmender Flughöhe und aufgrund der sich ausdehnenden Gase ein gefährlicher Überdruck innerhalb der Flaschen bilden kann. Aus diesem Grunde sollten Gas- und Sauerstoffflaschen nicht vollständig gefüllt sein. Die druckkontrollierte Beatmung hat sich im Lufttransport gegenüber der volumenkontrollierten durchgesetzt [2, 4, 6].

Praktische Regeln

- Je größer die Flughöhe, desto geringer ist der absolute Sauerstoffanteil in der Umgebungsluft.
- Je größer die Flughöhe, desto weniger Luftdruck → Druckanstieg in luftgefüllten Hohlräumen
- Um den O_2-Partialdruck des Blutes eines Patienten in der Höhe konstant zu halten, ist es notwendig, die Sauerstoffkonzentration FiO_2 zu erhöhen. Überwacht wird dies anhand von Pulsoxymeter und/oder Blutgasanalyse.

34.5.2 Sehvermögen in der Flugmedizin

Der für das Sehen funktionell wesentliche Organabschnitt des Auges ist die Netzhaut. In diese ist ein Nervengeflecht eingebettet, welches den optischen Reiz aufnimmt und letztlich in die Sehrinde des Gehirns weiterleitet. Hauptkomponente des Nervengeflechts sind hierbei sog. »Zapfen« und »Stäbchen«. Die **Zapfen** sind verantwortlich für das Tag- und Farbsehen und finden sich in höchster Dichte im Bereich des schärfsten Sehens (Fixierbereich, Macula lutea) und verlieren ihre Dichte zur Netzhautperipherie hin. Sie benötigen, im Gegensatz zu den Stäbchen, mehr Licht, um ihre Funktion wahrnehmen zu können. Die **Stäbchen** demgegenüber sind für das Nacht- und Peripheriesehen wesentlich. Sie weisen eine geringere Dichte in der Netzhaut auf und sind daher nicht wie die Zapfen in der Lage eine feine Diskriminierung zweier Punkte wahrzunehmen.

Die Anpassung an verschiedene Lichtverhältnisse wird durch die Pupille sowie durch photochemische Eigenschaften der Zapfen und Stäbchen in Abhängigkeit des Lichtfarbspektrums geregelt. Hierbei vollzieht sich die Anpassung an helles Licht schnell (**Helladaptation**), die Anpassung an Dunkelheit (**Dunkeladaptation**) mit 15 Minuten bis zu seinem Maximum nach 60 Minuten deutlich langsamer. Durch plötzlichen Weißlichteinfall bei Nacht (Blendung) werden die Stäbchen maximal stimuliert. Hierdurch geht die Dunkeladaption zunächst verloren und muss erst neu aufgebaut werden. Zu verhindern ist dies im taktischen Umfeld durch die Nutzung von möglichst reinem Rotlicht, da hier kein Einfluss auf die Stäbchenstimulation vorhanden ist.

Oft findet sich bei taktischen Lichtsystemen (z. B. Fa. SureFire, Sidewinder), wie sie in RW gerne genutzt werden, neben dem Rot- auch ein Grün- bzw. Blaulicht. Beide bewirken ähnlich wie weißes Licht eine Stimulation der Stäbchen und verhindert die Dunkeladaptation. Jedoch kommt Grünlicht bei der Patientenversorgung unter taktischen Einsatzflugbedingungen bei Nacht unter NVG/BIV-Bedingungen eine besondere Bedeutung zu. Das **Nachtsichtgerät** wandelt hierbei geringste Mengen von Restlicht (z. B. Zigarettenglut) über verstärkende

photophysikalische Mechanismen in ein sichtbares Grünbild des Sichtfeldes um. Dieser von der Crew gesehene grüne Sichtbereich wird durch **Grünlicht** am wenigsten verblendet und ist daher beim Nachtflug in RW zu bevorzugen. NVG haben außer den Vorteilen der Nachtsehfähigkeit die Nachteile des hohen Gewichts, des eingeschränkten Sichtfeldes von ca. 60°, den Verlust des stereotaktischen Sehens sowie des eingeschränkten Nahsichtbereichs [2, 4, 6]. Die Anlage eines venösen Zugangs im RW bei Dunkelheit, Lärm, Kälte und mittels NVG/BIV ist aufgrund der unzureichenden Nahsichtfähigkeit (Fokussierung) grundsätzlich schlecht durchführbar. Wenn keine geeignete grüne Lichtquelle zur Verfügung steht, sollten vorzugsweise fokussierende und abgedeckte weiße LED-Lampen genutzt werden. Blaues Licht kann die Sichtbarkeit von Blut begünstigen, Rotlicht ist bei NVG-Nutzung der Crew ungünstig.

Hell-Dunkel-Adaption

- Schnelle Anpassung an helles Licht
- Sehr langsame Anpassung an schwache Lichtverhältnisse
- Grundsätzlich nachts rotes Licht nutzen, beim Einsatz von NVG Grünlicht einsetzen
- NVG haben ein eingeschränktes Sichtfeld, hohes Gewicht, kein räumliches Sehens, keinen Nahsichtbereich

34.5.3 Lärm

Die im taktischen Lufttransport eingesetzten RW erzeugen bei normaler Reisegeschwindigkeit Lautstärken zwischen 85 und 120 dB. Bei diesen Lärmpegeln ist eine Kommunikation ohne Kommunikationshilfen (z. B. Kopfsprechfunk) nicht durchführbar. Die Evaluierung eines Patienten (Auskultation, Perkussion, Anamneseerhebung etc.) ist nur eingeschränkt oder gar nicht möglich, so dass diese bereits vor Auf- bzw. Übernahme in das LFZ erfolgen sollte. Akustische Warnsignale der Monitorgeräte sind während des Fluges praktisch nicht wahrnehmbar, weshalb eine optische Kontrolle sowohl der Medizingeräte als auch aller Anschlüsse und Zugänge in regelhaften Abständen erfolgen sollte. Da gemäß Arbeitsschutzrichtlinien ab einem dauerhaften Lärmpegel von ca. 85 dB mit einer Schädigung der Hörleistung gerechnet werden muss, ist sowohl vom Personal als auch vom Patienten zwingend ein Gehörschutz zu tragen. Hierbei spielt es keine Rolle ob der Patient wach, bewusstlos oder intubiert ist [2, 4, 6].

Praktische Regeln

- Immer Gehörschutz verwenden!
- Zusätzlichen Gehörschutz für Patienten mitführen und anwenden
- Orientierende Untersuchung des Patienten vor Aufnahme in das LFZ
- Ständige Reevaluation des Patienten während des Fluges
- Regelmäßige Kontrollen des Monitors, der Anschlüsse und der Zugänge des Patienten

34.5.4 Kinetosen

Die Kinetose umfasst als Synonymsammlung die Reisekrankheit, die Bewegungskrankheit und die Luftkrankheit. Sie sind alle gekennzeichnet durch Übelkeit, Schweißausbruch, Blässe und ausgeprägtes Unwohlsein bis zum Erbrechen. Ursächlich für Kinetosen sind die Diskrepanz zwischen Informationen des vestibulären (Innenohr), optischen (Auge) und propriozeptiven (Lageinformation der Gelenke und Muskeln) Systems. So können Schwankungen, Auf- und Abbewegungen sowie plötzliche Flugrichtungswechsel eine Kinetose auslösen.

Aufgrund genetischer Disposition sind 10 % aller Menschen sehr anfällig für die Symptome, 10 % sind immun. Kinder und ältere Erwachsene über 50 Jahre erleiden deutlich seltener Kinetosen aufgrund der noch nicht entwickelten bzw. altersbedingten rückgebildeten Neurosysteme.

Risikofaktoren Folgende Faktoren tragen zur Entwicklung einer Kinetose bei:

- funktionsfähiges Vestibularorgan,
- Drogen (auch Alkohol und Nikotin),
- Vibrationen,

- starke Beschleunigungsreize und vertikale Lagewechsel bei Ausweichmanöver oder Turbulenzen,
- Lärm,
- wenig gesammelte Erfahrungen von Bewegungsreizen,
- Wärme,
- fehlende visuelle Referenz und
- olfaktorische Reize.

Prävention Da ein taktischer Flug zahlreiche der genannten Aspekte beinhalten kann, sollten Maßnahmen ergriffen werden, eine Kinetoseentwicklung zu verhindern. Hierzu gehören das Einnehmen einer aufrechten Körperhaltung im Sitzen, eine um 30° nach vorne gebeugte Kopfhaltung (oder wenigstens aufrechte Position), im Liegen die Kopfhochlagerung, das Arbeiten im Flug auf ein Minimum zu reduzieren (lesen, am Monitor arbeiten, Infusionen aufziehen etc.), Lagewechsel des Kopfes bei Turbulenzen zu vermeiden und eine optische Referenz außerhalb des LFZ zu suchen (Blick aus dem Fenster oder der Heckklappe).

Medizinisches Personal mit der Prädisposition zu Übelkeit und Erbrechen sollte bei entsprechend bevorstehendem Flugprofil eine Prophylaxemaßnahme erwägen. Hierzu eignet sich Scopolamin oder Dimenhydrinat als transdermales Pflaster bzw. Kaugummi (z. B. Superpep).

Therapie Führen die genannten prophylaktischen Maßnahmen nicht zum Erfolg, ist eine antivertiginöse Therapie in jedem Fall mit z. B. Ondansetron (Zofran i.v. oder Schmelztablette) oder Dimenhydrinat (z. B. Vomex) sinnvoll. Nach Neubewertung von Metoclopramid durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) bzw. der Europäischen Arzneimittelagentur (EMA) hat dieses Medikament an praktischer Bedeutung verloren und sollte in Wirkstärken über 1 mg/ml keine Anwendung mehr finden. Das mitfliegende medizinische Personal sollte bereits vor einem ersten Flug einer fliegerärztlichen Begutachtung unterzogen worden sein (▶ Abschn. 34.3), um die gesundheitliche Eignung für den fliegerischen Dienst sicher zu stellen [2, 4].

Praktische Regeln
- Patienten früh antivertiginös behandeln
- Frühzeitig Maßnahmen zur Eigenprophylaxe ergreifen

34.5.5 Vibrationen

Insbesondere Luftfahrzeuge mit Propeller- oder Rotorantrieb sorgen bei Start- und Landevorgängen innerhalb der Zelle für erhebliche Vibrationen. Wetterbedingte Einflüsse auf das Luftfahrzeug können Vibrationen neu erzeugen oder bereits vorhandene verstärken. Sie können in einem Frequenzbereich zwischen 0,1 Hz und 100 Hz regelhaft (periodisch) oder zufällig (stochastisch) auftreten und auf den Menschen übertragen werden. Diese Übertragung wird in Abhängigkeit von Einwirkdauer, Ausbreitungsrichtung, Einwirkstelle, Initialfrequenz sowie der Körperhaltung fortgeleitet und führt im Körper zu unterschiedlichen Wirkungen:

- Der Körper reagiert auf Vibrationen reflektorisch mit statischer und dynamischer Muskelarbeit, was den Sauerstoffverbrach erhöht und einen vorbestehenden Sauerstoffmangelzustand negativ beeinflusst.
- Die Höhe einer Frequenzstärke kann zu einer Funktionsbeeinträchtigung von Organen führen und z. B. Harndrang oder Übelkeit hervorrufen.
- Bei erschütterungsempfindlichen Verletzungen, z. B. Frakturen, kurzfristig zurückliegenden operativen Eingriffen oder spinalen Verletzungen, kann es durch starke Horizontal- oder Vertikalschwingungen (Scherkräfte) zu einer erheblichen Situationsverschlechterung (z. B. Schmerzzunahme) kommen. Schlecht geschiente oder unzureichend gepolsterte Frakturenden können ausgeprägte ossäre Reibephänome im Bereich des Bruchspaltes induzieren und Schmerzen oder Schäden (z. B. an begleitenden Nerven) beim Verletzten provozieren.
- Durch Vibrationen lösen sich Viggo-Verschraubungen, Schutzkappen, Anschlüsse von Infusionen und Perfusoren. Es dislozieren Katheter, Schienen, Verbände o. ä.

- Starke Vibrationen können die Ablesefähigkeit von Monitorinformationen während des Fluges erheblich erschweren.

Um Schwerstverletzte schnell entladen zu können, werden diese im LFZ in der Nähe der Ladeluke positioniert. Zu beachten ist aber, dass Patienten mit erschütterungsempfindlichen Verletzungen in den schwingungsärmeren Bereichen, meistens die Zellen- oder Kabinenmitte des zum Transport vorgesehenen Luftfahrzeugs, gelagert werden sollten. Zusätzlich ist eine gute Analgosedierung mit hochpotenten Schmerzmitteln (z. B. Ketanest und Midazolam oder Opiaten) anzustreben. Die zusätzliche Gabe eines Antiemetikums wie z. B. Ondansetron (Zofran) oder Dimenhydrinat (Vomex) ist zu erwägen, um eine morphininduzierte Übelkeit zu verhindern. Hierbei sollten Medikamente, mit denen eigene gute Erfahrungen gemacht wurden, bevorzugt werden.

Vibrationsempfindliche Verletzungsmuster sind adäquat und je nach Verfügbarkeit der vorhandenen Möglichkeiten zu immobilisieren bzw. zu polstern.

Besondere Vorsicht ist beim Transport von Kleinkindern und insbesondere Säuglingen angebracht. Zarte Gefäße im Schädelbereich neigen durch starke Vibrationen dazu, zu zerreißen. Hier ist das manuelle Anheben und Fixieren des Kindskopfes neben der grundsätzlichen Positionierung des Kindes in der Vakuummatratze ein probates Mittel, um temporär auftretende Vibrationen zu reduzieren. Grundsätzlich bietet der Markt viele Systeme (Vakuummatratze, Traktionsschienen, Luftkammerschienensysteme, SAMSplints, SpineBoard, Skedco, SAM PelvicSling etc.), die zur Minimierung der vibrationsbedingten Effekte beitragen können. Aus rechtlicher Sicht ist zu bedenken, dass für die Nutzung eines Luftfahrzeugs auf die entsprechenden Luftfahrtzulassungen vieler Hilfsmittel zu achten ist. Praktisch spielt dieser Aspekt, insbesondere bei militärischen Operationen mit »Forward AE-Einsätzen«, oft eine untergeordnete Rolle, was jedoch das juristische Problem per se nicht weniger bedeutsam macht [2, 3, 4].

Praktische Regeln

- Vor dem Beginn eines Rettungsfluges prüfen, in welchem Bereich des Luftfahrzeugs Vibrationen am geringsten sind.
- Die Lagerung des Patienten kontrollieren und für eine gute Analgesie durch Immobilisation (ggf. Traktionsschiene), Polsterung und die Gabe geeigneter analgetisch wirksamer Medikamente sorgen.
- Die Therapie und den Transport durch Antiemetika unterstützen.
- Die zur Verfügung stehenden Rettungsmittel vor der Nutzung auf Luftfahrtzulassung prüfen.
- Zugänge und Verschlüsse regelmäßig auf festen Sitz prüfen.
- Köpfe von Kleinkindern sollten ggf. temporär manuell leicht angehoben und fixiert werden.

34.5.6 Hypothermie

Bei der Nutzung luftbeweglicher Rettungsmittel sind in großen Höhen oder beim Einsatz unter geologischen, klimatischen und meteorologischen anspruchsvollen Rahmenbedingungen (z. B. Wüste, Nacht, Winter, Gebirge, große Flughöhe) niedrige Temperaturen zu erwarten. Pro ca. 300 m (ca. 1.000 ft) Höhenaufstieg ist mit 2 °C Temperaturabfall zu rechnen, was sich bei offenen Türen/Heckrampen, Fluggeschwindigkeiten bis 250 km/h oder darüber und den sich hieraus ergebenden sehr hohen Windgeschwindigkeiten (»wind chill«) zu einer lebensbedrohlichen Situation für den Patienten entwickeln kann. Ohne Wärmeschutz führt dies entsprechend dem in ▶ Kap. 38 geschilderten Pathomechanismus zu erhöhtem Sauerstoffverbrauch des Körpers, einer zunehmenden Eintrübung des Patienten und möglicherweise zu ausgedehnten Blutungen durch die erheblich eingeschränkte Gerinnungsfunktion (pro 1 °C Abfall der Körpertemperatur ca. 10 % Abfall der Gerinnungsfähigkeit). Diese kann bei Patienten mit Schussverletzungen o. ä., insbesondere im militärischen Umfeld, zu erheblichen Problemen während des Lufttransports führen.

Durch das häufige »zu warm einpacken« kann der Blutverlust maskiert und so erst sehr spät oder gar nicht erkannt werden. Hier muss der Patientenstatus in kurzen und regelhaft durchgeführten Intervallen geprüft werden.

Wärmeerhaltungssysteme, z. B. APLS Thermal Guard, können durch deren Konstruktionsweise diese Patientenkontrollen erleichtern. Unter taktischen Flugbedingungen und starkem Wechsel der Flugrichtungen ist mit dem Einschwemmen von kaltem Blut aus der Körperperipherie zu rechnen (»after drop«), wodurch jederzeit eine lebensbedrohliche Herzrhythmusstörung eintreten kann. Als höchste Priorität gilt deshalb, die Hypothermieprävention nicht zu vernachlässigen. Weitere kommerzielle Systeme wie ReadyHeat-Decken, Blizzard-Reflexcell oder silberbedampfte Rettungsdecken können zusätzlich zu einer einfachen Wollmütze für den Kopf einen effektiven Unterkühlungsschutz darstellen. Handelsübliche Frischhaltefolien stellen im Extremfall eine einfache und improvisierte Alternative dar. Im Idealfall stehen warme Infusionen bis maximal 40 °C zur Verfügung, die eine Hypothermie effektiv verhindern können. Industrielle Geräte wie z. B. ThermalAngel oder enFlow können einer Infusion vorgeschaltet werden, um diese zu erwärmen. Eine Infusionstemperatur über 40 °C kann hämolytische Effekte auslösen und ist daher zurückhaltend einzusetzen.

Praktische Regeln

- Hypothermie reduziert als dritte Komponente der letalen Trias (Azidose, Koagulopathie, Hypothermie) die Überlebensfähigkeit eines Verwundeten und muss unter allen Umständen verhindert werden.
- Kommerzielle Wärmesysteme nutzen oder improvisieren (z. B. Decken, Frischhaltefolie, Wollmütze etc.)
- Bei unterkühlten Patienten heftige Bewegungen vermeiden (»after drop«).
- Den Verletzten aktiv durch angewärmte Infusionen erwärmen.

34.5.7 Stressprophylaxe

Jeder Mensch kann in persönlich erlebten Grenzsituationen (physisch und psychisch) mehr oder weniger bewusst einer Stresssituation ausgesetzt werden. Die beeinflussende Stressintensität ist abhängig von den individuell zur Verfügung stehenden Kompensationsmechanismen. Durch komplexe Verletzungsmuster werden körpereigene biochemische Mechanismen in Gang gesetzt, die im Körper Stressmechanismen auslösen können. Daher muss versucht werden, traumatisierte Personen frühzeitig möglichst intensiv zu betreuen, um das Gefühl von Sicherheit zu vermitteln. Jeder Patient, an der Grenze zur psychischen Dekompensation, kann ein Flugsicherheitsrisiko darstellen. Es muss daher bei entsprechenden Warnzeichen eine Sedierung mit Benzodiazepinen (z. B. Diazepam, Midazolam oder Lorazepam als Schmelztablette) erfolgen, ggf. ist die Fixierung des Patienten zu erwägen [2, 3, 4]. Erfahrungen der US-Streitkräfte weisen darauf hin, dass die frühe Gabe von Morphin bei verletzten Soldaten das Risiko für die Entwicklung eines PTBS reduzieren kann.

Kritische Patienten sollten frühzeitig sediert und ggf. fixiert werden.

34.5.8 Müdigkeit

Bei länger andauernden Rettungseinsätzen ist ausreichender Schlaf nicht immer gewährleistet. Einsätze wie sie im Rahmen der Tsunami-Hilfe (Indonesien 2004) stattfanden, forderten vom medizinischen Personal Dauereinsätze bis zu 35 h ohne Schlaf. Dies ist problematisch, da die mentale Arbeitsleistung pro 24 h ohne Schlaf um ca. 25 % abfällt. Das Konzentrationsvermögen lässt stark nach und erhöht die Fehleranfälligkeit. Ein Schlafdefizit von 17 Stunden entspricht einem Blutalkoholspiegel von 0,5 ‰, bei 24 h Schlafentzug liegt ein Blutalkoholäquivalent von 1,0 ‰ vor. Ein Schlafminimum von 4–5 h pro Tag sollte zur Erhaltung der Einsatzfähigkeit eingehalten werden, die Idealschlafdauer liegt bei etwa 6–8 h. Der Schlaf kann durch einfaches Ausruhen nicht ersetzt werden, kurze »Nickerchen« (»combat naps«) von mindestens 10 min

Dauer tragen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei. Gelegentlich tritt nach dem »napping« eine Desorientierung von ca. 5–20 min Dauer auf.

Um das Müdigkeitsgefühl zu verschleiern, können weiterhin verschiedene **Drogen** zur Anwendung kommen. Insbesondere beim US-Militär wird außer Koffein (300–600 mg/70 kg KG alle 6 h) Dexedrine (z. B. 5 mg alle 2–3 h, nicht über 30 mg/24 h) und Modafinil (200 mg/8 h, maximal 400 mg/24 h) eingesetzt (»go pills«). Hierbei ist zu beachten, dass Koffein in den unterschiedlichsten Getränken in variabler Menge vorkommt. Um einen maximalen Benefit der Koffeinwirkung zu erzielen, ist die Kombination aus einem koffeinhaltigem Getränk und einem anschließenden 30-minütigen »combat nap« anzustreben. Die Resorptionszeit des aufgenommenen Koffeins endet mit dem Aufwachen nach ca. einer halben Stunde und kann im Anschluss effektiv stimulierend zur Wirkung kommen. Durch diesen Trick wird die erholende Wirkung des Kurzschlafes durch die anregende Wirkung des Koffeins ergänzt. Zu beachten ist allerdings, dass Koffein einem Gewöhnungseffekt (Toleranzentwicklung) unterliegt, wodurch der Konsum bei regelmäßigem und intensiven Koffeingenuss (6–15 Tage Dauereinnahme) gesteigert werden muss. Diese höhere Koffeintoleranz ist reversibel und verliert sich durch entsprechende Koffeinabstinenz wieder. Grundsätzlich können alle genannten Substanzen die Phasen ohne Schlaf bis zu einer Dauereinsatzzeit von 48 h verlängern. Psychomotorik, Wachsamkeit und das kognitive Vermögen können hierbei auf einem noch akzeptablen Niveau gehalten werden. In Phasen mit anschließender Schlaflosigkeit muss ggf. mit Präparaten wie Zolpidem 10 mg (»no go pills«) gegengesteuert werden [1, 2, 4, 5, 6].

Praktische Regeln

- Ausreichend schlafen.
- »Combat naps« (10–120 min oder länger) sind effektiv, um die Müdigkeit kausal zu bekämpfen.
- Vor einem »combat nap« von 30 min Dauer eine Tasse Kaffee trinken (250 ml).
- Pharmazeutika (Modafinil) können die Leistungsfähigkeit auch ohne Schlaf bis zu 48 h auf einem akzeptablen Niveau halten. Diese Präparate sollten sehr restriktiv und nur nach guter Lagebeurteilung eingesetzt werden.

34.6 AE im Rahmen von Personal-Recovery-Operationen

Personal Recovery bedeutet die Rettung von Personen aus isolierten Lagen (z. B. nach Absturz eines LFZ) oder von versprengten Militärs und Zivilisten. Die hierbei zu rettenden Personen sind ggf. verletzt und benötigen einen luftgebundenen Verwundetentransport, um schnellstmöglich einer suffizienten chirurgischen Versorgung zugeführt zu werden. Grundsätzlich sind hierfür zwei Optionen denkbar:

- Die Rettung einer verletzten Person durch **spezialisierte Rettungskräfte**, die eine deutlich erweiterte medizinische und infanteristische Ausbildung besitzen. Nach derzeitiger Vorstellung sollen dafür in Deutschland zukünftig speziell ausgebildete »Kampfretter« der Luftwaffe nach dem Vorbild der US Pararescue Jumpers (PJ) diese Aufgabe übernehmen. Unter taktisch hochkomplexen und anspruchsvollen Bedingungen müssen sie in der Lage sein, in jeder Bedrohungslage und über alle Klimazonen hinweg Verwundete mit zielgerichteten Rettungsmitteln (z. B. Winde, technische Rettung) zu retten, medizinisch zu versorgen und auf unterschiedlichen nationalen (ggf. auch internationalen) (Luft-)Rettungsmittel zu evakuieren.
- Der qualifizierte Lufttransport von Verwundeten hatte bis vor Einführung der Kampfretter auch im Rahmen von PR-Missionen seine Berechtigung und wird diese bei bestimmten Einsatzlagen auch zukünftig noch behalten. In Zusammenarbeit mit einer »Extraction Force« oder den genannten Kampfrettern wird der Patient vor Ort oder im Rahmen eines Rendezvousverfahrens übergeben. Grundsätzlich stellt sich als besondere Herausforderung die Zusammenarbeit des medizinischen Teams mit den Sicherungskräften des Aufnahmeteams

(»Extraction Force« bzw. Kampfretter) dar. Komplex für das Sanitätspersonal wird die Lage dann, wenn das Herauslösen eines Verletzten vor Ort im abgesetzten Verfahren durchgeführt werden muss. Das medizinische Personal muss ggf. in der Lage sein, sich den taktischen Verfahren der Sicherungskräfte anzupassen um dann eine suffiziente Verwundetenversorgung (»primary survey« etc.) durchzuführen. Die Verfahren der Extraction-Kräfte müssen beim festgelegten Sanitätskraftdispositiv bekannt sein, und können aufgrund der Komplexität hier nicht näher erörtert werden. Es ist notwendig, dass sich jeder Soldat der Sanitätstruppe mit den PR-Verfahren in seinem Einsatz vertraut macht und insbesondere als AE-Personal über eine eigene höhere PR-Ausbildung, z. B. SERE-Level B oder C, verfügt [16]. Sollte eine Vororientierung des Sanitätspersonals in das Extraction-Team erfolgen, so ist aufgrund der Verfahrenskomplexität ein zielgerichtetes gemeinsames Training anzuraten.

Literatur

1. Kim DY (2007) Modafinil: The Journey to Promoting Vigilance and its Consideration by the Military in Sustaining Alertness, Harvard Law School
2. Generalarzt der Luftwaffe (2006) Kompendium der Flugmedizin. Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe, Dr. Pongratz (Hrsg.)
3. Ernsting J, Nicholson A, Rainford D (2006) Ernsting´s Aviation Medicine, 4th ed. Hodder Arnold
4. Naval Aerospace Medical Institute (1991) US Naval Flight Surgeon´s Manual, 3rd ed. Department of Navy
5. Naval Strike and Air Warfare Center (2000) Performance Maintenance during continuous flight operations – guidance for Flight Surgeons. Naval Strike and Air Warfare Center (ed/eds)
6. Silbernagel S, Despopoulos A (2012) Taschenatlas der Physiologie. Thieme, Stuttgart
7. Constantin von See, C. Kühlhorn, F. Hellwig, N.-C. Gellric (2011) Einsatzvorbereitung und Combat Readiness aus Zahnmedizinischer Sicht. Wehrmedizin und Wehrpharmazie 4/2011
8. Rall M, Lackner CK (2010) Crisis Resource Management (CRM) Der Faktor Mensch in der Akutmedizin. Notfall + Rettungsmedizin 5/2010
9. Lang B, Ruppert M, Schneibel W, Urban B (2010) Teamtraining in der Luftrettung. Aeromedical Crew Resource Management – ein europäisches Trainingsprogramm zur Optimierung der Flug- und Patientensicherheit in der Luftrettung. Notfall + Rettungsmedizin 5/2010
10. Schwartz RB, McManus JG, Swienton RE (2008) Tactical Emergency Medicine. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
11. Jansch A (2010) Taktische Notfallmedizin: Grundlagen, Bedeutung für den Rettungsdienst und die Anwendung bei Amoklagen. Verlag für Polizeiwissenschaft
12. http://www.nark.din.de/projekte/DIN+EN+13718-1+rev/de/140274031.html
13. Stüben U (2008) Taschenbuch Flugmedizin und ärztliche Hilfe an Bord. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
14. Wilhelm W (2011) Praxis der Intensivmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York
15. Fresenius M, Heck M (2011) Repetitorium Intensivmedizin. Springer, Berlin Heidelberg New York
16. Joint Personall Recovery, Streitkräftegemeinsames Ausbildungskonzept SERE (Skgem AusbKonz SERE)
17. Ellinger K, Genzwürker H, Hinkelbein J, Lessing P (2010) Intensivtransport – Orientiert am Curriculum der DIVI, Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
18. Nessen SC, Lounsbury DE, Hetz SP (2008) War Surgery in Afghanistan and Iraq: A Series of Cases, 2003–2007. Department of the Army, Office of The Surgeon General, Borden Institute, Washington, DC
19. Scheer R (2014) Level Charlie Combat Search and Rescue. www.epublic.de

Tauchmedizin

C. Neitzel, N. Vortkamp

35.1 Gasgesetze – 474
35.1.1 Gesetz von Boyle-Mariotte – 474
35.1.2 Gesetz von Dalton – 474
35.1.3 Gesetz von Henry – 474

35.2 Gefahren der Kompressionsphase – 475
35.2.1 Barotrauma – 475

35.3 Gefahren der Isopressionsphase – 475
35.3.1 Atemgasvergiftungen – 475

35.4 Gefahren der Dekompressionsphase – 477
35.4.1 Barotrauma – 477
35.4.2 Dekompressionserkrankung (DCS) – 478

35.5 Therapie – 481
35.5.1 Milde Symptome – 481
35.5.2 Schwere Symptome – 481
35.5.3 Tauchgangsprofil – 482
35.5.4 Transport und Folgeversorgung – 482

35.6 Ertrinken – 483

35.7 Weitere Aspekte – 484
35.7.1 Hypothermie – 484
35.7.2 Medikamente – 484
35.7.3 Otitis externa – 484
35.7.4 Taucherärztliche Telefonberatung – 484

Literatur – 484

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_35, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Im militärischen und polizeilichen Bereich hat Tauchen eine herausragende Bedeutung, u. a. für die Annäherung an Einsatzorte und die Instandsetzung von Material. Dem wird Rechnung getragen durch ein Netz von medizinisch speziell ausgebildetem Personal und der Vorhaltung von Druckkammern, um bei Notfällen kompetent reagieren zu können.

Ziel dieses Kapitels ist es, eine im taktischen Bereich zuweilen bestehende Lücke in der notfallmedizinischen Versorgung des verunfallten Tauchers bis zur Übergabe an tauchmedizinisches Fachpersonal schließen zu helfen und einen praxisnahen Überblick über die Tauchmedizin zu geben. Außerdem sollen die wichtigsten Punkte für die präklinische Versorgung und die Relevanz für die bereits im Vorfeld stattfindende Einsatzplanung herausgestellt werden. Da spezifische Behandlungen (z. B. hyperbare Oxygenierung) in einer Druckkammer erfolgen müssen, die mit Fachpersonal besetzt ist, werden diese nicht vertieft.

35.1 Gasgesetze

Grundlage fast aller Erkrankungen, die durch Tauchen verursacht sind, ist das Verhalten von Gasen unter Druckveränderungen. Eine grobe Systematik lässt die Einteilung der Erkrankungen anhand der Tauchphase zu:

- Kompressionsphase: Abtauchphase
- Isopressionsphase: Verbleiben auf Tiefe
- Dekompressionsphase: Auftauchphase

Dabei sind alle Gase bestimmten Gesetzmäßigkeiten, den sog. **Gasgesetzen,** unterworfen.

35.1.1 Gesetz von Boyle-Mariotte

Das Produkt aus Volumen und Druck für ein abgeschlossenes System ist bei gleicher Temperatur konstant, wenn eine Volumenanpassung möglich ist:

$$P \cdot V = \text{konstant}$$

In der Praxis ist dieses Gesetz z. B. für das Entstehen eines Barotraumas, für die Kalkulation des Atemgasvorrates oder für das Tarieren unter Wasser relevant. Füllt man auf 40 m Wassertiefe (5 bar) einen Luftballon mit 6 l Pressluft, hat dieser Ballon bei niedrigerem Druck an der Oberfläche (1 bar) ein 5-mal größeres Volumen von insgesamt 30 l!

35.1.2 Gesetz von Dalton

Der Gesamtdruck eines Gasgemisches ergibt sich aus der Summe der Teildrücke der unterschiedlichen Gase:

$$P_{ges} = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots$$

Die Relevanz dieses Gesetzes findet sich z. B. bei Atemgasvergiftungen (▶ Abschn. 35.3). An der Oberfläche ungefährliche Teildrücke von Gasen können bei steigendem Gesamtdruck durchaus toxische Konzentrationen erreichen. So bedingt ein sauerstoffangereichertes mit 40 % O_2 (Sauerstoffpartialdruck an der Oberfläche = 400 mbar) in einer Wassertiefe von 40 m einen Sauerstoffpartialdruck von 2.000 mbar, was sehr schnell zu Vergiftungserscheinungen führt.

35.1.3 Gesetz von Henry

Die in einer Flüssigkeit gelöste Menge eines Gases ist proportional zum Teildruck eines Gases über der Flüssigkeit. Beeinflussende Faktoren hierbei sind die Temperatur, die Art des Gases und der Löslichkeitskoeffizient der Flüssigkeit.

Beim Tauchen ist dieses Gesetz für die Entstehung der Dekompressionserkrankung von Bedeutung (▶ Abschn. 35.4). Hierbei geht es im Wesentlichen um die Löslichkeit von Stickstoff unter Änderungen des Gesamtdruckes und die Auf- und Entsättigung der unterschiedlichen Gewebe und Flüssigkeiten des menschlichen Körpers. Zur Verdeutlichung dieses Gesetzes stelle man sich das Öffnen einer Mineralwasserflasche vor: Der in der Flasche gehaltene Druck über der Flüssigkeit wird schlagartig geringer, das Kohlendioxid perlt aus. Ähnlich verhält es sich mit der Entstehung von Stickstoffblasen, die in der Folge zur Dekompressionserkrankung führen können.

35.2 Gefahren der Kompressionsphase

35.2.1 Barotrauma

Die häufigsten durch die Kompression bedingten Erkrankungen entstehen durch die fehlende Möglichkeit eines Druckausgleichs. Hier sind insbesondere die Nasennebenhöhlen zu nennen, jedoch ist grundsätzlich jede gasgefüllte Körperhöhle gefährdet.

Beim Abtauchen erhöht sich der Umgebungsdruck rapide. In den ersten 10 m Wassertiefe verdoppelt sich der Umgebungsdruck von 1 bar auf 2 bar, wodurch sich das Gasvolumen halbiert (▶ Abschn. 35.1). In gasgefüllten Körperhöhlen entsteht dadurch ein relativer Unterdruck, der durch Belüftung ausgeglichen werden muss. Der Lungenautomat des Tauchers liefert die Atemluft mit einem Druck, der dem Umgebungsdruck angenähert ist, wodurch in den Atemwegen automatisch ein Druckausgleich erfolgt. Gefährdet für ein Barotrauma sind die gasgefüllten Körperhöhlen, die schlecht (z. B. Mittelohr, Nasennebenhöhlen bei Erkältung) oder nicht direkt (Darm) belüftet werden können. Barotraumen können auch an Haut und Augen durch Lufteinschlüsse unter eng anliegenden Taucheranzügen oder in Taucherbrillen auftreten, wenn der Druckausgleich in der Maske unterlassen wird.

Barotraumen sind in den meisten Fällen nicht schwerwiegend. Sie zeichnen sich durch Rötung des Gewebes, Schmerz und ggf. Exsudation oder Blutung aus. Trommelfellrisse können aber durch eindringendes kaltes Wasser zu einem Funktionsausfall des Gleichgewichtsorgans führen und so unter Wasser durch Orientierungslosigkeit und Panik lebensbedrohlich werden. Eine weitere Gefahr liegt in der Verwechslung von Barotraumen mit anderen Erkrankungen der Tauchmedizin. So kann ein kutanes Barotrauma als Dekompressionserkrankung fehlinterpretiert werden, allerdings kann eine schwere Dekompressionserkrankung mit neurologischer Innenohrsymptomatik (Hörverlust, Tinnitis, Vertigo) auch klinisch einem Innenohrbarotrauma gleichen.

Vorkommen Hauptsächlich Nasennebenhöhlen, grundsätzlich aber in jedem gasgefüllten Hohlraum möglich (Taucherbrille, Magen-Darm, kariöser Zahn).

Ursache Fehlende Möglichkeit zum Druckausgleich, z. B. bei Schleimhautschwellung des Raumes im Rahmen eines Infektes.

Symptome Lokal begrenzte Schmerzen der betroffenen Region, Blutungen aus Ohr/Nase, Hautrötungen.

Gefahr Trommelfellruptur mit Verlust der Orientierung (Reizung des Vestibularorgans durch eindringendes kaltes Wasser).

Behandlung Symptomatisch, NSAR oder Paracetamol, abschwellendes Nasenspray.

Relevanz Kein Tauchen, bis Symptome abgeklungen sind.

35.3 Gefahren der Isopressionsphase

35.3.1 Atemgasvergiftungen

Die Phase des Aufenthalts in der Tiefe ist im Wesentlichen durch die Effekte der geänderten Partialdrücke der im Atemgasgemisch enthaltenen Gase geprägt. Dadurch können Atemgase in unterschiedlicher Form für den Taucher toxisch wirken.

Tiefenrausch

Stickstoff hat die Eigenschaften eines Inertgases und ist folglich reaktionsträge. Mit steigendem pN_2 kann es ab einer Tauchtiefe von 30 m zu einer Inertgasnarkose kommen, bei der der Stickstoff keinen metabolischen Prozessen unterworfen wird. Aufgrund seiner Lipophilität diffundiert er in bestimmte Bestandteile von Zellmembranen, wodurch diese anschwellen und eine Erregungsweiterleitung verzögert wird. Daraus resultiert ein alkoholrauschähnlicher Zustand, dessen Symptome von Herzklopfen über Schwindel bis hin zu Größenwahn sowie akustischen und optischen Halluzinationen in Abhängigkeit von der Tauchtiefe führen kann. Diese Beschwerden sind bei sinkendem pN_2, also bei einem Aufstieg in geringere Tiefen, komplett

reversibel, da sich der Stickstoff aus den Membranen wieder herauslöst.

Bestimmte Faktoren können das Auftreten eines Tiefenrausches zusätzlich begünstigen, hierzu zählen v. a. eine zu geringe Flüssigkeitsaufnahme, Müdigkeit, Medikamenteneinnahme, Ängstlichkeit und körperliche Erschöpfung.

Vorkommen Tauchtiefen ab ca. 30 m und tiefer mit Pressluft, zu schnelles Abtauchen.

Ursache Einlagerung von N_2 besonders in lipophile Zellmembrananteile (Nervenzellen) mit Störung der Reizweiterleitung.

Symptome Schwindel, Euphorie, Herzrasen, Sehstörungen, Gedächtnisstörungen, Ideenfixation, Größenwahn, Panik, motorische Störungen, Bewusstlosigkeit, Tod.

Behandlung Aufstieg in niedrigere Tauchtiefe bei Bemerken von ersten Symptomen.

Prophylaxe Langsamer Abstieg.

Relevanz Gefährdung des eigenen Lebens sowie der Auftragserfüllung durch Beeinträchtigung der geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit, Gefährdung des Tauchpartners.

Akute Sauerstoffvergiftung (Paul-Bert-Effekt)

Ein stark erhöhter Sauerstoffpartialdruck (pO_2) kann Krampfanfälle auslösen. Bei Tauchgängen bis zu wenigen Stunden wird eine Grenze von 1,4–1,6 bar pO_2 als ausreichend sicher angesehen, die Toxizitätsgrenze wird bei $pO_2 = 1{,}7–2{,}0$ bar angegeben. Die Bundesmarine gibt bei Kreislauftauchgeräten eine maximale Tauchtiefe von 8 m vor, was bei annähernd 100 % O_2 einen $pO_2 < 1{,}8$ bar bedeutet. Beim Tauchen mit Pressluft wird ein toxischer pO_2 erst in Tiefen von 70–80 m erreicht. Bei der Nutzung von Gasgemischen mit erhöhtem O_2-Anteil (Nitrox) oder Bediener- bzw. Gerätefehlern bei Kreislauftauchgeräten kann eine Sauerstoffvergiftung auch in Tiefen unter 10 m auftreten.

Unspezifische Frühwarnsymptome sind Gesichtszuckungen, Kribbelparästhesien, Hörstörungen und Desorientierung. Es kann jedoch auch ohne diese Vorwarnzeichen zu einem Krampfanfall kommen. Diese mit Bewusstseinsverlust einhergehenden generalisierten Krampfanfälle enden meist tödlich durch Ertrinken.

Sämtliche ZNS-Symptome bilden sich nach Beendigung der Exposition zurück, ohne dass bei einem Sauerstoffkrampf mit einer Wiederholungstendenz oder einem Hirnschaden, wie z. B. bei einer Epilepsie, zu rechnen ist. Es bestehen große Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Sauerstoffkrämpfen, abhängig von der Tagesform auch beim gleichen Taucher. Dabei kann die individuelle Krampfschwelle durch schwere körperliche Arbeit, Medikamenteneinnahme und erhöhte Körpertemperatur deutlich herabgesetzt werden.

Vorkommen Tauchen mit 100 % Sauerstoff oder Gasgemischen mit erhöhten O_2-Anteilen.

Ursache Wirkung von Sauerstoffradikalen auf das zentrale Nervensystem.

Symptome Periorale Kribbelparästhesien, Muskelzuckungen, Hör- und Sehstörungen, Desorientierung.

Behandlung Bei Bemerken von Symptomen Aufstieg an die Oberfläche, Vitalzeichenkontrolle.

Relevanz Ausbildung auf das jeweilige Tauchgerät, ggf. Einhalten der vorgegebenen Tauchtiefen (Planung des Auftrages).

Kohlendioxidvergiftung

Durch fehlerhaftes Befüllen von Pressluftflaschen sowie unzureichender Füllung der Atemkalkpatrone bei Kreislaufgeräten kann es zu einer CO_2-Vergiftung kommen. Schon geringe Kohlendioxidbeimengungen in der Atemluft, die an der Oberfläche oder in geringen Tauchtiefen unbemerkt bleiben, können aufgrund der Partialdruckerhöhung in größeren Tiefen zu Vergiftungserscheinungen führen. Eine weitere Fehlerquelle ist die mangelhafte Befüllung der Kalkpatrone bei Kreislaufgeräten, was zu einer unzureichenden Resorption von CO_2 aus der Ausatemluft führt. Das Kohlendioxid gelangt so vermehrt in die Einatemluft und kann entsprechende Symptome verursachen.

Vorkommen Fehler bei der Befüllung von Pressluftflaschen (Ansaugung von Abgasen), Fehler beim Befüllen der Kalkpatrone bei Kreislauftauchgeräten (zu geringe Kalkmenge, kein regelmäßiger Kalkwechsel).

Ursache Toxischer Effekt auch geringer Mengen Kohlendioxids unter Partialdruckerhöhung.

Symptome Kopfschmerzen, Schwindel, Orientierungslosigkeit, Lufthunger, Erhöhung der Atemfrequenz bis hin zur Bewusstlosigkeit.

Behandlung Sobald Symptome bemerkt werden, auftauchen, Sauerstoffgabe, Vitalzeichenkontrolle.

Prophylaxe Sorgfältige und korrekte Befüllung von Pressluftflaschen und Kalkpatronen.

Relevanz Ausbildung in der Anwendung von Kompressoren und der korrekten Flaschen- und Kalkpatronenbefüllung, um durch vermeidbare Fehler die Auftragserfüllung nicht zu gefährden.

35.4 Gefahren der Dekompressionsphase

35.4.1 Barotrauma

Während des Aufstiegs dehnt sich das Gas in luftgefüllten Körperhöhlen aus. Wo immer möglich, entweicht die unter relativem Überdruck stehende Luft eigenständig, z. B. im Bereich des Mittelohres über die Eustach-Röhre oder im Darm über das Rektum. Flexible Organstrukturen, wie sie z. B. im Magen-Darm-Trakt vorherrschen, können Volumenzunahmen zumindest teilweise ausgleichen.

Kann eingeschlossene Luft nicht entweichen, kommt es zum Barotrauma, aufgrund des Auftretens in der Dekompressionsphase auch Umkehrbarotrauma oder inverses Barotrauma genannt. Eine unmögliche Entlüftung des Mittelohres führt z. B. beim Aufstieg zum Trommelfellriss. Ein Umkehrbarotrauma kann der Auslöser für Panik sein und durch Verhaltensfehler zu schwerwiegenden Tauchunfällen führen. Insgesamt sind Barotraumen in der Dekompressionsphase sehr viel seltener als in der Kompressionsphase.

Symptome Schmerzen; bei oberflächlichem Barotrauma ggf. Haut-/Schleimhautrötung; bei Trommelfellriss Orientierungsverlust

Behandlung Die Therapie entspricht der des Überdruckbarotraumas.

Pulmonales Barotrauma

Eine schwerwiegende Variante ist das pulmonale Barotrauma. Es tritt auf, wenn die sich ausdehnende Luft in der Lunge während des Aufstieges nicht entweichen kann. Dies kann durch Verhaltensfehler (Anhalten der Luft beim Aufstieg), bronchiale Obstruktionen (Asthma, Bronchitis) oder Stimmritzenkrämpfe (Angstreaktionen, reflektorisch bei Aspiration von Wasser) verursacht sein. Der zunehmende intrapulmonale Druck führt letztendlich zu Einrissen im Lungengewebe. Schon Druckunterschiede von 0,04–0,1 bar (entspricht 1 m Wassertiefe) sind hierfür ausreichend.

Es werden drei klinische Manifestationen des pulmonalen Barotraumas unterschieden:

Pneumothorax

Ein Pneumothorax entsteht, wenn ein Lungenriss zu einer Verbindung zwischen Atemwegen und Pleuraspalt führt. Er tritt häufig als Nebenbefund einer arteriellen Gasembolie auf. Eine schwerwiegende Komplikation ist die Entstehung eines Spannungspneumothorax.

Symptome Symptomatisch für einen Pneumothorax sind ein meist einmaliges kurzes Schmerzereignis, Husten, Dyspnoe, Tachypnoe, eine seitenungleiche Atmung, hypersonorer Klopfschall bis hin zur Schocksymptomatik.

Behandlung Ein Spannungspneumothorax sollte sofort entlastet werden und ebenso wie ein Pneumothorax spätestens vor einer Druckkammerbehandlung durch Anlage einer Thoraxdrainage therapiert werden.

Mediastinalemphysem

Mediastinalemphyseme werden durch eine Ruptur der Pleura in Hilusnähe verursacht. Das austretende Gas kann die im Mediastinum liegenden Strukturen wie z. B. Herz, Trachea, große Gefäße und die Spei-

seröhre bedrängen und dadurch zu massiven Komplikationen – von Verdrängungserscheinungen über Kompression der V. cava bis hin zur Herzbeuteltamponade führen.

Symptome Je nach Ausmaß des Emphysems können die Symptome vielfältig sein: Schluckbeschwerden mit Hustenreiz, Heiserkeit, Stimmlagenveränderungen, obere Einflussstauung, Zyanose, Hypotonie bis hin zum Schock. In einzelnen Fällen kann es auch zu einem Hautemphysem im Bereich des Halses kommen.

Behandlung Die Behandlung des Mediastinalemphysems erfolgt abwartend, bis sich das Gas resorbiert hat. Die Gasresorption kann durch normobare Sauerstoffinhalation beschleunigt werden. Treten Komplikationen (z. B. Atemnot, Schock) auf, werden diese symptomadaptiert therapiert (Atemwegsmanagement, Beatmung, Schocktherapie gem. notfallmedizinischer Standards). Bei schwereren Verläufen kann eine Druckkammerbehandlung durch Reduktion des Gasvolumens eine schnelle Besserung bewirken, darüber hinaus wird das Emphysem deutlich zügiger resorbiert. Sehr selten ist in hochakuten Fällen eine kollare Mediastinostomie (operative Eröffnung des Halses, um Gas entweichen zu lassen) notwendig und lebensrettend.

Arterielle Gasembolie (AGE)

Durch Einrisse entsteht eine Verbindung zwischen luftleitendem Gewebe (z. B. Alveolen) und Blutgefäßen in der Lunge. Dabei kommt es zum Übertritt von Gasblasen ins Blut, die dann zu einer arteriellen Gasembolie führen. Auch zunächst kleinere Blasen können bei weiterem Aufstieg des Tauchers zu einer AGE führen. Im Vordergrund steht häufig eine bereits während des Aufstieges oder kurz nach dem Tauchgang plötzlich auftretende schlaganfallähnliche Symptomatik, da meist zerebrale Gefäße durch die Gasblasen verschlossen werden. Eine AGE weist eine hohe Morbidität und Mortalität auf.

Bei Tauchern mit persistierendem Foramen ovale (PFO) können Blasen, die sich während der Dekompression in großer Anzahl im venösen System gebildet haben, durch ein Loch in der Herzscheidewand vom rechten in den linken Vorhof übertreten. Dort werden sie in den Körperkreislauf eingespült und können arterielle Gasembolien auslösen, die meistens im Gehirn erfolgen. und Schlaganfallsymptome verursachen. Es kommt somit zu einer AGE, ohne dass ein Lungenbarotrauma vorliegt. Bei bis zu 25 % der Menschen liegt ein PFO vor, eine standardisierte Abklärung im Rahmen von Tauchtauglichkeitsuntersuchungen erfolgt nicht.

Symptome Schlaganfallsymptome bis hin zur Bewusstlosigkeit, die sich meist plötzlich beim oder unmittelbar nach dem Auftauchen ausbilden.

Behandlung Als einzig kausale Therapiemöglichkeit ist eine schnelle Rekompression in einer Druckkammer anzustreben. Die Erstversorgung zur Stabilisierung des Verunfallten richtet sich nach ▶ Abschn. 35.5.

35.4.2 Dekompressionserkrankung (DCS)

Die Dekompressionserkrankung, auch Caisson-Krankheit oder »decompression sickness« (DCS) genannt, tritt nach längerem Aufenthalt in einer Überdruckumgebung mit entsprechender Inertgasaufsättigung auf. Während des Aufstieges sinkt der Umgebungsdruck, sodass weniger Inertgas im Gewebe gelöst sein kann. Das bei höherem Druck noch gelöste Gas wird vom Gewebe wieder abgegeben und über die Atmung aus dem Körper eliminiert. Verschiedene Gewebearten entsättigen aufgrund verschiedener Durchblutung und Stickstofflöslichkeit unterschiedlich schnell, weswegen vorgegebene Aufstiegsgeschwindigkeiten und ggf. Auftauchstopps (sog. Dekompressionspausen) eingehalten werden müssen.

Erfolgt der Aufstieg zu schnell, perlen Gasblasen in Blutgefäßen und im Gewebe aus, die ab einer gewissen Anzahl oder Größe nicht mehr über die Lunge eliminiert werden können und dann eine Dekompressionskrankheit auslösen (▶ Abschn. 35.1).

Symptome Die extravasale Blasenbildung führt im Gewebe über vielfältige Mechanismen zu Symptomen: Innerhalb von Zellen entstehende Blasen zerreißen diese und führen durch die Gewebeschädi-

gung zu lokalen Entzündungsreaktionen; Sehnen, Bänder und Gelenkkapseln werden gedehnt und verursachen so Schmerzen; der Verschluss von Lymphbahnen führt zum Lymphödem.

Intravasal entstandene Blasen können, abhängig von ihrer Größe, zu Mikro- und Makroembolien führen. Die Blasenoberfläche wird vom Immunsystem als körperfremd erkannt und löst eine Immunantwort aus, die neben einem interstitiellen Ödem durch Erhöhung der Gefäßpermeabilität auch eine Aktivierung des Gerinnungssystems mit Thrombenbildung an der Blasenoberfläche verursacht. Dadurch verfestigt sich die Gasembolie zur Thromboembolie. Dieser Vorgang läuft über mehrere Stunden ab und ist neben einer durch Minderperfusion bereits eingetretene Gewebeschädigung eine der Ursachen, warum eine verzögerte Druckkammerbehandlung schlechtere Ergebnisse als eine frühzeitige erzielt.

Die Dekompressionskrankheit tritt **typischerweise erst Minuten bis Stunden** nach Ende des Tauchgangs auf, teilweise werden Symptome aber erst nach 24–48 h wahrgenommen. Symptome einer schweren DCS werden im Regelfall ohne adäquate Therapie in einer Druckkammer im Verlauf stärker.

Behandlung ► Abschn. 35.5.

DCS I

Die »milde Form« der Dekompressionskrankheit wird als DCS I bezeichnet. Sie fasst alle Manifestationen im Bereich der Haut, des Lymphgewebes und des muskuloskelettalen Systems zusammen.

Taucherflöhe

Diese zeigen sich meist als Hautrötung, fleckige Marmorierungen und Juckreiz. Manchmal können orangenhautartige Veränderungen durch Lymphödeme beobachtet werden.

Symptome Das Leitsymptom der DCS I sind dumpfe, drückende muskuloskelettale Schmerzen. Am häufigsten treten diese in den großen Gelenken, insbesondere Schulter, Ellbogen, Knie und Hüften oder in den während der vorhergegangenen Aktivität besonders belasteten Muskelgruppen auf. Diese werden auch als »bends« (engl. »to bend«: biegen) bezeichnet, da es schmerzbedingt zu Schonhaltungen kommt. »Bends« sind neben der reinen Schmerzsymptomatik nicht hochgradig bedrohlich, weisen aber immer auf eine mögliche (venöse) Blasenbildung hin und können somit in eine DCS II übergehen.

DCS II

Die »schwere Form« der Dekompressionskrankheit wird durch neurologische oder kardiopulmonale Symptome charakterisiert.

Symptome Das Leitsymptom der DCS II ist eine **neurologische Symptomatik**, die sich vielfältig offenbaren kann. Da Nervengewebe aufgrund seines Fettgehaltes viel gelösten Stickstoff aufnehmen kann, ist es bei rascher Dekompression von Blasenbildung besonders stark betroffen. Während die Beschwerden bei der DCS I durch Blasenbildung im betroffenen Gewebe direkt entstehen, führt bei der DCS II eine Blasenentstehung im Nervengewebe selber oder in den die Nerven versorgenden Blutgefäßen zu einer Symptomatik, die in das Versorgungsgebiet des betroffenen Nerven projiziert wird.

Häufig besteht eine Beteiligung des Rückenmarks, insbesondere im unteren BWS- und LWS-Bereich, die hinsichtlich der Symptome eine große Bandbreite von leichten Parästhesien bis hin zur vollständigen Querschnittslähmung aufweist. Klassische Merkmale sind Gefühlsstörungen in den unteren Extremitäten, tiefer Rückenschmerz, subjektiv »schwere« Beine und ggf. Inkontinenz.

Eine **pulmonale Symptomatik** ist im Wesentlichen durch eine massive pulmonale Gasembolie bedingt. Im venösen Schenkel des Körperkreislaufes entstehende Blasen aller Größen werden in den zunehmend enger werdenden arteriellen Gefäßen der Lunge abgefangen und embolisieren die Lungenstrombahn. Sind querschnittlich mehr als 10 % der Lungenstrombahn verschlossen, kommt es zu einer **kardiozirkulatorischen Symptomatik** bis hin zum kardiogenen Schock. Im Tierversuch traten bei hochgradiger DCS II massive Blasen- bzw. Schaumbildung in Pulmonalarterie und rechtem Herzen auf.

Die unterschiedlichen Krankheitsbilder sind nicht immer streng voneinander abzugrenzen. Ein schwerer Verlauf einer DCS II kann

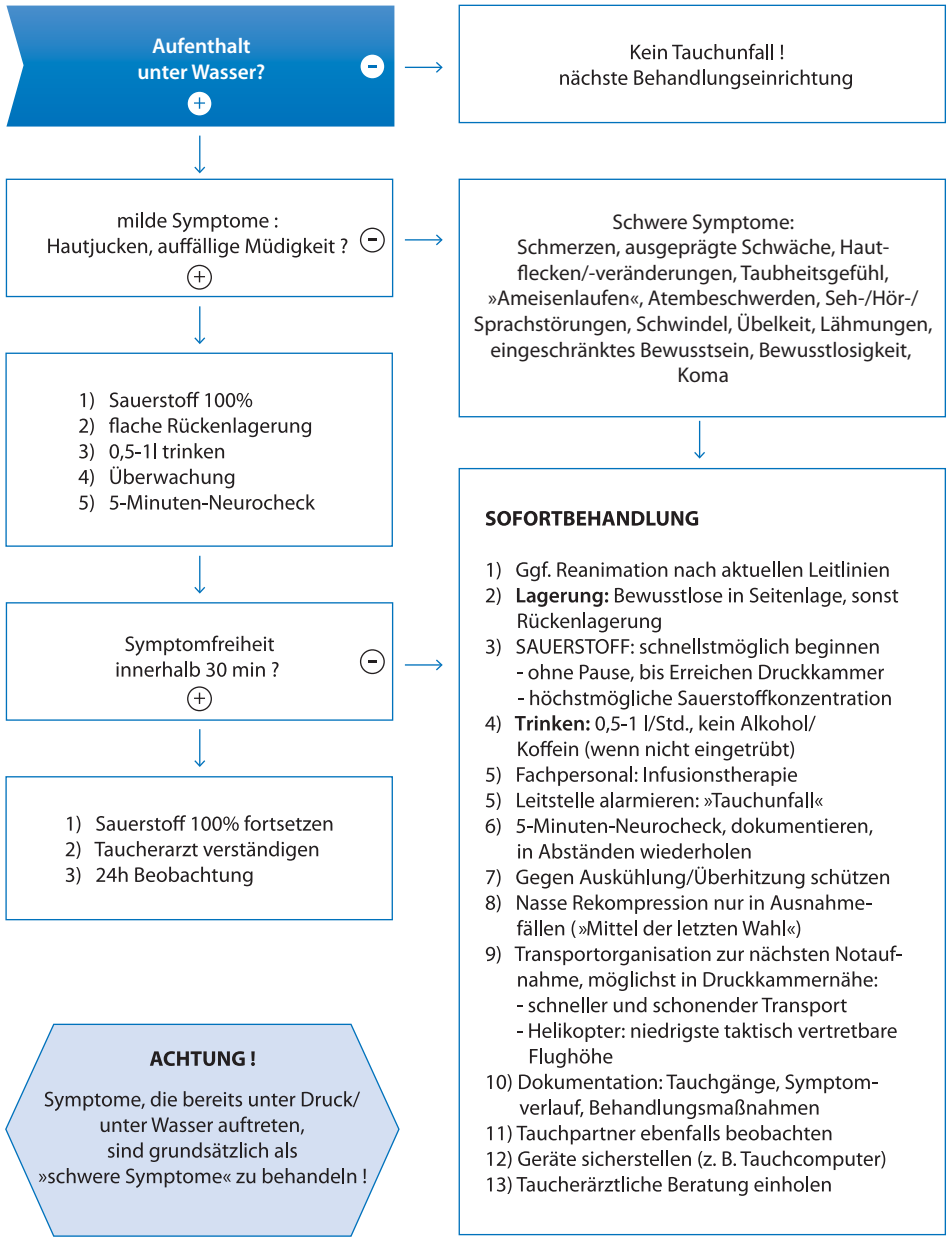


Abb. 35.1 Tauchunfallmanagement. (Adaptiert nach [3])

z. B. nicht sicher von einer AGE unterschieden werden. Für die Erstmaßnahmen und die Planung der weiteren Therapie (Abb. 35.1) gilt daher der Grundsatz: »Treat the worst case!« (Bei Therapieentscheidungen ist die schwerste mögliche Ursache anzunehmen!).

5-Minuten-Neurocheck

Mit Hilfe des 5-Minuten-Neuro-Checks kann – auch durch Laien durchgeführt – eine erste Einschätzung des neurologischen Zustandes erfolgen und damit auch eine eventuelle Schädigung des zentralen Nervensystems festgestellt werden. Unter-

sucht werden die allgemeine Orientierung, Augen, Gesicht, Gehör, Schluckreflex, Zunge, Muskelkraft, Gefühlswahrnehmung, Gleichgewicht und Koordination. Dieser Check sollte alle 30–60 min wiederholt werden, um eine Progredienz oder ein Neuauftreten von Symptomen nicht zu verpassen. Nähere Informationen ▶ [3, S. 28].

35.5 Therapie

Für die präklinische Versorgung eines Tauchunfalls sind folgende Punkte immer zu beachten:

- Dekompressionserkrankung erkennen
- Normobare Sauerstoffgabe, möglichst mit einer $F_iO_2 = 100\,\%$
- Patienten flach lagern
- intravenöse Flüssigkeitsgabe, beim wachen Patienten ggf. auch peroral

Eine erweiterte Diagnostik tritt dabei in den Hintergrund, da primär die Eliminierung vorhandener Gasblasen und somit die Begrenzung der Schäden durch Minderversorgung wichtig ist. Dies kann bei schweren Krankheitsbildern nur durch eine Druckkammerbehandlung sichergestellt werden. Anfänglich banale Symptome können im Verlauf zu einer massiven Erkrankung führen, sodass stets die zeitnahe Verfügbarkeit einer Druckkammer für den Patienten angestrebt werden sollte.

35.5.1 Milde Symptome

Hierunter fallen Hauterscheinungen und inadäquate Müdigkeit.

Behandlung Normobare 100 %ige Sauerstoffgabe, Flüssigkeitsgabe, Flachlagerung, Neurocheck. Falls der Patient nach 30 min Therapie symptomfrei ist, sollte die Sauerstofftherapie so lange wie möglich fortgeführt und der Patient für 24 h überwacht werden. Eine taucherärztliche Vorstellung wird empfohlen. Persistieren die Symptome nach 30 min Therapie oder verschlechtert sich der Befund des Neurochecks (s. oben), ist die Versorgung wie bei schweren Symptomen fortzuführen.

35.5.2 Schwere Symptome

Als schwere Symptome gelten Schmerzen, ausgeprägte Schwäche, Hautflecken-/veränderungen, Taubheitsgefühl, Parästhesien, Atembeschwerden, Seh-, Hör- und Sprachstörungen, Schwindel, Übelkeit, Lähmungen, eingeschränktes Bewusstsein und Bewusstlosigkeit. Darüber hinaus sind alle Symptome als »schwer« einzustufen, die bereits unter Druck, also noch unter Wasser, aufgetreten sind.

Der Therapieerfolg hängt unmittelbar von den eingeleiteten Maßnahmen ab:

Sauerstoffgabe Wesentlicher Pfeiler der modernen tauchmedizinischen Akuttherapie ist die frühestmögliche Gabe von 100 % Sauerstoff. Um einen höchstmöglichen f_iO_2 sicherzustellen, sind dabei eine möglichst dicht schließende Maske mit Demand-Ventil oder ein Kreislaufsystem mit CO_2-Absorber zu bevorzugen. Als Alternative kann eine »Non-rebreather-Maske« mit einem O_2-Flow von 15 l/min genutzt werden. Diese Möglichkeit ist allerdings deutlich ineffektiver, da ein $f_iO_2 = 1{,}0$ nicht zuverlässig gewährleistet werden kann. Die O_2-Gabe sollte ohne Pause bis zum Beginn einer Druckkammerbehandlung fortgeführt werden. Ist der O_2-Vorrat begrenzt, sollte so lange wie möglich 100 % O_2 angeboten werden. Eine Applikation von Raumluftgemisch oder ein Flow <15 l/min bei »Non-rebreather-Masken« darf keinesfalls erfolgen. Eine möglichst hohe O_2-Konzentration ist für die Prognose entscheidender als die Dauer der Behandlung.

Lagerung Der Patient sollte flach gelagert werden (◘ Abb. 35.2). Früher wurde eine Schocklagerung empfohlen, um Gasblasen in die Beine statt ins Gehirn steigen zu lassen. Zerebrale Gasembolien konnten so allerdings nicht vermieden werden. Die Lagerung begünstigt aber die Entstehung eines Hirnödems und beeinträchtigt Atemmechanik und Oxygenierung.

Flüssigkeitsgabe Bei erfolgter Taucherdiurese und der Gefahr von Gerinnungsaktivierung an Blasenoberflächen sollte zur Hämodilution 1 l kristalloide oder kolloide Infusionslösung verabreicht werden. Ist kein medizinisches Fachpersonal vor Ort, ist

Abb. 35.2 Rettung eines verunfallten Tauchers mit Kreislauftauchgerät aus dem Wasser. Bei Steilufern oder rauer See kann dies erhebliche Probleme bereiten. Wichtiger als die Forschung nach der Ursache ist im Notfall die schnellstmögliche Gabe von 100 % Sauerstoff. (Mit freundlicher Genehmigung von Herrn Jan-Philipp Weisswange)

auch die perorale Gabe von 0,5–1 l Flüssigkeit indiziert. Koffein- und alkoholhaltige Getränke sollten wegen der diuretischen Wirkung nicht verabreicht werden.

Klinische Untersuchung Initial sollte frühestmöglich der neurologische Befund erhoben werden, stündlich zur Verlaufsbeurteilung wiederholt und entsprechend dokumentiert werden (s. oben, »Neurocheck«). Insbesondere die Sauerstofftherapie darf dadurch jedoch nicht eingeschränkt werden! Zwischenzeitlich ist der Patient durchgehend zu überwachen.

Bei Bewusstlosigkeit oder Ateminsuffizienz sollte die Intubation und anschließende Beatmung mit $F_iO_2 = 1{,}0$ bis zum Beginn der Druckkammerbehandlung erfolgen. Die Erstversorgung inklusive der medikamentösen Therapie sollte sich nach notfallmedizinischem Standard an den Symptomen orientieren. Theoretische spezifische Therapieansätze, z. B. ASS oder Heparin zur Minderung der Gerinnungsaktivierung an der Blasenoberfläche oder Kortikoide zur Minderung von Ödemen, konnten bisher nicht ihre Wirksamkeit nachweisen und sollten daher grundsätzlich zurückhaltend eingesetzt werden. Volumenersatz sollte durch i.v. Applikation von Kristalloiden oder Kolloiden erfolgen. Elektrolytfreie Glukoselösungen sind aufgrund der Verschlechterung von blasenbedingten Hirn- und Rückenmarködemen kontraindiziert.

35.5.3 Tauchgangsprofil

Zur Auswertung und optimalen Steuerung einer ggf. notwendigen Druckkammertherapie sollte das Tauchgangsprofil (Tauchtiefe und -zeit) festgehalten werden. Wurde ein Tauchcomputer genutzt, sollte dieser mit dem Patienten der Druckkammer zugeführt werden.

35.5.4 Transport und Folgeversorgung

Patienten mit schweren Symptomen sollten nach Einleitung der notfallmedizinischen Versorgung zeitnah einem Taucherarzt vorgestellt werden. Entscheidend ist der schnellstmögliche Beginn einer Druckkammerbehandlung. Ziel ist dabei die Rekompression vorhandener Gasblasen, also deren Verkleinerung, und die beschleunigte Eliminierung aus dem Körper durch hyperbare Oxygenierung. Auch ein verzögerter Behandlungsbeginn nach mehr als 4 h kann erfolgsversprechend sein, eine Druckkammertherapie sollte bei schweren Symptomen daher immer angestrebt werden. Bei instabilen Patienten und größeren Entfernungen zur nächsten Druckkammer sollte der Transport zunächst immer in die nächste akutmedizinische Behandlungseinrichtung erfolgen.

Lufttransporte sind bei größeren Entfernungen zur nächsten Druckkammer als schnellste und schonendste Transportmöglichkeit in den meisten Fällen angezeigt. Dabei sollte bei taktischen Transporten (Bodennähe) die niedrigst mögliche Flughöhe angestrebt werden, das Überfliegen von Höhen ist zu vermeiden. Bei strategischen Transporten (größere Flughöhe) sollte der größtmögliche Kabinendruck gehalten werden. Transporte zu Land oder auf dem Wasser sind erschütterungsreicher und können das Austreiben weiterer Blasen fördern.

Für den Transport sollte ausreichend O_2 mitgeführt werden, um für die gesamte Transportdauer die Gabe von 100 % O_2 sicherzustellen. Der Verlauf der Symptome sollte dokumentiert werden.

Transportziel ist immer die nächste erreichbare notfallmedizinische Behandlungseinrichtung, vorrangig mit Zugriff auf Druckkammer.

Vor Luftverlegungen/-transporten mit normalem Kabinendruck sollte 24 h lang nicht getaucht werden. Dies gilt ebenso und in besonderem Maße für Patienten nach Tauchunfällen.

35.6 Ertrinken

Ca. 70 % der beim Tauchen verunfallten Taucher versterben am Ertrinken. Panik, Leichtsinn, Fehlverhalten oder technisches Versagen sind meist die Ursachen. Aber auch in nahezu allen anderen Einsatzszenarien können Ertrinkungsunfälle vorkommen (Abb. 35.3).

Ertrinkende halten zunächst unter Wasser den Atem an. Einsetzende zwanghafte Atembewegungen führen zur Aspiration kleiner Mengen Wasser, die häufig einen reflektorischen Laryngospasmus verursachen. Hierdurch aspiriert der Ertrinkende meist wenig, nimmt aber erhebliche Mengen Wasser über den Magen-Darm-Trakt auf. Diese bewirken ein hohes Risiko von Erbrechen und Aspiration. Im Verlauf kommt es zu tonisch-klonischen Krämpfen mit stärkster Zwerchfellbeteiligung, die in den Atemwegen typische Schaumpilze aus Oberflächenfaktor der Lunge, Sekret, Wasser und Atemluft bilden können. Auch geringe Mengen aspirierten Wassers führen zur Hypoventilation durch Atelektasenbildung in der Lunge.

Die Hypoxie durch Dyspnoe oder Apnoe ist der entscheidende Pathomechanismus des Ertrinkungsunfalls. Pulmonal können sich schwere Lungenödeme ausbilden. Ebenso sind durch Störungen der Blut-Hirn-Schranke Hirnödeme möglich. Auch bei anfänglich unauffälligen Patienten ist innerhalb der ersten 24 h eine Verschlechterung möglich.

Die durch Hypoxie bedingte Azidose und begleitend häufig auftretende signifikante Hypothermien können schwerwiegende Herz-Rhythmus-Störungen nach sich ziehen, mit Kammerflimmern ist jederzeit zu rechnen. Allerdings schützt die Hypothermie durch Reduzierung des Metabolismus das Gewebe vor Folgen der Hypoxie, sodass auch bei spät eingeleiteten Maßnahmen eine erfolgreiche Wiederbelebung erfolgsversprechend ist.

Behandlung Patienten mit Ertrinken oder Beinahe-Ertrinken sollten frühzeitig und durchgehend reinen Sauerstoff atmen oder mit einem $F_iO_2 = 1{,}0$ beatmet werden. Zur Atemwegssicherung bei hohem Aspirationsrisiko und optimalen Oxygenierung ist bei bewusstseinsgetrübten und bewusstlosen Patienten eine frühzeitige Intubation anzustreben. Bei hämodynamisch stabilen Patienten sollte zur Optimierung der alveolären Gasaustauschfläche ein positiv end-exspiratorischer Druck (PEEP) von max. 5 mbar genutzt werden. Eine Absaugung der Atemwege ist meist nicht notwendig.

Abb. 35.3 Auch in Wüstenregionen wie Afghanistan kann Ertrinken vorkommen. Am 23.06.2009 ertranken drei deutsche Soldaten in einem Transportpanzer Fuchs, der im Laufe eines Gefechts in einen Kanal fiel. Das Bild zeigt häufig notwendige Flussdurchquerungen im Raum Kunduz/Afghanistan. (Foto: Dr. C. Neitzel)

Zur Minderung des Aspirationsrisikos sollte eine Magensonde gelegt und der Mageninhalt abgesaugt werden. Kristalloide Ersatzlösungen können i.v. oder i.o. verabreicht werden. Wiederbelebungsmaßnahmen sollten bis zur Wiedererwärmung unter intensivmedizinischen Bedingungen fortgeführt werden; eine milde Hypothermie des Patienten ist zur Erhöhung der Hypoxietoleranz zu tolerieren.

Auch anfänglich symptomfreie Patienten sollten aufgrund des teilweise verzögert auftretenden Lungenödems 24 h überwacht werden.

35.7 Weitere Aspekte

35.7.1 Hypothermie

Durch den Aufenthalt im Wasser sind Taucher für eine Hypothermie prädisponiert. Bei bewusstseinsgetrübten oder bewusstlosen Tauchern, die trotz einer offensichtlichen oder zu erwartenden Unterkühlung kein Kältezittern aufweisen, sollte die Rettung wegen der Gefahr des Bergungstodes durch nicht beherrschbare kardiozirkulatorische Probleme bei Einschwemmung von kaltem Blut aus der Peripherie möglichst vorsichtig erfolgen. Eine periphere Erwärmung nach Tauchgängen, z. B. durch heißes Duschen, kann durch verstärkte Perfusion von mangelhaft entsättigtem Gewebe eine plötzliche Ausschwemmung von Inertgas verursachen und so zu einer DCS beitragen!

Eine ggf. notwendige aktive Erwärmung bei hypothermen Patienten sollte zurückhaltend erfolgen.

35.7.2 Medikamente

Bestimmte Medikamente zur Malariaprophylaxe können Reaktionsvermögen und Urteilsfähigkeit herabsetzen. Mit unmittelbar begonnener Chemoprophylaxe mit Lariam (Mefloquin) sollte wegen des Spektrums unerwünschter Arzneimittelwirkungen von epileptischen Anfällen bis zu Psychosen nicht getaucht werden. Nach Rücksprache mit einem Taucherarzt kann ggf. nach problemfreier Einnahme über mehr als 2–3 Wochen eine Freigabe für das Tauchen erfolgen. Bei Einnahme in therapeutischer Dosierung (Stand-by-Medikation!) sollte auf keinen Fall getaucht werden!

35.7.3 Otitis externa

Gehörgangsinfektionen treten bei Tauchern vermehrt auf. Sie sind im Regelfall bakteriell bedingt. Nach anfänglichem Juckreiz und Druckgefühl kommt es im Verlauf zu Schmerzen, in schweren Fällen auch zu Eiterbildung und Fieber. Seltener können Pilzinfektionen auftreten, die dann aber weniger schwer verlaufen. Die initiale Behandlung sollte mit einem Kombinationspräparat aus Antibiotikum und Kortikoid erfolgen, um ein Zuschwellen des Gehörgangs zu vermeiden (z. B Dexa-Polyspectran Ohrentropfen). Bei Therapieversagen ist ein Wechsel zu Gyrasehemmern (z. B. Ofloxacin-Ohrentropfen) anzuraten, um Infektionen mit verschiedenen Feuchtkeimen sicher abzudecken. Zur Prophylaxe von Gehörgangsinfektionen können 3-mal täglich pro Ohr 5 Tropfen »Heidelberger Ohrentropfen« angewendet werden. Diese können in jeder Apotheke nach folgendem Rezept hergestellt werden: Glycerini puriss 10,0; Spirit. vini ad 30,0.

35.7.4 Taucherärztliche Telefonberatung

- Schifffahrtmedizinisches Institut der Marine: +49-431-5409-1441
- Divers Alert Network (DAN):
  - DAN Deutschland/Österreich: 00800326668783
  - DAN Schweiz: +41-333333333
  - DAN international: +39-0396057858

Literatur

1. Arieli R, Schochat T, Adir Y (2007) CNS toxicity in closed-circuit oxygen diving: symptoms reported from 2527 dives. Aviat Space Environ Med 77(5):526–532
2. Defence Dept (US) (2010) Dive Medicine. In: US Department of Defence (ed) Special Operations Forces Medical Handbook (CD-ROM), 2 ed. Govt Printing Office
3. Gesellschaft für Tauch- und Überruckmedizin e. V. (2011) Leitlinie Tauchunfall. http://www.gtuem.org/198/Tauchmedizin/Leitlinie_Tauchunfall.html
4. Klingmann C, Tetzlaff K (2007) Moderne Tauchmedizin. Gentner, Stuttgart
5. Longphre JM, Denoble PJ (2007) First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. Undersea Hyperb Med 34:43–49
6. Müller HJ (2010) Tauchunfall: Leitlinienkonforme Behandlung. Der Notarzt 26:119–134
7. Siebert O (2010) Der Tauchunfall – Was muss der Rettungsdienst wissen? Rettungsdienst 7:48–53

Warme Klimazonen

C. Neitzel, I. Ostfeld

36.1 Allgemeine Aspekte – 486
36.1.1 Sanitätsmaterial – 486
36.1.2 Evakuierung von Patienten – 486
36.1.3 Präventivmedizin – 487

36.2 Physiologie warmer Klimazonen – 488
36.2.1 Thermoregulation des Körpers – 488
36.2.2 Wasser-Elektrolyt-Haushalt – 489
36.2.3 Wärmebelastung – 490

36.3 Hitzeschäden im militärischen Bereich – 490
36.3.1 Dehydratation – 492
36.3.2 Belastungsassoziierte Hyponatriämie – 494
36.3.3 Belastungsbedingter Hitzschlag – 496
36.3.4 Weitere hitzebedingte Erkrankungen – 499

Literatur – 500

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_36, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

36.1 Allgemeine Aspekte

36.1.1 Sanitätsmaterial

Staub und Sand beeinträchtigen die Funktion medizinischer Geräte, und feucht-warmes Klima führt häufig zu erheblichem Keimwachstum. An Lagerung, Wartung und Hygiene müssen daher besonders hohe Maßstäbe angelegt werden, Funktionsüberprüfungen müssen sorgfältig und regelmäßig erfolgen.

Zugelassene Lagerungstemperaturen für Sanitätsmaterial können meist nur in klimatisierten Räumen oder Behältern gewährleistet werden. Stehen diese nicht zur Verfügung, muss zumindest eine Lagerung im Schatten erfolgen und Container und Behältern sollten mittels Ventilator belüftet werden. Die Lagerungsbedingungen für Medikamente werden durch Geräte überwacht, die den Temperaturverlauf aufzeichnen (Temperaturlogger). Eine Übersicht über die Temperaturstabilität verschiedener Medikamente bietet ▶ Tab. 32.2.

36.1.2 Evakuierung von Patienten

Die eingesetzte Fahrzeuge müssen in der Lage sein, den Bewegungen der Bodenelemente zu folgen, da in den meisten Fällen Straßen kaum vorhanden und/oder schlecht befestigt sind (◘ Abb. 36.1). Für die im Einsatz zu erwartenden Verwundeten sollten nach Möglichkeit Lufttransporte durch Drehflügler ausgeplant werden [19]. Dabei muss berücksichtigt werden, dass in Wüstenregionen bei der Landung von Hubschraubern massive Staubwolken entstehen (»brownout«, ◘ Abb. 36.2). Diese Staublandungen machen einen zweiten Landeanflug im Nahbereich vorübergehend unmöglich. Patienten und medizinisches Gerät müssen in der Nähe von Hubschrauberlandungen gegen die massive Staubaufwirbelung durch sicheres Abdecken oder Schließen der Fahrzeugtüren und -luken geschützt werden.

In tropischen Regionen müssen Landeplätze in dichter Vegetation häufig erst geschaffen oder eine Rettung mittels Winde erfolgen [20]. Auch die Nutzung von Booten kann eine sinnvolle und zumeist erschütterungsarme Alternative zur Evakuierung Verwundeter darstellen.

◘ **Abb. 36.1** Eingesetzte Sanitätsfahrzeuge müssen in der Lage sein, den Hauptkräften auch in unwegsamem Gelände zu folgen. Dabei können erhebliche Verlängerungen der Evakuierungszeiten auftreten. (Foto: Dr. C. Neitzel)

◘ **Abb. 36.2** »Brownout«: Typische Staubwolke bei Landung von Helikoptern in der Wüste. (Foto mit freundlicher Genehmigung überlassen von M. Lang)

Der Transportraum für Verwundete sollte nach Möglichkeit klimatisiert (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) zur Verfügung gestellt werden und über Kühlungsmöglichkeiten (chemische Kältebeutel, Kühlbox mit Kühlakkus, kalte Infusionen, kalte Getränken o. ä.) verfügen. Die Kühlung ist für das Wohlbefinden des Patienten ebenso wichtig, wie für die Leistungsfähigkeit der medizinischen Geräte. In der Regel haben sie in ihrer Zulassung nach dem Medizinproduktegesetz (MPG) vorgegebene Tem-

peraturbereiche, in denen der Betrieb möglich ist. Bei Überschreitung kann es zu Fehlfunktionen, z. B. falsche Förderraten bei Spritzenpumpen, oder zu einem Totalausfall kommen.

36.1.3 Präventivmedizin

Die Einsatzkräfte sollten spezielle **atmungsaktive Tropen- oder Wüstenuniformen** tragen, da die Bekleidung eine Wasserdampfbarriere bildet und das Verdunsten von Schweiß behindern kann. Mit moderner Funktionskleidung lässt sich zwar die Verdunstung optimieren, sie ist aber häufig nicht feuerfest. Ihre Verwendung muss daher stets der Lage angepasst werden. Gleiches gilt für ballistische Schutzwesten, Helm etc. In den israelischen Streitkräften (Israeli Defence Forces, IDF) wird ihr Einsatz lageabhängig entschieden: konsequente Nutzung im Orts- und Häuserkampf, meist aber nicht bei Fußmärschen im Sand.

Haut, Lippen und Augen sollten mit Hilfe von Kleidung, Sonnenschutzpräparaten mit hohem Lichtschutzfaktor und Sonnenbrillen vor UV-Strahlung geschützt werden [16].

Die Haut ist in feucht-warmem Klima ständig feucht. Dadurch ist die Wundheilung schlechter, die Haut ist generell anfälliger und das Infektionsrisiko steigt insbesondere für Pilzerkrankungen. An den Füßen kann es zum tropischen Grabenfuß kommen (▶ Kap. 38.5). Es sollte regelmäßige Körperhygiene erfolgen, um ausgetretenes Salz aus den Hautporen zu entfernen. Dem Auftreten des Grabenfußes kann wirksam begegnet werden, wenn die Haut für einige Stunden am Tag trocken ist (z. B. Schlafphase).

Der **Lebensmittelhygiene** kommt ebenfalls besondere Bedeutung zu. Frische Lebensmittel sollten vermieden oder ausreichend gekocht werden. Regelmäßiges Händewaschen und -desinfektion mindern das Infektionsrisiko [16].

Die **Planung der Wasserversorgung** ist von hoher taktischer Bedeutung [10]:

- Wasser sollte nur von einwandfreien Quellen getrunken werden [16].
- Pro Mann und Tag sind bis zu 12 l Trinkwasser notwendig.
- Pro Mann und Tag sind teilweise mehrere Liter Brauchwasser notwendig.

Die genannten Anforderungen bedeuten einen hohen logistischen Aufwand und können die Operationsführung wesentlich einschränken.

Tipp

In islamischen Ländern wird teilweise in Flaschen abgefülltes Wasser für die Analhygiene verkauft. Es ist meist hochgradig keimbelastet und nicht als Trinkwasser geeignet!

Zur Prävention von durch Insekten übertragenen Infektionskrankheiten (z. B. Malaria, Leishmaniose) sollte mit **Vektorenschutz** (z. B. Permethrin) imprägnierte Kleidung getragen werden. Besonders nachts und in der Dämmerung ist unbedeckte Haut zu vermeiden. Falls dies nicht möglich ist, werden als Prophylaxe ausreichend eng gewebte **Mückennetze** und **Insektenschutzmittel** eingesetzt. Schlafplätze sollten grundsätzlich mit Insektenschutznetzen versehen werden. Bettzeug oder Schlafsack, Kleidung und insbesondere die Stiefel sind vor ihrer Nutzung auszuschütteln, um Insekten oder Gifttiere frühzeitig zu entdecken [16].

Einer der häufigsten lebensbedrohlichen Notfälle in warmen Klimazonen sind anaphylaktische Reaktionen auf Gifttiere. Insektenstiche (z. B. Bienen) verursachen dabei weit mehr Tote als Spinnen oder Schlangen. Die Beherrschung der Anaphylaxie durch Verfügbarkeit entsprechender Medikamente muss daher durchgehend gewährleistet sein!

Eine umfassende Auflistung und Bewertung aller medizinischen Risiken für alle Klimazonen ist im Rahmen dieses Buch nicht möglich. Es sollte daher stets eine **medizinische Bedrohungsanalyse des Einsatzgebietes** durch Fachleute erfolgen und spezifische Schutzmaßnahmen empfohlen werden. Auskunft erteilt z. B. das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin: www.bni-hamburg.de

36.2 Physiologie warmer Klimazonen

36.2.1 Thermoregulation des Körpers

Wärmegleichgewicht

Die Aufrechterhaltung einer Körperkerntemperatur nahe 37 °C ist wichtig, da jede Abweichung über 42 °C hinaus massive Auswirkungen auf den Stoffwechsel hat, Proteine schädigt und zu Multiorganversagen und Tod führt. Thermoregulatorische Rezeptoren sind über den gesamten Körper verteilt (insbesondere in Haut, Bauchorganen, Rückenmark, Hirnstamm). Die peripheren und zentralen Messungen werden im Hypothalamus, dem Kontrollzentrum der Körpertemperatur, verglichen. Manche Thermorezeptoren können dabei von weiteren Reizen beeinflusst werden, insbesondere von Hitze und Ischämie. Dies führt dazu, dass ein Anstieg der Körperkerntemperatur bei hochgradiger körperlicher Belastung zu einer Fehlfunktion des Hypothalamus führen und so die Entstehung eines Hitzschlags weiter fördern kann [8].

Der Körper versucht, überschüssige Hitze durch eine stärkere Hautdurchblutung an die Körperoberfläche zu transportieren, um sie an die Umgebung abzugeben. Dies führt zu einer erhöhten Belastung des kardiozirkulatorischen Systems und äußert sich in einer erhöhten Herzfrequenz [3]. Die Mechanismen des Wärmeaustausches an der Körperoberfläche (Konduktion, Konvektion, Strahlung und Verdunstung) werden in ▶ Kap. 38.2 erläutert.

Schweißbildung

Um die Wärmeabgabe an der Haut zu maximieren, produziert der Körper aus Wasser und Elektrolyten bestehenden Schweiß, der unter Entstehung von Kälte verdunstet [16]. In normalem Klima kann bei mittlerer körperlicher Aktivität 50 % der produzierten Körperwärme über andere Wege als Schweiß abgegeben werden. Überschreitet die Umgebungstemperatur aber 35 °C, ist Schweißbildung annähernd die einzige Art der Wärmeabgabe [10].

Schweiß ist hypoton und führt daher zu hyperosmolarem Plasma und verringertem Plasmavolumen. Die Plasmahyperosmolarität mobilisiert extravasale Flüssigkeit ins Gefäßbett [10]. Bei einer akuten Hitzebelastung ist kurzfristig eine Schweißproduktion von 4 l/h möglich, nach 8 h aber nur noch etwa 1 l/h [3]. Flüssigkeitsverluste bis zu 15 l/Tag sind möglich [12]. Je höher die Luftfeuchtigkeit ist, desto gesättigter ist sie mit Wasserdampf und nimmt weniger zusätzlichen Wasserdampf auf: die Verdunstung wird deutlich erschwert [3]. Dies erklärt, warum feuchte Wärme, wie sie in den Tropen herrscht, als belastender empfunden wird als trockenes Wüstenklima [3]. Herrscht Wind, wird die Wärmeabgabe über Schweißbildung verbessert, da die Verdunstung erleichtert wird [3].

Kopf und Oberkörper sind für die Schweißproduktion am wichtigsten, die Beine tragen nur etwa 25 % zur Gesamtschweißproduktion bei [5]. Kopfbedeckungen bzw. Helme scheinen im besonderen Maße für die Entstehung von Hitzekrankheit verantwortlich zu sein [5]. Da gerade Kopf und Oberkörper durch wenig schweißdurchlässige Schutzausrüstung bedeckt sind, führt dies zu erheblichen Einschränkungen in der physiologischen Wärmekompensation bei Soldaten.

Akklimatisierung

Hitzeakklimatisation erleichtert körperliche Arbeit, da sie eine ausreichende Wärmeabgabe gewährleistet und den Körper hämodynamisch weniger belastet. Sie ist nach 1–2 Wochen Aufenthalt und Belastung in Hitze abgeschlossen, bei regelmäßigem Aufenthalt in klimatisierten Räumen kann sie sich auf 3–6 Wochen verlängern [3].

Akklimatisierung bewirkt vor allem Folgendes [3]:

- **Abnahme der Elektrolytkonzentration** in Schweiß und Urin auf bis zu 10 % des Ausgangswertes, wodurch der tägliche Salzbedarf sinkt [2]. Ein niedriger NaCl-Gehalt des Schweißes erhöht die erzeugte Verdunstungskälte [5].
- **Zunahme der Schweißsekretion an den Extremitäten**, wodurch sich die Gesamtschweißmenge und somit die erzeugbare Verdunstungskälte erhöht.
- **Steigerung der gesamten Schweißsekretion** um 10–25 % im Wüstenklima und bis zu 120 % im tropischen Klima.
- **Herabgesetzte Schwitzschwelle**.

Die notwendige Trinkmenge wird daher durch Akklimatisation nicht gesenkt. Meist steigt sie sogar aufgrund der früheren und insgesamt erhöhten

Schweißproduktion [2]. Durch die bessere Verdunstungskühlung der Haut muss aber im Vergleich zum Nichtakklimatisierten eine geringere Blutmenge im Körper bewegt werden. Das Herzminutenvolumen sinkt, es entstehen Reserven für körperliche Belastung. Der Energieverbrauch sinkt. Auch bei mäßiger Belastung steigen Herzfrequenz und Körpertemperatur weniger stark an. Die Einsparung von Elektrolyten bei der Schweißproduktion ermöglicht auch bei eingeschränkter Salzzufuhr genügend Verdunstungskälte ohne Störung des Wasser-Elektrolyt-Systems [3].

Bei körperlicher Ruhe in der Akklimatisierungsphase ist diese nur teilweise erfolgreich. Phasen körperlicher Belastung verbessern das Akklimatisationsergebnis [14]. Dabei sollte die körperliche Belastung schrittweise erhöht werden [2]. 2 h körperlicher Belastung in Hitze pro Tag sind im Regelfall ausreichend, um eine adäquate Akklimatisation in 10–14 Tagen zu erzielen. Es sind auch zweimal 1 h/Tag möglich [16]. Die Hitzeakklimatisierung besteht für ca. 1 Woche nach Beendigung der Hitzeexposition fort und sinkt dann um ca. 75 % innerhalb von 3 Wochen ab [14].

36.2.2 Wasser-Elektrolyt-Haushalt

Wasserhaushalt

Die Wasserbilanz des Körpers wird normalerweise ±0,66 % der Norm gehalten, da Menschen unter normalen Umständen bereits bei minimalen Verschiebungen im Wasser-Elektrolyt-Haushalt Durst entwickeln oder die Urinproduktion erhöhen. In Phasen körperlicher Aktivität kann ein Wasserdefizit von bis zu 2–5 % entstehen, das in nachfolgenden Pausen durch Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme wieder kompensiert wird [10]. Schon kleine Verschiebungen im Wasser-Elektrolyt-Haushalt können die Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigen, größere führen zum Ausfall der betroffenen Einsatzkräfte durch Hitzeschäden [10].

Die orale Flüssigkeitszufuhr ist durch die Resorptionsfähigkeit des Gastrointestinaltraktes begrenzt. Der Magen transportiert maximal 1000–1200 ml/h in den Dünndarm weiter, wo das Wasser resorbiert wird [13]. Die tatsächliche Geschwindigkeit von Magenentleerung und intestinaler Resorption kann dabei individuell sehr unterschiedlich sein, wird aber bei körperlich Belastung bis zu 70 % der maximalen Sauerstoffaufnahme nicht wesentlich beeinträchtigt [10]. Bei höherer Aktivität oder einer deutlichen Dehydratation von 5 % des Körpergewichts, wird die Geschwindigkeit der Magenentleerung um bis zu 25 % verschlechtert.

Sobald eine deutliche Dehydratation besteht, ist die orale Rehydratation erschwert.

Daher ist die Prophylaxe durch regelmäßige, über den Tag verteilte Trinkmengen wichtig [13]. Dehydrierende Getränke, wie z. B. Alkohol oder Kaffee, sollten grundsätzlich gemieden werden [2]. Moderater Kaffeekonsum erzeugt aber meist keine Probleme, da die geringe diuretische Wirkung durch Wasserkonsum gut kompensiert werden kann [16].

Veränderte Urinfarbe

- Bernsteinfarbener Urin oder weniger als 2 Miktionen/Tag weisen immer auf eine bestehende Dehydratation hin. In diesen Fällen sollte der Betroffene trinken, bis der Urin klar wird.
- Dunkler, braun gefärbter Urin kann auf eine Rhabdomyolyse hindeuten, die teilweise bei Dehydratation oder Hitzschlag im Rahmen von körperlicher Überlastung auftritt.

Elektrolythaushalt

Um die Schweißproduktion des Körpers aufrecht erhalten zu können, müssen ausreichend Elektrolyte aufgenommen werden. Eine zu geringe Salzaufnahme kann das Durstgefühl unterdrücken und so zur Dehydratation beitragen [5]. Eine regelmäßige normale Nahrungsaufnahme versorgt den Körper in der Regel mit einer ausreichenden Menge von Salzen. In Ausnahmefällen, z. B. bei extremer Schweißproduktion, Durchfall oder Erbrechen, kann eine gesteigerte Salzzufuhr notwendig sein. Der früher gebräuchliche Konsum von Salztabletten wird aufgrund der häufig folgenden gastrointestinalen Beschwerden heute nicht mehr empfohlen. Im Regelfall ist eine ausreichende Zufuhr durch Salzen der Nahrung oder der Aufnahme besonders salzhaltiger Nahrung (z. B. Fleischbrühe, Tomatensaft) zu erreichen [2].

Der Konsum von Nahrungsergänzungsmitteln (Muskelaufbauprodukte) wie Kreatin und Aminosäuren kann eine verstärkte Diurese bedingen und so zu Dehydratation führen. Da sie meist andere Nahrungsmittel im Tageskonsum ersetzen, fehlt darüber hinaus noch der Elektrolyt- und Wasseranteil der ersetzten Nahrung. Es sollte daher wegen der erhöhten Anfälligkeit für Hitzeerkrankungen auf sie verzichtet werden [2].

36.2.3 Wärmebelastung

Die Ermittlung der Wärmebelastung ermöglicht die Anpassung von körperlicher Aktivität an die klimatischen Konditionen.

Messverfahren

Es existieren verschiedene Verfahren zur Messung der Wärmebelastung:

Weltweiter Standard ist derzeit die »**Wet Bulb Globe Temperature**« (WBGT). Sie bezieht Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wärmestrahlung und Windgeschwindigkeit mit ein. Anhand der WBGT-Werte können praxisnahe Empfehlungen für die körperliche Belastung gegeben werden. Anlagen zur Messung der WBGT sind aufwändig und daher nicht ohne weiteres mitführbar. Der Wert ist allerdings errechenbar, wenn die Einzelparameter bekannt sind (z. B. lokaler Wetterbericht, GeoInfo) [2]. Programme, die die WBGT näherungsweise bestimmen können, sind im Internet kostenfrei abrufbar (www.srh.noaa.gov/elp/wxcalc/rh.shtml)

Der »**Heat Discomfort Index**« (HDI) ist eine einfach zu handhabende Alternative zum WBGT. Als Faktoren fließen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit ein, nicht aber die Sonneneinstrahlung. Der HDI kann mittels tragbarer Wetterstationen, die häufig auch von Scharfschützen genutzt werden, automatisch bestimmt werden (z. B. Kestrel 3000). Der Index wird in den IDF insbesondere bei Ausbildungen häufig genutzt, um die körperliche Belastung an die klimatischen Bedingungen anzupassen.

Die erhobenen Werte können sich schon auf kurze Entfernung erheblich unterscheiden, z. B. verändert das Aufsuchen von Schatten oder Windschatten die Hitzebelastung deutlich. Dementsprechend sind die Messwerte niemals für alle Einzelsituationen zutreffend und können nur Näherungswerte sein. Sind keine Messwerte vor Ort verfügbar, sollte anhand der aufgeführten Tabellen der Flüssigkeitsbedarf und die körperliche Belastung mit gesundem Menschenverstand abgeschätzt werden [2].

Anpassung der körperlichen Belastung

Die Belastung und Belastbarkeit ist im Wesentlichen abhängig von drei Aspekten:

- **Soldat:** körperliche Fitness, Hydratation, Akklimatisierung, Gesundheitszustand, Erholungszustand
- **Klima:** Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit
- **Auftrag:** getragene Uniform/Schutzausrüstung, Traglast, Gelände und körperliche Aktivität [2]

Alle Aspekte müssen entsprechend beurteilt und ggf. angepasst werden, um die Leistungsfähigkeit der unterstellten Teile zu erhalten und Hitzeerkrankungen zu vermeiden. Bei Nutzung des HDI gibt ◘ Tab. 36.1 einen Anhalt für die notwendige Anpassung der körperlichen Belastung. ◘ Tab. 36.2 gibt für einen WBGT-Bereich darüber hinaus die durchschnittlich notwendige Trinkmenge an und kann gut als Planungsgrundlage dienen.

36.3 Hitzeschäden im militärischen Bereich

Im militärischen Bereich entstehen Hitzeerkrankungen, ähnlich wie im Sport, vornehmlich aufgrund von Störungen des Wärmeaustausches (Hitzschlag) oder Störungen des Wasserhaushaltes (Dehydratation) und werden meist durch körperliche Anstrengung verursacht (◘ Tab. 36.3). Ihnen liegen daher im Wesentlichen die körpereigene Hitzeproduktion und nicht alleine die Umgebungsbedingungen zugrunde. Hitzeerkrankungen können durch Störungen des Elektrolythaushaltes, insbesondere Hyponatriämie, verschlimmert werden und zu ausgedehnten Muskelschädigungen (Rhabdomyolyse) führen (s. unten). Die Risikofaktoren für Dehydratation und Hitzschlag sind im militärischen Bereich nicht nur weitgehend deckungsgleich, sie stellen zusätzlich noch jeweils gegenseitige Risikofaktoren dar.

Tab. 36.1 Empfehlungen der israelischen Streitkräfte zur körperlichen Belastung in der Ausbildung unter Berücksichtigung des HDI

»Heat Discomfort Index« (HDI)	Hitzebelastung	Level	Empfehlungen
≤22,0	Keine	0	Keine Einschränkungen
22,1–24,0	Leicht	1	15 min Pause nach jeweils 60 min körperlicher Belastung
24,1–26,0	Mäßig	2	15 min Pause nach jeweils 30 min körperlicher Belastung, extreme Belastung ist untersagt
26,1–28,0	Mittel	3	Nur akklimatisierten Soldaten ist körperliche Belastung erlaubt
28,1–30,0	Schwer	4	Nur akklimatisierten Soldaten ist leichte körperliche Belastung erlaubt
≥30,1	Extrem	5	Keine körperliche Belastung erlaubt

Tab. 36.2 Notwendiger Flüssigkeitsersatz und zeitliches Verhältnis zwischen körperlicher Belastung und Ruhepausen für einen durchschnittlichen Soldaten mit abgeschlossener Akklimatisierung. *KB* keine Beschränkung bei Belastung bis zu 4 h. Werden ballistische Schutzwesten getragen, müssen zum WBGT-Wert 5°F hinzugerechnet werden. Der individuelle Flüssigkeitsbedarf kann um ca. 250 ml/h variieren. Das Arbeiten in praller Sonne oder im Schatten erhöht bzw. vermindert den stündlichen Flüssigkeitsbedarf um 250 ml. Die vorgegebenen Pausenzeiten sollten ohne Belastung im Schatten verbracht werden. (Modifiziert nach [17])

		Niedrige Belastung: – Schießausbildung – Marsch auf festem Untergrund, 4 km/h, <15 kg Gepäck – Formaldienst		Mittlere Belastung: – Marsch im Sand, 4 km/h, ohne Traglast – Marsch auf festem Untergrund, 6 km/h, <20 kg Gepäck – Streife zu Fuß – Schanzarbeiten		Hohe Belastung: – Marsch auf festem Untergrund, 6 km/h, >20 kg Gepäck – Marsch im Sand mit Gepäck – Gefecht hoher Intensität	
Hitzekategorie	WBGT-Index [°F]	Belastung/Pause [min]	Wasserzufuhr [ml/h]	Belastung/Pause [min]	Wasserzufuhr [l/h]	Belastung/Pause [min]	Wasserzufuhr [l/h]
1	78–81,9	KB	500	KB	750	40/20	750
2	82–84,9	KB	500	50/10	750	30/30	1.000
3	85–87,9	KB	750	40/20	750	30/30	1.000
4	88–89,9	KB	750	30/30	750	20/40	1.000
5	>90	50/20	1.000	20/40	1.000	10/50	1.000

Hitzeschäden

- Ein **Hitzschlag** folgt häufig auf eine vorher entstandene Dehydratation.
- Eine **Hyponatriämie** tritt meist aufgrund einer Überwässerung bei zu aggressiv durchgeführter Dehydratationsprophylaxe auf.
- Eine **Rhabdomyolyse** entsteht typischerweise bei extrem hoher körperlicher Belastungen, die wiederum unabhängige Risikofaktoren für Dehydratation und Hitzschlag sind.

Tab. 36.3 Vergleich von Dehydratation und Hitzschlag als bedeutendsten Hitzeschäden im militärischen Umfeld

	Dehydratation	Hitzschlag
Hauptrisikofaktoren	Schlechte Akklimatisierung, akute Infektionserkrankung	Erschöpfung, schlechte Akklimatisierung, bestehende Infektionserkrankung
Wasserhaushalt	Dehydratation	Meist dehydriert, teilweise normal
Körperkerntemperatur	Normal	≥40 °C
Puls	Hoch	Hoch
Blutdruck	Niedrig	Normal oder niedrig
Allgemeinzustand	Erschöpft	Erschöpft
Bewusstsein	Normale Orientierung	Desorientiertheit, Aggressivität, Krampfanfall, Koma
Komplikationen	Hitzschlag	Multiorganversagen (Niere, Leber, Herz), hohe Mortalitätsrate
Hitzetoleranztest	Normal	Abnormal
Differenzialdiagnosen	Hyponatriämie	Rhabdomyolyse
Therapie	Hydratation	aggressives Kühlen

Die Symptomatiken sind sich sehr ähnlich, und es ist häufig unklar, ob ein körperlich stark leistungsgeminderter Soldat Zeichen einer Dehydratation, Hyponatriämie oder lediglich starke Muskelschmerzen hat, die wiederum auch durch eine Rhabdomyolyse bedingt sein können.

Die präklinisch relevanten Folgen betreffen bei Dehydratation und bei Hitzschlag gleichermaßen in der Regel das ZNS und das kardiorespiratorische System. Die ersten Symptome bestehen häufig in körperlicher Schwäche, aggressivem Verhalten oder Desorientiertheit, bevor Kollaps, Koma und eine Schocksymptomatik bis hin zum Herzstillstand auftreten.

Bei beiden Krankheitsbildern ist die Ausschüttung von Entzündungsbotenstoffen in die Entstehung von systemischen Komplikationen, wie z. B. Multiorganversagen und disseminierte intravasale Gerinnung (DIC), involviert. Die militärisch relevanten hitzebedingten Notfälle sind dementsprechend eng miteinander verwandt.

36.3.1 Dehydratation

Symptomatik

Erstes auftretendes Frühwarnsymptom einer Dehydratation ist normalerweise **Durst** [10]. Dieser tritt in warmen Klimazonen häufig erst auf, wenn bereits ein deutliches Flüssigkeitsdefizit besteht. Eine schwerere Dehydratation führt zu eingeschränkter Kühlungsmöglichkeit des Körpers und bedingt einen **Anstieg der Körperkerntemperatur** (KKT). Reaktiv wird die Hautdurchblutung für eine bessere Kühlung gesteigert. Der dadurch sinkende periphere Widerstand und die durch Volumenmangel sinkende kardiale Vorlast belasten den Kreislauf erheblich und führen zum Leistungseinbruch [12]. Die physische und psychische Leistungsfähigkeit wird bereits bei 1 % Dehydratation beeinträchtigt und sinkt mit weiterem Flüssigkeitsverlust [12]. Pro 1 % Dehydration steigt die KKT durch **nachlassende Schweißproduktion** zusätzlich um 0,15–0,2 °C [5], die Herzfrequenz steigt um durchschnittlich 4/min an [12]. Dehydrierte erreichen daher bei gleicher physischer Aktivität höhere KKT als Normalhydrierte, die Hitzetoleranz sinkt [10]. Die **Urinproduktion sinkt**, und der Urin verfärbt sich tiefgelblich. Bei Dehydratation fällt die Erfüllung auch

einfacher Aufgaben schwer, die Motivation bricht weg, Betroffene werden lethargisch, teilweise aggressiv und verweigern häufiger den Gehorsam [10]. Es entstehen extremes Durstgefühl, Muskelschmerzen und Koordinationsstörungen. Wasserdefizite von 10 % und darüber hinaus sind lebensgefährlich und enden teilweise rasch mit dem Tod. Es treten **zentralnervöse Funktionsausfälle** bis hin zum Koma auf, Krampfanfälle, Anurie und Kreislaufversagen [3].

Therapie

Die Therapie der Dehydratation ist einfach: sie besteht aus der Zufuhr von Flüssigkeit. Beim ansprechbaren Patienten kann diese oral erfolgen, bei schwereren Fällen oder Bewusstseinstrübung mittels kristalloider Infusionstherapie. Es sollten Boli von 250 ml bis zur Besserung der Symptome verabreicht werden, ohne ärztliche Anordnung aber maximal 1.500–2.000 ml. Bei schweren Symptomen (Krampfanfall, Atem-/Kreislaufdepression) ist die Therapie symptomatisch und entspricht der des Hitzschlags (▶ Kap. 30.3.3).

Prävention

Dehydratation hat im militärischen Umfeld drei wesentliche Ursachen [10]:

- mangelnde Verfügbarkeit von Flüssigkeit,
- eine zu geringe Trinkmenge und
- Wasserverlust durch Schweiß und Diarrhoe.

Während die Höhe des Wasserverlustes im Wesentlichen durch Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Intensität sowie Dauer körperlicher Belastung bestimmt wird [12], müssen für den Ausgleich eines Flüssigkeitsdefizits drei Voraussetzungen erfüllt sein:

- die Notwendigkeit zum Trinken muss erkannt werden,
- Flüssigkeit muss zur Verfügung stehen und
- der Auftrag des Soldaten muss das Trinken erlauben.

Gerade der letzte Aspekt ist im taktischen Umfeld von großer Bedeutung: Feldflaschen sind in der Regel nicht einfach zu erreichen und ihr Gebrauch durch das Tragen einer Waffe oder anderer Ausrüstung eingeschränkt. Zum Trinken wird also generell eine Pause benötigt. Trinkblasen (z. B. Camelbak) erlauben das freihändige Trinken ohne Ablegen der Waffe, erschweren aber die Kontrolle über die aufgenommene Flüssigkeitsmenge.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die selbstständige Bestimmung der Trinkmenge anhand des Durstgefühls in heißen Klimazonen immer in einer nicht unerheblichen Dehydratation endet [16].

Tipp

Um eine Dehydratation der Einsatzkräfte zu vermeiden, sollten die Trinkmengen vorgegeben und deren Einhaltung kontrolliert werden.

Bei leichter körperlicher Aktivität in heißer Umgebung wird in der Regel ausreichend getrunken, um Verluste zu ersetzen. Bei mittlerer und insbesondere hoher körperlicher Aktivität führt eine durch Durst gesteuerte Flüssigkeitsaufnahme meist nur zum Ersatz von 50–70 % der beim Schwitzen verlorenen Wassermenge. Dies bedingt, dass durch Vorgesetzte in Pausen die Kompensation der restlichen Menge veranlasst werden muss [10].

Als Faustregel kann für jede Temperaturerhöhung von 5 °C über 20 °C Umgebungstemperatur hinaus eine Steigerung des täglichen Flüssigkeitsbedarfs um 1–1,5 l erwartet werden. Bei starker Arbeitsbelastung kann diese Menge erheblich steigen und durchaus bis zu 12 l/Tag betragen [3]. Bei der Planung von Operationen sollten die Wetterbedingungen, Marschleistung und -untergrund sowie die Traglast berücksichtigt werden. Nach israelischen Erfahrungen sind 1 l/Stunde oder 0,5 l/km gute Richtwerte. Bei warmem Wetter, schwierigem Gelände und hoher Traglast kann der Bedarf aber bis 4 l/h steigen. Dieser hohe Wasserverbrauch stellt ein ernstes logistisches Problem dar und muss in der Operationsplanung berücksichtigt werden.

Empfehlung zur Flüssigkeitszufuhr

- Um einer Dehydratation durch Auffüllen bestehender Defizite vorzubeugen, werden ungefähr 2 h vor körperlicher Belastung oder Aufenthalt in großer Hitze ca. 0,5 ml Flüssigkeit getrunken [12].

- Im Zweifelsfall sollte so viel Flüssigkeit aufgenommen werden, bis der Betreffende klaren Urin produziert.
- Als ideales Getränk dient kühles, leicht gesüßtes Wasser, von dem bei hoher körperlicher Belastung 1 l/Stunde (bis zu 12 l/Tag) getrunken werden sollte. Glukose verbessert gegenüber ungesüßtem Wasser durch Symport die intestinale Aufnahme von Natriumionen [15].
- Ein höherer Kohlenhydratanteil in Flüssigkeiten führt häufiger zu Übelkeit und Völlegefühl [10].
- Werden Sportgetränke angeboten, sollten sie im Verhältnis 1:1 verdünnt werden und komplexe Kohlenhydrate statt Fruktose oder Glukose enthalten [2].
- Kohlensäurehaltige Getränke erschweren die Aufnahme ausreichend großer Trinkmengen.
- Kalte Getränke erhöhen die Compliance bei freiwilliger Flüssigkeitsaufnahme in warmem Klima [10]. Sie senken aber die Geschwindigkeit der Magenentleerung und können das Durstgefühl einschränken [18].
- Getränketemperaturen von 15–20 °C scheinen daher für die Aufnahme von großen Flüssigkeitsmengen ideal [10].
- Die häufige Aufnahme kleinerer Mengen produziert weniger Urin als die seltene Aufnahme größerer Mengen und minimiert so den Flüssigkeitsverlust [10].
- Schnelles Trinken großer Mengen an Flüssigkeit kann durch eine Vagusreizung des überfüllten Magen-Darm-Traktes zum Kreislaufzusammenbruch bis hin zum sog. »Oasentod« führen [24].

Flüssigkeitsaufnahme führt vorübergehend zu stärkerem Schwitzen, insgesamt steigt die Gesamtmenge im Vergleich aber um nicht mehr als 10 % [3].

36.3.2 Belastungsassoziierte Hyponatriämie

Eine Dehydratation kann schwere Folgen haben. Aber auch der übertriebene Versuch, diese zu vermeiden, kann gefährlich sein. Die hohe Sensibilisierung für Dehydratation kann zu einem zeitweise inadäquat hohen Wasserkonsum führen, der dann ebenfalls Gesundheitsschäden hervorruft: eine Hyperhydratation, die sich meist als Hyponatriämie manifestiert.

Im zivilen Bereich, z. B. im Rahmen von Marathonläufen, ist die Ursache in der Regel das Trinken von Flüssigkeitsmengen, die den Schweißverlust erheblich übersteigen. Im militärischen Bereich können ähnliche Bedingungen vorliegen: mehrstündige- körperliche- Aktivität bei Patrouillen und längere Gefechtshandlungen oder der Durchsetzung von festgelegten größeren Trinkmengen ohne gleichzeitige Nahrungsaufnahme. Verstärkend wirkt hier aber häufig eine unzureichende Nahrungsaufnahme, was durch fehlende Salzzufuhr einen Elektrolytmangel weiter fördert [12].

Die entstandene Hyponatriämie kann vom Körper meist nicht effektiv korrigiert werden. Durch das niedrige Serumnatrium wird die Rückresorption von Natrium in der Niere erhöht, was wiederum durch nachströmendes Wasser die Urinproduktion verringert [10]. Die durch Hyponatriämie erniedrigte extrazelluläre Osmolalität bewirkt einen Flüssigkeitseinstrom in Extravasalraum und Zellen. Bei stärkerer Ausprägung sind Gewebeschwellungen die Folge, die insbesondere durch Hirnödeme und kardiopulmonale Beeinträchtigungen zum Tode führen können [12]. In Studien der US-Streitkräfte wurden Todesfälle bei der Ausbildung durch Hyponatriämie nachgewiesen. Auch aus den laufenden Einsätzen, insbesondere »Operation Iraqi Freedom« (OIF), wurden einzelne Todesfälle durch Hyponatriämie berichtet [10]. Die Dunkelziffer ist dabei möglicherweise hoch.

Symptome

Da eine Labordiagnostik meist nicht zur Verfügung steht, ist eine entsprechende Anamnese der wesentliche Anhalt für eine Hyponatriämie. Wurden in einem Zeitraum von 24 h mehr als 12 l oder in den letzten 4–6 h mehr als 8 l getrunken, besteht der Verdacht auf eine Hyponatriämie [2].

Eine normale KKT und fehlende Zeichen einer Dehydratation (insbesondere ausreichende Produktion hellen Urins) geben weitere Hinweise für eine mögliche Hyponatriämie. Symptome treten bei Natriumkonzentration von unter 125 mmol/l (teilweise schon bei <135 mmol/l) im Serum auf. Sie sind umso schwerer, je schneller die Hyponatriämie entstanden ist [10]. Mildere Symptome sind Verwirrung, Desorientiertheit, Kopfschmerz, Übelkeit/Erbrechen, neurologische Ausfälle. Im weiteren Verlauf kann es zu Krampfanfällen, Hirn- und Lungenödem und zum Herz-Kreislauf-Stillstand kommen.

Soldaten, die über typische Symptome einer Hyponatriämie klagen, dürften häufig als dehydriert eingestuft werden und den Rat erhalten, noch mehr zu trinken. Dies kann die Gefährdung des Soldaten noch erhöhen. Bei schweren neurologischen Symptomen, insbesondere Krampfanfällen, kann ein Hitzschlag vermutet werden [10]. Die Unterscheidung zwischen Hyponatriämie und Hitzschlag/Dehydratation ist aufgrund der grundlegend unterschiedlichen Therapie eine besondere Herausforderung, solange Labordiagnostik nicht zur Verfügung steht.

Therapie

Eine zielgerichtete Therapie kann nur nach entsprechender Labordiagnostik durch Gabe hypertone Kochsalzlösung erfolgen. Eine gefürchtete lebensgefährliche Komplikation von zu raschen Normalisierungen des Natriumspiegels ist die Schädigung zentralnervöser Strukturen (zentrale pontine Myelinolyse). Präklinisch ist daher v. a. eine Flüssigkeitsrestriktion wichtig. Kristalloide Infusionen können aber als Trägerlösung für Medikamente und zum Offenhalten von Zugängen langsam verabreicht werden. Der Patient sollte schnellstmöglich zur nächsten medizinischen Behandlungseinrichtung mit Intensivkapazität evakuiert werden. In Lagen mit schlechter Zugänglichkeit von Labordiagnostik und akuter Lebensbedrohung ist bei V. a. Hyponatriämie die versuchsweise Gabe von 200 ml NaCl 3,5 % als Bolus verantwortbar.

Prävention

Zur Prävention sollte nur die durch Schweiß verlorene Flüssigkeitsmenge ersetzt und eine erzwungene Rehydrierung mit sehr großen Trinkmengen vermieden werden. Da Dehydratation und Hitzschlag im militärischen Umfeld aber erheblich häufiger als eine Hyponatriämie auftreten, sollte auch keine Einschränkung der möglichen Trinkmenge erfolgen [10]. Eine regelmäßige Nahrungsaufnahme stellt ausreichend Elektrolyte zur Verfügung. Bei hohen Schweißverlusten empfiehlt es sich, militärische Fertiggerichte in jedem Fall mit dem beiliegenden Salz zu würzen [10] oder salzhaltige Snacks zu konsumieren.

Ist eine ausreichende Nahrungsaufnahme in längeren Phasen hoher Schweißproduktion nicht möglich (z. B. mehrstündige Gefechte, Patrouillen ohne Möglichkeiten zur Verpflegung), sollte die konsumierte Flüssigkeit mit Elektrolyten versetzt sein. Da Salz schlecht schmeckt, findet sich in Sportgetränken ein meist zu geringer Salzanteil. Die meisten Sportgetränke weisen Natriumionenkonzentrationen von 10–25 mmol/l auf, sinnvoll sind aber ca. 50 mmol/l [21]. Orale Rehydratationslösungen (»oral rehydration solution« ORS), wie z. B. die ORS nach Vorgaben der World Health Organization oder Elotrans, sind für den Ersatz von Elektrolytverlusten durch Diarrhö gedacht und weisen zu hohe Elektrolytkonzentrationen (insbesondere Kaliumionenkonzentrationen) auf (◘ Tab. 36.4). Eine auf den Salzverlust durch Schweiß abgestimmte und ausreichend gut schmeckende Trinklösung lässt sich durch Verdünnung von ORS oder Salzzugabe bei Sportgetränken herstellen.

Elotrans

Durch das Auflösen von einem Beutel Elotrans auf 400–500 ml statt 200 ml Wasser wird ein auf den Elektrolytgehalt von Schweiß abgestimmtes Getränk hergestellt, das meist als gut genießbar empfunden wird. Durch Zugabe von handelsüblichem Getränkepulver, z. B. mit Fruchtgeschmack, in einer Dosierungsmenge für 200 ml kann der Geschmack weiter verbessert werden. Wird dieses Getränk in entsprechender Menge, z. B. während Patrouillen, mitgeführt, lassen sich Leistungsminderungen und Ausfälle durch Elektrolytverschiebungen vermeiden.

Die israelischen Streitkräfte empfehlen dagegen keine Sportgetränke oder andere Elektrolytmischungen, sondern decken den Flüssigkeitsbedarf mit Wasser. Für den Ersatz von Elektrolyten werden die Soldaten mit salzigen Snacks versorgt. Dies erfordert aber die Möglichkeit zur regelmäßigen Nahrungsaufnahme.

Tab. 36.4 Übersicht über die Elektrolytkonzentrationen von Blutplasma, Schweiß und diversen elektrolythaltigen Trinklösungen. (*WHO-ORS* World Health Organization – »oral rehydration solution«

[mmol/l]	Blut-plasma	Schweiß [1]	WHO-ORS [23]	Gatorade	Gatorade G2 (946 ml) + 1/2 Teelöffel Salz	Isostar	Elotrans-Pulver	Elotrans-Pulver 1:1 verdünnt
Glukose	3,9–5,5		74,9		156		111	55
Natrium	135–145	50 (5–80)	74,1	23	63	24	90	45
Chlorid	96–110	50 (5–80)	64,6	14	32	12	80	40
Kalium	3,8–5,2	10 (5–15)	20,1	3,2	3	4	20	10

36.3.3 Belastungsbedingter Hitzschlag

Der belastungsbedingte Hitzschlag (BHS, engl.: »exertional heatstroke« EHS) ist eine hitzebedingte Erkrankung, die v. a. bei jungen, gesunden und körperlich belastbaren Sportlern und Soldaten auftritt [4]. Er unterscheidet sich von anderen Formen des Hitzschlags v. a. dadurch, dass die verursachende Wärme größtenteils vom Körper produziert wird und durch Versagen der Thermoregulation nicht schnell genug abgegeben werden kann. Die zugrundeliegenden Mechanismen sind im Wesentlichen:

- Wärmeproduktion bei starker körperlicher Belastung und Absorption von Hitze bei hoher Sonneneinstrahlung.
- Eingeschränkte Möglichkeit der Wärmeabgabe durch reduzierte Verdunstung von Schweiß (Schutzausrüstung und Bekleidung) und fehlende Erholungs- und Abkühlungsphasen bei längerer körperlicher Belastung.

Individuelle Risikofaktoren wie schlechte körperliche Leistungsfähigkeit, fehlende Akklimatisierung, akute Infektionskrankheiten, Dehydratation, Erschöpfung und ein Hitzschlag in der Anamnese kommen hinzu. Verschiedene Substanzen (Drogen, insbesondere Amphetamine, Alkohol etc.) können einen Hitzschlag mit verursachen oder den Verlauf verschlechtern. Kreatinpräparate scheinen kein unmittelbarer Risikofaktor für Hitzeerkrankungen zu sein, können aber zu einer Dehydratation führen. Eine gute körperliche Leistungsfähigkeit und adäquate Akklimatisierung senken die Wahrscheinlichkeit für Dehydratation und Hitzschlag durch geringere Wärmeproduktion und effektivere Schweißproduktion.

Symptomatik

Die erhöhte Körpertemperatur beeinträchtigt den Wasser-Elektrolyt-Haushalt, verschlechtert die Funktion von Enzymen und aktiviert Entzündungsbotenstoffe. Soldaten mit belastungsinduziertem Hitzschlag werden meist durch einen erheblichen Leistungsabfall symptomatisch. In den israelischen Streitkräften wird der Begriff des »**failing soldier**« (versagender Soldat) für die typische Symptomatik von extremer Schwäche, Desorientierung und Zurückfallen hinter die Gruppe verwendet. Da ein Hitzschlag meist im Zusammenhang mit hoher körperlicher Belastung auftritt, sind im Regelfall auch Dehydratationssymptome vorhanden. Die führenden Symptome sind häufig durch eine temperaturbedingte Beeinträchtigung des ZNS und kardiorespiratorischen Systems ausgelöst: während zu Beginn v. a. Schwäche, leichte Verhaltensänderungen (z. B. Aggressivität), Benommenheit und Desorientiertheit auffallen, folgen im Verlauf Kollaps, Krampfanfälle, Bewusstlosigkeit, Herzrhythmusstörungen und akute Herzinsuffizienz mit Lungenödem bis hin zum Herzstillstand.

Auch der Hypothalamus, Zentrum der Thermoregulation, kann betroffen sein und durch Fehlfunktion den Hitzschlag weiter verstärken. Da in den meisten Fällen gleichzeitig eine Dehydratation besteht oder mit verursachend ist, kann auch eine Mikrozirkulationsstörung (insbesondere renal und hepatisch) vorkommen. In Kombination mit der systemischen Entzündungsreaktion können ein

Tab. 36.5 Klassifikation des belastungsbedingten Hitzschlags (BHS)

		Drohender Hitzschlag	Hitzschlag	Verhinderter Hitzschlag
Symptome und Befunde	Körperlicher und geistiger Zustand	Erschöpfung	Deutliche neurologische Symptome	Vor wirksamer Kühlung: Deutliche neurologische Symptome >40 °C
	Körperkern-temperatur	37–40 °C	>40 °C	
Verlauf	Labor-diagnostik	Unauffällig	Leukozytose, Leber- und Nierenwerte erhöht, Gerinnungsstörungen	Aufgrund wirksamer Kühlung normal
	Systemische Komplika-tionen	Keine	(Multi-)Organversagen möglich (insb. Niere, Leber, Herz), DIC	Keine
Hitze-Toleranz-Test		Negativ	Positiv	Negativ

Multiorganversagen und Gerinnungsstörungen bis hin zur disseminierten intravasalen Gerinnung (DIC) entstehen [22]. Eine weitere Komplikation ist die hitzebedingte Rhabdomyolyse, die ebenfalls zum Nierenversagen führen kann [2].

Diagnose

Für die Diagnose »belastungsinduzierter Hitzschlag« müssen drei Kriterien erfüllt sein:

- vorangegangene körperliche Belastung (häufig, aber nicht zwingend in warmer Umgebung)
- neurologische oder psychische Veränderungen (Benommenheit, Aggressivität, Ruhelosigkeit, Krampfanfälle. Bewusstlosigkeit)
- KKT ≥40 °C

Die Körperkerntemperatur sollte immer rektal oder ösophageal bestimmt werden. In der medizinischen Ausrüstung sollte sich daher ein wasserdichtes, digitales Fieberthermometer befinden. Messsonden von Überwachungsmonitoren lassen sich sowohl rektal als auch ösophageal einführen und erlauben eine kontinuierliche Überwachung der Temperatur.

Klassifikation

Traditionell wird die Hitzeerschöpfung als Vorstufe des Hitzschlags mit einer KKT <40 °C abgegrenzt. Der Begriff wird in Israel nicht mehr verwendet, weil der Übergang zum Hitzschlag fließend und die Therapie deckungsgleich ist. Als praxisnahe Lösung wird daher im militär- und sportmedizinischen Bereich zunehmend folgende Einteilung des belastungsbedingten Hitzschlags genutzt (Tab. 36.5) [9]:

- **Hitzschlag**: ist gekennzeichnet durch neurologische oder psychische Symptome und eine erhöhte KKT von mindestens 40 °C. Beweisend sind typische Laborbefunde (erhöhte BSG, Leber- und Nierenwerte, Leukozytose, Gerinnungsstörungen) und ein positiver Hitzetoleranztest (HTT).
- **Drohender Hitzschlag**: zeigt nur einige der Symptome eines BHS und weist im Regelfall auch auf eine bestehende Dehydratation hin. Die KKT liegt unter 40 °C. Wird die Belastung nicht unterbrochen und ggf. gekühlt, folgt ein manifester Hitzschlag.
- **Verhinderter Hitzschlag:** wird bei Vorliegen der typischen Symptome eines BHS der Patient so zeitnah und aggressiv gekühlt, dass die KKT schnell fällt, wurde die sich zumeist selbst unterhaltene Thermoregulationsstörung effektiv beherrscht. Im Verlauf finden sich keine Laborauffälligkeiten, und systemische Komplikationen bleiben aus.

Hitzetoleranztest (HTT)

Der HTT dient in den IDF als diagnostischer Standard zur Beurteilung der Thermoregulation. Der Patient wird dabei in definierten Umgebungsbedingungen (Klimakammer) einer körperlichen Belastung ausgesetzt [11]. Das Verhalten der KKT wird aufgezeichnet und anhand des Verlaufs lässt sich eine bestehende Hitzeintoleranz mit einem erhöhten Risiko für einen Hitzschlag diagnostizieren. Der Test ist nach erlittenem Hitzschlag im Regelfall für 2–3 Monate auffällig. Dementsprechend sind Soldaten in diesem Zeitraum nicht mehr voll einsatzfähig und sollten keiner hohen körperlichen Belastung ausgesetzt werden.

Prävention

Im militärischen Umfeld ist die effektive Vermeidung von belastungsbedingten Hitzschlägen möglich. In den Israelischen Streitkräften konnte aufgrund strikter Vorgaben die Häufigkeit von mehreren Dutzend (teils letalen) Fällen pro Jahr auf wenige Fälle pro Jahr mit sehr seltenen Todesfällen dramatisch gesenkt werden [7]. Diese Regularien lassen sich sicherlich nur unter Ausbildungsbedingungen, nicht aber im scharfen Einsatz, ohne Abstriche umsetzen. Sie geben aber einen guten Anhalt für notwendige Maßnahmen, um Ausfälle durch Hitzeschäden bestmöglich zu reduzieren:

Vor hoher und lang andauernder körperlicher Belastung sollten nicht weniger als 6 h geschlafen werden. Akut Erkrankte müssen vor Beginn der Belastung identifiziert und ärztlich vorgestellt werden. Belastungs- und witterungsabhängige Mindesttrinkmengen müssen vorgegeben und durchgesetzt werden.

Das Risiko, eine Hitzeerkrankung zu erleiden, war bei Übergewicht (Body-Mass-Index >26) und schlechtem Trainingszustand in einer Studien an amerikanischen Soldaten um das Neunfache erhöht [24].

Witterungsbedingungen müssen permanent durch zugeteiltes Sanitätspersonal überwacht und die resultierenden Trainingseinschränkungen und Pausen rigoros durchgesetzt werden (Tab. 36.1 und Tab. 36.2). Militärische Führer und Sanitätspersonal sollten regelmäßig über Hitzeschäden mit besonderem Augenmerk auf den belastungsbedingten Hitzschlag fortgebildet werden und klare Handlungsanweisungen zu Prävention und Therapie erhalten.

Differenzialdiagnostik

Hitzschlag ist eine lebensbedrohliche Erkrankung, die eine unverzügliche aggressive Behandlung erfordert. Ist diese initiale Therapie schnell und effektiv genug, kann sie trotz der Schwere der Erkrankung ausreichend sein. Die zügig gestellte korrekte Diagnose ist daher von besonderer Bedeutung. Da eine aggressive Kühlung für die meisten Differenzialdiagnosen ebenfalls die Therapie der Wahl darstellt und bei allen anderen nicht kontraindiziert ist, sollten Kühlmaßnahmen auch bei unsicherer Verdachtsdiagnose erfolgen.

- **Hitzeschäden mit ähnlichen Symptomen:**
  - Drohender Hitzschlag (geht ohne Therapie in Hitzschlag über)
  - Schwere Dehydratation
- **Sonstige Krankheiten mit ähnlichen Symptomen:**
  - Akute Infektionserkrankungen mit Fieber
  - Krampfanfallsleiden

Wesentlich ist die Abgrenzung zur Hyponatriämie, da in diesem Fall keine großzügige Volumengabe erfolgen darf. Die Diagnose einer Hyponatriämie lässt sich ohne Labordiagnostik nicht sicher stellen. Sie ist aber anhand der Eigen- oder Fremdanamnese mit hinreichender Sicherheit möglich:

Eine sehr hohe Flüssigkeitszufuhr ohne ausreichende Nahrungsaufnahme begründet den Verdacht auf eine Hyponatriämie.

Therapie

Die Therapie des Hitzschlags ist im Wesentlichen symptomatisch:

- Nach Möglichkeit die externe **Hitzezufuhr reduzieren**: Pat. in Schatten bringen, nicht unmittelbar auf heißem Boden lagern (z. B. auf Feldtrage legen, heißen Sand beiseiteschieben).
- Schnellstmögliche **Kühlung** ist beim Verdacht auf Vorliegen eines Hitzschlags entscheidend. Die Verwendung von Eiswasser wird aufgrund der resultierenden Kreislaufzentralisation kon-

trovers diskutiert [2], es ist im Feld aber meist ohnehin nicht verfügbar. Der israelische Sanitätsdienst empfiehlt aufgrund hervorragender Erfahrungen als Mittel der Wahl das Übergießen des betroffenen Soldaten mit 80–100 l Wasser. Sollten diese Mengen im Feld nicht zur Verfügung stehen, ist ein ständiges Feuchthalten der Körperoberfläche durch Besprenkeln mit Wasser sinnvoll. Stehen Kühl-Akkus zur Verfügung, können sie unterstützend im Bereich der großen Gefäße (Leiste, Achseln, Hals) aufgelegt werden. Die Maßnahmen sollten intensiv fortgesetzt werden, bis sich neurologische Symptome bessern. Die KKT sollte kontinuierlich überwacht werden. Sinkt sie auf 39 °C, sollten die Kühlmaßnahmen deutlich eingeschränkt werden [3].

- Liegt kein Verdacht auf eine ausgeprägte Dehydratation als Ursache vor, sollte die Infusionsmenge in der ersten Stunde auf 1–2 l kristalloider Lösung beschränkt bleiben [3]. Eine größere infundierte Menge erhöht das Risiko einer Überwässerung mit Komplikationspotenzial bis hin zum Lungenödem [2]. **Infusionen** sollten niemals eiskalt infundiert werden, um Herzrhythmusstörungen zu vermeiden.
- Hitzschlagpatienten mit hypotonen Blutdruckwerten, die nicht durch kristalloiden Volumenersatz verbessert werden können, sprechen im Regelfall auf vorsichtig titrierte **Dopamingabe** gut an [2]. Ansonsten sollten keine positiv chronotropen Substanzen (Adrenalin, Atropin) oder Medikamente mit Blutdruck senkender Wirkung (z. B. Morphin) verabreicht werden [2].
- Aufgrund des hohen Aspirationsrisikos sollten bewusstlose Patienten **intubiert** werden und möglichst eine **Magensonde** erhalten [2].
- Krampfanfälle können mit üblichen Standards durchbrochen werden (z. B. 5–10 mg **Diazepam** oder Midazolam parenteral) [2].
- Falls verfügbar, sollte eine **EKG-Überwachung** durchgeführt werden. Eine kontinuierliche oder zumindest regelmäßige Temperaturkontrolle über zumindest 48 h ist wichtig, um bei erneutem Temperaturanstieg wieder Kühlmaßnahmen ergreifen zu können. Bei längerer Transport- oder Versorgungszeit kann die Anlage eines Dauerkatheters sinnvoll sein, um die Flüssigkeitsbilanzierung zu erleichtern [2].
- Eine **stationäre Einweisung** (»ROLE 2«) ist zwingend erforderlich.

Therapieprotokoll der IDF

- Rektale Temperaturmessung
- Kühlung durch Übergießen mit 80–100 l Wasser (Eis ist nicht notwendig)
- Infusion von 1.000–2.000 ml kristalloider Lösung (cave: Herzinsuffizienz und Lungenödem möglich!)
- Schnellstmögliche Evakuierung zur nächsten medizinischen Behandlungseinrichtung
- Überwachung während des Transports (Bewusstsein, KKT, Kreislauf)
- Falls nötig, Kühlmaßnahmen fortsetzen
- Krampfanfälle medikamentös behandeln
- Bei Bewusstlosigkeit Intubation erwägen

36.3.4 Weitere hitzebedingte Erkrankungen

Hitzekrämpfe

Hitzekrämpfe entstehen meist bei längerer körperlicher Aktivität in warmem, feuchtem Klima und scheinen auf Natriummangel zurückzuführen sein. Sie halten häufig nicht lange an, sind aber sehr schmerzhaft. Durch ausreichende Wasser- und Salzzufuhr können sie weitgehend vermieden werden. Hitzekrämpfe sind ein Warnzeichen für zu hohe Belastungsintensität oder nicht ausreichende Wasser-/Elektrolytzufuhr. Sie sollten daher immer dem Führer vor Ort gemeldet werden, um rechtzeitig Maßnahmen für die restlichen Soldaten ergreifen zu können [2].

Zur Therapie von Hitzekrämpfen werden salzige Nahrungsmittel mit ausreichend Flüssigkeit, elektrolythaltige Getränke und ggf. Magnesiumtabletten konsumiert. Die Symptome verschwinden dann in der Regel innerhalb von 1–2 h. Ist eine schnellere Therapie erforderlich, beendet eine Infusionstherapie mit kristalloiden Lösungen (NaCl 0,9 %, Ringer-Laktat) den Krampf meist unmittelbar. Im Anschluss sollte für 2–3 Tage körperliche Aktivität vermieden

und die Salzbestände des Körpers durch ausreichende Nahrung wieder aufgefüllt werden [2]. Eine wichtige Differenzialdiagnose zu Hitzekrämpfen ist eine Rhabdomyolyse.

Belastungsbedingte Rhabdomyolyse

Eine belastungsbedingte Rhabdomyolyse (BR) stellt ein lebensbedrohliches Krankheitsbild dar. Im Gegensatz zur deutlich bekannteren traumatisch bedingten Rhabdomyolyse (z. B. beim Crush-Syndrom) wird die BR in der Militär- und Sportmedizin meist durch wiederholte massive Überlastung der Muskulatur ausgelöst [6]. Dabei werden in großer Anzahl Muskelzellen beschädigt, und es kommt zur Freisetzung insbesondere von Kalium und Muskelenzymen (wie Kreatinkinase und Myoglobin) ins Serum [6]. Im Regelfall tritt eine BR an den unteren Extremitäten auf, je nach Art der Belastung aber auch an den oberen Extremitäten oder anderen Muskelgruppen. Die Symptome umfassen Unwohlsein, Übelkeit, starke Schmerzen der betroffenen Muskulatur und dunkel gefärbten Urin oder Anurie. Fieber und Verwirrung bis hin zum Delirium können ebenfalls auftreten. Als systemische Komplikation tritt häufig akutes Nierenversagen, teilweise auch Leberversagen und DIC auf. Eine auftretende Hyperkaliämie kann bis zum Tode führende Herzrhythmusstörungen verursachen. Im Bereich der betroffenen Muskulatur können Kompartmentsyndrome entstehen.

Als Risikofaktoren für eine BR sind insbesondere eine schlechte körperliche Leistungsfähigkeit, Trainingsüberlastung (insbesondere in extrem feucht-warmer Umgebung) und Dehydration zu nennen. Eine BR kann auch als Komplikation eines Hitzschlags entstehen.

Da die zugrunde liegenden Ursachen und Symptome einer BR denen anderer hitzebedingter Krankheiten ähneln, ist die sichere präklinische Diagnosestellung meist schwierig. Im Zweifelsfall ist daher immer die Arbeitsdiagnose »Hitzschlag« oder »Dehydratation« sinnvoll. Die endgültige Diagnosestellung bleibt dann der stationären Untersuchung vorbehalten.

Tipp

Ein präklinisch einsetzbares diagnostisches Hilfsmittel sind Urinteststreifen. Zeigen sie das Vorhandensein von Hämoglobin im Urin, kann dies als (unsicherer!) Hinweis auf eine vorliegende BR gewertet werden.

Eine spezifische Therapie der Rhabdomyolyse existiert nicht. Präklinisch ist die Aufrechterhaltung der Nierenfunktion durch ausreichend hohe Flüssigkeitszufuhr wichtig. Anzustreben ist eine Harnproduktion von mindestens 50 ml/h, besser 3 ml/h/kg KG. Ist diese durch Volumengabe nicht erzielbar, kann eine forcierte Diurese mittels Schleifendiuretika (z. B. Furosemid) sinnvoll sein.

Patienten mit Verdacht auf eine BR sollten schnellstmöglich in eine Behandlungseinrichtung mit intensivmedizinischen Behandlungsmöglichkeiten (ROLE 2 und höher) evakuiert werden.

Literatur

1. Abdulla W (2007) Interdisziplinäre Intensivmedizin, 3. Aufl., Urban & Fischer, München
2. Defence Dept (US) (2010) Dive Medicine. In: US Department of Defence (ed) Special Operations Forces Medical Handbook [CD-ROM], 2 ed. Govt Printing Office
3. Fischer R (2010) Tropische Klimaprobleme und Höhenmedizin. In: Löscher T, Burchard GD (Hrsg). Tropenmedizin in Klinik und Praxis mit Reise- und Migrationsmedizin, 4. Aufl., S. 901–913
4. Epstein Y, Sohar E, Shapiro Y (1995) Exertional heatstroke: a preventable condition. Isr J Med Sci. 31(7):454–462
5. Gaffin SL, Moran DS (2007) Pathophysiologiy of Heat-Related Illnesses. In: Auerbach PS (ed) Wilderness Medicine, 5th ed., pp 228–268
6. Heled Y, Zarian A, Moran D, et al. (2005) Exercise induced rhabdomyolysis--characteristics, mechanisms and treatment. Harefuah 144(1):34–8, 70
7. Itskoviz D, Marom T, Ostfeld I (2008) Exertional heat stroke: A short clinical review on the Israeli experience.. Med Corps Int 1/2008: 62–63
8. Leon LR, Gordon CJ, Helwig BG, et al. (2010) Thermoregulatory, behavioral, and metabolic responses to heatstroke in a conscious mouse model. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 299(1):241–248
9. Marom T, Itskoviz D, Lavon H, et al. (2011) Acute care for exercise - induced hyperthermia to avoid adverse outcome for exertional heat stroke. J Sport Rehabil 20:219-227

10. Montain SJ, Ely M (2010) Water Requirements and Soldier Hydration. Borden Institute, Fort Detrick http://www.bordeninstitute.army.mil/other_pub/HydrationPDF.pdf
11. Moran DS, Erlich T, Epstein Y (2007) The heat tolerance test: an efficient screening tool for evaluating susceptibility to heat. J Sport Rehabil 16(3):215–221
12. Moran DS, Mendel L, Gaffin SL (2007) Dehydration, Rehydration, and Hyperhydration. In: Auerbach PS (ed.) Wilderness Medicine, 5th ed., pp 1464–1476
13. NAEMT (ed) (2011) PHTLS: Prehospital Trauma Life Support, Military Edition, 7th ed. Mosby, St. Louis
14. Ranger & Airborne School (2003) Students Heat Acclimatization Guide www.usariem.army.mil/pages/download/heatacclimatizationguide.pdf
15. Rost R (2001) Lehrbuch der Sportmedizin. Deutscher Ärzteverlag, Köln
16. Sonna LA (2001) Practical Medical Aspects of Military Operations in the Heat. In: Medical Aspects of Harsh Environments Volume 1. United States Government Printing
17. Sawka MN, Wenger CB, Montain SJ, et al.(2003) Heat Stress Control and Heat Casualty Management. US Department of the Army and Air Force, Washington 13. TB MED 507/AFPAM 48–152
18. Sun WM, Penagnini R, Hebbard G, et al. (1995) Effect of drink temperature on antrophyloroduodenal motility and gastric electrical acitivity in humans. Gut 37: 329–334
19. United States Army (2007) Army Field Manual FM 3-90 Desert Operations. Digireads.Com, USA
20. United States Army (2007) Army Field Manual FM 5-90 Jungle Operations. Digireads.Com, USA
21. Warrell D, Anderson S (2003) Royal Geographic Society: Expedition Medicine. 2nd ed. Fitzroy Dearborn, New York
22. Weber MB, Blakely JA (1969) The hemorrhagic diathesis of heat stroke. Lancet 14:1190–1192
23. WHO (2006) Oral Rehydration Salts. Production of the new ORS. WHO/Unicef. http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_FCH_CAH_06.1.pdf
24. Glitz KJ, Seibel U, Gorges W, et al. (2011) Gesundheit und Leistung im Klima. 1. Mitteilung: Hitze. Wehrmed Mschr 12/2011. http://www.wehrmed.de/article/2027-GESUNDHEIT_UND_LEISTUNG_IM_KLIMA.html

Vergiftungen durch Tiere

R. Lechner, F. Spies

37.1 Einführung – 504

37.2 Giftarten – 505
37.2.1 Körpereigene Gifteffekte – 505
37.2.2 Zytotoxische Gifteffekte – 505
37.2.3 Hämatologische Gifteffekte – 506
37.2.4 Hämolytische Gifteffekte – 506
37.2.5 Neurotoxische Gifteffekte – 506
37.2.6 Muskuläre Gifteffekte – 506
37.2.7 Kardiale Gifteffekte – 506
37.2.8 Renale Gifteffekte – 506

37.3 Spezies und ihre Identifizierung – 507
37.3.1 Giftschlangen – 507
37.3.2 Skorpione (Scorpiones) – 509
37.3.3 Spinnen (Araneae) – 510

37.4 Therapie – 510
37.4.1 Erste Hilfe – 511
37.4.2 Erweiterte Therapie – 516
37.4.3 Spezifische Antivenintherapie – 518

37.5 Zusammenfassung – 519

Literatur – 519

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_37, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

37.1 Einführung

In den Ländern mit einer hohen Anzahl an Gifttierverletzungen gibt es wenige zuverlässige Statistiken, die eine genaue Aufschlüsselung der Häufigkeit von Gifttierverletzungen erlauben [11]. Vorsichtige Schätzungen gehen von mehr als 125.000 Toten weltweit allein in Folge von Schlangenbissen aus [10]. Exakte Zahlen zur Häufigkeit solcher Vorfälle im Bereich der taktischen Einsatzmedizin existieren nicht, sie stellen hier insgesamt eine seltene Verletzungsursache dar. Dennoch gibt es Einzelfallberichte, die ihre Bedeutung dramatisch unterstreichen [6, 8]. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass bei einer umfassenden symptomatischen Therapie die Letalität bei Gifttierunfällen gering ist. So gibt es in Australien pro Jahr nur etwa fünf Todesfälle durch Schlangenbisse, dagegen ist in Myanmar der Schlangenbiss die fünfthäufigste Todesursache. Dies beleuchtet eindrucksvoll, wie wichtig eine adäquate Therapie und günstige Infrastruktur ist [4].

Ein limitierender Faktor dieser Thematik ist die immens hohe Anzahl von Gifttieren und dadurch mögliche Vergiftungen, so dass in diesem Kapitel hauptsächlich grundsätzliche Handlungsanweisungen wiedergegeben werden. Es ist deshalb von allergrößter Bedeutung, dass bei der Planung des Einsatzes Informationen zu spezifisch in der Region vorkommenden Gifttieren, ihren Vergiftungen, örtliche Behandlungsmöglichkeiten und Antiveninlagerstätten eingeholt werden (▶ Übersicht).

Informationsquellen

- Internetdatenbanken
  - Venomous snakes distribution and species risk categories. Antivenoms Database, WHO. (http://apps.who.int/bloodproducts/snakeantivenoms/database/default.htm)
  - Munich AntiVenom INdex (MAVIN) (http://www.toxinfo.org/)
- Medical Intelligence (Kdo SanDst Bw VI-2.2)
- Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg http://www.bni-hamburg.de
- Eigene Erkundung vor Ort (z. B. Information von ansässigen medizinischen Versorgungsstrukturen, Gespräche mit Einheimischen)

Die beste Therapie einer Gifttierverletzung ist die Prävention derselben. Um sich vor Gifttierverletzungen, v. a. Schlangenbissen, zu schützen, sollten folgende Verhaltensregeln befolgt werden:

- Schlecht einsehbare Wege oder Wasserflächen, die überwunden werden müssen, mit einem vorangehaltenen Stock abklopfen.
- Schützende Bekleidung tragen (lange Hosenbeine und Ärmel, Handschuhe, Stiefel, Gamaschen), die das Eindringen eines Bisses oder Stiches vermeiden oder zumindest die Eindringtiefe vermindern können (auch im Wasser).
- Bei Sichtung eines Gifttieres eine aktive Annäherung unbedingt vermeiden. Viele Schlangenbisse resultieren aus der Motivation, das Tier einzufangen oder zu töten. Der Bissradius einer Schlange entspricht in etwa der Hälfte ihrer Körperlänge, und auch tote Schlangen können noch mehrere Stunden einen Bissreflex zeigen [1, 3].
- Kleidungsstücke, Schuhe, Handtücher etc. sollten vor dem Gebrauch ausgeschüttelt werden.
- Schuhe sollten mit einem über den Schaft gestülpten Socken abgestellt werden.
- Erhöhtes Schlafen unter einem Moskitonetz kann nachts vor Gifttieren schützen.
- Lagerhygiene: Skorpione und Spinnen ernähren sich von Insekten die sich vermehrt in der Nähe von Abfällen aufhalten.
- Ordnung halten: Skorpione suchen in dunklen Nischen und Ritzen Schutz.
- Licht: Skorpione sind lichtscheu.
- Barrieren (z.B. Umzäunung aus glattem Material (wie Plastikwasserflaschen, über die Skorpione nicht klettern können).

Wichtig ist zu betonen, dass eine Verletzung durch ein Gifttier nicht zwangsläufig eine (relevante) Vergiftung zur Folge haben muss. Bei Schlangen kommt es bei Verteidigungsbissen nur in ca. 75 % der Fälle

zu einer Giftübertragung auf das Opfer, bei den anderen 25 % handelt es sich um sog. »trockene Bisse« [1]. Eine Behandlung muss deshalb symptomorientiert erfolgen. Die Mehrheit der Gifttierverletzungen erfolgt an den Extremitäten, in den meisten Fällen an der unteren Extremität [1, 10].

37.2 Giftarten

Bei den im Tierreich eingesetzten Giften handelt es sich um komplexe Proteinmischungen, die unterschiedliche Auswirkungen auf den Organismus des Patienten haben. Je nach Zielorgan wird von verschiedenen **Gifteffekten** (GE) gesprochen. Abhängig vom Gifttier unterscheidet sich diese Proteinzusammensetzung, die zusätzlich noch körpereigene Stoffe wie Histamin und Serotonin enthalten kann. **Histamin** ist für die Symptome Hautrötung, Juckreiz etc. bei einer allergischen Reaktion verantwortlich, **Serotonin** wirkt als Botenstoff und Neurotransmitter.

Die Zusammensetzung des »Giftcocktails« ist nicht nur bei den verschiedenen Gifttierarten unterschiedlich, sondern auch innerhalb einzelner Gifttierfamilien, z. B. Giftschlangen. Maßgeblichen Einfluss auf den Giftcocktail haben die Region, das Alter und der Ernährungszustand des Gifttieres. Somit lässt sich nach einem Biss eine bestimmte Reaktion nicht vorhersagen.

Beim betroffenen Patienten kann die psychisch-vegetative Reaktion von »keine Reaktion« bis hin zu »maximal gestresst-panische Reaktion« reichen [4]. Die Symptome setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen und werden in Ihrer Gesamtheit als **Toxidrom** bezeichnet:

- Reaktion auf das Gift an der Kontaktstelle (z. B. durch Histaminausschüttung)
- vegetative Reaktion (kein GE!)
  - kardiovaskulär: Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck, Synkope
  - gastrointestinal: Übelkeit, Erbrechen
  - sonstige: Schwitzen, Einnässen, Einkoten
- psychische Reaktion: Hyperventilation mit Tetanie, Panik, Angst, Bewusstlosigkeit (kein GE!)
- im Verlauf Ausprägung der spezifischen Gifteffekte

Die Giftwirkung kann lokal begrenzt sein oder auf den gesamten Organismus wirken und so rasch lebensbedrohliche Ausmaße annehmen. Außerdem gilt es zu berücksichtigen, dass die Gifteffekte zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten können und in ihrem Ausprägungsgrad variieren. Diese können im Bereich von Sekunden (körpereigene GE), über Minuten (hämatologische GE) und Stunden (neurotoxische GE) bis zu Tagen (lokal zytotoxische GE) liegen [5].

Bei jeder Vergiftung ist eine anaphylaktische Reaktion bis hin zur Maximalausprägung, dem anaphylaktischen Schock, möglich. Die verschiedenen spezifischen Gifteffekte und ihre Pathomechanismen und Klinik werden nachfolgend beschrieben [3–5, 7].

37.2.1 Körpereigene Gifteffekte

Diese GE werden durch die körpereigene Reaktion des Verletzten auf das zugeführte, dem Körper unbekannte Gift verursacht. Es handelt sich hierbei um eine unspezifische Reaktionen des Körpers, wie sie ähnlich auch bei allergischen Reaktionen vorkommt. Im Vordergrund steht die vegetative Symptomatik, die durch körpereigene Botenstoffe wie Histamin und Serotonin hervorgerufen wird. Die Symptomatik variiert stark und reicht von Übelkeit, Erbrechen, über die allergische Reaktion (Rötung, Juckreiz, Quaddelbildung) bis hin zum anaphylaktischen Schock. Charakteristisch ist das rasche Auftreten der Symptome. Alle Gifttiere lösen diese Symptomatik aus.

37.2.2 Zytotoxische Gifteffekte

Die meisten Gifttiere provozieren eine zytotoxische Wirkung. Bedingt durch spezielle Proteine kommt es zur Zellauflösung mit lokalen Schwellungen und Schmerzen (variabel). Abhängig vom »Giftcocktail« kann die Reaktion von einer kleinen Nekrose bis hin zu einer massiven Gangrän reichen. Im schlimmsten Falle kann dies zu einer Funktionseinschränkung der Gliedmaße oder notwendigen Amputation führen. Kommt es zur Entzündung der Lymphgefäße, findet sich an der Extremität des Patienten

charakteristischerweise ein »roter Strich«, welcher die Ausdehnung der Entzündung markiert. Bei direkter Zufuhr dieser Gifte in die Blutbahn resultiert eine deutlich größere Ausbreitung, welche im weiteren Verlauf auch tödlich enden kann. Gefährlich sind Giftflüssigkeiten von Speikobras, die zur Erblindung führen können, wenn sie mit dem Auge in Berührung kommen. Speikobras sind in der Lage auf 3 m Entfernung nahezu immer zu treffen.

37.2.3 Hämatologische Gifteffekte

Die Hauptgefahr der hämatologischen Gifte, und darin unterscheiden sie sich von den zytotoxischen GE, ist der systemische Befall des Organismus. Durch die direkte Wirkung auf die Blutgerinnung und Schädigung der Blutgefäße kommt es zu Blutungen. Diese können unspektakulär ausfallen durch eine generelle Blutungsneigung an der Bissstelle, sowie im Bereich von Nase und Zahnfleisch. Häufiger ist jedoch das Auftreten innerer Blutungen, weshalb die Symptome erst spät auftreten oder verkannt werden. Auffällig sind Kopfschmerzen, Blässe, Zyanose, blutiger Urin und blutunterlaufene Augen. Der Tod tritt dann durch den massiven Blutverlust und Nierenversagen ein. Das Auftreten hämatologischer Symptome findet sich besonders bei Vipern.

37.2.4 Hämolytische Gifteffekte

Die hämolytischen GE schädigen direkt die Erythrozyten. Der Patient zeigt uncharakteristische Beschwerden wie Schmerzen, Fieber und Schüttelfrost. Das Auftreten von rotem Urin liefert eindeutige Hinweise auf den Zerfall von Blutkörperchen und die Ausscheidung des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin.

37.2.5 Neurotoxische Gifteffekte

Bisse durch Schlangen mit neurotoxischen Giften (z. B. Kobras, Seeschlangen) bedürfen einer raschen Behandlung, da sie schnell wirken und auf diese Weise eine akute Lebensbedrohung darstellen. Bedingt durch eine Blockade der Acetylcholinrezeptoren treten Lähmungserscheinungen in unterschiedlicher Stärke auf. Der Patient wirkt bei dieser Vergiftung schläfrig, teilweise auch wie betrunken. Verantwortlich für diesen Eindruck sind folgende Symptome: müder Gesichtsausdruck durch Lähmung der Gesichtsmuskulatur, hängende Augenlider, verwaschene Sprache, weite Pupillen und erschwerte Atemarbeit. Der limitierende Faktor ist die zunehmende Lähmung aller Muskeln, die ihren Höhepunkt in dem Ausfall des Zwerchfells findet. Ohne adäquate Therapie wird der Patient ersticken.

37.2.6 Muskuläre Gifteffekte

Im Rahmen des Muskelzellunterganges durch direkte GE an der Muskulatur sind die pathophysiologischen Effekte durch die erhöhte Konzentration an Kalium und Myoglobin von Bedeutung. Der Patient fällt durch Muskelschwäche, -schmerzen und -spasmen auf. Sein Urin zeigt eine rotbraune Färbung und im Verlauf endet die Vergiftung im akuten Nierenversagen. Spinnengifte zeigen häufig einen muskulären GE. Speziell bei den Seeschlangen kann es zu Lähmungserscheinungen direkt an der glatten bzw. unwillkürlichen Muskulatur kommen. Diese äußern sich in Abgeschlagenheit, herabhängenden Augenlider und erschwerte Atemarbeit. Bezüglich der Symptomatik unterscheiden sie sich nicht wesentlich von den neurotoxischen GE.

37.2.7 Kardiale Gifteffekte

Skorpione, Vipern, See- und Klapperschlangen sind die Hauptvertreter der Gifttiere, die eine direkte Schädigung von Herzmuskelzellen hervorrufen. Herzrhythmusstörungen sind die Folge, die sich durch tachy- bzw. bradykarde sowie hypo- bzw. hypertone Phasen auszeichnen. Als Maximalformen können ein Lungenödem und eine Herzinsuffizienz bis hin zum kardiogenen Schock auftreten.

37.2.8 Renale Gifteffekte

Entweder durch direkte Schädigung der Nierenglomeruli oder sekundär bedingt (Myoglobin, Kalium,

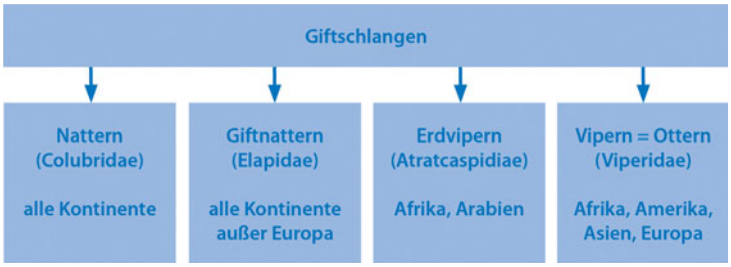


Abb. 37.1 Einteilung der Giftschlangen nach ihrer familiären Zugehörigkeit und ihrer geographischen Verteilung

Hypotonie) kommt es zur Reduktion der Nierenfunktion bis hin zum akuten Nierenversagen. Beim Patienten wird dies durch eine eingetrübte Bewusstseinslage und Reduzierung der Urinausfuhr offensichtlich.

37.3 Spezies und ihre Identifizierung

Gifttiere lassen sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Mensch- und Tierwelt in aktiv und passiv giftige Tiere einteilen. Bei passiv giftigen Tieren erfolgt die Vergiftung durch Kontakt mit dem Gifttier selbst oder dessen Sekret. Aktiv giftige Tiere übertragen ihr Gift durch Stich oder Biss [7].

37.3.1 Giftschlangen

Weltweit existieren ca. 500 Arten von Giftschlangen, wovon 200 eine Giftwirkung mit medizinischer Relevanz besitzen. Schlangengifte sind Aggressivgifte: sie werden von Verdauungsdrüsen gebildet und vorwiegend zum Beutefang eingesetzt. Allerdings sind die Giftvorräte begrenzt, weshalb Giftschlangen zur Verteidigung akustische (Zischen, Rasseln) und optische Warnsignale (Aufrichten, Färbung) einsetzen. Die Dosis des Giftes kann variieren. Die vier Giftschlangenfamilien sind in Abb. 37.1 aufgeführt [4]. Madagaskar, Ozeanien, Kanaren und einige Inseln der Kapverden sind frei von Giftschlangen.

Aufgrund der medizinischen Relevanz soll im weiteren Verlauf ausschließlich auf die toxische Wirkung durch Bisse von Vipern und Giftnattern eingegangen werden. Anhand der Kopfcharakteristika der Giftschlange kann auf das zu erwartende

Abb. 37.2 Hornviper, mit dem für Vipern typischen dreieckigen Kopf. (Mit freundlicher Genehmigung des Zoo Frankfurt, Foto: M. Thieme)

Toxidrom geschlossen werden. Als Nachschlagewerke für weitere Informationen zur Morphologie, geographischen Verteilung etc. wird auf weiterführende Literatur verwiesen [3, 9].

- **Ovaler Kopf, schlitzförmige Pupillen → Giftnatter → neurotoxisches Toxidrom**
- **Dreieckiger Kopf, runde Pupillen → Viper → hämatologisches Toxidrom**

Vipern

Vipern werden in ihrer Familie u. a. in echte Vipern (Abb. 37.2; europäische Vipern wie die Kreuzotter, Sandviper und die Puffottern in Afrika) und Grubenottern (= Crotalidae: Klapperschlangen in Nordamerika und Lanzenottern in Südamerika) unterschieden. Wie bei allen Gifttieren ist es bei den Vipern besonders auffällig, dass die kleinen Schlangen dieser Art besonders giftig sind. Dies kann besonders fatal sein, da sie schwer zu registrieren sind.

Ihr Gift ist generell selten tödlich. Der Pathomechanismus ist in Abb. 37.3 aufgeführt [4].

Besonderen Wert soll hierbei auf das **hämatologische Toxidrom** gelegt werden. Das wichtigste

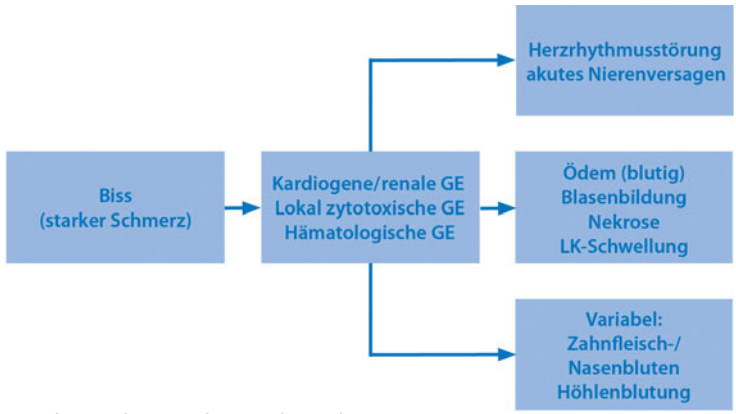


Abb. 37.3 Das »Vipernbisssyndrom« und sein Pathomechanismus

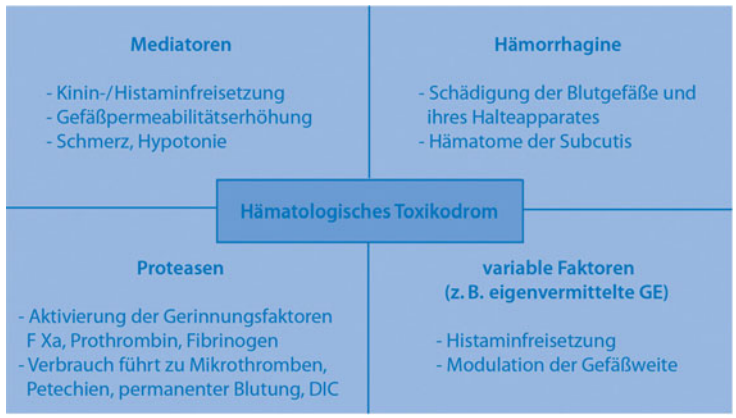


Abb. 37.4 Das hämatologische Toxidrom und sein Pathomechanismus

und offensichtlichste Symptom ist die permanente Blutung, besonders aus kleinen Wunden, wie der Bisswunde. Klinisch fallen schwerste Hämatome im Unterhautfettgewebe auf. Das Gift verursacht eine unkontrollierte Aktivierung der Gerinnung mit Verbrauch von Gerinnungsfaktoren und Thrombozyten, was in einer Ungerinnbarkeit des Blutes resultiert (Verbrauchskoagulopathie, DIC = disseminierte intravasale Koagulation). Dies führt in der Endstrecke des hämatologischen Toxidroms je nach Schwere unweigerlich zum Schock. Abb. 37.4 zeigt dieses Toxidrom und seine Komponenten in schematischer Weise [5].

Giftnattern

Zu den Giftnattern werden Kobras (Abb. 37.5) und Seeschlangen gezählt.

Abb. 37.5 Jungtier einer Kobra mit dem für Nattern typischen ovalen Kopf und dem für Kobras typischen spreizbaren Nackenschild. (Mit freundlicher Genehmigung des Zoo Frankfurt, Foto: S. Binger)

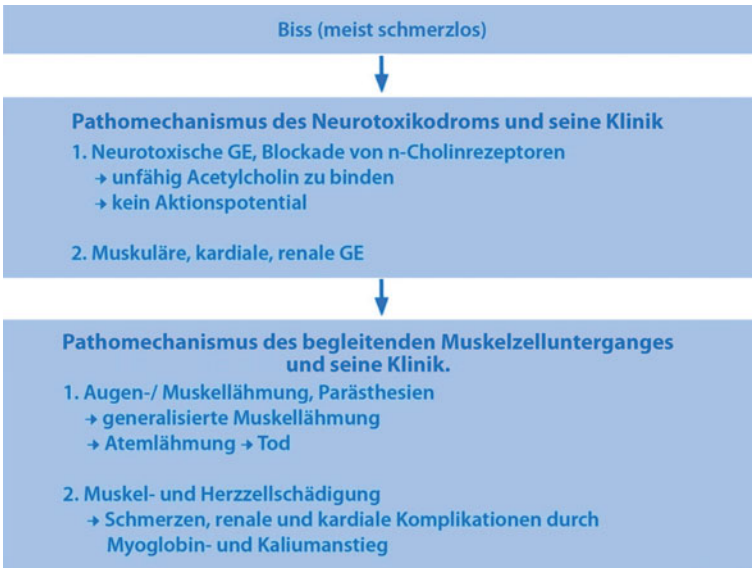


Abb. 37.6 Das »Giftnatternbisssyndrom« und sein Pathomechanismus

Ihre Giftwirkung unterscheidet sich wesentlich von denen der Vipern. Im Vordergrund steht hierbei das **Neurotoxidrom**, welches der Vergiftung durch das von den Indios Südamerikas eingesetzte Pfeilgift Curare ähnelt (Abb. 37.6). Im klinischen Alltag wird diese Wirkung im Rahmen von Allgemeinanästhesien beobachtet. Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien sind vom Curare abgeleitet. Die Lähmungsdauer ist durch die lange Verweildauer der Neurotoxine im Gewebe erklärbar. Giftnattern besitzen noch zusätzlich Kardiotoxine, die allerdings in ihrer medizinischen Bedeutung nachrangig sind [5].

Abb. 37.7 Skorpion aus der Familie der Buthidae. (Mit freundlicher Genehmigung des Zoo Köln, Foto: Dr. T. Ziegler)

37.3.2 Skorpione (Scorpiones)

Skorpione sind nachtaktive Tiere, die in allen tropischen, subtropischen und Mittelmeerländern vorkommen. Je südlicher das Land liegt, desto größer die epidemiologische Rolle. Sie zeichnen sich durch eine geringe Größe und gute Adaptation an ihre Umwelt aus, weshalb die meisten Verletzungen durch Skorpione auf Unaufmerksamkeit des Patienten zurückzuführen sind. Meist verstecken sie sich am Tag zwischen Sand, Steinen und Blättern, um in der Nacht in Stiefeln oder offenem Schuhwerk ihr Revier zu suchen. Es werden ungefähr 1.500 Arten unterschieden, die sich in Körpergröße, Größe der Scheren und Giftigkeit unterschieden. Alle Skorpione besitzen einen Giftstachel, allerdings gelten nur 50 Arten als hochgiftig. Generell gilt, dass hochgiftige Skorpione einen im Vergleich zu ihren Scheren sehr dicken Schwanz aufweisen. Die Skorpione der Buthidae-Familie sind bis auf wenige Ausnahmen die giftigsten Vertreter ihrer Art (Abb. 37.7).

Die Giftwirkung eines Skorpionstiches zeigt generell einen körpereigenen Gifteffekt, bei den hoch-

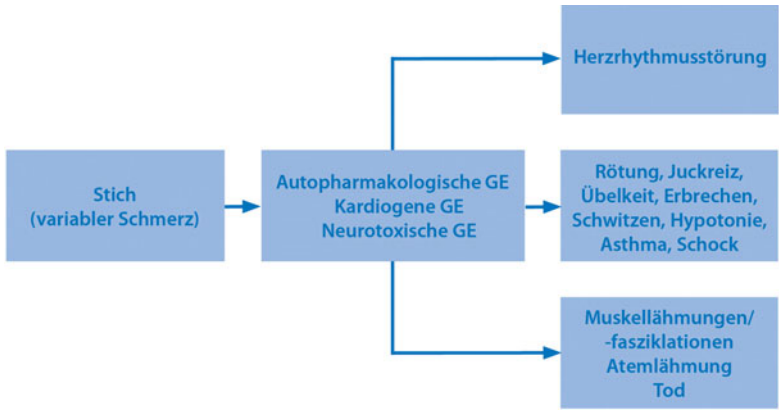


Abb. 37.8 Das »Spinnenbiss-/Skorpionstichsyndrom« und sein Pathomechanismus. Das Zusammenspiel der Gifteffekte ist abhängig von der jeweiligen Spezies und Subspezies

giftigen Arten kommen weitere Gifteffekte (kardiogene und neurotoxische) hinzu. Skorpiongifte bestehen aus Proteinen, die Natriumkanäle offenhalten oder Kaliumkanäle verschließen. Die Hauptwirkung besteht in einer überschießenden Wirkung an Nerven- und Muskelzellen und somit einer permanenten Auslösung von Aktionspotenzialen. Dies bewirkt in der Endstrecke die Lähmung sämtlicher Muskeln mit Atemstillstand. Das Vorkommen von Skorptionen ist vorwiegend auf den amerikanischen und nordafrikanischen Kontinent sowie den Nahen Osten, Südafrika und Indien beschränkt [5, 7].

37.3.3 Spinnen (Araneae)

Prinzipiell sind alle Spinnen giftig. In ihren Drüsen produzieren sie Gift, welche mit den Kieferklauen in Verbindung stehen. Allerdings sind diese häufig zu kurz bzw. zu weich, um die menschliche Haut zu durchdringen. Spinnen nutzen ihr Gift zum Beutefang. Dabei soll das Beutetier durch den Biss unbeweglich gemacht werden, damit die Spinne es im weiteren Verlauf in Ruhe aufbereiten kann. Charakteristisch ist der durch den Stich auftretende massive Schmerz. Europa gilt mittlerweile als giftspinnenfrei. Geographisch relevant sind Afrika, Asien und Amerika, wo sich die Latrodectusarten aufhalten. Diese enthalten α-Latrotoxin, welches spezifisch gegen Nervenendigungen gerichtet ist. Hierbei bindet es an einen präsynaptischen Rezeptor und provoziert so die Freisetzung von Acetylcholin, γ-Aminobuttersäure (GABA, ein hemmender Neurotransmitter) und Noradrenalin.

Als Symptome treten ein massiver Schmerz, gefolgt von Muskelstarre und vielfältigen vegetativen Symptomen, auf. Jedoch ist dieses Syndrom nur in wenigen Fällen tödlich. Die Symptome eines Spinnenbisses sind in Abb. 37.8 dargestellt. Diese unterscheiden sich nicht wesentlich von den Symptomen eines Skorpionstiches, weshalb beide in einer Abbildung dargestellt sind. Relevante Giftspinnen sind die Schwarze Witwe (sie besitzt zusätzlich noch kardiotoxische Effekte), Einsiedlerspinne (ausschließlich zytotoxische Effekte), Bananenspinne, Kamelspinne und die in Australien vorkommende Trichterspinne. Entgegen der weitläufigen Meinung sind große furchterregende Spinnen wie Vogelspinnen, Tarantеln oder Kamel- oder Walzenspinnen (Solifugae) bezüglich ihrer Giftigkeit eher harmlos. Trotzdem können Kamelspinnen u. a. durch ihre Bisse gefährlich werden. Aufgrund ihrer großen, zangenartigen Kieferklauen rufen sie klaffende Wunden hervor, die im weiteren Verlauf zur Sekundärinfektion neigen. Diese Spinnenart findet sich in den Wüsten von Nordafrika bis nach Zentralasien [5].

37.4 Therapie

Voranzustellen ist, dass alle nachfolgend beschriebenen therapeutischen Schritte unter dem Zwang des taktischen Auftrags ggf. angepasst werden müssen. Prinzipiell ist ein schneller Transport zu medi-

Tab. 37.1 Ateminsuffizienz bei Vergiftungen durch Gifttiere

Ursache	Muskellähmung durch Neurotoxine
Symptome	Atemnot, Zyanose, flache, ggf. verlangsamte Atmung, inverse Atmung, Atemstillstand
	Hinweis durch schlaffe Lähmung anderer Muskelgruppen (z. B. tief hängende Augenlider – Ptosis), Augenmuskellähmungen, unscharfes Sehen (Akkomodationsstörungen), Bauchatmung (Ausfall der Brustkorbatemmuskulatur), Speichelfluss und Schlucklähmung (Bulbärparalyse)
Therapie	Freihalten der Atemwege (Kopf überstrecken, stabile Seitenlage, Guedel- oder Wendeltubus, alternative Atemwegssicherung (Larynxtubus, Larynxmaske)
	Definitve Atemwegssicherung (endotracheale Intubation); auf eine Tracheotomie/Koniotomie sollte wegen eines erhöhten Blutungsrisikos durch die systemische Giftwirkung verzichtet werden [9]
	Assistierte, ggf. kontrollierte Beatmung. Richtwerte sind hierbei ein Atemzugvolumen 6–10 ml/kg KG, eine Atemfrequenz von 10/min, ein PEEP von 5 mbar, ein Beatmungsspitzendruck <30 mbar und eine FiO_2 von 100 %. Bei begrenzten Sauerstoffvorräten ist es sinnvoller, die FiO_2 zu reduzieren und dafür eine durchgängige Beatmung mit einer niedrigeren FiO_2 zu erreichen
	Das Beatmungsmonitoring muss nach klinischen Parametern erfolgen: Inspektion (Thoraxexkursion, Hautfarbe), Auskultation, wenn vorhanden SpO_2 94–98 % und Kapnometrie 36–40 mmHg CO_2
Prognose	Generell lebensbedrohliche Symptomatik, daher Antivenintherapie indiziert (s. u.)
	Fallberichte von Patienten mit folgenloser Ausheilung einer Atemlähmung nach Beatmungszeiten von mehr als einem Monat existieren [11]
	Konsequenz: Patient bis zur Verfügbarkeit von maschinellen Beatmungsmöglichkeiten auch über mehrere Stunden manuell beatmen!

zinischen Versorgungseinrichtungen ROLE 1 und höher, eine Verzögerung der Giftausbreitung und die Linderung von Frühsymptomen anzustreben.

37.4.1 Erste Hilfe

Prinzipiell ist jeder Patient, bei dem Lebensgefahr besteht oder ein Extremitäten- oder Sehverlust droht, mit höchster Priorität zu evakuieren (MEDEVAC Request »urgent« mit Dringlichkeit A bei Bedrohung von »life, limb, eyesight«). Sollte ein Patient in akuter Lebensgefahr schweben, so ist er prinzipiell nach dem »**<C>ABCDE-Schema**« zu versorgen (▶ Kap. 7 und ATLS/AMLS-Algorithmen (»Advanced Trauma Life Support«/»Advanced Medical Life Support«). Bei Gifttierverletzungen wird diese in den ersten Stunden nach Unfall v. a. durch eine **Ateminsuffizienz** (»**B**reathing« Tab. 37.1) und **Schocksymptomatik** (»**C**irculation« Tab. 37.2) hervorgerufen.

Schwebt der Patient nach einer Gifttierverletzung nicht in akuter Lebensgefahr, so sind unabhängig von der Tierart die nachfolgenden Maßnahmen durchzuführen. Ein möglicher Abtransport sollte hierdurch aber nicht verzögert werden. Generell ist eine engmaschige Reevaluation des Gesundheitszustands wichtig, um auf Veränderungen schnell und adäquat reagieren zu können. Empfehlungen zur erweiterten ersten Hilfe bei Gifttierverletzungen sind detailliert in speziellen Fachbüchern nachzulesen [1, 2, 7, 9, 11].

Stopp der Giftzufuhr

Entfernung von Gifttierrückständen wie Nesselschleim, Tentakeln und Stacheln oder des Gifttieres selbst vom Patienten. So pumpen Bienen beispielsweise mit ihrem Stichapparat weiter Gift in das Opfer, auch wenn der Stichapparat vom restlichen Körper getrennt ist. Dies kann bei Allergikern eine relevante Giftmenge ausmachen [7]. Da Seeigelstacheln aus Kalk bestehen, können sie mit Essig aufgelöst werden. Quallen-/Nesseltierwunden in Australien sollten ebenfalls mit Essig ausgewaschen werden (oft Vorratslager am Strand vorhanden), bei

Tab. 37.2 Schock bei Vergiftungen durch Gifttiere

Ursache	Hypovolämie (Flüssigkeitsverlust in das Gewebe um die Verletzung)
	Toxininduzierte Vasodilatation
	Kardiotoxische Effekte mit möglichen Arrhythmien
	Anaphylaktische Reaktion (▶ Abschn. 37.2)
Symptome	Hypotension und Tachykardie
	Weitere klassische Schocksymptome wie Blässe, kalte Extremitäten und Kaltschweißigkeit können durch die toxinvermittelte Vasodilatation u. U. nicht vorhanden oder sogar ins Gegenteil verkehrt sein
Therapie	Flachlagerung oder Schocklagerung (Beine 30° hochlagern, bei Gifttierverletzung das betroffene Bein flach gelagert lassen)
	Mehrere großlumige Zugänge (mindestens 18G – grün); Vermeidung von zentralen Zugängen aufgrund eines deutlich erhöhten Blutungsrisikos durch die systemische Giftwirkung [9]
	Volumenersatz, vorzugsweise mit kristalloiden Infusionslösungen (z. B. 1000 ml balancierte Vollelektrolytlösung)
	Bei Wirkungslosigkeit Vasokonstriktoren (1 mg Adrenalin oder Noradrenalin in 100 ml NaCl verdünnen, 1-ml-weise (10 µg) titrieren)
	Behandlung der Anaphylaxie (H_1-Blocker, z. B. 8 mg Dimetinden), H_2-Blocker (z. B. 50 mg Ranitidin), Steroid (z. B. bis zu 1 g Prednisolon; 0,5 mg Adrenalin i.m. wenn keine i.v. Gabe möglich)
Prognose	Generell lebensbedrohliche Symptomatik, daher Antivenintherapie indiziert (s. u.)

Quallenarten anderer Regionen ist dies jedoch nicht effektiv [7]. Hierbei sollte auf direkten Kontakt verzichtet und bedacht werden, dass auch tote Tiere einen Beiß-/Stichreflex haben können. Einige Autoren empfehlen, die Gifteintrittsstelle nicht zu manipulieren, um eine spätere Giftdetektion zu ermöglichen [9]. Aufgrund von möglichen langen Evakuierungszeiten im taktischen Rahmen und der geringen Wahrscheinlichkeit Gift-Detektions-Sets zur Verfügung zu haben, empfehlen die Autoren dieses Buches Rückstände ohne große Manipulation zu entfernen.

Verzögerung der Giftausbreitung

Beruhigendes Einwirken kann den Kreislauf des Patienten herunterfahren. So kann der körpereigene, vorwiegend über die Lymphbahnen erfolgende Gifttransport, verlangsamt werden. Flache Lagerung und Vermeidung von aktiven Bewegungen unterstützen dies ebenfalls durch eine Inaktivierung der Muskelpumpe. Eine Sedierung kann ergänzend durchgeführt werden, solange der Patient nicht ohnehin bewusstseinsgetrübt ist (z. B. Diazepam 5 mg oral).

Asservierung des Gifttieres

Hierbei bietet die Photographie eine gefahrlose Möglichkeit, das Tier zu identifizieren. Wenn das Tier selbst asserviert wird, ist ein direkter Kontakt zu meiden. Da die Antivenintherapie letztlich selten indiziert ist und bei Durchführung ohnehin oft polyvalente Seren gegeben werden (s. u.), sollten die Helfer nicht in unnötige Gefahr gebracht und die Evakuierung nicht verzögert werden.

Wundbehandlung

Der Lokalbefund hängt in seiner Art und Ausprägung stark von der Art des Giftes ab, ein Ödem tritt jedoch fast immer auf [10]. Eine kurze lokale Desinfektion und das Anbringen eines sterilen Verbandes sind ausreichend. Weitere Manipulationen an der Wunde sollten vermieden werden. Sie kosten Zeit und können zu schweren Wundheilungsstörungen führen, haben jedoch keinen nachgewiesenen positiven Einfluss auf die Giftausbreitung (Tab. 37.3).

Sind lokal deutliche Quaddelbildung (z. B. durch Nesseltiere) oder Juckreiz vorhanden, sollte zur Vermeidung einer lokalen Manipulation eher

Tab. 37.3 Zu unterlassende Maßnahmen bei Gifttierverletzungen. (Zusammengefasst nach [1, 2, 7, 9, 10, 11])

Maßnahme	Hintergrund
Aussaugen der Wunde mit dem Mund	Eigenkontamination
Aussaugen der Wunde mit spezieller Vakuumpumpe	Durch den schnellen Abtransport des Giftes über die Lymphe ist eine Wirkung, wenn überhaupt, nur in den ersten Minuten nach Giftapplikation nützlich. Durch das Absaugen entstehen jedoch mit Sicherheit schlecht heilende Gewebedefekte
Frühes lokales Wundmanagement (ausgiebige Desinfektion, exzessives Kühlen, Ausbrennen, Elektrokauterisieren, Ein- und Ausschneiden, Amputieren)	Zeitaufwändig, wenig bis kein therapeutischer Erfolg bei deutlich erhöhtem Risiko von schweren Wundheilungsstörungen
Abbinden einer Extremität	Keine ausreichende Verhinderung des systemischen Gifteffektes bei hohem Risiko des Verlustes der Extremität durch Kombination der Giftwirkung und der Blutabsperrung. Richtige Maßnahme: (Kompressions-)Immobilisations-Methode
Lokale Wundmedikation, z. B. Kaliumpermanganat	Keine Wirkung

systemisch therapiert werden. Je nach Ausprägung der Symptomatik kann die Behandlung wie bei einer anaphylaktischen Reaktion mit Antihistaminika und Steroiden erfolgen (Tab. 37.2).

Bei Giftfisch- und Skorpionstichen führt eine lokale Behandlung mit heißem Wasser (~40 °C) zu einer deutlichen Schmerzreduktion. Ebenso kann eine Lokalanästhesie, unter sterilen Voraussetzungen und bei Erfahrung auch eine Regionalanästhesie, durchgeführt werden [7].

Entfernung von eng anliegenden Gegenständen

Bei starker Schwellung können Ringe, Ketten, Armbänder, etc. im weiteren Verlauf u. U. nicht mehr entfernt werden, was eine dauerhafte Unterbrechung der Durchblutung und damit das Absterben der Extremität zur Folge haben kann.

(Kompressions-)Immobilisations-Methode

Um die Auswirkung des Giftes zu minimieren, haben sich zwei Methoden etabliert: Die Immobilisationsmethode bei hauptsächlich lokal wirksamen Giften (zytotoxische Gifte, Symptome; ▶ Abschn. 37.2) und die Kompressions-Immobilisations-Methode bei hauptsächlich systemisch wirksamen Giften (neuro- und kardiotoxische Gifte, Symptome, ▶ Abschn. 37.2). Da die Verteilung des Giftes hauptsächlich durch Transport über die Lymphbahnen erfolgt, ist die Kompression prinzipiell eine Möglichkeit, die Ausbreitung zu verlangsamen. Dies ist bei systemisch wirksamen Giften erwünscht, führt bei lokal wirksamen Giften jedoch durch die Fixierung des Giftes zu einer massiven Weichteilzerstörung [1]. Bei der Vielzahl der Gifttiere wird es dem Laien in den seltensten Fällen möglich sein, anhand der exakten Identifikation des Tieres frühzeitig das Gift und damit die Symptome vorherzusagen. Ein Abwarten erster neuro- oder kardiotoxischer Symptome ist jedoch ebenso unzweckmäßig, da eine möglichst frühzeitige und zielgerichtete Therapie Spätschäden minimieren kann. Grundsätzlich gilt, dass, je schmerzhafter die Bisswunde und ihre direkte Umgebung, desto wahrscheinlich ist eine lokale zytotoxische Giftwirkung, bei der nur immobilisiert werden sollte. Ein Vorschlag zur Vereinfachung dieser Problematik ist die Therapieentscheidung anhand von Gruppenzugehörigkeit (Vipern oder Nattern, siehe 37.3.1) bzw. Region zu fällen.

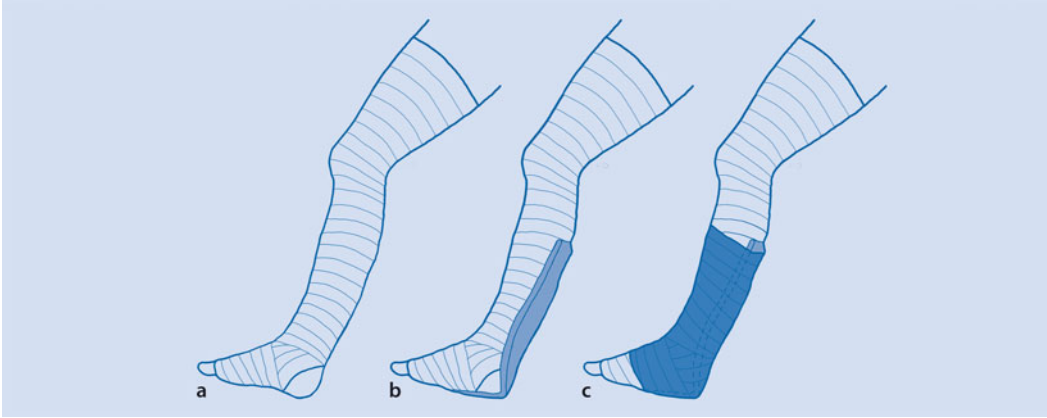


Abb. 37.9a–c Kompressions-Immobilisations-Methode. **a** Kompressionswicklung der gesamten betroffenen Extremität. **b** Anpassung einer Schiene an der verletzten Region, jedoch Schiene nicht direkt auf die Wunde aufbringen. **c** Fixierung der Schiene. Wird nur die Immobilisationsmethode angewendet, so ist die Kompressionswicklung wegzulassen (**a**)

Kompressions- und Immobilisations-methode

- Anwendung der Kompressions-Immobilisations-Methode bei:
  - Kobras (spreizbares Nackenschild) (Abb. 37.5)
  - Kraits (markante hell-dunkle Streifung)
  - Seeschlangen
  - Mambas (in Afrika auf Bäumen lebend, grüne oder helle Schuppung)
  - Australischen Schlangen
  - Gifttierverletzungen mit geringen Schmerzen
- Anwendung der Immobilisationsmethode bei:
  - Schmerzhaften Gifttierverletzungen
  - Allen anderen Gifttierverletzungen, außer den oben aufgeführten

Sollte dieses Unterscheidungsprinzip nicht umzusetzen sein, ist generell die Immobilisationsmethode anzuwenden.

Diese stark vereinfachte Differenzierungsmethode garantiert nicht in jedem Einzelfall die optimale Versorgung, dürfte jedoch gerade beim unerfahrenen Helfer oder unklarer Identifizierung des Gifttieres die beste Therapie ermöglich.

Immobilisationsmethode Durch die Immobilisation der betroffenen Extremität durch (behelfsmäßige) Schienung soll eine Verschleppung des Giftes verzögert werden. Hier ist das gleiche Grundprinzip, wie im Abschnitt »Verzögerung der Giftverbreitung« beschrieben, wirksam. Es ist darauf zu achten, dass kein großer Druck durch die Schienung entsteht, da dieser die lokale Gewebezerstörung verstärken kann. Die Immobilisation der betroffenen Extremität ist bei allen Gifttierverletzungen durchzuführen.

Kompressions-Immobilisations-Methode Mit einer elastischen Binde (10 cm oder breiter) wird eine Kompressionswicklung von distal nach proximal angelegt (Abb. 37.9). Die Finger/Zehen sollten durch den Druck nicht anschwellen oder sich livide verfärben. Eine Abbindung oder venöse Stauung durch den Verband ist zu vermeiden. Im Anschluss erfolgt die Schienung wie oben beschrieben. Eine spätere Entfernung sollte langsam erfolgen, da es ansonsten zu einem raschen systemischen Konzentrationsanstieg des Giftes kommen kann.

Flüssigkeitsausgleich

Eine Flüssigkeitszufuhr ist sinnvoll, um den relativen Flüssigkeitsverlust durch das Gewebsödem im Bereich der Verletzungsstelle auszugleichen und die Nierendurchblutung aufrecht zu erhalten. Sie dient der Prophylaxe von Schock und Nierenversagen. Bei wachen Patienten mit erhaltenem Schluckreflex

kann klare Flüssigkeit (kein Alkohol) verabreicht werden. Darüber hinaus sollte der Patient nüchtern bleiben. Zusätzlich sollte eine Infusionsgabe an einer unverletzten Extremität (i.v. oder i.o) oder dem Sternum (i.o.) erfolgen. Kolloide sollten, unabhängig von der aktuellen Diskussion über das Nebenwirkungsprofil dieser Substanzen, vermieden werden, da Toxine die Durchlässigkeit der Gefäßwand erhöhen können. Die Kolloidmoleküle können dadurch in den Extravasalraum übertreten, Flüssigkeit nachströmen lassen und so Ödeme verstärken. Sollte der Patient Zeichen eines Schocks aufzeigen, so ist gemäß ◘ Tab. 37.2 zu verfahren

Überwachung der Vitalparameter, ggf. Arrhythmiebehandlung

Eine regelmäßige Puls- und Blutdruckkontrolle erleichtert das Einschätzen der Stabilität des Patienten. Sollte kein Blutdruckmessgerät verfügbar sein, sind periphere Pulse ein guter Anhalt (▶ Kap. 9.3). Anzustreben sind normotensive Blutdruckwerte. Nützlich sind auch kleine und leichte Fingerpulsoxymeter zum kontinuierlichen Monitoring.

Durch die Kardiotoxizität einzelner Gifte (direkte Wirkung auf Ionenkanäle am Herzmuskel) oder Elektrolytentgleisungen (Hyperkaliämie durch Freisetzung großer Mengen Kaliums aus untergegangenem Gewebe) kann es zu **Herzrhythmusstörungen** kommen, die wegen der eingeschränkten Diagnosemöglichkeiten präklinisch nur symptomatisch, z. B. nach AMLS- und ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation)-Leitlinien, behandelt werden können. Wegen der Schwere der Auswirkungen und der Komplexizität der Behandlung ist ein rascher Transport zu intensivmedizinischen Behandlungsmöglichkeiten absolut überlebensnotwendig. Eine stark vereinfachte Behandlungsanweisung bei Herzrhythmusstörungen mit hämodynamischer Relevanz soll hier dennoch für den Ernstfall widergegeben werden:

Bradykarde Herzrhythmusstörungen Sauerstoffgabe (SpO_2 94–98 %), Zugang (i.v. oder i.o.), Atropin 0,5–1 mg, ggf. wiederholen (Höchstdosis 3 mg), ggf. Katecholamine (1 mg Adrenalin oder Noradrenalin in 100 ml NaCl verdünnen, 1-ml-weise (10 µg) titrieren;), ggf. externe elektrische Stimulation, ggf. CPR (»cardio pulmonary resuscitation«).

Tachykarde Herzrhythmusstörungen Sauerstoffgabe (SpO_2 94–98 %), Zugang (i.v. oder i.o.), Vagusreiz/Karotismassage, Amiodaron 150 mg i.v./i.o. als Kurzinfusion bei Breitkomplextachykardien, Betablocker (z. B. Metoprolol, 5–15 mg) bei Schmalkomplextachykardien, ggf. Kardioversion, ggf. CPR.

Schmerztherapie

Diese entspricht der ausführlich in ▶ Kap. 9 dargestellt Analgesie bei Verwundeten. Der Patient sollte durch die Medikation keine Bewusstseinstrübung erfahren. Zu beachten ist das erhöhte Risiko einer Ateminsuffizienz bei der Gabe von Opiaten bei Vorliegen einer Vergiftung mit neurotoxischen Giften. Medikamente, die die Blutgerinnung negativ beeinflussen, z. B. Acetylsalicylsäure (z. B. Aspirin), sollten gemieden werden, da sie eine eventuell vorhandene toxinbedingte Gerinnungsstörung verstärken würden.

Weiteres Monitoring

Zur Einschätzung der Prognose und des Schweregrades der Vergiftung sollte ein regelmäßiges Messen des Extremitätenumfangs und der peripheren Pulse erfolgen. Dies ermöglicht eine Einschätzung, ob die maximale Giftwirkung überschritten ist, oder der Zustand des Patienten sich weiterhin verschlechtert. Der Umfang sollte an fest definierten und markierten Punkten gemessen werden, z. B. 10 cm distal der Patellaspitze und auf Knöchelhöhe. Falls kein Maßband verfügbar ist, kann man den Umfang auch mit einem Schnürsenkel oder Ähnlichem messen und die Länge mit einem Tape-Streifen markieren, auf dem der Zeitpunkt der Messung vermerkt ist. Sollten 6 h nach der Gifttierverletzung keine Symptome aufgetreten sein, so ist von einem Kontakt ohne (ausreichende) Giftübertragung auszugehen [2].

Speikobras

Bei einem Giftkontakt mit Speikobras (Spei-Entfernung bis zu 3 m) ist das sofortige ausgiebige Ausspülen der Augen für 15–20 min erforderlich. Da die Giftwirkung im schlimmsten Falle zur Erblindung führen kann, ist eine sterile Flüssigkeit keine Voraussetzung, die Flüssigkeit sollte aber möglichst sauber sein.

37.4.2 Erweiterte Therapie

Nachfolgend soll auf die weiteren Behandlungsmöglichkeiten eingegangen werden. Die oben aufgeführten Maßnahmen sind weiterzuführen. Zusätzlich eröffnen sich, abhängig vom vorhandenem Material und der Erfahrung des Behandlers, nachfolgende Möglichkeiten [1, 2, 7, 9, 11].

Atmungssystem

Bei Ateminsuffizienz durch Muskellähmung ist eine Atemwegssicherung mit Beatmung sicherzustellen (Tab. 37.1).

Zusätzlich kann ein Therapieversuch mit **Cholinesterasehemmern** erfolgen. Hierbei wird versucht, durch Hemmung der Cholinesterase die Konzentration des Transmitters Acetylcholin so zu erhöhen, dass trotz der toxinbedingten Blockade der Acetylcholinrezeptoren eine neuromuskuläre Übertragung und damit Muskelbewegung ermöglicht wird. Nach einem Wirksamkeitstest mit einem kurz wirksamen Cholinesterasehemmer (z. B. 0,6 mg/kg KG Atropin mit 10 mg Edrophonium i.v. über 3 min mit anschließender Beobachtung über 20 min) kann bei Verbesserung der neuromuskulären Übertragung (z. B. Rückgang der Ptosis, Verbesserung der Beatmungssituation) ein länger wirksames **Anticholinergikum** wie Neostigmin in Kombination mit Atropin angewendet werden (Dosierung symptomorientiert, beginnend mit 2 mg Neostigmin i.v. und 0,5 mg Atropin i.v.). Das Atropin lindert die unerwünschten Wirkungen der Cholinesterasehemmer wie vermehrten Speichelfluss und Bradykardie. Allerdings ist die Wirksamkeitsdauer des Cholinesterasehemmers kürzer als die Giftwirkung, so dass symptomorientiert Erhaltungsdosen gegeben werden müssen [11]. Sind diese Medikamente nicht regulär verfügbar, können eventuell die Pyridostigmintabletten (Pyrodostigminbromid, 30 mg oral) und der Atropinautoinjektor (AtroPen, 2 mg i.m.) der persönlichen Sanitätsausstattung des Soldaten verwendet werden, die bei C-Waffen-Bedrohung ausgegeben werden. Dies ist allerdings wegen schlecht kontrollierbarer Dosierungsmöglichkeiten und der Notwendigkeit der oralen Gabe der Tabletten als letzte Möglichkeit in Situationen mit vitaler Bedrohung anzusehen.

Gerinnungssystem

Gerinnungsstörungen und damit eine erhöhte Blutungsneigung können z. B. bei Vipern und Klapperschlangenbissen auftreten. Therapeutisch muss hier das Erreichen von intensivmedizinischen Behandlungsmöglichkeiten forciert werden, um nach laborchemischer Analyse eine individuelle bedarfsgerechte Substitutionstherapie mit beispielsweise Erythrozyten, Thrombozyten und Gerinnungsfaktoren durchzuführen.

Ein sehr simpler Test eine Gerinnungsstörung zu diagnostizieren ist der 20-Minuten-Vollblutgerinnungstest [11].

20-Minuten-Vollblutgerinnungstest

- Einige ml venöses Vollblut in eine sauberes Glasschälchen geben.
- 20 min warten (in tropischen Klimazonen sind deutlich verkürzte Wartezeiten bis zu 5 min notwendig).
- Antippen des Schälchens: Ist das Blut immer noch flüssig, ist von einer Koagulopathie auszugehen.
- **Cave:** Ist das Schälchen verschmutzt oder mit Detergenzien wie Seife verunreinigt, sind die Ergebnisse nicht zu verwerten. Um einen solchen Fehler auszuschließen, sollte eine Kontrollprobe einer gesunden Person zeitgleich getestet werden.

Urogenitalsystem

Zur Bilanzierung wird das Legen eines Dauerkatheters empfohlen (Ziel >1 ml/kg KG/h bei Erwachsenen). Die erhaltene Diurese ist ein Maß für eine ausreichende Infusionstherapie. Sinkt die Ausscheidung, sollte nach Ausschluss einer Hypervolämie (Symptome: pulmonale Rasselgeräusche, Atemnot, erweiterte Halsvenen), eine weitere Flüssigkeitszufuhr erfolgen, u. U. in Kombination mit Diuretika (z. B. 20 mg Furosemid i.v.). Eine alleinige Gabe von Diuretika ohne ausreichendes Intravasalvolumen, ist zu vermeiden, da dies zu einer Schädigung der Niere führen kann.

Roter Urin ist ein Hinweis auf eine Blutung, z. B. durch eine Störung des Gerinnungssystems (hämatologischer GE), oder eine Hämoglobinurie bei

hämolytischem GE (▶ Abschn. 37.2). **Bierbrauner Urin** ist ein Hinweis auf erhöhte Myoglobinwerte und somit auf einen ausgeprägten Muskel-/Gewebeschaden. Myoglobin kann laborchemisch direkt im Urin quantifiziert werden oder durch einen für Erythrozyten positiven U-Stix, bei fehlendem Nachweis von Erythrozyten in der Lichtmikroskopie, nachgewiesen werden. Deutlich erhöhte Myoglobinwerte können über nicht vollständig geklärte Mechanismen ein akutes Nierenversagen, die sog. »**Crush-Niere**«, auslösen (Diagnose: Myoglobinurie in Verbindung mit Oligurie/Anurie).

Therapeutisch sind eine elektrolytarme Flüssigkeitszufuhr und eine Alkalisierung des Blutes und Urins anzustreben, um das darin freigesetzte Myoglobin besser zu lösen und auszuscheiden. Zusätzlich kann durch Mannitol Flüssigkeit osmotisch in den Intravasalraum gezogen werden (beispielsweise 25 g Mannitol in 1 l 5 % Glukoselösung und 100 mval Natrium Bikarbonat 8,4 % über 4 h unter laborchemischer pH und Elektrolytwertkontrolle) [2]. Der Patient ist schnellstmöglich in eine intensivmedizinische Behandlungseinrichtung mit Dialysemöglichkeit zu verbringen. Medikamente sollten bei Niereninsuffizienz dosisangepasst nach Packungsbeilage verabreicht werden.

Tetanusimpfschutz

Wie bei allen offenen Verletzungen sollte der Tetanusimpfschutz überprüft und ggf. aufgefrischt werden.

Antivenintherapie

Antivenine sollten nur in absoluten Ausnahmefällen präklinisch gegeben werden (▶ Kap. 37.4). Wenn ein Antivenin gegeben wird, sind Behandlungsmaßnahmen für eine anaphylaktische Schockreaktion bereitzuhalten (▶ Kap. 9).

Kompartmentsyndrom

In seltenen Fällen kann es durch eine exzessive Schwellung zur Entwicklung eines Kompartmentsyndroms kommen (Symptome: Dehnungsschmerzen bei passiver Bewegung der betroffenen Muskelgruppen, Druckschmerz der betroffenen Muskelgruppe, verminderte aktive Beweglichkeit, Sensibilitätsstörungen, verhärtete Muskellogen, Unterschied Kompartmentdruck zu diastolischem Blutdruck > 20–30 mmHg). Eine Faszienspaltung und aggressive chirurgische Therapie sollte wegen Blutungsgefahr durch eine mögliche giftinduzierte Koagulopathie und einer deutlich erhöhten Infektionsgefahr so lange wie verantwortbar hinausgezögert werden. Hierbei handelt es sich um eine hochkritische, letztlich patientenorientierte Einzelfallentscheidung. Eine generelle Empfehlung ist, größere chirurgische Maßnahmen erst 48–72 h nach dem Gifttierunfall durchzuführen [2].

Antibiose

Eine frühe, prophylaktische »Single-shot-Antibiose« mit einem Breitspektrumantibiotikum (z. B. 1 g Ceftriaxon i.v.) ist möglich, aber nicht generell empfohlen, da Gifttierverletzungen, vor allem Schlangenbisse, auf Grund der enzymatischen Wirkung des Giftes meist nicht mit Bakterien kontaminiert sind [10]. Bei stark verschmutzten Wunden sollte sie gegeben werden.

Bei Auftreten einer (Sekundär-)Infektion sollte diese angemessen behandelt werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass die klassischen Infektionszeichen wie Rötung, Schwellung, Überwärmung, Schmerz und Funktionsverlust auch durch die Vergiftung selbst verursacht werden können. Die Infektion tritt jedoch zeitlich verzögert ein, die Giftwirkung im unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang mit der Gifttierverletzung.

Bei Bissverletzungen durch ungiftige oder schwach giftige Tiere (z. B. Kamelspinne, »camelspider«, aber auch Hunde und Katzen) stellt eine Infektion die Hauptgefahr dar und muss lokal antiseptisch und systemisch antibiotisch behandelt werden. Solche Wunden dürfen nicht chirurgisch verschlossen werden und erfordern eine engmaschige Nachkontrolle. Bei nicht geimpften Personen ist, wenn nicht mit allerletzter Sicherheit eine Tollwutinfektion ausgeschlossen werden kann, eine Tollwutprophylaxe durchzuführen, da es sich hierbei um eine 100 % letale Erkrankung handelt.

Reevaluation

Sollte sich der Zustand des Patienten nach Durchführung der oben aufgeführten Therapievorschläge nicht bessern oder sogar verschlechtern, ist eine Reevaluation durchzuführen: lokaler Status, Herz-Kreislauf-System, Urinbilanz, Myoglobinurie, Blut-

Tab. 37.4 Indikationen für eine Antivenintherapie. (Nach [9,11])

Systemische Symptome	Einzelparameter/Kommentar
A- und B-Problematik	Schleimhautschwellung mit Gefahr der bronchialen Obstruktion und Ateminsuffizienz durch giftvermittelte Atemmuskulaturlähmung
Blutungsanomalität	Spontane systemische Blutung, INR (International Normalized Ratio) >2, Thrombozytopenie
Schlaffe Lähmung	Schlaffe Lähmung (z. B. Ptosis, Augenmuskellähmung) als Hinweis auf eine systemische Neurotoxin Vergiftung. Diese kann im Grad der Ausprägung nur unzureichend vorhergesagt werden
Myoglobinurie bei Rhabdomyolyse	Dunkler Urin, CK (Kreatinkinase) im Serum >1.500 U/l, Urin-Stix positiv auf Erythrozyten ohne Hinweis auf Hämaturie
Herz-Kreislauf-Abnormalitäten	Therapieresistente Hypotension und Schock, EKG (Elektrokardiogramm)-Veränderung, Herzrhythmusstörungen
Akutes Nierenversagen	Oligurie/Anurie, steigende Kreatinin- und Harnstoffwerte im Serum, Elektrolytentgleisungen
Kollaps und generalisierte Krampfanfälle	Hinweis für einen systemischen neurotoxischen Verlauf
Ausgeprägte lokale Schwellung	Mehr als die Hälfte der Extremität betreffend, Finger und Zehen Beteiligung, rasche Progression, auf den Rumpf übergreifend
Ausgeprägte und sehr schmerzhafte Lymphknotenschwellung	Vor allem Lymphknoten in der Abstrombahn am Übergang zum Körperstamm
Allgemeinsymptome (Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Schmerzen, Abdomenschmerzen)	Keine Antivenintherapie, außer bei nicht stillbarem Erbrechen

elektrolyte, Blutgerinnung und neurologischer Status. Eine Antiveningabe ist bei zunehmender Verschlechterung unter maximaler supportiver Therapie in Betracht zu ziehen. Ist bereits eine Antiveningabe erfolgt, sollte die Gabe einer ausreichenden Menge geprüft werden und ggf. eine nochmalige Gabe erfolgen (Cave: Anaphlyaxie).

37.4.3 Spezifische Antivenintherapie

Antivenine spielen v. a. bei Schlangenbissen eine Rolle, sind aber auch für Giftspinnen, Skorpione und einzelne marine Gifttiere erhältlich. Prinzipiell sind sie die wirksamste Therapie bei Gifttierunfällen, da sie die Ursache behandeln. Um eine optimale Wirkung zu erzielen, sollten sie so früh wie möglich, bestenfalls innerhalb der ersten Stunde, gegeben werden. Grundsätzlich gilt, dass Gifteffekte durch eine Antiveningabe nicht rückgängig gemacht werden können, es wird nur eine weitere Ausbreitung verhindert [3, 9].

Antivenine müssen generell gekühlt gelagert werden und die Kühlkette darf nicht unterbrochen werden [10]. Es handelt sich um klare Flüssigkeiten, sollte der Inhalt flockig sein, ist das Antivenin zu verwerfen [3]. Zusätzlich erschweren eine schlechte Marktverfügbarkeit in größeren Mengen, lange Lieferzeiten und teilweise sehr hohe Kosten eine großzügige Bevorratung [10]. In präklinisch eingesetzten Elementen ist ihr Einsatz somit rein logistisch schwer zu realisieren.

Bei der Gabe dieser Seren muss die Beherrschung einer möglichen anaphylaktischen Reaktion sichergestellt sein (Tab. 37.2). Da es sich bei modernen Antiveninen um hochaufgereinigte Substanzen handelt, sind lebensbedrohliche anaphylaktische Reaktionen oder eine Serumkrankheit deutlich seltener geworden. Dennoch können die möglichen Komplikationen einer nichtindizierten

Applikation einem Patienten das Leben kosten, der ohne die Gabe überlebt hätte. Wegen des Nebenwirkungsprofils und der insgesamt doch niedrigen Letalität bei adäquater symptomatischer Behandlung von Gifttierverletzungen ist eine routinemäßigen Gabe, auch im klinischen Bereich, keinesfalls zu befürworten [3, 9].

Antivenine sollten bei systemischen Vergiftungen und stark ausgeprägten lokalen Vergiftungssymptomen gegeben werden (◘ Tab. 37.4). Zu unterscheiden sind **monovalente Seren**, die gegen ein spezifisches Gift gerichtet sind (hierzu ist die eindeutige Identifikation des Gifttieres unabdingbar) und **polyvalente Seren** für mehrere unterschiedliche Gifttiere, z. B. Giftschlangen, einer bestimmten Region. Prinzipiell sind für Schlangenvergiftungen Gift-Detektions-Kits verfügbar, die mittels eines ELISA-Tests (ELISA = »enzyme linked immuno sorbent assay«) das am besten geeignete Antivenin detektieren. Hierfür eignet sich ein Tupfer, mit dem die Bissstelle abgewischt wurde. Sollte dies nicht möglich sein (z. B. bereits gereinigte Wunde), kann Urin getestet werden [9]. Konnte das Gifttier identifiziert werden, ist das am besten geeignete monovalente Antivenin zu wählen, in allen andern Fällen ein für die Region spezifisches polyvalentes Antivenin.

Prinzipiell werden Antivenine verdünnt i.v. über 15 min bis hin zu 2 h über einen Infusion verabreicht und sind nur i.m. zu verabreichen, wenn eine i.v. Gabe nicht möglich ist [3, 9]. Genaue Standarddosierungen, Verdünnungsschemata und Infusionszeiten sind der Packungsbeilage zu entnehmen, allerdings sollte generell symptomorientiert behandelt werden. Bei schweren Vergiftungen können mehrfache Mengen der empfohlenen Erstdosis notwendig werden [10].

Eine weltweite Aufstellung von Gifttieren und Antiveninen mit Orten der Vorratshaltung ist auf der Homepage der Toxikologischen Abteilung der Technischen Universität München abzurufen (▶ Übersicht »Informationsquellen«).

37.5 Zusammenfassung

Aufgrund des hohen logistischen Aufwandes und der geringen Erfahrung in der spezifischen Behandlung von Gifttierverletzungen im europäischen Raum, auch im ärztlichen Bereich, sollte sich, wenn immer möglich, auf lokale Infrastruktur abgestützt werden.

Die wichtigsten Behandlungsansätze sind:

- Verhinderung der weiteren Ausbreitung des Giftes
- Atemwegssicherung mit Beatmung
- Kontrolle und Unterstützung des Kreislaufsystems
- Kontrolle und Unterstützung der Urinproduktion

Eine Antivenintherapie ist in den meisten Fällen nicht notwendig. Eine frühe chirurgische Therapie richtet in der Regel mehr Schaden an, als dass sie nutzt. Man sollte sich immer vor Augen halten, dass Gifttierunfälle schwere Erkrankungen sind, die bei idealer supportiver Therapie jedoch selten tödlich verlaufen.

Literatur

1. Boyed et al. (2007) Venomous Snakebite in Mountainous Terrain: Prevention and Management (Official recommendations of the International Commission for Mountain Emergency Medicine and of the Medical Commission of the International Mountaineering and Climbing Federation (ICAR and UIAA MEDCOMS). Wilderness and Environmental Medicine 18: 190–202
2. DefenceDept (US) (2010) Toxicology: Venomous Snake Bites. In US Department of Defence (ed) Special Operation Forces Medical Handbook [CD-ROM], 2ed. GovtPrinting Office
3. Egan D (2007) Snakes of Arabia. A field Guide to the Snakes of the Arabian Peninsula and its Shores. Motivate Publishing, Dubai.
4. Erkens K, Boecken G (2002) Vergiftung nach Schlangenbiss– Gefahr im Auslandeinsatz? Wehrmedizin und Wehrpharmazie 01/2002: 68–73
5. Habermann E (2001) Tierische Gifte. In: Forth W, Henschler D, Rummel W, Förstermann U, Starke K (Hrsg.) Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, S. 1107–1116. Urban & Fischer, München
6. Johnson C et al. (2013) Challenges of managing snakebite envenomation in a deployed setting. Journal of the Royal Army Medical Corps 159: 307–311

7. Junghanss T, Bodio M (2006) Medically important venomous animals: Biology, prevention, first aid and clinical management. Clinical Infectious Diseases 43: 1309–17
8. Krysa-Clark J et al. (2004) Management Of A Snake Bite in The Field. Journal of the Royal Army Medical Corps 150: 97–98
9. Mackessy SP (2010) Handbook of Venoms and Toxins of Reptiles. CRC Press, Boca Raton
10. Mebs D (2013) Vergiftungen nach Schlangenbiss. Ein unterschätztes Problem in der Reisemedizin? Flugmedizin Tropenmedizin Reisemedizin 20 (3): 123-27
11. Warrell DA (1999) Guidelines for the Clinical Management of Snake Bites in the South-East Asia Region, Reprint 2005. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine & Public Health, Vol 30, Supplement 1 (http://www.scribd.com/doc/53710446/26/Algorithm-Antivenom-Treatment-of-Snakebite-Cases)

Kalte Klimazonen

U. Unkelbach, C. Neitzel, T. Schuck, E. Meister

38.1 Einführung – 522

38.2 Wärmegleichgewicht des Körpers – 522
38.2.1 Wärmeproduktion – 522
38.2.2 Wärmeverlust – 522
38.2.3 Regulation der Körpertemperatur – 523

38.3 Risikofaktoren in kalten Klimazonen – 523

38.4 Prophylaxe von Kälteschäden – 525
38.4.1 Fähigkeiten des Einzelschützen – 525
38.4.2 Ernährung – 525
38.4.3 Führerverhalten – 525
38.4.4 Ausrüstung – 526
38.4.5 Bekleidung – 526

38.5 Kälteschäden – 527
38.5.1 Hypothermie – 528
38.5.2 Lokale Kälteschäden – 535

38.6 Versorgung in kalten Klimazonen – 540
38.6.1 Körperliche Untersuchung – 540
38.6.2 Messung der Körpertemperatur – 540
38.6.3 Zugänge und Injektionen – 541
38.6.4 Infusionstherapie – 541
38.6.5 Patiententransport – 542
38.6.6 Aufbewahrung von Sanitätsmaterial – 542

Literatur – 543

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_38, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

38.1 Einführung

» »If you can fight and survive in the extremities of the arctic … you can fight anywhere in the world.« [UK Element AMF (L)]

Kriege in kalten Klimazonen wurden auch immer durch die Auswirkungen von der Kälte selbst auf die Truppen mitbestimmt. Die Auswirkungen der Kälteschäden in Kriegen der neueren Geschichte sind ab dem napoleonischen Feldzug nach Russland bis zu denen in Afghanistan und Irak wissenschaftlich gut ausgewertet. Die Geschichte belegt eindrucksvoll, dass in kalten Klimazonen erfahrene und entsprechend ausgerüstete Truppen den schlecht ausgerüsteten, unerfahrenen Gegnern weit überlegen sind.

Die wesentlichen Grundlagen, um in kalten Klimazonen bestehen zu können, sind:

- Erfahrung und Ausbildung in kalter Umgebung
- Disziplin
- Ausrüstung

Erfahrung kann Disziplin nicht ersetzen. Gute Ausrüstung, die mangels Erfahrung und Ausbildung nicht richtig angewandt werden kann, verschafft ebenso keinen Vorteil. Ein Erfahrener mit schlechter Ausrüstung und guter Disziplin kann die Ausrüstungsmängel dafür gut kompensieren. Werden alle Faktoren ausreichend abgedeckt, sind jedoch auch mehrwöchige Operationen in extrem lebensfeindlicher Umgebung möglich. Die taktische und strategische Relevanz für militärische Operationen sind offensichtlich. Sie verpflichten jeden Einzelschützen genauso wie den taktischen Führer, neben einer angepassten Ausrüstung und Ausbildung auch die wesentlichen Verhaltensgrundsätze diszipliniert zu befolgen.

Es wurde zwar ein Trainingseffekt des Körpers durch längeren Aufenthalt in Kälte nachgewiesen, im Gegensatz zur Anpassung an heiße Klimazonen oder Höhenaufenthalt ist dieser Effekt jedoch sehr gering, sodass ein »Vorfrieren« als Trainingsmaßnahme für einen Aufenthalt in kalten Klimazonen nicht sinnvoll ist. Viel sinnvoller ist eine gute Ausbildung und das Vertrautwerden mit der zur Verfügung stehenden Ausrüstung. Vor Ort sind dann Disziplin und ein stetes Aufrechterhalten des Wohlbefindens durch genügend Nahrung, Trinken, Schlaf und angepasste Kleidung wichtig.

Grundsatz: Frieren muss niemand lernen.

38.2 Wärmegleichgewicht des Körpers

Beim gesunden Menschen wird die Körpertemperatur im zentralen Nervensystem gesteuert. Wärmeproduktion und Wärmeabgabe werden so geregelt, dass die Körperkerntemperatur (KKT) im Bereich zwischen 36 und 37 °C konstant bleibt, da der Mensch als Warmblüter diese als Betriebstemperatur zum Überleben benötigt.

38.2.1 Wärmeproduktion

Der Körper produziert Wärme durch den Stoffwechsel. Ein durchschnittlicher Erwachsener setzt in Ruhe etwa 80–90 kcal/h um. Das entspricht in etwa einer 100-W-Birne. Da die Muskulatur eine wesentliche Rolle bei der Wärmeproduktion spielt, kann dieser Ruheumsatz unter Maximalleistung (z. B. 100m-Sprint) bis zum 10Fachen gesteigert werden.

38.2.2 Wärmeverlust

Konduktion (»conduction«) wird der direkte Wärmeaustausch eines Objektes beim Kontakt mit einem anderen Objekt genannt (z. B. Sitzen auf einem kalten Stein). Hierbei fließt die Wärme immer vom wärmeren Gegenstand zum Kälteren. Sie wird v. a. von der Wärmeleitfähigkeit beider Objekte, der Größe der Kontaktfläche und der Temperaturdifferenz beeinflusst [2]. Wenn eine Hand auf eine heiße Herdplatte gelegt wird, findet z. B. Konduktion von der Platte zur Hand statt.

Konvektion (»convection«) beschreibt die Wärmeleitung vom menschlichen Körper an eine Flüssigkeit oder Gas, also die Umgebungsluft oder ggf. Wasser. Der Wärmeverlust eines unbekleideten stehenden Menschen erfolgt zu 40 % durch Wärmeleitung vom Körper an die Umgebungsluft. Besteht ein großflächiger Kontakt zum Boden, verschiebt

sich der Anteil des Wärmeverlustes stark hin zur Konduktion [2]. Eine »Eselsbrücke« für den Unterschied zwischen Konduktion und Konvektion ist Kon-»weg«-tion (Wind oder das Wasser tragen die Wärme vom Körper »weg«). Der Effekt des »**wind chill**« (»chill« = kühlen) ist im Wesentlichen durch Konvektion bedingt.

Der Körper gibt auch ohne direkten Kontakt **Wärmestrahlung** (»radiation«) an die Umgebung ab. Diese Infrarotstrahlung macht ca. 45 % des Gesamtwärmeverlustes aus [2]. Beim Beispiel der heißen Herdplatte lässt sich die Strahlung fühlen, wenn man die Hand in die Nähe der Herdplatte hält.

Rettungsdecken

Eine zwischen heiße Herdplatte und Hand gehaltene Rettungsdecke isoliert gut. Legt man die Alufolie allerdings direkt auf die Herdplatte und dann die Hand ungeschützt darauf, kommt es unmittelbar zu einer Verbrennung. Sie schützt also kaum gegen Konduktion. Diese Beobachtung ist bei der Hypothermieprophylaxe von besonderer Bedeutung: Rettungsdecken haben zur Isolation gegenüber der Umgebungsluft einen brauchbaren Effekt. Auch gegen Konvektion bieten sie Schutz. Zur Isolation gegenüber dem kalten Boden mit direkter Auflage sind sie jedoch ungeeignet und können eine starke Auskühlung nicht verhindern. Der direkte Kontakt Verwundeter zum Boden muss daher immer mit einer geeigneten Unterlage (z. B. Isomatte) entkoppelt werden.

Verdunstung (»evaporation«) von Wasser erzeugt Kälte. Dieser Effekt wird vom Körper an der Haut zur Kühlung des Körpers durch Schweißproduktion gezielt genutzt, tritt aber auch im Rahmen der Atmung durch Anfeuchtung der Luft in Atemwegen und Lunge auf [2]. Dieser Faktor übersteigt unter normalen Umgebungsbedingungen selten 15 % des gesamten Wärmeverlusts. Bei durchfeuchteter Kleidung kann aber ein erheblicher Wärmeverlust entstehen. Da die Luftfeuchtigkeit bei tiefen Temperaturen meist sehr niedrig ist, wird der physikalische Vorgang der Verdunstung gefördert.

38.2.3 Regulation der Körpertemperatur

Die Wärmeproduktion des Körpers und der Wärmeverlust an die Umgebung müssen in einem Gleichgewicht gehalten werden. Der Körper greift dabei im Wesentlichen auf eine Verbesserung der Isolation und eine Erhöhung der Wärmeproduktion zurück, um die KKT in kalter Umgebung aufrechterhalten zu können:

Durch Zentralisierung der Durchblutung auf den Körperkern reduziert die **verminderte periphere Durchblutung** die Hauttemperatur. Der Wärmeverlust an die kalte Umgebung verringert sich entsprechend, da das Temperaturgefälle verkleinert wird. Der **Isolationseffekt** entspricht in etwa dem Tragen eines dünnen Geschäftsanzugs. Gute Arktisbekleidung bietet im Vergleich einen etwa 6- bis 8-mal höheren Isolationseffekt.

Die Zentralisierung des Blutes im Körperkern sorgt für eine höhere kardiale Vorlast, was zu einer erhöhten Harnbildung führt. Dieser Effekt wird **Kältediurese** genannt und verstärkt die häufig vorhandene **Dehydration**.

Wenn die Reduktion der Hauttemperatur nicht ausreicht, wird die **Wärmeproduktion** durch **Muskelzittern** erhöht. Anfänglich beginnt der Körper den Muskeltonus zu steigern, was den Ruheenergieverbrauch etwa verdoppelt. Falls die KKT weiter fällt, fangen die Muskeln an, sich zu kontrahieren und wieder zu entspannen, sodass ein deutlich sichtbares Zittern entsteht. Das maximale Zittern wird bei einer KKT um die 33 °C erreicht und steigert den Energieverbrauch auf etwa die 3- bis 6fache Menge des Ruheumsatzes. Es kann ohne vorherige Erschöpfung ca. 5–6 h durchgehalten werden. Zittern ist zwar effektiv, hat aber den Nachteil einer deutlichen Einschränkung der Koordination und durch die nötige gesteigerte Durchblutung der Muskulatur wird die Isolation wieder verschlechtert.

Kann der Körper bei fortbestehender Unterkühlung das Zittern nicht mehr aufrechterhalten, zeigt dies das Versagen der Kompensationsmechanismen an: es besteht Lebensgefahr.

38.3 Risikofaktoren in kalten Klimazonen

Für die Beratung des Führers und die eigene Einsatzplanung hat sich folgende Einteilung bewährt:

- **Soldatenbezogene (Risiko-)Faktoren** (»soldier related (risk) factors«) sind Arbeitsbelastung, Traglast, Trainingszustand, Einsatzdauer,

Wind-geschwin-digkeit (km/h)	Lufttemperatur in °C											
	5	0	–5	–10	–15	–20	–25	–30	–35	–40	–45	–50
10	2,7	–3,3	–9,3	–15,3	–21,2	–27,2	–33,2	–39,2	–45,1	–51,1	–57,1	–63,0
15	1,7	–4,4	–10,6	–16,7	–22,9	–29,1	–35,2	–41,4	–47,6	–53,7	–59,9	–66,1
20	1,1	–5,2	–11,6	–17,9	–24,2	–30,5	–36,8	–43,1	–49,4	–55,7	–62,0	–68,3
25	0,5	–5,9	–12,3	–18,8	–25,2	–31,6	–38,0	–44,5	–50,9	–57,3	–63,7	–70,2
30	0,1	–6,5	–13,0	–19,5	–26,0	–32,6	–39,1	–45,6	–52,1	–58,7	–65,2	–71,7
35	–0,4	–7,0	–13,6	–20,2	–26,8	–33,4	–40,0	–46,6	–53,2	–59,8	–66,4	–73,1
40	–0,7	–7,4	–14,1	–20,8	–27,4	–34,1	–40,8	–47,5	–54,2	–60,9	–67,6	–74,2
45	–1,0	–7,8	–14,5	–21,3	–28,0	–34,8	–41,5	–48,3	–55,1	–61,8	–68,6	–75,3
50	–1,3	–8,1	–15,0	–21,8	–28,6	–35,4	–42,2	–49,0	–55,8	–62,7	–69,5	–76,3
55	–1,6	–8,5	–15,3	–22,2	–29,1	–36,0	–42,8	–49,7	–56,6	–63,4	–70,3	–77,2
60	–1,8	–8,8	–15,7	–22,6	–29,5	–36,5	–43,4	–50,3	–57,2	–64,2	–71,1	–78
Zeit bis zum Auftreten von Erfrierungen an unbedeckter Haut:												
>120 min			>30 min				>10 min			>5 min		

Abb. 38.1 »Wind chill«. Die Markierungen zeigen das Risiko für Erfrierungen an unbedeckten Hautpartien auf. Die farbige Hinterlegung zeigt das Risiko für Erfrierungen an unbedeckten Hautpartien auf. Nasse Haut verkürzt die maximale Expositionszeit bis zur Entstehung von Erfrierungen erheblich!

Müdigkeit, Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Nahrung und Getränken, Ausbildungs- und Erfahrungsstand im Umgang mit Kälte, Ausrüstung, Rauchen und das Dienstalter der Soldaten.

- Zu den **umweltbedingten (Risiko-)Faktoren** (»enviromental (risk) factors«) zählen die Wetterfaktoren (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Regen, Schnee, Eis, schnelle Wetterwechsel, »wind chill«, Sonneneinstrahlung) und die Geländefaktoren (Höhe über Meeresspiegel, Lawinengefahr, Gefahr des Einbruchs in Eis bzw. Untertauchen in kaltes Wasser). Die »Wind-chill-Tabelle« (Abb. 38.1) zeigt den Einfluss von Umgebungstemperatur und Windgeschwindigkeit auf die sog. »gefühlte Temperatur«, die auch einen Maßstab für das generelle Risiko von Unterkühlung und Erfrierungen darstellt.
- Unter **auftrags- oder einsatzbezogenen (Risiko-)Faktoren** (»mission related risk factors«) werden alle Faktoren der Operationsführung und der Einsatzunterstützung verstanden, die bei Angehörigen der Einheit für die Entstehung von Kälteschäden relevant sind. Dabei kommt der grundsätzlichen Operationsführung (Ansatz der Kräfte, Gefechtsintensität, Dauer der Operationsführung, mögliche Pausen) ebenso eine Bedeutung zu wie der Art der Beweglichmachung (Marschgeschwindigkeit, Fußmarsch im Schnee, Ski, Schneeschuhe, Hochgebirgseinsatz mit alpinen Fähigkeiten, Skidoo-Einsatz, Rad- oder Ketten-Kfz). Die Einsatzunterstützung spielt hinsichtlich der Versorgung mit Nahrung, Wasser, Betriebsstoff, Verfügbarkeit einer wettergeschützten (ggf. geheizten) Unterkunft, usw. eine wesentliche Rolle.

38.4 Prophylaxe von Kälteschäden

38.4.1 Fähigkeiten des Einzelschützen

Wo immer möglich, sollten Soldaten im Vorfeld von Operationen in kalten Klimazonen entsprechende Trainingsprogramme durchlaufen. Ein hoher **Ausbildungs- und Erfahrungsstand** verringert das Risiko von Kälteschäden erheblich. Neben einer Gewöhnung an Tätigkeiten in kalten Klimazonen sollte dabei erlernt werden, Kleidung trockenzuhalten, insbesondere die Füße regelmäßig auf Kälteschäden zu kontrollieren, ein verlässliches Buddy-System zu entwickeln (gegenseitige Kontrolle mit zugeteiltem Partner), regelmäßig ausreichend Flüssigkeit zu sich zu nehmen, auftretende Probleme frühzeitig zu melden und ausreichend Regenerationspausen einzulegen. Die Handhabung der für den Einsatz vorgesehen Ausrüstung sollte in der Vorbereitung sicher erlernt werden. Zur Hautpflege sollten Produkte auf Fett- und nicht auf Wasserbasis genutzt werden, da letztere Erfrierungen fördern.

Falsch verstandener Ehrgeiz ist in kalten Klimazonen unprofessionell. Werden Symptome von Kälteschäden, Erschöpfung oder Leistungsminderung nicht ernst genommen, kann dies den Soldaten selbst, die komplette Einheit und die Auftragserfüllung massiv gefährden!

Auftretende Zeichen von Kälteschäden, Leistungsminderung und nachlassender Disziplin sind stets dem militärischen Führer zu melden, um auch alle anderen Soldaten in dieser Hinsicht überprüfen und die vorbeugenden Maßnahmen entsprechend anpassen zu können.

38.4.2 Ernährung

Die Zufuhr von fett- und kohlenhydratreicher, **hochkalorischer Nahrung** ist eine wichtige Grundlage, um dem Körper eine ausreichende Wärmeproduktion zu ermöglichen. Erfahrungsgemäß sinkt auch bei Erfahrenen in Kälte trotz des gesteigerten Energiebedarfs der Appetit. Daher sollte die Wichtigkeit der Einnahme von Verpflegung betont und angemessene Pausen dafür zur Verfügung gestellt werden.

Beim Aufenthalt in Kälte steigt aufgrund von Kältediurese und vermehrter Verdunstung über die Atemluft auch der **Flüssigkeitsbedarf** an. Warme Getränke können meist nur eingeschränkt mitgeführt werden. Kalte Getränke werden häufig gemieden, und die Erwärmung von Getränken erfordert entsprechenden Brennstoff und eine taktische Lage, die dies ermöglicht. Die Schläuche von Trinkblasen (z. B. Camelbak) frieren auch mit Isolationsüberzug schnell ein, sie sind daher für kalte Klimazonen kaum geeignet. Werden sie bei moderaten Temperaturen doch genutzt, sollte die Blase unter der Kleidung getragen und der Schlauch unter der Achsel durchgeführt werden. Wird bei dieser Trageweise zusätzlich ein Rucksack auf dem Rücken mitgeführt, kommt es aber schnell zu Undichtigkeiten des Systems, die wiederum bei durchnässter Bekleidung Erfrierungen begünstigen. Auch der Toilettengang kann bei tiefen Temperaturen durch die Entblößung von Gesäß oder Genital schnell zu Erfrierungen führen. Vor allem dem »wind chill« kommt hier große Bedeutung zu. Um die unangenehmen und nicht ungefährlichen Harnentleerungen insbesondere nachts möglichst zu vermeiden, wird häufig die Trinkmenge reduziert. Dies führt zur Dehydratation, die wiederum das Risiko für Kälteschäden und Höhenkrankheit erhöht. Hier ist wieder die nötige Disziplin gefragt, um stets ausreichend Flüssigkeit zu sich zu nehmen.

Ziel sollte als Faustregel ein mindestens 3-maliges wasserklares Urinieren pro Tag sein. Es sollten über 24 h mindestens 1.200 ml ausgeschieden werden. Falls ein Durstgefühl auftritt, ist die Dehydration bereits zu groß.

Der Genuss von **Alkohol** erhöht bei Kälte die Gefahr einer Unterkühlung erheblich, da er zu einer peripheren Vasodilatation führt [16]. Nikotinkonsum führt dagegen zur peripheren Vasokonstriktion und kann so theoretisch ein höheres Risiko von Erfrierungen bedingen. Der Sachverhalt ist allerdings bisher nicht wissenschaftlich nachgewiesen [10].

38.4.3 Führerverhalten

Müdigkeit, Dehydration und zu wenig Nahrung prägen häufig militärische Operationen. Sie verrin-

gern die Kompensationsreserven des Soldaten. Die taktischen Führer sollten daher durch regelmäßige Pausen, Aufnahme von warmen, gesüßten Getränken und energiereicher Nahrung diese Reserven schaffen und erhalten. Gerade bei längerer Einsatzdauer, geringerem Trainingszustand, hoher Traglast oder sonstiger Arbeitsbelastung kommt diesen Faktoren eine erhebliche Bedeutung zu. Sie haben auch direkte Auswirkungen auf die Disziplin bei der Einhaltung der Prophylaxemaßnahmen von Kälteschäden. In der norwegischen Armee wird der Stellenwert einer guten Ausrüstung zur Vermeidung von Kälteschäden bei 20 % gesehen, während die Qualität des Führerverhaltens 80 % ausmacht [3].

38.4.4 Ausrüstung

Damit in kalten Klimazonen Flüssigkeit zur Verfügung steht, muss sie in **Thermobehältern** mitgeführt werden. Der Inhalt einfacher Feldflaschen oder Trinkblasen gefriert sehr schnell. Durch Zuckern oder Salzen kann der Gefrierpunkt heruntergesetzt werden. Da Thermobehälter im Regelfall im Rucksack verstaut und Tassen genutzt werden müssen, ist die Flüssigkeitsaufnahme umständlich und Pausen notwendig. Der taktische Führer muss daher zur Sicherstellung einer ausreichenden Flüssigkeitsaufnahme ausreichend viele Pausen befehlen.

Das Mitführen von **Sammelbehältern für Urin** (»piss bag«, z. B. leichter Wassersack aus Plastik) hat sich extrem bewährt, um nächtliches Urinieren innerhalb der windgeschützten Umgebung des Zeltes zu ermöglichen. Da der Inhalt schnell gefriert und dann mitgeführt werden müsste, sollte der Behälter entweder unmittelbar entleert oder bis zur Leerung im Schlafsack aufbewahrt werden. Um auch beim Stuhlgang die entblößte Hautfläche zur Vermeidung von Kälteschäden zu minimieren, ist die Verwendung von Hosen mit einer entsprechenden Reißverschlussöffnung im Bereich des Gesäßes sinnvoll. Diese banal erscheinenden Punkte haben in der Praxis erhebliche Relevanz!

Für Überleben und Auftragserfüllung notwendige, aber **kälteempfindliche Ausrüstung** (z. B. Batterien für GPS-Geräte, Funkgeräte etc.) sollte in den Taschen der Innenbekleidung nah am Körper mitgeführt werden.

38.4.5 Bekleidung

Kleidung isoliert nur dann optimal, wenn sie trocken ist. Um die Kleidung trocken zu halten, muss der Schweiß vom Körper abtransportiert und eine Durchnässung durch Umwelteinflüsse wie Regen, Luftfeuchtigkeit, Schnee und Eis verhindert werden. Hierzu hat sich die Anwendung des Zwiebelschalenprinzips durchgesetzt. Dabei besteht die Bekleidung aus mehreren dünnen Schichten anstatt einer dicken Schicht, um auf sich ändernde Wetterbedingungen und Aktivitätsniveaus flexibler reagieren zu können. Ferner ist die Isolationsleistung durch die größere Luftspeicherung besser.

Die **Innenschicht** besteht aus modernen Funktionstextilien oder Wolle. Sie leiten Feuchtigkeit weiter und verfügen auch im nassen Zustand noch über eine Restisolationsfähigkeit. Baumwolle und andere feuchtigkeitsaufsaugende Gewebe büßen in nassem Zustand ihre Isolationsleistung nicht nur komplett ein, sondern bleiben nass. Sie erhöhen das Risiko für Kälteschäden damit erheblich.

Die **Mittelschicht** ist hauptsächlich für die Isolation notwendig und kann aus einer oder mehreren wärmende(n) Schicht(en) bestehen. Hierfür können Wolle, Fleece und ähnliche Materialien verwendet werden. Auch diese sollten gut schweißtransportierend und schnelltrocknend sein. In sehr kaltem Klima stellt Kleidung mit Daunenfüllung die optimalste Isolationsleistung bei minimalem Packvolumen und Gewicht zur Verfügung. Sie verliert diese aber bei Nässe vollständig und ist daher nur im trocken-kalten Klima sinnvoll.

Der Sinn der **Außenschicht** liegt darin, den Körper vor Wind und/oder Wasser zu schützen. Auch im militärischen Umfeld hat sich die Verwendung von Hochleistungsmembranen, z. B. Goretex, durchgesetzt. Sie sind nach außen wind- und wasserdicht, können aber den Schweiß von innen nach außen abtransportieren.

Die Wahl der Bekleidungsschichten sollte der Aktivität angepasst werden. Hierbei ist es sinnvoller, zu Beginn einer Aktivität weniger anzuziehen und es als kühl zu empfinden, als dick eingehüllt nach 5 min zu schwitzen. Kühlere Haut produziert weniger Schweiß, was natürlich eine trockenere Kleidung zur Folge hat.

Tagsüber sollte die Kleidung im Bedarfsfall durch gezieltes Öffnen der Reißverschlüsse belüftet werden. Am Abend sollte die Kleidung getrocknet werden. Besteht dazu keine Möglichkeit, muss die Bekleidung in wasserdichte Tüten verpackt mit in den Schlafsack genommen werden, um ein Einfrieren über Nacht zu verhindern.

Tipp

Manche Situationen erlauben es nicht, Kleidung über Nacht zu trocknen. In diesen Fällen sollte trockene Kleidung über Nacht verwendet und die feuchte am nächsten Tag zu Beginn der Aktivität wieder angezogen werden. Somit bleibt ein trockenes Kleidungsstück für die Ruhephasen erhalten.

Füße und Hände sind als Körperteile mit vergleichsweise großer Oberfläche von Auskühlung und Erfrierung besonders gefährdet, gleichzeitig aber für die Fortbewegung und Bedienung von Fahrzeugen, Waffen und Ausrüstung besonders wichtig. Gut isolierende **Stiefel**, möglichst mit herausnehmbarem (und somit besser zu trocknendem) Futter sind der Schlüssel zu Operationen in kalten Klimazonen. Während in trocken-kalter Witterung (≤15 bis −20 °C) Stiefel aus Stoffgewebe mit Innenstiefeln aus Filz (Mukluks oder Kamiks) besonders geeignet sind und von vielen Armeen in arktischen Klimazonen genutzt werden, ist bei nass-kalter Witterung (−15 °C bis Plusgrade) neben guter Isolation ein zuverlässiger Nässeschutz wichtig (z. B. Gummistiefel). Ein nasser Innenstiefel isoliert nicht mehr ausreichend! Da eine Durchfeuchtung auch durch den Fußschweiß verursacht wird, hat sich das Konzept des **»vapor barrier liner«** (Dampfsperre) bewährt: Über den Fuß, der in einer dünnen Innensocke aus Funktionsfaser oder Wolle steckt, wird ein wasserdichter sockenförmiger Überzug (notfalls auch eine Plastiktüte) gestülpt, bevor der Stiefel angezogen wird. Die Isolationsschicht des Stiefels bleibt dadurch trocken und maximal leistungsfähig, zudem wird das Verdunsten der Flüssigkeit verhindert. Durch das feuchte Klima innerhalb der Innensocke können allerdings vermehrt Hauterkrankungen und nichterfrierungsbedingte Kälteschäden auftreten (z. B. Grabenfuß). Die Füße müssen daher regelmäßig kontrolliert und getrocknet werden. Die Technik kann bei großer Kälte auch im Bereich von Handschuhen, Schlafsäcken und Bekleidung genutzt werden.

Der Isolation der **Hände** kommt eine ebenso große Bedeutung zu. Fingerhandschuhe bieten ähnlich der Hand eine große Oberfläche im Vergleich zum Volumen, ihre Isolationsleistung ist daher konstruktionsbedingt eingeschränkt. In großer Kälte sollten aus diesem Grund zusätzlich Fäustlinge zur Anwendung kommen, die über die Fingerhandschuhe gezogen werden können. Feinmotorische Tätigkeiten, z. B. Versorgung eines Verwundeten, Bedienung von Funkgeräten etc.) können häufig mit isolierten Handschuhen nicht ausgeführt werden. Um dabei den Wärmeverlust zu minimieren und ein Festfrieren der Finger an Metalloberflächen zu verhindern, sollten grundsätzlich immer ein dünner Kontakthandschuh (z. B. aus Seide) getragen werden.

Tipp

Wird das Schuhwerk nass (z. B. durch Einbruch ins Eis), kommt es in kürzester Zeit (Minuten!) zu Erfrierungen am betroffenen Fuß. Es muss daher umgehend entfernt werden. Aus diesem Grund ist es von entscheidender Bedeutung, in kalten Klimazonen zumindest im Trupp immer Ersatzstiefel oder Ersatzinnenstiefel mitzuführen. Gleiches gilt für Ersatzkleidung.

38.5 Kälteschäden

Kälteschäden treten dann ein, wenn über die Toleranzschwelle (»duration of limited exposure«, DLE) hinaus ein Missverhältnis zwischen Wärmeproduktion und -verlust besteht, sei es lokal wie bei erfrierungsbedingten Kälteverletzungen (»freezing cold injuries«, FCI) und nicht-erfrierungsbedingten Kälteverletzungen (»non-freezing cold injuries«, NFCI) oder global wie bei der Unterkühlung (Hypothermie, »hypothermia«). Im Falle eines Kombinationsproblems liegt aufgrund der hohen Sterblichkeitsrate von 10–25 % die Behandlungspriorität immer bei der Unterkühlung [15].

Bereits leichte Abweichungen vom Behaglichkeitsbereich mindern das Wohlbefinden. Die kältebedingte Minderdurchblutung von Haut und Extremitäten ruft Kälteempfindungen sowie Einschränkungen von Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit hervor. Durch die gleichzeitige Abnahme des Reaktionsvermögens, der Aufmerksamkeit und der Leistungsfähigkeit erhöht sich die Unfallgefahr.

38.5.1 Hypothermie

Kommt es bei einem Patienten zum Abfall der KKT unter 35 °C, wird von einer Unterkühlung gesprochen. Durch die Abkühlung laufen Stoffwechselvorgänge und damit die Tätigkeit der einzelnen Zellen im Körper langsamer ab. Eine Senkung der Temperatur um 10 °C bewirkt eine Halbierung der Geschwindigkeit chemischer Reaktionen [16]. Dies führt zu vielfältigen Funktionseinschränkungen:

- Bewusstseinstrübungen bis hin zum Koma
- Herzrhythmusstörungen (meist bradykard); sie gehen bei zunehmender Unterkühlung in Kammerflimmern und Asystolie über
- Gerinnungsstörungen

Allen Funktionseinschränkungen ist gemeinsam, dass sie kaum einer Therapie zugänglich sind, solange die KKT nicht durch Wiedererwärmung angehoben wird. Gleichzeitig bewirkt der verlangsamte Stoffwechsel aber auch eine deutliche **Senkung des Sauerstoffbedarfs** im Gewebe um ca. 7 % pro 1 °C Temperaturabfall. Dadurch kann sich die Überlebenszeit von mangelversorgten Zellen erheblich verlängern. Bekanntestes Beispiel ist Anna Bågenholm, die 1999 beim Skifahren in einen zugefrorenen Bach einbrach und 80 min im Eiswasser eingeschlossen war, mindestens 40 min davon mit Kreislaufstillstand. Sie überlebte eine KKT von 13,7 °C und führt heute ein normales Leben ohne wesentliche Folgeschäden. Diesen Effekt macht man sich bei der **therapeutischen Hypothermie** zunutze, um neurologische Spätschäden bei Reanimationspatienten durch leichte Kühlung zu vermindern.

Bei einer leichten Unterkühlung versucht der Körper, durch ausgeprägtes Muskelzittern die Wärmeproduktion deutlich zu erhöhen. Hierdurch kommt es zur Ausbildung von Hypoxie, Hypoglykämie und Azidose. Eine Bewusstseinstrübung liegt noch nicht vor. Die Lippen verfärben sich aufgrund der Zentralisation blau. Herzfrequenz, Blutdruck und Atemfrequenz steigen wegen der erhöhten körperlichen Anstrengung. Ist die körpereigene Wärmeproduktion ausreichend hoch oder wird genügend Wärme zugeführt, kann die Unterkühlung erfolgreich therapiert werden. Der Patient befindet sich daher noch nicht in akuter Lebensgefahr (»safe zone« oder Abwehrstadium).

Versagen die körpereigenen Abwehrmechanismen (z. B. aufgrund von Erschöpfung der Muskulatur), beginnt das Stadium der moderaten Hypothermie: das Zittern endet, und der Patient wird teilnahmslos und trübt zunehmend ein. Bei weiterem Absinken der KKT kommt es zur schweren Hypothermie mit Bewusstlosigkeit, Atemdepression und Herzrhythmusstörungen. Mit Eintritt einer moderaten Unterkühlung besteht eine Sterbewahrscheinlichkeit von 10–25 % (»danger zone« oder Erschöpfungsstadium), der Patient muss umgehend evakuiert werden (◘ Abb. 38.2) [16].

Primäre Hypothermie

Aufgrund der Ursache unterscheidet man die primäre von der sekundären Hypothermie. Tritt eine Unterkühlung als Folge von Umwelteinflüssen (Kälte, Nässe, Wind) auf, wird sie als **primäre Hypothermie** bezeichnet. Dieses Krankheitsbild hat gerade bei Operationen in kalten Klimazonen und im Hochgebirge eine hohe Relevanz. Die **Immersionshypothermie** beschreibt die Sonderform der Unterkühlung durch Eintauchen in Wasser. Durch die im Vergleich mit Luft 32-fach höhere Wärmeleitfähigkeit des Wassers kühlt der Körper sehr schnell aus [16]. Die Einteilung der Hypothermie kann ◘ Abb. 38.2 entnommen werden.

Akzidentelle Hypothermie

Eine **sekundäre Hypothermie** ist nicht nur durch die Witterungseinflüsse, sondern durch andere Ursachen bedingt. Neben den für das taktische Umfeld weitgehend irrelevanten hormonell oder stoffwechselbedingten Unterkühlungen (z. B. bei Schilddrüsenstörungen) kann auch ein Trauma zu einer Hypothermie führen.

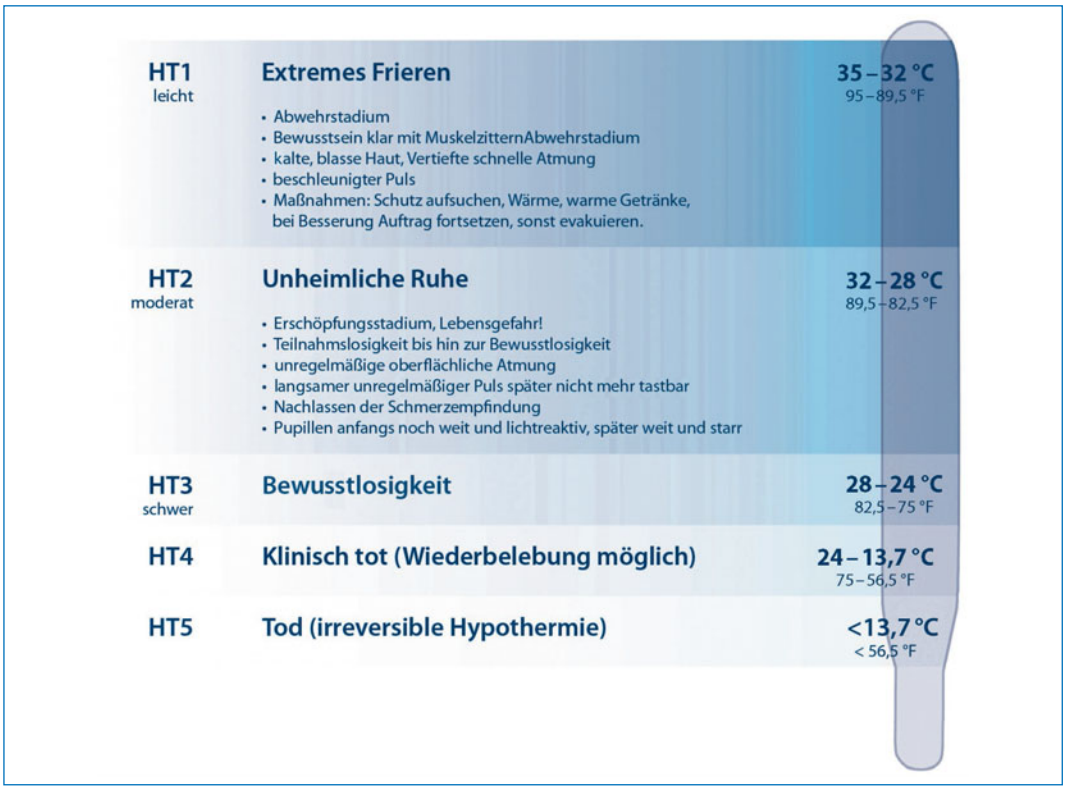


Abb. 38.2 Einteilung der Hypothermiestadien nach der International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom) und die wesentlichen präklinischen Symptome (*HT* Hypothermie). (Adaptiert nach [5, 15])

Diese sog. akzidentelle Hypothermie wird in der zivilen Notfallmedizin bei über 50 % aller Traumapatienten vorgefunden und hat daher gerade im taktischen Umfeld eine hohe Relevanz [14]. Dabei schränken das Trauma selbst, ein begleitendes Schockgeschehen oder die Verabreichung von Narkosemitteln die Fähigkeit des Körpers zur Regulierung seiner Körperkerntemperatur ein [14]. Auch bei Rückenmarksverletzten kann der Wärmeverlust besonders hoch sein, da die schützende Minderdurchblutung der Körperschale bei Kälte häufig aufgehoben ist. Dementsprechend droht eine Unterkühlung des Traumapatienten auch bei normalen oder hohen Umgebungstemperaturen.

In der taktischen Medizin kommt zu dieser massiven Unterkühlungsgefahr beim Traumapatienten noch eine verlängerte Versorgungs- und Evakuierungszeit hinzu. Transportmittel sind meist nicht geheizt oder sogar für ein weiteres Auskühlen verantwortlich (z. B. offene Türen bei Hubschraubern). Die Verwundeten sind nicht nur Nässe, Kälte und Wind ausgesetzt, es stehen im Regelfall auch keine vorgewärmten Infusionen zur Verfügung.

Neben den auftretenden Bewusstseinstrübungen und Herzrhythmusstörungen ist insbesondere die durch Unterkühlung bedingte Gerinnungsstörung (**Hypothermie-induzierte Koagulopathie**) bei der akzidentellen Hypothermie von herausragender Bedeutung. Die im Blutplasma gelösten Gerinnungsproteine, aber auch die Thrombozyten, funktionieren nur bei normaler KKT optimal. Mit jedem Grad sinkender KKT verschlechtert sich die Gerinnung daher um etwa 10 %. Gleichzeitig begünstigt die kältebedingte Zentralisation die Entstehung einer Azidose. Die Azidose wiederum führt auch zu einer deutlichen Verschlechterung der Gerinnungsfunktion, sodass ein Teufelskreis entsteht, der in diesem Zusammenhang auch das tödliche Dreieck aus Hypothermie, Koagulopathie und Azidose, **letale Trias**, genannt wird. Die Auswirkungen

der letalen Trias sind so schwerwiegend, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit von Schwerverletzten bei der Unterschreitung einer KKT von 34 °C bereits unter 50 % sinkt. Unterschreitet die KKT 32 °C, so liegt die Sterblichkeit bei nahezu 100 %. Aufgrund dieser Bedeutung wird die Einteilung der Unterkühlungsstadien bei Traumapatienten modifiziert: Schon bei moderater Absenkung der KKT wird die Unterkühlung als schwer eingestuft.

Ein hypothermer Schwerverletzter mit einer Blutungsproblematik sollte aggressiv, d. h. schnellstmöglich und mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln, erwärmt werden.

Bergungstod

Durch stärkere aktive oder passive Bewegung oder eine schnelle Erwärmung der Peripherie kommt es bei schwereren Unterkühlungen zur Vasodilatation und zum Rückfluss des kalten Blutes in den Körperkern. Hierdurch kann es trotz Wiedererwärmungsmaßnahmen zu einem erneuten Absinken der KKT kommen (»afterdrop«). Das kalte Blut ist außerdem übersäuert und hyperkaliämisch. Bei schwerer Hypothermie können daher schon geringe Bewegungen des Patienten zu schwersten Herzrhythmusstörungen führen. Diese sind häufig keiner Therapie zugänglich (Bergungstod) [15, 16]. Aus diesem Grund muss die Rettung bei moderater und schwerer Hypothermie äußerst schonend erfolgen. Die horizontale Lagerung darf dabei nicht verändert werden. Auch ein Winschen bei Hubschrauberrettung sollte wegen des extremen Risikos nicht mittels Rettungsschlinge, sondern immer mit Schleiftrage o. ä. in horizontaler Lage erfolgen. Zur Untersuchung und Entfernung nasser Kleidungsstücke sollte immer eine Schere benutzt werden, um die Bewegung des Patienten auf ein Minimum zu reduzieren.

Therapie

Die Vermeidung einer schweren Hypothermie ist deutlich einfacher als ihre Behandlung. Vorbeugende Maßnahmen sollten daher bei jedem Patienten mit relevanter Verletzung durchgeführt werden. Da eine akzidentelle Hypothermie unabhängig von der Umgebungstemperatur auftritt, sind beim Schwerverwundeten auch bei normalen und warmen Umgebungstemperaturen immer geeignete Maßnahmen zur Vorbeugung zu treffen [17]. Die Behandlung der primären und akzidentellen Hypothermie unterscheidet sich nicht, ebenso sind im präklinischen Bereich die Maßnahmen zum Wärmeerhalt weitgehend deckungsgleich mit denen zur Wiedererwärmung. Grundsätzlich muss zwischen aktiven und passiven Maßnahmen unterschieden werden:

Passive Wiedererwärmung

Ein passiver Wärmeerhalt soll dafür sorgen, dass möglichst wenig der vom Körper produzierten Wärme (ca. 80–250 W) an die Umwelt verloren geht. Dadurch wird nicht nur ein weiteres Absinken der KKT verhindert, sondern, abhängig vom Hypothermiestadium, dem Körper auch eine langsame Wiedererwärmung ermöglicht (ca. 1 °C/h bei erhaltenem Muskelzittern).

Die passive Wiedererwärmung erfolgt im Wesentlichen durch Isolierung des Patienten. Hierfür werden zunächst alle feuchten oder nassen Kleidungsstücke entfernt. Je nach Lage kann ggf. trockene Ersatzkleidung angezogen werden. Abschließend muss ein Wärmeverlust durch **Einhüllen** in Schlafsack, Decken, Poncholiner o. ä. erfolgen. Der Umfang der Maßnahmen wird dabei von den Witterungsbedingungen vorgegeben.

Faustregel
Der Patient sollte zumindest so warm eingepackt werden, wie ein Gesunder es bei den Umgebungstemperaturen im Zelt für einen angenehmen Schlaf tun würde.

Die **Auflagefläche** des Patienten auf Boden oder Trage muss gut isoliert werden. Hier eignen sich Isomatten hervorragend. Sind Gefechtshandlungen wahrscheinlich, sind Schaumstoffmatten o. ä. aufgrund der einfacheren Handhabung und der Robustheit den (selbstaufblasenden) Luftmatratzen vorzuziehen. Sind Tragen vorhanden, sollten diese grundsätzlich mit einer Isolierung versehen werden (z. B. Isomatte mit Klebeband darauf befestigen). Dies stellt sicher, dass auch in Stresssituationen immer eine Isolierung gegeben ist. Werden Tragehilfen verwendet (z. B. Bergetücher), muss gerade in hektischen Situationen darauf geachtet werden, dass diese nicht durch Maßnahmen zum Wärmeerhalt eingehüllt werden und zu jeder Zeit zum Transport des Patienten genutzt werden können.

Muss eine Isolierung am Boden improvisiert werden, ist dies mit Schlafsäcken, dünner Kleidung etc. kaum effektiv möglich: das Material wird durch das Körpergewicht zusammengedrückt und verliert einen Großteil seiner Isolationsfähigkeit. Besser ist die Unterpolsterung mit Materialien wie Tannenreisig, Stroh etc., das Luftpolster bildet. Wird dieses in einen Poncho, Biwaksack o. ä. eingehüllt, wird es leichter handhabbar und die isolierende, erwärmte Luft besser im Material gehalten. In Ausnahmefälle kann auch eine Lagerung auf Rucksäcken hilfreich sein. Die Isolationsmaßnahmen sollten außen herum wind- und ggf. wasserdicht abgedeckt werden. Ideal geeignet sind hier Biwaksäcke mit langem Reißverschluss.

Besondere Aufmerksamkeit sollte dem Kopf gewidmet werden, über den der Körper viel Wärme verliert. Die Verwendung einer einfachen Mütze, möglichst aus Wolle oder Kunstfaser, hat sich bewährt. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen oder hohen Windgeschwindigkeiten muss auch die Abdeckung des Gesichts gut abgewogen werden. Gerade bei längeren Transportwegen in arktischen Klimazonen resultiert ein freiliegendes Gesicht zumindest in Erfrierungen. Bei einem bedeckten Gesicht ist hingegen die Möglichkeit zur Überwachung deutlich eingeschränkt.

An dieser Stelle kann aus Platzgründen keine erschöpfende Marktübersicht geboten werden. Wir möchten jedoch folgende Produkte erwähnen, die sich in der Praxis gut bewährt haben:

- Als klein verpackte und robuste Möglichkeit zum Wärmeerhalt haben sich Produkte wie **Survival Blanket** oder **Survival Bag** von Blizzard gut bewährt. Sie bestehen wie Rettungsdecken aus einer reflektierenden Folie, verfügen aber zusätzlich über mehrere Schichten von Luftkammern. Neben einer guten Isolationsleistung bieten sie auch einen Schutz gegen Wind und Regen. Wie auch die normale Rettungsdecke ist die Isolationsleistung an den Auflageflächen allerdings sehr eingeschränkt. Ein entlang der Decke bzw. des Schlafsacks laufender Klebestreifen ermöglicht das einfache Einbringen des Patienten und erleichtert die Zugänglichkeit. Eine Alternative stellt z. B. das **Hypothermia Prevention and Management Kit** von North American Rescue dar.
- Eine gute Kombination aus Isolation und Tragehilfe bietet das **APLS Thermal Guard** von PaperPak Industries. Ein H-förmiger, über die gesamte Länge verlaufender Reißverschluss ermöglicht eine gute Zugänglichkeit und leichte Handhabung. Im Bereich der Arme und Beine sind jeweils rechts und links mit Klett verschlossene Öffnungen vorhanden, über die bei geringem Wärmeverlust die Extremitäten zugänglich sind. Es lassen sich auch ein Infusionsarm oder mittels Tourniquet kontrollierte Extremitätenblutungen zur besseren Kontrolle nach außen verlagern.

Aktive Wiedererwärmung

Die aktive Wiedererwärmung nutzt die Zufuhr von Wärme, um die KKT zu erhöhen. Die Möglichkeiten im präklinischen Bereich sind dabei sehr eingeschränkt bzgl. der Menge der zuführbaren Energie. Sie führen meist nicht zu einer echten externen Wiedererwärmung, wie sie in stationären Einrichtungen möglich ist. Sie sorgen allerdings dafür, dass durch Schaffung einer warmen Umgebungstemperatur die Wiedererwärmung des Körpers unterstützt wird und eine weitere Abkühlung, z. B. durch Zufuhr von kalten Infusionen, verhindert wird. Da die nicht durchblutete Haut beim zentralisierten Patienten eine geringe Toleranz gegenüber Hitze hat, sollten zur Vermeidung von Verbrennungen Wärmequellen nicht direkt auf die Haut gelegt werden.

Nachfolgende Punkte müssen in der Therapie der Hypothermie besonders beachtet werden:

- Als Standardprodukt haben sich **chemische Wärmeerzeuger**, wie die Ready-Heat-Decke von TechTrade, weltweit durchgesetzt. Es handelt sich um eine Einmalvliesdecke, in die Taschen mit chemischen Wärmeerzeugern eingearbeitet sind. Nach Kontakt mit Sauerstoff produzieren sie ca. 40 °C Wärme über 6–8 h. Um diese Temperaturen zu erreichen, braucht die Decke ca. 15–30 min. Es sind auch kleinere Decken mit einem Wärmeelement oder in Westenform erhältlich, die klein und leicht genug für ein Mitführen im Rucksack sind. Kleinste Löcher in der Vakuumverpackung können bei der Ready-Heat-Decke durch vorzeitigen Sauerstoffkontakt zu Versagern führen. Außerdem ist es wichtig, dem Produkt vor dem

Verpacken in Isolationsschichten einen ausreichenden Sauerstoffkontakt zu ermöglichen. Hierfür sollte sie gut aufgeschüttelt werden und wenige Minuten offen liegen oder hängen. Aufgrund des erniedrigten Sauerstoffpartialdrucks funktionieren chemische Wärmeerzeuger in Höhen über 3.000 m über NN unzureichend.

- Wo immer möglich, sollten **warme Infusionen** verabreicht werden. Ihr Beitrag zur Wiedererwärmung ist insgesamt aber gering. Kalte Infusionen verzögern die Wiedererwärmung erheblich und sollten daher vermieden werden (▶ Abschn. 38.6).
- **Warmluftgeräte** (z. B. Bair Hugger von Arizant, WarmTouch von Covidien) stellen im klinischen Bereich eine leistungsfähige Option (ca. 600–900 W) zur Wiedererwärmung dar und werden von den TCCC-Leitlinien empfohlen [17]. Für den präklinischen taktischen Einsatz sind sie aber zu groß, zu schwer und verbrauchen zu viel Energie. Eine transportable Alternative stellt das System HEATPAC von Normeca AS dar. Es erzeugt Wärme mittels Brennelementen aus Kohle und nutzt Strom lediglich für ein Gebläse zur Verteilung der Wärme. Dadurch lässt sich die Batterie klein halten, das Gerät wiegt insgesamt ca. 500 g. Ein Brennelement produziert mehrere Stunden lang ca. 250 W Wärme und kann daher effektiv die KKT anheben. Die Warmluft wird in vier Textilschläuche geblasen, die um den Körperstamm gewickelt oder entlang der Extremitäten gelegt werden können.
- Die Nutzung der **Körperwärme** anderer Menschen ist eine bewährte Methode zur Wiedererwärmung, da erheblich mehr Wärme als bei der Nutzung von chemischen Wärmeerzeugern übertragen werden kann. Typischerweise wird ein möglichst großer Körperkontakt in Seitenlage gesucht, die Isolation muss Patient und Helfer umschließen. Hierfür bietet sich die Nutzung von zwei mittels Reißverschluss gekoppelten Schlafsäcken an. Problematisch ist, dass bei dieser Variante Wärme kaum gezielt auf den Körperkern einwirken kann.
- Spezielle Beatmungsgeräte ermöglichen eine **Warmluftbeatmung.** Sie sind jedoch meist im präklinischen Bereich nicht verfügbar.
- Im stationären Bereich bestehen neben der Warmlufterzeugung noch die Möglichkeit einer Spülung mit warmer Flüssigkeit (**Lavage**) von Magen und Darm. Nach operativer Eröffnung ist auch eine Spülung von Brustkorb und Bauchhöhle möglich. In entsprechenden Zentren stehen **Herz-Lungen-Maschinen** und Geräte zur extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) oder Hämofiltration zur Verfügung. Diese Erwärmung von Blut außerhalb des Körpers ist die effektivste Möglichkeit einer gesteuerten Wiedererwärmung, ist im Auslandseinsatz aber in der Regel nicht vorhanden.

Warme Bäder, Duschen o. ä. führen in der Regel zu einer schnellen Aufhebung der Zentralisation und können zu erheblichen Kreislaufproblemen bis hin zum Bergetod führen. Sie sind daher in der präklinischen Versorgung nicht indiziert.

Hibler-Packung

Die Hibler-Packung ist eine Form der aktiven Wiedererwärmung, bei der die Wärmezufuhr auf den Körperstamm begrenzt wird. Hierdurch soll ein Bergungstod durch zu schnelle wärmedingte Aufhebung der Zentralisation vermieden werden. Grundsätzlich sollte beim nicht mehr zitternden Patienten die Wärmezufuhr bis zur Besserung immer in Form einer Hibler-Packung erfolgen [9].

Die traditionelle Hibler-Packung wird mit Wolldecken und einer feucht-warmen Packung gebaut. Hierfür werden 2 Decken je nach Größe nebeneinander oder leicht überlappend so auf den Boden gelegt, dass der Patient darauf ausreichend Platz finden kann. Darauf wird eine Rettungsdecke ausgebreitet und zwei weitere Wolldecken. Der Patient wird in Rückenlage auf die oberste Decke gelegt, nachdem ggf. nasse Kleidung entfernt worden ist. Nun wird ein Handtuch, Pullover o. ä. mit ca. 40 °C heißem Wasser (z. B. aus einer mitgeführtem Thermoskanne) durchfeuchtet, auf ungefähr 40 × 40 cm Größe zusammengefaltet und dann auf der Brust des Patienten platziert. Wurde die Unterwäsche/Unterbekleidung entfernt, sollte grundsätzlich ein trockenes T-Shirt, Handtuch o. ä. zur Vermeidung von Verbrennungen dazwischen gelegt werden. Dann werden alle Decken inkl. der Rettungsdecke so eingeschlagen, dass das Gesicht frei bleibt.

Durch moderne Materialien lässt sich eine Hibler-Packung auch mit im Rucksack mitführbarem Material herstellen (Abb. 38.3).

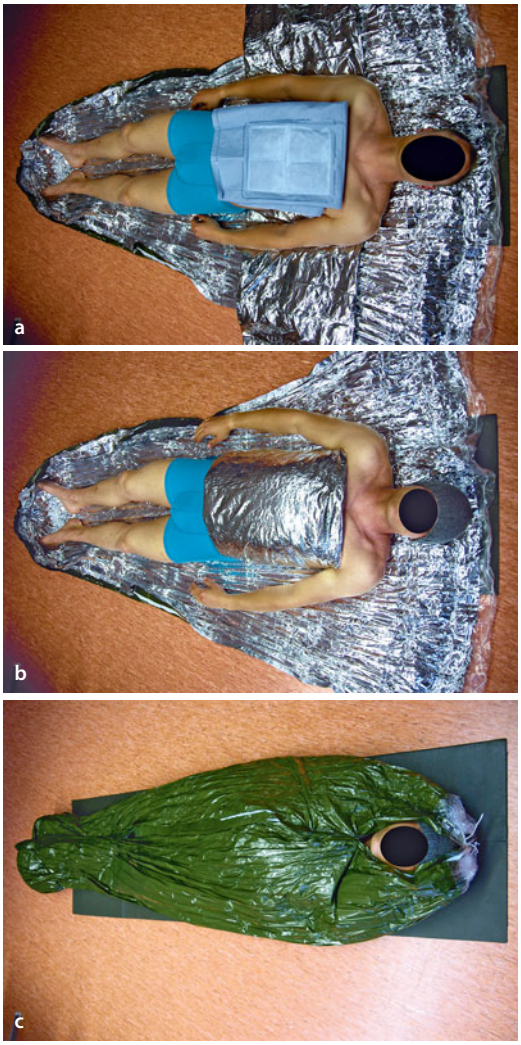


Abb. 38.3a–c Modifizierte Hibler-Packung. Ein Rettungsschlafsack (Survival Bag, Fa. Blizzard) als Isolationsschicht wird dabei mit einem chemischen Wärmeerzeuger (Ready-Heat, Fa. TechTrade) oder einer traditionellen feucht-warmen Kompresse kombiniert. Die Ready-Heat-Decke kann so gefaltet werden, dass die Vliesdecke gleichzeitig als Kontaktschutz zwischen der Haut und den Wärmeelementen liegt (**a**). Eine zusammengefaltete Rettungsdecke wird dann um den Körperkern gewickelt (**b**), der Rettungsschlafsack bildet die Außenhülle (**c**). In jedem Fall sollte eine Isomatte untergelegt werden. Eine Mütze erleichtert und verbessert die Isolation des Kopfes

Sonstige Maßnahmen

Die Grundsätze der Therapie (Abb. 38.4) richten sich im Wesentlichen nach aktuellen notfallmedizinischen Standards, z. B. »Advanced Cardiac Life Support« (ACLS). Folgende Aspekte sind dabei zu berücksichtigen:

- Bei moderaten und schweren Unterkühlungen nach Beendigung des Muskelzitterns ist der **Blutzuckerspiegel** häufig reduziert und sollte durch Glukosezufuhr in den Normalbereich angehoben werden. Steht kein Blutzuckermessgerät zur Verfügung, sollte zum Ausschluss einer Hypoglykämie als Ursache der Bewusstseinstrübung Glukose i.v. appliziert werden (40–50 ml Glukose 40 %). Eine Hyperglykämie kann im taktischen Umfeld bei normalen Evakuierungszeiten toleriert werden.
- Bei Atmungs- oder Kreislaufstillstand sollte wegen des neuroprotektiven Effekts der Unterkühlung ausdauernd reanimiert werden. Ein Transport unter **Reanimation** in eine Behandlungseinrichtung ist grundsätzlich sinnvoll, wenn die taktische Lage es erlaubt. Es gilt der Grundsatz von Gregory: »Niemand ist tot, bis er wiedererwärmt und tot ist«. Tritt eine Asystolie bei KKT >32 °C auf, ist diese meist nicht durch die Unterkühlung bedingt und hat eine schlechte Prognose [16]. Defibrillation und Kardioversion sind in der Regel nur bei einer KKT >30 °C erfolgreich. Darunter sollte der Schwerpunkt der Maßnahmen auf die Wiedererwärmung gelegt werden. Das Erkennen des Kreislaufstillstandes ist beim Unterkühlten häufig schwierig. Die Pulskontrolle sollte auf 60 s verlängert werden, die Ableitung eines EKG sinnvoll.
- Verabreichte **Medikamente** haben aufgrund der verlangsamten Stoffwechselvorgänge einen deutlich verzögerten Wirkungseintritt und eine verlängerte Halbwertzeit. Wird die Dosis nicht angepasst, droht eine Überdosierung, die bei Wiedererwärmung wirksam wird. Antiarrhythmika und Katecholamine sind bei einer KKT <30 °C meist unwirksam, ihre Gabe ist in diesem Fall daher auch im Rahmen einer Reanimation nicht sinnvoll [16].
- Sofern **Sauerstoff** zur Verfügung steht, sollte eine Sauerstoffgabe erfolgen.

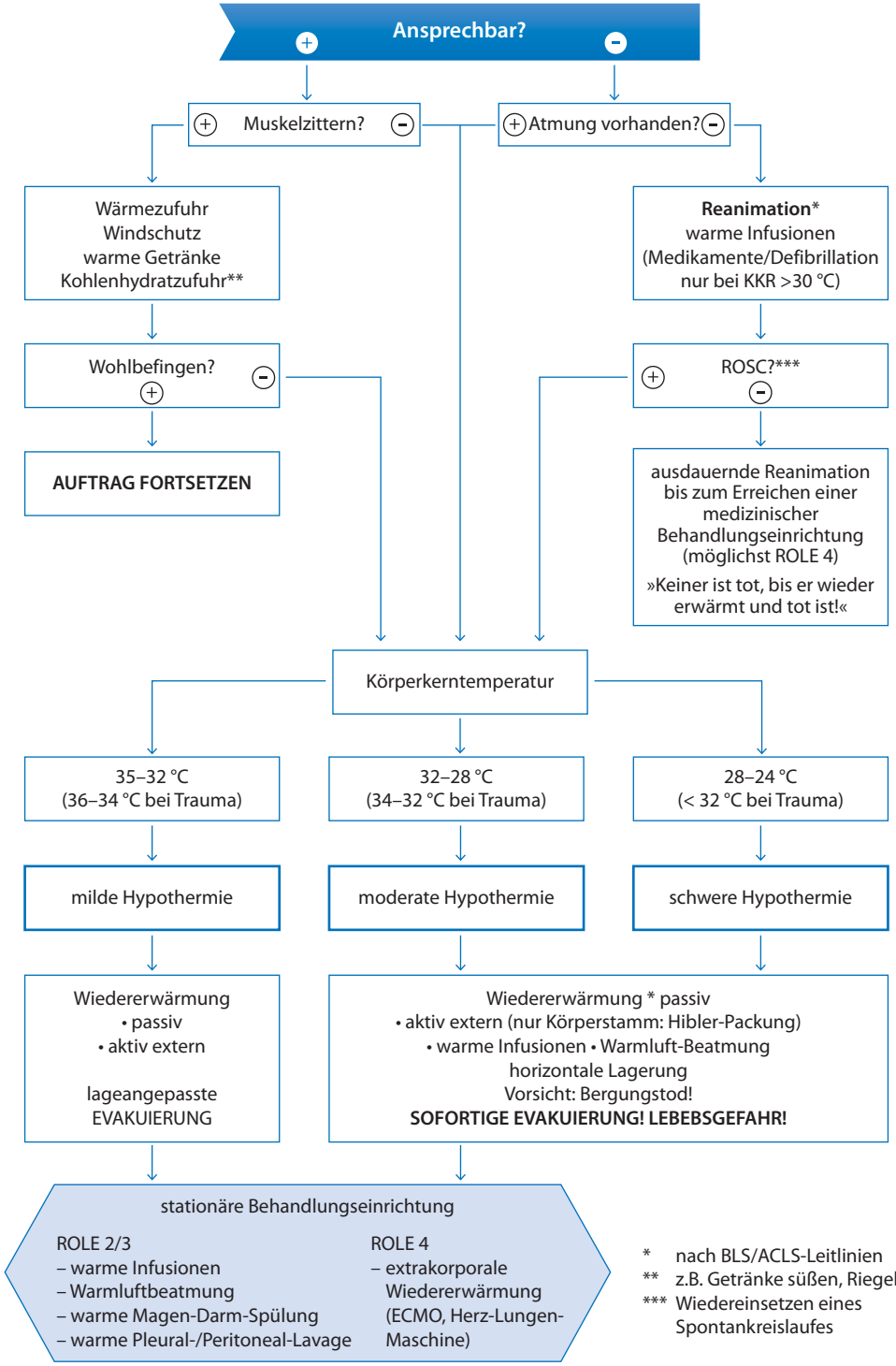


Abb. 38.4 Behandlungsalgorithmus der Hypothermie. *ROSC* »Return of Spontaneous Circulation«. (Adaptiert nach [15])

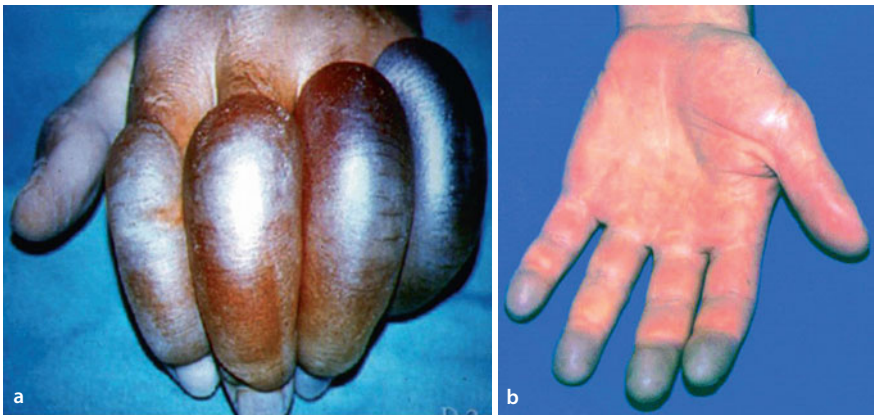


Abb. 38.5a,b Erfrierung. **a** Oberflächliche Erfrierungen mit Blasenbildung. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. J. Klatt). **b** Tiefe Erfrierungen, die auch auf Wiedererwärmung nicht ansprachen und Monate später amputiert werden mussten. Beide Aufnahmen entstanden vor der Wiedererwärmung. (Aus [4]).

38.5.2 Lokale Kälteschäden

Lokale Kälteschäden betreffen nur einzelne Körperregionen. Bei Temperaturen von 0–15 °C (feuchte Kälte) treten typischerweise NFCI auf, während bei Temperaturen unter 0 °C (trockene Kälte) echte Erfrierungen üblich sind.

Erfrierungen

Definition

Erfrierungen, auch FCI genannt, entstehen, wenn Körperteile längerfristig Temperaturen unter 0 °C ausgesetzt werden. Aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen treten Erfrierungen meist im Bereich der Füße und Hände auf. Auch exponierte Stellen wie Nasenspitze und Ohren sind häufig betroffen. Bei extremen Minusgraden kann es auch zu Erfrierungen in den Atemwegen (–40 °C) bis hin zum Zerspringen der Zähne (–50 °C) kommen [15].

Pathophysiologie

Die Entstehung von Erfrierungen ist v. a. durch drei Mechanismen bedingt [1, 7, 10]:

- Die direkte physikalische Kälteeinwirkung führt zur Erfrierung des Gewebes mit Bildung von Eiskristallen, die über Änderung des osmotischen Gefälles Zellen dehydrieren oder mechanisch zerstören.
- Die periphere Vasokonstriktion führt zu einem verminderten Blutfluss im Gewebe. Das langsam fließende Blut bildet Mikrothromben, verstopft die Kapillaren und führt dadurch zum hypoxischen Gewebeschaden.
- Die aufgrund von unzureichender Flüssigkeitsaufnahme und Kältediurese meist bestehende Dehydratation führt zu einer Erhöhung des Hämatokrits, was die Bildung von Mikrothromben in den Kapillaren begünstigt.

Klassifikation

Die klassische Stadieneinteilung der Erfrierungen in 4 Stadien analog zu den Verbrennungsgraden wird in der klinischen Anwendung zunehmend verlassen. Derzeit wird meist eine praxisorientierte Einteilung in oberflächliche und tiefe Erfrierungen verwendet [5, 7]. Eine definitive Einteilung in oberflächliche oder tiefe Erfrierungen ist meist erst nach 4–5 Tagen möglich [1]:

- Oberflächliche Erfrierungen erstrecken sich nur auf die Haut und das Unterhautfettgewebe und können für den Unerfahrenen bereits dramatisch aussehen. Sie sind meist blass zyanotisch verfärbt (Abb. 38.5a).
- Tiefe Erfrierungen sind alle, die subfaszial liegen, also die Muskulatur, Bänder und Gelenke in der Tiefe miterfassen. Sie sehen meist grauviolett und »blutleer« aus (Abb. 38.5b).

Symptome

Sinkt die Hauttemperatur unter 10 °C, wird die Haut in der Regel gefühllos. Die Körperteile werden steif und die Feinmotorik geht verloren. Dementsprechend werden die Erfrierungen häufig erst zu spät bemerkt. Dem kann am besten durch regelmäßige Kontrolle, insbesondere der Füße, vorgebeugt werden. Neben dem Taubheitsgefühl selbst wird häufig die Wahrnehmung der Extremität als ein Stück Holz beschrieben. Ein auftretendes Taubheitsgefühl ist ein ernsthaftes Alarmzeichen und sollte zu sofortigem Handeln Anlass geben [1].

Das Ausmaß der Schädigung wird erst mit dem Aufwärmen klar. Sind 30 min nach Beginn des Auftauens alle Symptome verschwunden, handelt es sich um eine oberflächliche Erfrierung [10]. Sie gehen mit einer deutlich erhöhten Anfälligkeit für erneute Erfrierungen für einige Monate einher [10].

Therapie

Im erfrorenen Gewebe kommt es beim Wiedererwärmen reflektorisch zu einer massiven Durchblutung. Aufgrund von Hypoxie und resultierender Azidose werden die Kapillarwände durchlässig, was eine massive Ödem- und Blasenbildung und erhebliche Schmerzen verursacht. Wiedererwärmte Extremitäten sind daher meist nicht mehr für Tätigkeiten zu gebrauchen. Im Extremfall können die Ödeme auch ein Kompartmentsyndrom verursachen [1]. Bleiben Ödeme und Blasenbildung aus und erholt sich das betroffene Areal innerhalb weniger Minuten, liegt nur eine leichte Erfrierung vor. Liegen Blasen vor, sind sie bei oberflächlichen Erfrierungen durchsichtig (serös) und bei tiefen blutig (hämatoserös) gefüllt. Sie bilden die Trennlinie zwischen oberflächlichen und tiefen Erfrierungen. Treten keine Blasen, aber ein deutliches Ödem proximal des geschädigten Areals auf, ist von einer tiefen Erfrierung auszugehen. Das Ödem kann dabei große Ausmaße annehmen. Im Zweifelsfall ist immer von einer tiefen Erfrierung auszugehen.

Die Dauer der Erfrierung sollte durch eine frühestmögliche Wiedererwärmung so kurz wie möglich gehalten werden. Kommt es allerdings zum erneuten Einfrieren durch Kälteexposition und anschließendem Auftauen, verstärken sich die Gewebeschäden erheblich [7]. Das Auftauen sollte daher erst erfolgen, wenn ein Wiedergefrieren sicher ausgeschlossen werden kann und eine gezielte schnelle Erwärmung in einem Wasserbad von 35–40 °C (»**rapid rewarming**«) über 30–60 min erfolgen kann [10]. Sie stellt neben der Anlage von sterilen Verbänden den einzigen wissenschaftlich gesicherten Therapiestandard dar [7]. Dabei muss das Wasservolumen groß genug sein, damit das Eintauchen der Gliedmaße nicht zu einem wesentlichen Absinken der Temperatur führt. Der Behälter sollte das Zugießen von warmem Wasser leicht möglich machen, um die Wassertemperatur über die Zeit halten zu können. Die Wiedererwärmung muss bis zur vollständigen Erholung (rote/rosa Färbung des Areals) fortgeführt werden (mindestens 30 min, besser 60 min). Ein Zusatz von Wunddesinfektionsmitteln (z. B. Iodlösung) zum Wasser ist empfehlenswert, um die Infektionsrate zu senken. Vor Wiedererwärmung muss ggf. vorhandener Schmuck, Uhren etc. wegen der zu erwartenden Ödeme entfernt werden! Die in Kälte meist vorhandene Dehydratation sollte zur Verbesserung der Mikrozirkulation durch Flüssigkeitszufuhr (z. B. warme Getränke) ausgeglichen werden. Im Anschluss an die durchgeführte Wiedererwärmung sollte die Gliedmaße zur Ödemprophylaxe hochgelagert werden.

Ein Wiedererwärmung im Wasserbad bedarf einer gewissen Logistik (wettergeschützte, warme Unterkunft, ausreichend warmes Wasser) und führt zu erheblichen Ödemen und Schmerzen.

Mit einem erfrorenen Fuß ist der Soldat noch bedingt gehfähig, mit einem wiedererwärmten aber keinesfalls.

Eine Hand mit einem erfrorenen Finger kann durchaus noch Waffe oder Funkgerät bedienen, eine aufgetaute nicht mehr. In taktischen Lagen muss eine Wiedererwärmung daher sehr vorausschauend abgewogen werden. Ist ein »rapid rewarming« nicht möglich oder taktisch nicht sinnvoll (Ausweichen bei Feinddruck, offenes Feuer nicht möglich, Patient kann wegen Lage oder Gelände nicht getragen werden, Gliedmaße wird für den Rückweg/Abstieg benötigt), muss die Wiedererwärmung hinausgeschoben werden. Bei tiefen Erfrierungen können relativ frühzeitig auch vor Wiedererwärmung Ödeme auftreten, die insbesondere an den Füßen zu unangenehmen Druckgefühlen führen können. Sie dürfen nicht dazu verleiten, die

Stiefel auszuziehen. Diese können sonst nicht mehr angezogen werden, ein weiterer Fußmarsch ist dann nicht mehr möglich [1, 15].

Bei gleichzeitig vorliegender **Hypothermie** hat deren Behandlung Vorrang. Ein »rapid rewarming« sollte erst erfolgen, wenn die KKT mindestens 35 °C erreicht hat [10].

Bei **leichten Erfrierungen** von Händen oder Füßen kann das Wiederwärmen unter den eigenen Achseln oder der Jacke des Kameraden erfolgen. Tritt eine Erholung innerhalb von 10 min ein, ist das Vorliegen einer schwerwiegenderen Erfrierung so unwahrscheinlich, dass die Tätigkeit weiter fortgeführt werden kann. Allerdings bleibt das Auftreten eines erneuten Kälteschadens ohne Verbesserung der vorbeugenden Maßnahmen sehr wahrscheinlich. Das Einreiben mit Schnee vergrößert vorhandenen Schaden und sollte unterbleiben, ebenso eine Wiedererwärmung mit unkontrollierten Temperaturen (z. B. am Ofen, Motorblock).

Nach dem Auftauen sollte die Gliedmaße steril abgedeckt und zum Schutz vor mechanischer Schädigung locker und gepolstert verbunden werden [1, 7]. Geschlossene Blasen sollten zur Minderung der Infektionsgefahr mindestens 1 Woche belassen und nur bei zu starker Spannung steril punktiert werden, offene Blasen können vorsichtig abgetragen werden [1, 7]. Zweimal täglich sollte ein Wasserbad bei 37 °C mit Zusatz von Desinfektionsmitteln erfolgen [1]. Treten Infektionen auf, sollten sie antibiotisch therapiert werden. Eine prophylaktische Gabe wird allerdings nicht empfohlen [1, 7]. Tetanusschutz sollte bei Einsatzkräften ohnehin gegeben sein, muss sonst aber zeitgerecht erfolgen [1].

Das Auftauen ist sehr schmerzhaft, und die Gabe hochpotenter **Analgetika** (z. B. Novalgin, Opiate) in den meisten Fällen notwendig. Zur Verbesserung der Mikroperfusion und der Reduzierung von Entzündungsbotenstoffen kann frühestmöglich Acetylsalicylsäure (z. B. Aspirin, 1-mal 300 mg/Tag) verabreicht werden [1]. Aufgrund des erhöhten Blutungsrisikos sollte der Einsatz in Lagen mit erhöhtem Verwundungs- oder Verletzungsrisiko allerdings gut abgewogen werden. In diesem Fall ist Ibuprofen empfehlenswert (3-mal 800 mg/Tag), das ebenfalls analgetisch wirkt, aber eine kürzere und geringere Beeinträchtigung der Blutgerinnung aufweist.

Eine interessante Alternative in der Hand des Geübten ist die Anwendung einer **Regionalanästhesie**, z. B. als Hand-/Fußblock- oder auch als anteriorer Femoralisblock, da hier neben der guten Analgesie zusätzlich die periphere Vasodilatation eine Verbesserung der Durchblutung bewirkt [8].

Weiterhin scheinen sich zusätzlich zu ASS die Gabe von **Antikoagulanzien**, z. B. niedermolekulare Heparine oder orale Antikoagulation, sowie die Gabe von Prostavasinpräparaten und Gewebe-Plasminogen-Aktivator (tPA) als interessante neue Therapieansätze zu zeigen [14, 20]. Handfort et al. {21} stellen hierzu konkrete Behandlungsprotokolle vor. Ferner sollte die Möglichkeit einer Sauerstoff-Überdruckbehandlung in einer Druckkammer auch deutlich zeitverzögert in Betracht gezogen werden [22].

Tipp

Aufgrund selbst gemachter Erfahrungen empfehlen wir die frühzeitige Kontaktaufnahme mit dem Zielkrankenhaus, in dem die Folgebehandlung im Heimatland stattfinden soll, um gemeinsam Therapie und Evakuierungs- bzw. Repatriierungsnotwendigkeit festzulegen.

Die Sauerstoffversorgung des Gewebes kann durch Sauerstoffgabe optimiert werden. Insbesondere bei den sehr niedrigen Sauerstoffpartialdrücken in Höhen von über 4.000 m ist die Gabe indiziert, Sauerstoff allerdings nur selten verfügbar [1].

Bei oberflächlichen Läsionen ist eine 6-monatige, bei tiefen sogar eine 12-monatige absolute Kältekarenz einzuhalten. Eine neuerliche Exposition würde dieselbe fatale Prognose wie eine akute Re-Erfrierung haben. ◘ Abb. 38.6 stellt in einem Fließdiagramm den Algorithmus graphisch dar.

Nicht-erfrierungsbedingte Kälteschäden

▪ Definition

Nichterfrierungsbedingte Kälteschäden entstehen, wenn das Gewebe über mehrere Stunden oder Tage feuchter Kälte (0–15 °C) ausgesetzt ist [10, 11]. Es kommt dabei im Gegensatz zu Erfrierungen nicht zum Einfrieren von Gewebeflüssigkeit. Dieser »**Kältebrand**« wurde im Matsch der Schützengräben der Westfront des 1. Weltkriegs nach tage-

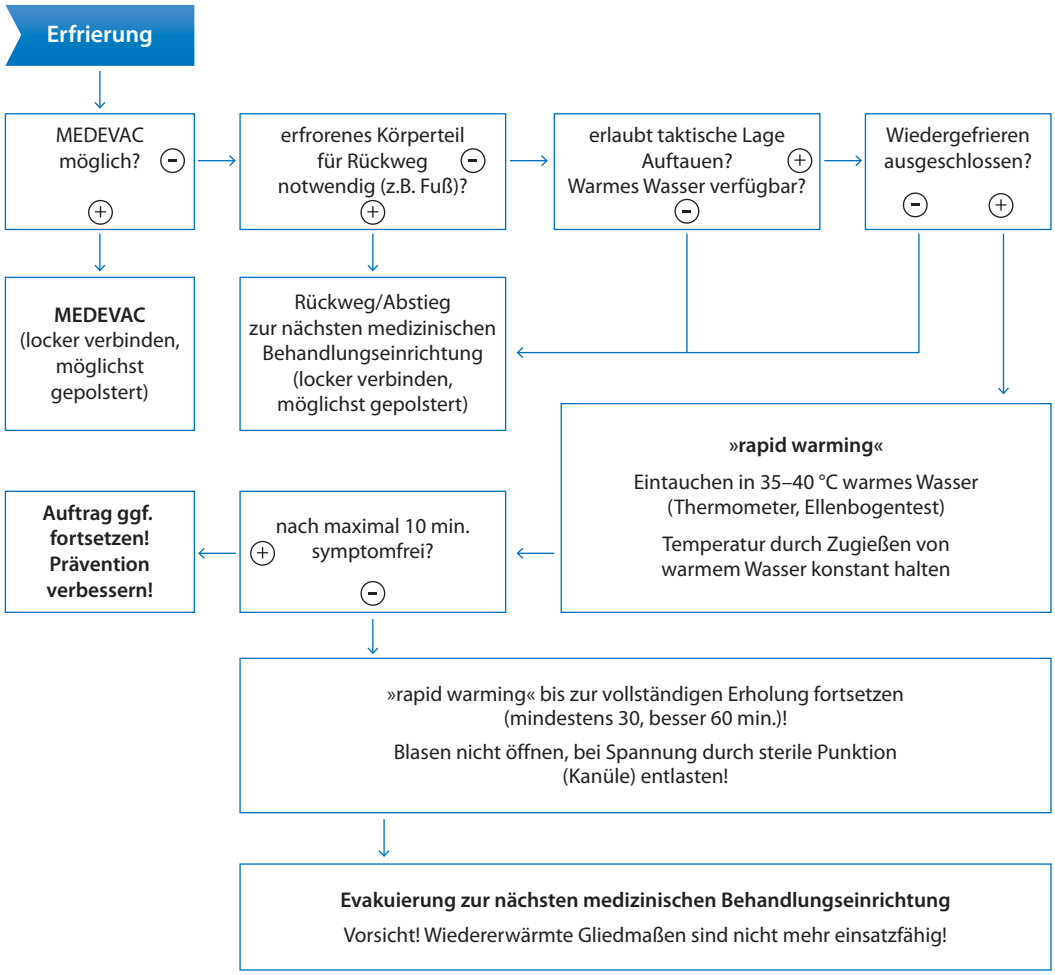


Abb. 38.6 Algorithmus zur Behandlung von Erfrierungen unter taktischen Bedingungen [5, 15]

langem Tragen von durchnässten Stiefeln häufig beobachtet. Er erhielt in dieser Zeit den Namen »**Grabenfuß**« (»trench foot«). Das Krankheitsbild tritt meist gehäuft auf und hatte z. B. im Falklandkrieg durch hohe Ausfallraten einen erheblichen Einfluss auf die Operationsführung [10].

Der Immersionsfuß (längeres Eintauchen in Wasser, z. B. bei Schiffbrüchigen) zeigt eine nahezu deckungsgleiche Symptomatik, wie auch der von in U-Bahn-Tunneln schutzsuchenden Einwohner Londons im 2. Weltkrieg bekannte Bunkerfuß (»shelter limb«). Auch in warmen Klimazonen kann längerer Kontakt mit Nässe oder Feuchtigkeit durch deren gute Wärmeleitfähigkeit ähnliche Krankheitsbilder hervorrufen, z. B. den tropischen Grabenfuß (»paddy foot«).

Der zu Grunde liegende Mechanismus scheint eine Reperfusionsverletzung nach längeren Phasen von peripherer Vasokonstriktion zu sein [11, 12].

Pathophysiologie

NFCI sind durch eine verlängerte Vasokonstriktion gekennzeichnet. Neben Kälte sind Schmerz, Angst, enges Schuhwerk und Bewegungslosigkeit Faktoren, die eine Vasokonstriktion durch Erhöhung des Sympathikotonus verursachen oder mechanisch die Durchblutung einschränken. Periphere Nerven sind besonders empfindlich gegenüber Mangel-

durchblutung und kalten Temperaturen und werden relativ schnell geschädigt [11].

Die Vasokonstriktion führt zur Schädigung der Gefäßwände mit Bildung von Endothellücken. Die Lücken dienen Thrombozyten als Anhaftungspunkte, es bilden sich Mikrothromben, die Kapillaren verstopfen. Dies lässt die Sauerstoffversorgung des betroffenen Gewebes nahezu vollends erliegen. Die Lücken im Gefäßendothel bewirken eine erhöhte Durchlässigkeit der Gefäßwand. Dies führt bei erneuter Durchblutung während des Aufwärmens zur Ausbildung von massiven Ödemen, wenn Plasma in den Extravasalraum übertritt. Das Gewebe scheint bei Reperfusion durch sich bildende Sauerstoffradikale zusätzlich geschädigt zu werden [11].

Verlauf

NFCI verlaufen in vier typischen Phasen, deren Dauer variiert und die sich teilweise überlappen können. Die **prähyperämische Phase** (Stadium I nach Ungley) stellt die vor einer Behandlung auftretende Phase dar, mit der der Patient sich vorstellt. Sie ist von massiver Vasokonstriktion geprägt und kann sich durch folgende Symptome äußern:

- Taubheitsgefühle bis hin zur Gefühllosigkeit im betroffenen Areal
- Gangunsicherheit
- Laufen fühlt sich an »wie auf Luft oder Watte«
- die Haut ist im Anfangsstadium häufig gerötet, später dann marmoriert, blass oder weißlichgelb
- Blasen treten selten auf
- ein kapillarer Reperfusionstest am Nagel ist verlängert
- die Fußpulse sind meist schwach oder nicht mehr tastbar

Die **zyanotische Phase** (Stadium II nach Ungley) dauert in der Regel nur wenige Minuten bis Stunden. Die Haut wird durch die beginnende Durchblutung blau, und die Gliedmaße fängt an zu schmerzen.

Innerhalb der ersten Stunden nach Erwärmung folgt die **hyperäme Phase** (Stadium III nach Ungley). Die betroffene Gliedmaße überwärmt sich, wird rot und schwillt massiv an. Das Anziehen von Stiefeln ist meist für Tage unmöglich. Die kapilläre Reperfusionszeit ist weiterhin verlängert, die Fußpulse aber kräftig tastbar. Häufig treten flohstichartige (petechiale) Hautblutungen auf, gelegentlich auch Blutblasen. Das Gefühl kommt frühzeitig zurück und geht schnell in starke brennende oder pochende Schmerzen über. Diese halten häufig länger als bei wiedererwärmten Erfrierungen an und erreichen nach 24–36 h meist nachts und insbesondere im Bereich der Fußsohlen ihren Höhepunkt. Erfolgt keine adäquate Analgesie, können auch nach Abheilung der Schädigung starke Schmerzen persistieren.

Die **posthyperäme Phase** dauert über Wochen bis Monate an. Auch wenn die Gliedmaße wieder normal aussieht, ist trotzdem eine stark erhöhe Kälteempfindlichkeit gegeben. In sehr schweren Fällen kann es auch zu bleibenden Gewebeschäden bis hin zur Amputation kommen [11].

Therapie

Es gibt Hinweise darauf, dass ein schnelles Wiedererwärmen wie bei Erfrierungen das Ausmaß des Gewebeschadens bei Grabenfuß deutlich vergrößert. Es sollte daher eine langsame Wiedererwärmung, z. B. durch Aufenthalt in einer warmen Unterkunft oder passive Maßnahmen zur Wiedererwärmung, erfolgen [11]. Die sonstige Behandlung orientiert sich in der präklinischen Phase an der von Erfrierungen. Aufgrund der, analog zu den Erfrierungen auftretenden, massiven Ödeme, sollte auch beim Grabenfuß eine Erwärmung erst erfolgen, wenn eine erneute Kälteeinwirkung ausgeschlossen werden kann. Der Soldat ist nach der Erwärmung in der Regel nicht mehr einsatzfähig und muss getragen werden.

Hypothermie, Grabenfuß und Erfrierungen können durchaus nebeneinander vorkommen. Sind verschiedene Extremitäten betroffen, kann eine differenzierte Wiedererwärmung erfolgen (schnelle Wiedererwärmung bei den Erfrierungen, langsames Erwärmen bei Zimmertemperatur beim Grabenfuß). Liegen Erfrierung und Grabenfuß an der gleichen Extremität nebeneinander vor, muss eine Einzelfallentscheidung nach Ausprägung der jeweiligen Befunde getroffen werden. Wissenschaftliche Erkenntnisse sind nicht verfügbar, ob bei der Behandlung Erfrierung oder Grabenfuß eine höhere Priorität zukommt.

Bei gleichzeitig vorhandener Hypothermie sollte diese immer mit Priorität behandelt werden.

Wird im Rahmen der globalen Wiedererwärmung die vom Grabenfuß betroffene Extremität zu schnell miterwärmt, können die Schäden vergrößert werden. Es wird daher von einigen Spezialisten die Hochlagerung der betroffenen Füße mit Kühlung (z. B. durch einen Ventilator) empfohlen, während der Körperstamm wiedererwärmt wird [11]. Dies erhöht aus Sicht der Autoren aber ebenso das Risiko eines Bergungstodes durch Autotransfusion von kaltem Blut und sollte daher mit Vorsicht angewandt werden (»life before limb«).

- **Prophylaxe**

Zur Prophylaxe sollte durch regelmäßige Bewegung und locker sitzendes Schuhwerk die Durchblutung aufrechterhalten werden. Möglichst kurzfristige Exposition gegenüber feucht-kaltem Klima, Trockenhalten der Bekleidung, Sockenwechsel mindestens 2- bis 3-mal/Tag und eine täglich mindestens 8-stündige Pause zum Trocknen der Füße an der Umgebungsluft wird empfohlen. Letzteres trifft insbesondere zu, wenn Dampfsperren genutzt werden, die zwangsläufig ein feuchtes Milieu am Fuß bewirken.

38.6 Versorgung in kalten Klimazonen

38.6.1 Körperliche Untersuchung

Mit zunehmender Kälte steigt die Gefahr für den Patienten durch die Untersuchung selbst, da durch die Kälteexposition der Hypothermie Vorschub geleistet wird und die Gefahr für Erfrierungen durch Entblößung der untersuchten Körperregion ebenfalls deutlich ansteigt. Hier muss im Einzelfall abgewogen werden, ob aufgrund einer möglichen Verwundung eine ausführliche Untersuchung erfolgen muss. Oftmals ist eine begrenzte, zielgerichtete und symptomorientierte Untersuchung ausreichend. Die ausführliche Untersuchung kann später in geschützter Umgebung erfolgen. Hier müssen Witterungsbedingungen vor Ort, Verletzungsmuster und Zustand des Patienten, Transportdauer und -bedingungen abgewogen werden.

Bei einer Untersuchung unter widrigen Umweltbedingungen sollten nur die absolut notwendigen Körperregionen einzeln nacheinander freigelegt werden. Sofern möglich, sollte eine Entkleidung vermieden werden (z. B. durch Auskultation unter der Kleidung). Vor Beginn einer Untersuchung sollte der Patient zum Boden hin isoliert und zugedeckt werden.

Optimal ist die Untersuchung in wind- und kältegeschützter Umgebung, wie sie auch im Feld durch das Koppeln von zwei Schlafsäcken (notfalls auch Biwaksäcken mit zusätzlicher Isolation) erfolgen kann. Sie bieten in ihrem Inneren ausreichend Platz für Patient und Helfer, und eine (vollständige) Untersuchung und Behandlung kann mittels Stirnlampe unter gutem Wärmeerhalt erfolgen. Auf diese Weise ist auch ein Transport des Patienten unter adäquater Überwachung möglich. Gleichzeitig sorgt der Helfer durch seine Körperwärme für einen guten Wärmeerhalt.

Große Kälte schränkt auch die Leistungsfähigkeit des medizinischen Personals deutlich ein. Wenn dicke Handschuhe getragen werden müssen, sind manuell anspruchsvolle Tätigkeiten nur eingeschränkt möglich. Meist müssen die dicken Handschuhe ausgezogen werden, sodass die manuell anspruchsvollen Tätigkeiten nur für einen kurzen Zeitraum oder in sehr großer Kälte gar nicht durchgeführt werden können. Hier haben sich Fäustlinge mit zusätzlichen Wärmepacks zum zwischenzeitlichen Aufwärmen bewährt. Um ein Festfrieren an Metall zu vermeiden, sollten Kontakthandschuhe getragen werden. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen kann eine Versorgung nur unter entsprechendem Witterungsschutz erfolgen (z. B. Unterschlupf mit Wärmequelle, gekoppelte Schlafsäcke).

38.6.2 Messung der Körpertemperatur

Feldmäßig hat sich als orientierende Maßnahme das Auflegen der Hand in die Region zwischen die Schulterblätter bewährt, weil sie auch in voller Ausrüstung gut durchführbar ist. Ist die Haut hier warm, ist eine Hypothermie unwahrscheinlich [6].

Für die anfängliche Bestimmung der Körpertemperatur wird die Verwendung eines elektronischen Thermometers empfohlen. Quecksilberthermometer (Bruchgefahr!) oder Ersatzbatterien sollten als »back up« verfügbar sein. Die axilläre und sublinguale Messung liefert bei Unterkühlung aufgrund der Zentralisation keine zuverlässigen Werte;

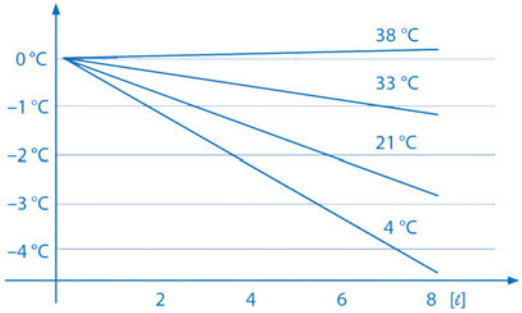


Abb. 38.7 Änderungen der KKT bei einem 70 kg schweren Patienten in Abhängigkeit der verabreichten Menge unterschiedlich temperierter Flüssigkeit: bei einem 70 kg schweren Patienten wird die KKT nach Infusion von 3,5 l 20 °C kalter Infusionslösung z. B. um 1 °C sinken [16]

Messungen sollten rektal erfolgen. Ohrthermometer arbeiten häufig unter Feldbedingungen zu unzuverlässig, sind vom Packmaß unzweckmäßig und sollten nicht verwendet werden, wenn ihre Praxistauglichkeit nicht vorher getestet wurde. Handelsübliche Thermometer messen häufig nicht unter 34,5 °C. Steht kein geeignetes Thermometer zur Verfügung, ist die Festlegung des Hypothermiestadiums anhand der klinischen Symptome möglich (Abb. 38.2).

Medizinisches Fachpersonal kann bei laufendem Monitoring für die Verlaufskontrolle dann die Temperatursonden des Patientenüberwachungsmonitors, z. B. Propaq, rektal oder ösophageal, verwenden.

Bei Temperaturmessung in der Speiseröhre können bei Unterkühlten Extrasystolen hervorgerufen werden!

38.6.3 Zugänge und Injektionen

Wegen der schlechten Hautdurchblutung gestaltet sich die Anlage intravenöser Zugänge häufig schwierig. Die Zugänglichkeit des Körpers ist durch mehrere Schichten dicker Kleidung und militärischer Ausrüstung meist erheblich erschwert. Sofern es nicht absolut erforderlich ist, sollte die Kleidung nicht zerschnitten werden. Sie fehlt sonst später für den Wärmeerhalt. Das Sternum ist meist relativ einfach zugänglich, sodass frühzeitig die Anlage eines intraossären Zuganges erwogen werden sollte.

In extremer Kälte kann jegliche Exposition von Haut innerhalb von Sekunden zu schweren Erfrierungen führen. Zur Medikamentenverabreichung kann daher die intramuskuläre Injektion mit einer langen Nadel von außen durch alle Bekleidungsschichten sinnvoll sein [15]. Durch die Zentralisierung kann sich der Wirkungseintritt aufgrund der verlängerten Resorptionsdauer allerdings erheblich verzögern.

38.6.4 Infusionstherapie

Infusionen sollten nur verabreicht werden, wenn sie beim Eintritt in den Kreislauf des Patienten annähernd 37 °C warm sind (Abb. 38.7).

Die Energie, die dem Körper durch externe Wärmequellen (z. B. »Ready-Heat-Decke«) während einer Stunde zugeführt werden kann, ist geringer als die Energie, die der Körper zum Erwärmen von 1 l bei 25 °C gelagerter Infusionslösung in dieser Zeit verbraucht. Zwar werden die infundierten Mengen meist geringer sein, dann aber ohne vorherige Erwärmung deutlich geringere Temperaturen aufweisen und beim Durchlaufen des dünnen Infusionsschlauches weiter auskühlen. Selbst 37 °C warme Infusionslösungen können bei entsprechenden Umgebungstemperaturen noch im Infusionssystem einfrieren. Wärmeboxen alleine stellen also keinen adäquaten Lösungsansatz dar. Steht ausreichend warme Infusionslösung zur Verfügung, sollte das Infusionssystem komplett entlüftet als Druckinfusion innerhalb der Maßnahmen zum Wärmeerhalt platziert werden (▶ Kap. 9.3). Auch das Einwickeln von Infusion samt System in eine Wärmedecke kann erfolgreich sein, gewährleistet aber keine definierte Temperatur beim Eintritt in den Körper.

Da Wärmeboxen selten zur Verfügung stehen und im abgesessenen Einsatz ohnehin nicht nutzbar sind, wurden verschiedene Produkte zum Erwärmen von Infusionslösungen eingeführt. Die Miniaturisierung hat dazu geführt, dass mittlerweile Produkte erhältlich sind, die auch im Rucksack mitgeführt werden können. Problematisch ist nach wie vor insbesondere die Batterie. Etablierte und in den US-amerikanischen TCCC-Leitlinien empfohlene

Geräte sind der »Thermal Angel Blood and IV Fluid Warmer« von Estill Medical Technologies und der FMS 2000 von Belmont. Neu auf dem Markt erschienen ist der von Zoll Medical hergestellte Infusionswärmer enFlow, der als Einheit mit der miniaturisierten Infusionspumpe »Power Infusor« arbeitet. Eine Alternative wird vom Hersteller des HEATPAC angeboten (Normeca), bei der Kohlebrennelement und Gebläse eine isolierte Tasche erwärmen, die lang genug für die Aufnahme von Infusion und Infusionssystem ist.

Bei akzidenteller Hypothermie sollte der Einsatz von nicht erwärmten Infusionslösungen daher gut abgewogen werden. Unterkühlte sind aufgrund der Kältediurese meist dehydriert, eine kristalloide **Infusionstherapie** ist also grundsätzlich sinnvoll. Eine aggressive Volumenzufuhr kann aber auch das Risiko eines Bergungstodes durch zu schnelle Aufhebung der Zentralisation erhöhen. Besteht bei akzidenteller Hypothermie ein verletzungsbedingter Schock, müssen Menge und Art der Infusionen gut abgewogen werden: Volumenersatz verbessert die Mikrozirkulation und wirkt damit Gerinnungsstörungen entgegen. Sind die Infusionen aber nicht vorgewärmt, fördern sie die hypothermieinduzierte Koagulopathie.

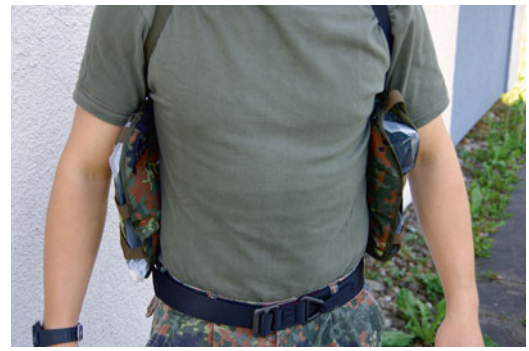


Abb. 38.8 Anwendungsbeispiel für das körpernahe Tragen von Infusionen in einem selbst genähten Schulterholster

38.6.5 Patiententransport

Die Evakuierung in kalten Klimazonen stützt sich aufgrund von unwegsamem Gelände oder schlechter Verkehrsinfrastruktur meist auf den Einsatz von Drehflüglern ab. Häufig ist die Landung von Hubschraubern aufgrund der Schneelage oder des Geländes nicht möglich, sodass die Rettung mittels Winde gebräuchlich ist. Dabei sind Maßnahmen zum Wärmeerhalt aufgrund des kalten Abwindes (»downwash«) von besonderer Wichtigkeit. Unterkühlte Patienten sollten wegen der Gefahr des Bergungstodes nur in waagerechter Lagerung gewinscht werden, keinesfalls mit Rettungsschlinge. Hierfür eignen sich Schleifkorbtragen, UT 2.000, SKED-Trage usw.

Der Landtransport sollte in geschlossenen und geheizten Fahrzeugen erfolgen. Beim Einsatz von Schneemobilen kann ein Patient liegend in Anhängern (Komatek) transportiert werden. Hierbei sollte nach Möglichkeit eine Überwachung durch Zusteigen eines Helfers erfolgen. Ein behelfsmäßiges Transportieren zu Fuß ist im Schnee kaum möglich. Auch der Einsatz von Skiern mit Pulka ist extrem kräftezehrend und meist langsam. Hier müssen eigene Evakuierungsbemühungen und das Warten auf Lufttransport gut abgewogen werden.

Bei Operationen in kalten Klimazonen sollten bereits im Vorfeld medizinische Behandlungseinrichtungen mit erweiterten Möglichkeiten zur Wiedererwärmung erkundet werden, um Patienten zielgerichtet evakuieren zu können.

38.6.6 Aufbewahrung von Sanitätsmaterial

Die Aufbewahrung von Sanitätsmaterial ist in kalten Klimazonen problematisch. Wo bei festen Unterkünften und der Nutzung von geschlossenen Fahrzeugen meist noch Plusgrade gewährleistet werden können, gestaltet sich dies beim Einsatz zu Fuß, auf Ski oder mittels Schneemobil schwierig. Bei Schneemobilen können elektrisch heizbare Taschen verwendet werden. Diese bieten zumeist aber nur Platz für ein Ampullarium und wenige Infusionen und halten die Temperatur nur solange, wie der Motor elektrischen Strom liefert. Gleiches gilt für geschlossene Fahrzeuge mit Wärmeboxen ohne ausreichend dimensionierten Wärmespeicher. Im Regelfall sollte kälteempfindliches Material daher innerhalb der Isolationsschichten am Körper mitgeführt und

Tab. 38.1 Auswirkungen von Temperaturextremen und alternative Applikationswege der relevantesten Notfallmedikamente. Modifiziert nach dem deutschsprachigen Standardwerk und unserer Leseempfehlung von Küpper [15]

Substanz	Wirksamkeit nach Hitzeexposition	Wirksamkeit nach Kälteexposition	Wirksamkeit nach Trinken des Ampulleninhaltes	Wirksamkeit nach sublingualer Gabe	Wirksamkeit nach Gabe über den Tubus (endotracheal)
HES-Infusion	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Ringer-Laktat	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Nifedipinkapseln	Ja, ab 30 °C instabil	Ja	Ja	Nein	Nein
Noradrenalin	Ja	–	–	–	–
Fentanyl	Ja	Ja	–	Nein	Nein
Ketamin	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein
Metamizol	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja
Midazolam	Ja	Ja	–	Ja	–
Morphin	Ja	–	Ja	Nein	–
Naloxon	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

nachts im Schlafsack aufbewahrt werden. Hierfür sind handelsübliche Hüfttaschen sinnvoll. Auch Batterien für medizinische Geräte (z. B. Laryngoskop, Pulsoxymeter) sollten am Körper getragen werden. Zur Mitführung von Infusionen haben sich Schulterholster bewährt (Abb. 38.8). Sie schränken die Bewegungsfreiheit kaum ein, halten die Infusionen aber im Bereich der Körpertemperatur und vermeiden sicher ein Einfrieren. Wird jeder Soldat so ausgestattet, verfügt man über einen erheblichen Vorrat an Infusionslösungen oder anderem medizinischen Material.

Bei feucht-kalten Temperaturen um 0 °C sollten Sanitätsrucksäcke oder ihr Inhalt wasserdicht verpackt werden, um ein Durchnässen und anschließendes Gefrieren zu vermeiden. Bei sehr kalten Temperaturen kann Plastik und Gummi nicht mehr zuverlässig funktionieren oder so spröde werden, dass es reißt oder bricht. Insbesondere bei lebenswichtiger Ausrüstung, wie z. B. Beatmungsbeutel, Cuffs von Larynx- oder Endotrachealtuben, kann dies verheerende Konsequenzen im Ernstfall haben.

Auch bei der Verlegung in kalte Klimazonen müssen die Lagerungsbedingungen beim Materialtransport bedacht werden, da Frachtpaletten beim Lufttransport häufig in untemperierten Hallen oder im Freien zwischengelagert werden. Kälteempfindliches Material sollte daher nur in entsprechend klimatisierten Behältern oder als Handgepäck mitgeführt werden. Im Zweifelsfall sind Geräte in die Transportbehälter mit zu verpacken, die den Temperaturverlauf registrieren (Temperaturlogger). Tab. 38.1 stellt die Auswirkungen von Temperaturextremen auf die wichtigsten Notfallmedikamente dar.

Literatur

1. Allamel G, Vogt W, Burgkart R et al. (1997) Erfrierungen beim Bergsteigen. Sportorthopäd Sporttraumatol 13 (2):82–87
2. Auerbach P (2007) Wilderness Medicine, 5th ed. Mosby Elsevier, Philadelphia, USA
3. British Army (2009) Cold Feet – Hot Topic. ArmyNET http://www2.armynet.mod.uk/armysafety/features/nfci.htm
4. Cauchy E, Carron S, Verhellen R et al. (2009) Frostbite Injury Management in Emergency. In: Revuz J, Roujeau JC, Kerdel FA et al. (eds) Life-Threatening Dermatoses and Emergencies in Dermatology, pp 223–233. Springer, Berlin Heidelberg New York
5. Gieseler U (2011) Medizinische Herausforderungen bei Hypothermie und Erfrierungen, Berg- und Expeditionsmedizin, FTR 18(2):65–69

6. Farr et al. (2008) Special Operations Forces Medical Handbook, US Government Printing Office, 2nd ed
7. Goertz O, Kapalschinski N, Hirsch T et al. (2011) Drei Fallberichte über Erfrierungen. Management und Literatur. Unfallchirurg 114(7): 634–638
8. Hohlrieder et al. (2007) Management der akzidentellen Hypothermie, Anästhesist 56:805–811
9. Hultzer MV et al. (2005) Pre-hospital torso-warming modalities for severe hypothermia: a comparative study using a human model. CJEM 7(6):1–9
10. Imray CHE et al. (2006) Cold Still Kills: Cold-Related Illnesses In Military Practice Freezing And Non-Freezing Cold Injury. J R Army Med Corps 152:218–222
11. Imray CHE et al. (2011) Nonfreezing Cold-Induced Injuries. J R Army Med Corps 157(1):79–84
12. James WD (ed) (1994) Military Dermatology. In: Office of the Surgeon General (ed) Textbook of military medicine. Part III, Disease and the environment. Borden Institute, Washington
13. Johnson AR (2013) Efficacy of intravenous tissue plasminogen activator in frostbite patients and presentation of a treatment protocol for frostbite patients. Foot Ankle Spec 4(6):344–8
14. Kobbe et al. (2009) Bedeutung der Hypothermie in der Traumatologie. Unfallchirurg 112:1055–1061
15. Küpper, Ebel, Gieseler (2010) Moderne Berg- und Höhenmedizin, Handbuch für Ausbilder, Bergsteiger und Ärzte, 1. Aufl. Gentner, Stuttgart
16. Menzel-Severing J, Hering S, Schroeder S (2003) Präklinisches Notfallmanagement der Unterkühlung. Notfallmedizin 29:514–520
17. NAEMT (2009) Präklinisches Traumamanagement. Das PHTLS Konzept. Urban & Fischer, München
18. Paal P (2013) Alpenmedizinischer Rundbrief August 2013
19. Pozos RS et al. (2002) Medical Aspects of harsh environments, Volume 1, Department of the Army, Office of the Surgeon General, www.bordeninstitute.army.mil
20. Zafren K (2013) Frostbite: prevention and initial management. High Alt Med Biol 14(1):9–12
21. Handfort C (2014) Frostbite: a practical approach to hospital management. Extrem Physiol Med 3: 7
22. Kemper TC (2014) Frostbite of both first digits of the foot treated with delayed hyperbaric oxygen: a case report and review of literature. Undersea Hyperb Med 41(1):-65–70

Waffenwirkung

Kapitel 39 **Atomare Bedrohung (A-Bedrohung)** – 547
W. Kirchinger

Kapitel 40 **Biologische Bedrohung** – 559
D. Frangoulidis

Kapitel 41 **Chemische Bedrohung** – 569
K. Kehe, D. Steinritz, H. Thiermann

Kapitel 42 **Aufbau und Einsatz von Sprengfallen** – 581
T. Enke

Kapitel 43 **Konventionelle Bedrohung und Schutzausrüstung** – 589
P. Früh

Atomare Bedrohung (A-Bedrohung)

CBRN(E)-Gefahren

W. Kirchinger

39.1 Einführung – 548

39.2 Szenarien – 549

39.2.1 Unfälle – 549

39.2.2 Strahlung als Waffe – 550

39.3 Schutzmaßnahmen – 555

39.3.1 Überlegungen zum Schutz der Einsatzkräfte – 555

39.3.2 Überlegungen vor Eintreffen an der Gefahrenstelle – 556

39.3.3 Maßnahmen vor Eintreffen an der Einsatz-/Gefahrenstelle – 556

39.3.4 Maßnahmen für medizinisches Personal an der Einsatz-/Gefahrenstelle – 557

Literatur – 558

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_39, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

39.1 Einführung

Die alte Bezeichnung »ABC-Gefahren« wurde in den letzten Jahren durch den Begriff »CBRN(E)« aus dem angloamerikanischen Sprachgebrauch ersetzt. Man versteht darunter **C**hemische, **B**iologische, **R**adiologische, **N**ukleare und durch Explosivstoffe hervorgerufene Gefahrenlagen.

Das Akronym »CBRN« ob mit oder ohne »E« ist eher verwirrend, weil der Teil der Abkürzung, der für die Gefahr durch radioaktive Strahlung steht, eigentlich zweimal vorkommt. Die Unterscheidung in (**N**)ukleare und (**R**)adiologische Gefahren ist Definitionssache: »**Nuklear«** steht für den speziellen Fall der Detonation einer Kernwaffe, »**Radiologisch«** für alle anderen Gefährdungen durch offene oder umschlossene radioaktive Stoffe (oder ionisierende Strahlung durch technische Geräte wie Röntgenapparaturen), die nicht Ursache einer Atomwaffenexplosion sind. Ein Beispiel dafür ist die Ausbringung radioaktiver Partikel bei der Detonation einer sog. »schmutzigen Bombe«. Die Sinnhaftigkeit der Unterscheidung in **N** und **R** ist irreführend, hat sich aber im Katastrophensprachgebrauch soweit durchgesetzt, dass es wohl nicht mehr zu korrigieren ist.

Gegenüber biologischen und chemischen Gefahren lässt sich radioaktive Strahlung schnell und zuverlässig mit geeigneten Strahlenmessgeräten feststellen. Klingt zunächst einfach, ist aber abhängig von der jeweiligen Strahlenart (Alpha-, Beta-, Gamma-, Neutronenstrahlung usw.) und dem Wissen des Anwenders. Die ermittelten Werte (z. B. als Maßeinheit in cps für »counts per second« oder die Angaben in Bq für Bequerel) bedürfen auf jeden Fall der Interpretation durch Fachpersonal.

Aus persönlicher Erfahrung heraus ist grundsätzlich davon auszugehen, dass im Ereignisfall das erlernte Wissen über die Auswirkungen von ionisierender Strahlung am Menschen und die Abschätzung des Gefährdungsrisikos für die Einsatzkräfte zunächst in den Hintergrund tritt. Apokalyptische Ängste, auch bei erfahrenen Einsatzleitern und Notärzten, können dann zu unprofessionellen Handlungsweisen führen. Das Wort »Radioaktivität« ist im Vergleich zu chemischen und biologischen Gefahren oftmals überproportional angstbesetzt (auch wenn es sich um Unfallereignisse deutlich unterhalb der Auswirkungen von Tschernobyl oder Fukushima handelt). Die folgenden Ausführungen sollen dazu beitragen, auch bei **RN**-Szenarien eine sinnvolle Abarbeitung der notwendigen Maßnahmen zu erleichtern und sowohl den Einsatzkräften eine Hilfestellung zu bieten als auch für eine zielgerichtete Versorgung der möglichen Patienten zu sorgen.

Abb. 39.1 SIRA-Team, ABC-Abwehrforum 8. Dezember 2005, Sanitätsakademie München. Übung von Spezialeinheiten der Bundeswehr mit der Berufsfeuerwehr München (Foto: W. Kirchinger)

Da man ionisierende Strahlung weder sehen, hören, schmecken oder riechen kann, der Mensch also kein Sinnesorgan dafür hat, ist es bei Einsätzen mit möglichem CB**RN**-Hintergrund wichtig, dass schon vor Eintreffen am Einsatzort die vorhandene natürliche Hintergrundstrahlung mit einem Ortsdosisleistungsmessgerät gemessen und beachtet wird. Somit kann bei Annäherung an die Gefahrenstelle eine mögliche Erhöhung des Gammastrahlenpegels frühzeitig erkannt werden. Für das Vorhandensein der meisten Alpha- oder Beta-Strahler gilt dies leider nicht. Besteht der Verdacht, dass die zuletzt genannten Strahler vorliegen, ist das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (Schutzanzug, Filtermasken, umluftunabhängiger Atemschutz etc.) entscheidend, um eine Kontamination der Haut zu vermeiden und einer Inkorporation vorzubeugen.

Abb. 39.1 zeigt ein Beispiel für die persönlicher Schutzausrüstung (PSA) für CBRNE-Szenarien.

39.2 Szenarien

39.2.1 Unfälle

Unfälle in ortsfesten Anlagen

Große Teile des Sterilguts in Kliniken, Forschungseinrichtungen und Arztpraxen (Einmalskalpelle, Spritzen, Nadeln etc.) werden in sog. Großbestrahlungsanlagen mit ionisierender Strahlung keimfrei gemacht. Es gibt dabei zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden. Einerseits die Anwendung von umschlossenen radioaktiven Strahlern wie z. B. Kobaltquellen mit dem Isotop Co-60, einem Gammastrahler, der in Kernkraftwerken mittels Beschuss von Co-59 durch Neutronen gewonnen wird und andererseits die Anwendung von mit Strom betriebenen Linearbeschleunigern. Letztere haben für die Einsatzkräfte den Vorteil, dass die Geräte abgeschaltet werden können und somit fast augenblicklich keine radioaktive Strahlung mehr existiert. Dagegen haben Gammabestrahlungseinrichtungen den Nachteil, dass sie nicht abgeschaltet werden können, da sich das radioaktive Material nach den Gesetzen der Physik nur im Rahmen der Halbwertszeit (HWZ) jeweils reduziert. Gammastrahlung lässt sich zwar durch Abschirmmaßnahmen verringern, aber niemals gänzlich auslöschen. Die HWZ von Co-60 beträgt 5,3 Jahre. Das Nuklid Cs-137, öffentlich bekannt geworden durch die Reaktorunfälle von Tschernobyl (1986) und Fukushima (2011), hat dagegen eine HWZ von über 30 Jahren. Für beide Typen ortsfester Bestrahlungsanlagen liegen den zuständigen Behörden genaue Angaben über das radioaktive Inventar bzw. die Bestrahlungsgeräte vor. Fachkundiges Personal kann über das Objekt Auskunft geben.

Unfälle mit transportierbaren, umschlossenen Strahlern

Zu Materialprüfungszwecken werden weltweit kleine radioaktive Strahlenquellen (im Millimeter- bis Zentimeterbereich), in der Regel Gammastrahler verwendet. Deren Aktivität (Zerfälle/Sekunde) ist im mehrere Terabequerel (TBq)-Bereich. Der einzige Hinweis auf die Gefährlichkeit dieser Teile ist oft nur ein in die Edelstahlkapsel eingravierter Totenkopf. Abschirmbehälter von der Größe einer Schuhschachtel, ausgekleidet mit abgereichertem Uran und Blei zu Abschirmzwecken, dienen als Transport- und Aufbewahrungsbehälter. In der Vergangenheit kam es immer wieder zu teilweise schweren Strahlenunfällen durch z. B. Diebstahl der kleinen Strahlerpillen, unsachgemäßen Umgang, Verlust der Quellen durch mangelnde Sorgfalt oder Fund durch nicht fachkundige Personen. Der Verlust von Extremitäten war in einigen Fällen nicht zu verhindern. Ein funktionstüchtiger Dosisleistungswarner (Teil der persönlichen Schutzausrüstung) hätte in allen Fällen rechtzeitig Alarm gegeben. Vorsätzliche Expositionen von Personen sind ebenfalls dokumentiert. Medienwirksam wurden diese Taten unter der Bezeichnung »vagabundierende Quellen«. Es wurde versucht, radioaktive Quellen ohne Genehmigung zu verkaufen. In der Regel hatten die Täter keine ausreichenden Kenntnisse über die Gefährlichkeit dieser Strahler und/oder transportierten sie ohne die nötigen Abschirmbehälter direkt am Körper (z. B. Hosentaschen).

Unfälle beim Transport radioaktiven Materials

Radioaktives Material wird per Straße, Schiene, Luft- oder Seeweg transportiert. Je nach Zählart werden alleine auf deutschen Straßen 400.000–600.000 Transporte mit radioaktivem Material pro Jahr durchgeführt. Das können Radionuklidgeneratoren für nuklearmedizinische Praxen bis hin zum Transport von mit abgebrannten Brennelementen beladenen Typ-B-Behältern (umgangssprachlich: Castor-Behälter) sein. Das Gefährdungspotenzial für Hilfskräfte hängt von der Unversehrtheit der Transportumhüllung und dem evtl. erfolgten Austritt von flüssigem oder festem radioaktiven Material ab. Vorteil der kennzeichnungspflichtigen Transporte ist, dass anhand der Fahrzeug-/Transportbehälterbeschilderung wichtige Angaben zum Gefahrgut direkt abgelesen werden können (Gefahrzettel, Placards), z. B. die Art des Nuklids, die Aktivität und die zulässige Dosisleistung sowohl an der Oberfläche des Versandstücks als auch in einem Meter Abstand. Der Fahrzeugführer hat eine spezielle Gefahrguttransportausbildung und die mitgeführten Transportpapiere ermöglichen eine Gefährdungsabschätzung. Die transportierte Aktivität kann an der berührbaren Oberfläche des Versandstückes bis zu 2 mSv/h betragen (Kategorie III, Gelb; bei aus-

schließlicher Verwendung bis zu 10 mSv/h). 1 mSv entspricht in alten (bzw. im angloamerikanischen Sprachraum auch heute noch gebräuchlichen Einheiten) 100 mrem.

Unfälle beim Start oder Absturz von Satelliten

Nicht ohne Grund hat die Strahlenschutzkommission (SSK) in Deutschland auch das Szenario eines havarierten Satelliten, der Teile der Erde mit radioaktiven Bruchstücken kontaminiert, im SSK-Band 26 behandelt. Satelliten sind häufig zur Energiegewinnung mit Radionuklidbatterien ausgestattet (z. B. Plutoniumbatterien). Abstürze aus den Jahren 1968 (Amerikanischer Satellit »Nimbus«) und 1983 (UdSSR Satellit »Cosmos«) haben gezeigt, dass deren radioaktives Inventar durchaus großflächige kostenintensive Dekontaminationsmaßnahmen nach sich ziehen kann. Ein Szenario mit Absturz über bewohntem Gelände ist durchaus vorstellbar.

Unfälle in Kernkraftwerken (KKW)

Ein Unfall in einem KKW kann mit oder ohne Freisetzung radioaktiven Inventars in die Umwelt, d. h. in den Bereich außerhalb der eigentlichen Anlage, erfolgen. Die KKW-Mitarbeiter in Deutschland verfügen über spezielle Kenntnisse und immer wiederkehrendes Training bezüglich des Managements von unterschiedlich schwerwiegenden Unfallszenarien. Die Einsatzkräfte der betriebsinternen Feuerwehr sind auf Kontaminationen und mögliche Inkorporationen vorbereitet, ein professioneller Strahlenschutz ist personell vorhanden. Externe Einsatzkräfte werden gut beraten sein, sich deren Fachwissen zunutze zu machen. Der Betriebsärztliche Dienst jedes KKW in Deutschland hat Erfahrung in der Dekontamination von Personen, und es gibt jeweils mindestens einen speziell im Strahlenschutz ausgebildeten Arzt, den sog. Ermächtigten Arzt im Strahlenschutz. Dieser muss allerdings nicht permanent in der Anlage anwesend sein. Es kann sich hierbei auch um einen niedergelassenen Arbeits-/Betriebsmediziner in der näheren Umgebung des KKW handeln. Es bestehen Absprachen zwischen dem Betreiber und den umliegenden Krankenhäusern bezüglich der Versorgung verletzter, kontaminierter Personen. Die Planungen für ein größeres radiologisches Ereignis mit Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt (wie z. B. Tschernobyl 1986, Fukushima 2011) sieht in Deutschland die Errichtung von Notfallstationen vor. In Notfallstationen (NFS), Einrichtungen zur medizinischen Sichtung/Triage und Erstversorgung, sollen betroffene Personen erfasst, ausgemessen, evtl. dekontaminiert und medizinisch erstversorgt sowie für den Weitertransport in Kliniken oder an sichere Plätze vorbereitet werden. Dazu werden mit allen beteiligten Kräften in regelmäßigen Abständen Notfallübungen unter Einbeziehung der Aufsichtsbehörden (z. B. Landesamt für Umwelt) durchgeführt. Zusätzlich hinzugezogene externe Einsatzkräfte werden durch das Strahlenschutzpersonal vor Ort eingewiesen.

Die im Zusammenhang mit einem größeren radiologischen Ereignis möglicherweise notwendige Einnahme von Iodtabletten zur Verhinderung der Aufnahme radioaktiven Iods (I-131) wird für die Einsatzkräfte von der Einsatzleitung bestimmt. Diese Maßnahme stellt aber bei rechtzeitiger Einnahme nur einen Schutz der Schilddrüse dar und wirkt **nicht** als generelles Strahlenschutzmittel gegen ionisierende Strahlung. Einsatzkräfte bis zum 45. Lebensjahr nehmen 2 Tabletten à 65 mg Kaliumiodid nach Anweisung ein (Fukushima: in Japan liegt die Altersgrenze bei 40 Jahren). Ab diesem Alter wird von der Iodideinnahme abgeraten, da das Risiko für etwaige Nebenwirkungen das Risiko für später auftretenden Schilddrüsenkrebs übersteigt. Dies führt naturgemäß zu Diskussionsbedarf. Die Einnahme muss zeitnah zur möglichen Inkorporation erfolgen, am besten noch kurz vor Inkorporation von I-131. Genaue alterskorrelierte Schemata liegen vor (www.ssk.de; Stichwort: Jodblockade).

39.2.2 Strahlung als Waffe

Einsatz von Waffensystemen mit Urangeschossen

Panzerbrechende Munition mit Projektilen aus abgereichertem Uran (DU-Geschosse, »depleted uranium«) verfügen über eine hohe Penetrationsfähigkeit aufgrund der sehr hohen Dichte (ca. 19 g/cm²) und mittels der ballistisch-thermischen Wirkung speziell bei massiv gepanzerten Fahrzeugen (Munition wird seit Mitte der 1970er Jahre weltweit in Kriegen verwendet). Uran entzündet sich bei Pe-

netration spontan als heißer Uranstaub (pyrophorer Effekt) und im Inneren der Fahrzeuge entsteht ein Aerosol aus Uran und Uranoxidteilchen.

Durch den Uranstaub (Alpha-Strahler) kann es zur Kontamination und Inhalation kommen. Zusätzlich zur radiologischen Wirkung hat Uran eine hohe Chemotoxizität (**Cave**: Schwermetallvergiftung mit Nierenschädigung). Die Komponente der Direktstrahlung von herumliegenden Geschossen hat von der Risikobetrachtung her keine Relevanz. Die Korrosion intakter Munition an der Luft verhindert ein dünner metallischer Schutzmantel (Abschirmwirkung).

Bei der Rettung oder Bergung aus mit DU-Munition beschossenen Fahrzeugen ist für die Helfer besonders an einen geeigneten Inkorporationsschutz (Atemschutz) zu denken.

Wegen der Inhalationsgefahr sollte geeigneter Mundschutz getragen werden (mindestens FFP3-Filtermaske). Inhalierte Alpha-Strahler können nach Jahrzehnten statistisch die Lungenkrebsmortalität erhöhen.

Anwendung von Nuklearwaffen

Die Zündung von Kernwaffen wird in Deutschland mehr als hypothetisches Szenario betrachtet. Die Auswirkungen der beiden Atombombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki 1945 haben damals zu ca. 300.000 akuten Todesopfern geführt. Davon sind schätzungsweise ca. 60 % durch die enorme Hitzewelle, 20 % durch die Druck-Sog-Wirkung und 20 % durch die in Einzelbereichen extrem hohe Gamma- und Neutronenstrahlung gestorben (Tab. 39.1). Die Strahlenexposition trat zusammen mit mechanischen und thermischen Traumata auf. Die Sprengkraft der Bomben betrug ca. 15 kT (Hiroshima) bis 20 kT (Nagasaki) TNT-Äquivalent. Moderne Sprengköpfe können zwischen 50–800 kT TNT-Äquivalent aufweisen. Radioaktiver Fallout führte 1945 zu Kontamination und zur Inkorporation radioaktiver Partikel. Bekanntermaßen zeigen die Überlebenden dieser Katastrophe (LSS: Life Span Study, mit ca. 86.000 Personen) einen Anstieg der Krebsmortalität (stochastischer Strahlenschaden) in den Folgejahren bis heute. Laut Statistik sind bis ins Jahr 2010 etwa 100 Personen an einer durch die Strahlung ausgelösten Leukämie gestorben und ca. 600 Personen an soliden strahlenbedingten Tumoren wie Darm-, Lungen-, Magentumoren etc. Die Auswirkungen dieser Einmalbestrahlung (hauptsächlich Gammastrahlung mit wenigen Prozent an besonders biologisch wirksamer Neutronenstrahlung) zeigten auch die erhöhte Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen sowie Ungeborenen. Nach offizieller Lesart sind schwerwiegende vererbbare Effekte jedoch nicht aufgetreten. Im Laufe der Jahrzehnte hat bis heute der Stellenwert bzw. die Wertigkeit der möglichen Schädigung der fortpflanzungswichtigen Zellen des Menschen durch ionisierende Strahlung abgenommen (Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission, ICRP 103, 2007).

Würde eine 1-MT-Atombombe in der Atmosphäre gezündet, so wäre noch bis zu einem Abstand von 12 km vom Hypozentrum mit Verbrennungen 3. Grades und in bis zu 15 km mit Verbrennungen 2. Grades zu rechnen.

Aus juristischer Sicht interessant: nach § 307 Strafgesetzbuch ist die Herbeiführung einer Explosion durch Kernenergie dann strafbar, wenn das Leben oder Sachgüter gefährdet werden.

Der Ausdruck »improvised nuclear device« (IND) steht synonym für den Bau einer Nuklearwaffe mit terroristischem Hintergrund. Nach Meinung vieler Experten ist der »Eigenbau« einer funktionsfähigen Atombombe für eine **nichtstaatliche** Organisation derzeit auszuschließen.

Terroranschlag mit radioaktivem Material

»MI5 says dirty bomb attack is inevitable« (The Guardian, 18. Juni 2003).

Unter den Stichworten **»schmutzige Bombe«** (»dirty bomb«), USBV-A (unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung mit radioaktiver Beiladung), RDD (»radioactive dispersion devices«, syn. »radiological dispersal device«), versteht man eine Sprengstoffladung mit zusätzlicher Beimengung von radioaktivem Material. Die Menge an radioaktiven Stoffen ist zunächst völlig variabel. Es kann sich um umschlossene radioaktive Quellen handeln, die wie kleine Geschosse wirksam werden, oder auch um staubförmige Partikel bzw. Flüssigkeiten, die sich durch die Druckwelle der Explosion in die belebte Umwelt verteilen (es findet im Gegen-

Tab. 39.1 Klinische Frühsymptomatik beim Menschen nach akuter kurzzeitiger Ganzkörperexposition. (SKK 2007, Band 4: Medizinische Maßnahmen nach Kernkraftwerksunfällen)

Kriterium	Bereiche					
Ganzkörperdosis	0,1–0,3 Gy	0,3–1 Gy	1–3 Gy	3–6 Gy	6–15 Gy	>15 Gy
Symptomatik	Keine	Vereinzelt leicht	Leicht bis mittel	Mittel bis schwer	Äußerst schwer	Lebensbedrohlich
Prognose ohne Behandlung	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Schlecht	Geringe Überlebenschance	Keine Überlebenschance
Prognose mit Behandlung	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Unsicher	Unsicher bzw. infaust
Frühsymptome						
Abgeschlagenheit	Keine	Vereinzelt	Mäßig	Ausgeprägt	Stark ausgeprägt	Sehr schnell, stark ausgeprägt
Übelkeit, Erbrechen (Zeit nach Exposition)	Keine	Vereinzelt (2–6 h)	Mehrmals (2–6 h)	Mehrmals stark (0,5–6 h)	Häufig stark (ab 10 min)	Unstillbar (ab 5 min)
Kopfschmerz	Keiner	Keiner	Kurzzeitig	Ständig	Ständig bohrend	Quälend
Bewusstsein	Klar	Klar	Klar	Klar	Getrübt	Verloren
Körpertemperatur	Normal	Normal	Normal	Normal/ subfebril	Subfebril	Subfebril/febril
Früherythem (Zeit nach Exposition)	Keines	Keines	Leicht (12–24 h)	Deutlich (<6 h)	Ausgeprägt (>6 h)	Stark ausgeprägt (>6 h)
Konjunktivale Injektion (Zeit nach Exposition)	Keine	Keine	Leicht (48 h)	Deutlich (<6 h)	Ausgeprägt (>6 h)	Stark ausgeprägt (>6 h)
Hämatologische Diagnostik						
Lymphozyten/ml (Zeit nach Exposition)	>1.500 (2–72 h)	<1.500 (2–72 h)	<800 (2–72 h)	<500 (2–72 h)	<200 (2–72 h)	≈0 (24 h)

Zusätzlich ist zu beachten, dass eine Schädigung des Embryos oder Feten möglich ist, deren Schwere von dem Entwicklungsstadium abhängt. Bereiche unter 100 mSv werden hier nicht definiert, da bei ihnen deterministische Schäden auch beim Embryo bzw. Feten höchst unwahrscheinlich sind. Alle Werte der Tabelle wurden aus der international bekannten Literatur zusammengestellt. Gy = Gray (absorbierte Energie/Masse, Energiedosis in J/kg).

satz zur Atombombenexplosion keine Kernspaltung statt!). Es kann zur Hautkontamination, zur Inkorporation und zu Einsprengungen in Gewebeteile (kontaminierte Wunden) kommen.

Auch bei sehr kleiner Sprengwirkung mit einer geringen Hitze-Druck-Welle kann die **psychologische Wirkung** verheerend sein. Die Ängste der Bevölkerung und die daraus resultierenden Panikreaktionen stellen eine nicht zu unterschätzende Gefahr dar, besonders nach den Ereignissen im KKW Fukushima Daiichi in Japan 2011. Größere Menschenansammlungen wie in Fußballstadien, auf Konzerten oder im öffentlichen Berufsverkehr können tatsächlich oder auch nur vermeintlich betroffen sein. Der Strahlenunfall im September 1987 in Goiania (Brasilien) mit einer Verteilung des Isotops Caesium-137 auf viele Anwohner der Millionenstadt hatte dazu geführt, dass 112.000 Personen

messtechnisch auf Kontamination mittels Gamma-Spektrometrie untersucht werden mussten (249 Personen zeigten positive Messergebnisse).

Bei einer großen Zahl betroffener Personen wäre es nach einem Terroranschlag vor Ort nur bedingt möglich, die tatsächlich Betroffenen von den »Sich-Betroffen-Fühlenden« zu unterscheiden.

In Goiania waren 85 Häuser durch das bläulich phosphoreszierende Caesiumpulver kontaminiert worden. Sieben wurden vollständig abgerissen. 200 Personen mussten evakuiert werden. Es gab durch die Kontamination von Straßen, Plätzen und Gebäuden insgesamt 3.500 m² radioaktiven Müll. Leider waren auch 4 Todesfälle durch Inkorporation (v. a. Ingestion) zu beklagen. Die Wirtschaft der Region brauchte Jahre, um sich zu erholen. Agrarprodukte aus dem Bereich wurden gemieden, das Bruttosozialprodukt verschlechterte sich dramatisch.

Da radioaktive Stoffe weltweit sowohl in Industrieanlagen, Technik, Forschung als auch Medizin weit verbreitet sind, könnten sich Terrororganisationen ohne weiteres in den Besitz radioaktiven Materials bringen. Nach Aussage des Präsidenten des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), Wolfram König, werden allerdings »die radiologischen Gefahren einer »Schmutzigen Bombe« im Allgemeinen überschätzt« (2. Berliner Fachkongress über Nationale Sicherheit und Bevölkerungsschutz, Nov. 2006). Das BfS analysierte das Bedrohungspotenzial Schmutziger Bomben für in der Nähe der Explosion befindliche Menschenansammlungen. Dabei lassen sich folgende Feststellungen treffen:

- Das ausgebrachte radioaktive Material bleibt in der näheren Umgebung des Tatortes und führt zu direkter Strahlenexposition der beteiligten Personen. Die Dosisbelastung ist dabei abhängig vom Abstand zu den Quellen und der jeweiligen Größe der Partikel.
- Falls die Partikelgröße kleiner als 2 µm ist, besteht die Gefahr der Inhalation bis in tiefer gelegene Lungenareale. Somit wird neben der Direktstrahlungskomponente ein zweiter Dosispfad eröffnet (Bestrahlung von innen, Inkorporation). Bei Explosion konventionellen Sprengstoffes entsteht eine Hitze-Druck-Welle, die festes radioaktives Material zum Schmelzen bringen und durch Zerreißung in sehr kleine Partikel zerlegen kann.
- Der zweite mögliche Weg der Inkorporation, die Ingestion, also die Aufnahme radioaktiver Partikel oder Flüssigkeiten über den Magen-Darm-Pfad, erscheint wenig wahrscheinlich, da im Gegensatz zu großflächigen Kontaminationen von Nahrungsmitteln die Personen aus dem Gefahrenbereich gerettet und mittels unbelastetem Essen und Getränken versorgt werden können (nach Räumung bzw. Evakuierung)

Den für die **Terrorabwehr** zuständigen Stellen stehen spezielle EDV-Programme zur Verfügung (z. B. LASAIR), welche die Ausbreitung und Aufnahme von Partikeln in den Menschen tatortangepasst simulieren können. Durch Eingabe der aktuellen Witterungsverhältnisse lässt sich die atmosphärische Verteilung der Radionuklide darstellen und somit resultierende Strahlenexpositionen abschätzen. Wichtige modifizierbare Eingabeparameter sind:

- Menge und Beschaffenheit des Sprengstoffes
- Strahlenart, Menge des radioaktiven Stoffes
- Aktuelles Wetter und kurzfristige Wetterentwicklung (Hotspots durch Schneefall, Fukushima 2011)
- Daten über die Beschaffenheit des Geländes

Die Frage, welches Radionuklid für einen Terroranschlag Verwendung findet, hängt von der Intention der Täter ab. Will man einen Strahler verwenden, der schnell und leicht mittels geeigneter Messgeräte zu identifizieren ist, so kommen Gammastrahler in Frage. Für die Anwendung bei zerstörungsfreier Materialprüfung, bei Werkstoffprüfungen und in sog. Füllstandsmessgeräten kommen in der Industrie Strahler wie Iridium-192, Kobalt-60 oder Cäsium-137 zum Einsatz. Sie sind weit verbreitet und haben bei hoher Aktivität nur geringe Abmessungen. Die Aktivität (also die Zerfälle pro Sekunde, angegeben in der Einheit Becquerel, Bq, oder einem Vielfachen davon) liegt im Giga- bis mehrere Tera-Bq-Bereich. Hier sind für die »Verwender« erhebliche bis tödliche Gesundheitsrisiken zu befürchten, sofern unsachgemäß, z. B. ohne entsprechende Abschirmung, mit den Strahlern hantiert wird. Das

alles dürfte aber einen Terroristen, der bereit ist, als »Selbstmordattentäter« aufzutreten, nicht abhalten. Er könnte sein Werk vollenden und würde, falls die effektive Dosis ausreichend ist, erst in wenigen Tagen bis Wochen versterben. Die mittlere letale Dosis für den Menschen beträgt ca. 4.000 mSv Ganzkörperdosis (sog. **deterministischer Strahlenschaden**). Dabei ist allerdings nicht berücksichtigt, dass durch medizinische Maßnahmen, bis hin zur Knochenmarkstransplantation bzw. peripheren Stammzellspende, das sog. **hämatopoetische Strahlensyndrom** behandelt werden kann und relativ gute Aussichten bestehen, dies zu überleben, sofern keine ausgeprägten Kombinationsschäden vorliegen.

Flüssige radioaktive Stoffe, die in der Medizin Verwendung finden, wären beispielhaft neben dem Gammastrahler Technetium-99m, die Beta-Strahler Rhenium-88, Yttrium-90 und auch Iod-131. Häufig verwendete Beta-Strahler aus der Industrie (v. a. zur Dichte- und Dickenmessung) sind Strontium-90, Promethium-147 und Krypton-85.

Man kann sich natürlich auch sehr exotische Strahler als USBV-A-Komponente vorstellen, bei der auch professionelle Messtechnik aufwändig und schwierig wird.

Das Beispiel des Mordes an dem ehemaligen KGB-Mitarbeiter Litvinenko (2007) in England mittels Polonium-210 zeigt eindringlich, dass z. B. Alpha-Strahler eine gezielte Tötung mit kleinsten Mengen an radioaktivem Material ermöglichen und relativ lange unerkannt sowohl transportiert als auch »benutzt« werden können. Der Vor- und Nachteil von Alpha-Strahlern für die Einsatzkräfte besteht darin, dass sich die Strahlung (eigentlich Heliumatomkerne) schon durch ein Blatt Papier nahezu vollständig abschirmen lässt. Der Transport in Gefäßen aus Glas oder anderen Materialien lässt sich, sofern nicht wie bei Gemischen zusätzlich noch Gammastrahlenkomponenten abgegeben werden, als sichere Tarnung nutzen.

Entscheidend für die Frage, welches Radionuklid verwendet wird, dürfte die Schwierigkeit der Beschaffung und die Intention des Attentäters sein, ob ein Anschlag sofort als ein A-Szenario erkennbar sein soll (Aufmerksamkeit, Panikwirkung) oder ob möglichst viele Personen bis zur Aufdeckung eines »Strahlenszenarios« körperlich geschädigt werden sollen. Es gibt durchaus ernst zunehmende Stimmen die glauben, dass ein »Dirty-bomb-Anschlag« für Terrororganisationen nicht attraktiv genug ist, da der unmittelbare Schaden durch den konventionellen Sprengstoff zu gering ist. Bis jetzt ist weltweit noch kein Anschlag mit einer »dirty bomb« verübt worden (in diesem Zusammenhang wird immer wieder auf den Vorfall im Moskauer Ismailovsky-Park 1995 verwiesen, wo angeblich tschetschenische Rebellen ein Paket mit radioaktivem Material für die Einsatzkräfte deponiert hatten, um die Fähigkeit zum Bau einer dementsprechenden Bombe zu demonstrieren. Die Bombe wurde nicht gezündet).

Man kann sich allerdings auch Ausbringungsszenarien radioaktiven Materials über größere Areale von Städten vorstellen ohne die Zuhilfenahme einer Sprengladung. Dabei ist der Phantasie im Hinblick auf das verwendete Transportvehikel keine Grenze gesetzt. Ein solches Szenario auf eine Großstadt wie Frankfurt projiziert, würde zu massiven Ängsten bei der Bevölkerung führen, später an Krebs zu erkranken und zu versterben. Auch wären evtl. großflächige Dekontaminations- und Evakuierungsmaßnahmen (ab 100 mSv in 7 Tagen) notwendig, welche die beteiligten Strukturen des Katastrophenschutzes schnell an die Grenzen der Machbarkeit bringen und zu infrastrukturellen bzw. volkswirtschaftlichen Verwerfungen führen könnten, bis hin zum Zusammenbruch z. B. ganzer Finanzzentren wie Frankfurt.

Modellrechnungen des Nationalen Labor Spiez (Fachinstitut am Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Schweiz) aus dem Jahr 2005 zeigen, dass am Ort der Explosion der »dirty bomb« je nach Ausgangslage mit Dosisleistungen von bis zu 10 mSv/h gerechnet werden kann. Nach 100 h Aufenthaltszeit an diesem Ort wäre eine Ganzkörperdosis von 1 Sv erreicht. Etwa 5 % der Betroffenen müssten bei dieser Gesamtdosis nach 3–6 h die Symptome von Übelkeit und Erbrechen zeigen (sofern nicht durch Panikreaktion bedingt!). Das hypothetische Krebssterblichkeitsrisiko wäre mit ca. 5–10 % zusätzlichen Todesfällen neben der natürlichen Krebssterberate erhöht und die Wahrscheinlichkeit an einer Leukämie zu sterben, läge bei zusätzlich 1 %. Bei Erwachsenen beträgt die Latenzzeit für das Auftreten einer strahlenbedingten Leukämie mindestens 2 Jahre. Bei soliden Tumoren sind viele Jahre bis

mehrere Jahrzehnte anzusetzen (für Kinder gelten andere Latenzzeiten).

Faustformel der ICRP: Eine Dosisbelastung von 1 Sv sorgt für eine Zunahme der Krebsmortalität an soliden Tumoren (zusätzlich zur natürlichen Krebssterblichkeitsrate) um 5 % und eine Zunahme der Leukämiesterberate um 1 %.

39.3 Schutzmaßnahmen

39.3.1 Überlegungen zum Schutz der Einsatzkräfte

Bei tatsächlicher oder vermuteter Exposition gegenüber radioaktiver Strahlung sind folgende Aspekte für die Einsatzkräfte wichtig:

- Generell an das Vorhandensein »ionisierender Strahlung« denken.
- Die Verhaltensregeln bei Einsätzen im Nahbereich radioaktiver Strahlung müssen bekannt und verinnerlicht sein (Abstand halten, Abschirmung nutzen, Aufenthaltszeit verkürzen etc.).
- Der Gefährdungslage angepasste persönliche Schutzausrüstung muss getragen werden (Kontaminations- und Inkorporationsschutz), Feuerwehrdienstvorschrift 500 (FwDV 500) beachten.
- Amtliches Personendosimeter und Alarmdosimeter an vorgesehener Stelle tragen. Sofort ablesbares elektronisches Dosimeter ist sinnvoll.
- Eine ausreichende Anzahl geeigneter Messgeräte wie Kontaminationsmonitore, Ortsdosisleistungsmessgeräte etc. müssen zur Verfügung stehen und deren Handhabung muss geübt sein.
- Schutzmaßnahmen wie z.B. eine Dekontaminationsmöglichkeit (Dekon-Platz) müssen rechtzeitig einsatzbereit sein.
- Für ausreichend viel Personal sorgen; aber im Gefahrenbereich selbst Einsatzkräfte nur sparsam einsetzen. Schwarz/Weiß Trennung.
- Frühzeitige Hinzuziehung/Nachforderung spezieller Fachberater aus Länderbehörden (z. B. Landesamt für Umwelt, LfU), speziell geschulte ABC-Abwehr, Zentrale Unterstützungsgruppe Bund (ZUB), Nukleare Gefahrenabwehrkräfte (NGA), Sonderdienste der Polizei, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG), Regionales Strahlenschutzzentrum (RSZ) etc.

Spezielle medizinische Fachkompetenz durch Strahlenschutzärzte, welche die Einsatzkräfte vor Ort oder die Katastrophenschutzleitung beraten können, sind oftmals nur an Regionalen Strahlenschutzzentren (RSZ) zu finden.

In der Regel haben diese Fachberater selbst keine eigene Möglichkeit mit Sondersignal und BOS-Funk an die Einsatzstelle zu fahren.

Vor ionisierender Strahlung in Form von **Wellenstrahlung** (Gammastrahlung, Röntgenstrahlung) schützt kein noch so umschließender Vollschutzanzug. Wellenstrahlung kann durch geeignete Strahlenschutzmaterialien wie Blei, abgereichertes Uran, Wasser, Beton reduziert, aber nicht vollständig abgeschirmt werden. Im Fall von Neutronenstrahlung wird Cadmium oder Bor eingesetzt. Nach Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 500 ist Körperschutz Form 3 (sog. Chemikalienschutzanzug, CSA) hervorragend geeignet, eine Kontamination der Haut des Anzugträgers und innere Kontamination (Inkorporation durch Inhalation oder Ingestion) zu verhindern, kann aber die Wellenstrahlung nicht entscheidend abhalten. Falls der Rettungsdienst incl. der eingesetzten Ärzte nicht nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G26 III untersucht und »atemschutztauglich« sind, darf ein Vollschutzanzug mit Atemschutzgerät nicht getragen werden. Damit ist am Einsatzort faktisch eine Zweiklassengesellschaft vorhanden. Die unterschiedliche Schutzausrüstung wird zu Ängsten und Verunsicherungen der »zweitklassig« geschützten Einsatzkräfte führen.

Wer mit sich selbst und seinen Ängsten beschäftigt ist, kann nicht professionell arbeiten.

Leidtragender dieser Misere wird folglich immer der Patient sein. Es gibt Belege aus amerikanischen Studien, dass generell »offizielle Empfehlungen« bei Unfallszenarien von etwa 40 % der Bevölkerung missachtet werden (z. B. Flucht statt Schutz in Gebäuden suchen). Ähnlich könnte es sich mit Ein-

satzkräften verhalten, die, wie etwa bei den Überschwemmungen in New Orleans (Hurrikan Katrina 2005), ihr Heil in der Flucht suchen und eben nicht »ihren Job tun«.

39.3.2 Überlegungen vor Eintreffen an der Gefahrenstelle

Die Einsatzkräfte sollten im günstigsten Fall vor Eintreffen an der Gefahrenstelle über die aktuelle radiologische Lage informiert sein, um angemessen handeln zu können. Dabei sind folgende Szenarien denkbar:

Handelt es sich bei der Strahlenquelle um ein technisches Gerät das strombetrieben ionisierende Strahlung erzeugt? Wenn **Ja**, ist durch Abschalten bzw. Unterbrechung des Stromkreises die Gefahr einer Strahlenexposition gebannt. Der Zugriff auf verletzte Personen ist ohne spezielle persönliche Schutzausrüstung möglich.

Der durch externe Bestrahlung exponierte und aus dem Gefahrenbereich gerettete Patient stellt keinerlei Gefahr für die Helfer dar, weil er selbst keine ionisierende Strahlung aussendet.

Handelt es sich um umschlossene oder offene radioaktive Stoffe (Strahler)? Im Fall von Großbestrahlungsanlagen oder sonstigen hochaktiven radioaktiven Quellen besteht im ungünstigsten Fall akute Lebensgefahr für die Helfer. Gelingt es, den Patienten aus dem Bestrahlungsbereich einer **umschlossenen radioaktiven Quelle** zu retten (Quellenumhüllung ist dicht), so ist dieser Patient selbst nicht radioaktiv (Ausnahme: Neutronenstrahlenquelle). Er kann in diesem Fall vom Rettungsdienstpersonal ohne besondere Schutzausrüstung versorgt werden. **Der Patient strahlt selbst nicht.**

Im Falle der Rettung aus einem Bereich mit **offenen radioaktiven Stoffen** ist immer auch an eine Kontamination und ggf. Inkorporation des Patienten zu denken. In diesem Fall ist geeignete Schutzausrüstung des Rettungsdienstpersonals notwendig. Das heißt aber nicht, dass eine Behandlung nur im Chemikalienschutzanzug möglich ist. Eine geeignete persönliche Schutzausrüstung für die Erstversorgung kontaminierter Personen kann auch ein Spritzschutzanzug mit Haube und Füßlingen sowie eine FFP-3-Filtermaske (notfalls auch FFP2), Augenschutzbrille (Laborbrille) und doppeltes Paar Handschuhe nebst geeignetem Schuhwerk sein.

Die externe Strahlenbelastung die von kontaminierten Patienten ausgeht, ist für die Helfer bei einem »Worst-case-Szenario« (Patient ist vollständig mit flüssigem radioaktivem Material kontaminiert) maximal im Bereich weniger Millisievert (mSv) effektive Dosis.

Handelt es sich um Explosionstraumata oder Attentäter? Bei verwundeten Patienten mit radioaktiven Splittern (Schrapnellen) oder bei absichtlicher Inkorporation von höher aktiven umschlossenen Quellen oder absichtlich am Körper getragenen Strahlenquellen, können die Helfer einer mäßigen bis erheblichen Strahlenbelastung ausgesetzt sein (Szenario: Selbstmordattentäter). Aber auch hier ist die Aufenthaltszeit in der Nähe der »Strahlenquelle« (in diesem Fall zum »Patienten«) entscheidend. Die optisch/akustische Alarmschwelle eines am Körper getragenen sofort ablesbaren elektronischen Personendosimeters (EPD) ist in geeigneter Weise einzustellen (Warnschwelle für Dosisleistung und Dosis). Dadurch würde rechtzeitig vor einer übermäßigen Exposition der Einsatzkräfte gewarnt. Feuerwehren verwenden oft Alarmdosimeter, die keine direkt ablesbare Anzeige haben.

39.3.3 Maßnahmen vor Eintreffen an der Einsatz-/Gefahrenstelle

Tipp

Die mitgeführten Ortsdosisleistungsmessgeräte (ODL-Messgeräte) sollten schon während der Anfahrt an die Einsatzstelle eingeschaltet werden.

Dadurch ist der Wert der natürlichen Hintergrundstrahlung bekannt und bei Annäherung an eine Gammastrahlenquelle wird ein zusätzlicher Messwertanstieg erkennbar bzw. löst eine vorher einge-

stellte Alarmschwelle ein optisch/akustisches Signal aus. Sofern vorhanden, sollte ein kombiniertes Gamma-Neutronen-Ortsdosisleistungsmessgerät mit NBR-Sonde (»Natural Background Rejection«) benutzt werden, um künstliche Radionuklide anzuzeigen und gleichzeitig die natürliche Hintergrundstrahlung auszublenden.

Die Alarmschwelle für Absperrmaßnahmen ist laut Feuerwehrdienstvorschrift (FwDV 500) 25 µSv/h.

Ist die Absperrgrenze noch nicht festgelegt, halten anfahrende Einsatzkräfte einen Mindestabstand von 50 m zur Gefahrenstelle ein (Absperrbereich mindestens 100 m).

Ebenso frühzeitig (schon bei Anfahrt) evtl. notwendige Fachberater alarmieren. Bei zivilen Einsätzen geschieht dies durch die Leitstelle des Rettungsdienstes bzw. die Integrierte Leitstelle.

Ärzte/Notärzte und Rettungsdienstpersonal im Strahlenschutzeinsatz sind keine beruflich strahlenexponierten Personen nach Röntgen- und/oder Strahlenschutzverordnung. Somit gelten auch keine Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen (z. B. Ganzkörperdosisgrenzwert 20 mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und B). Dennoch ist im Strahlenschutzeinsatz eine amtliche Personendosimetrie durchzuführen, d. h. ein Strahlenschutzdosimeter ist zu tragen (Gleitschattendosimeter, Glasdosimeter etc.). Berufsfeuerwehren und gut ausgestattete freiwillige Feuerwehren führen diese in ausreichender Anzahl mit. Hilfreich sind auch sofort ablesbare EPDs (teilweise als amtliche Dosimeter zugelassen).

Der häufig verwendete Satz: »Lebensrettende Maßnahmen haben absoluten Vorrang vor Strahlenschutzüberlegungen« ist für die Helfer in der emotional schwierigen Situation eines Strahlenunfalls mit Personenbeteiligung nur sehr schwer zu akzeptieren. Nur die permanente Messung der Ortsdosisleistung und, sofern nötig, die persönliche Schutzausrüstung gegen Kontamination, die auch gleichzeitig eine Inkorporation verhindert, gibt Sicherheit für überlegtes Handeln am Verunfallten. Anerkannte, unabhängige Fachberater vor Ort (in geeigneter Einsatzkleidung!) erhöhen die Akzeptanz für die Einsatzkräfte und vermitteln ein gewisses Maß an Sicherheit. Die Fachberater müssen mit feuerwehrtechnischen und polizeilichen Gefahrenabwehrmaßnahmen und Einsatztaktiken vertraut sein und sollten wie Ersteinsatzkräfte alarmierbar sein.

Feuerwehren und Rettungsdienst dürfen als Richtwert der Ganzkörperdosis für einen lebensrettenden Einsatz einmalig in ihrem Berufsleben eine effektive Dosis von 250 mSv erhalten (FwDV 500). Nur in Ausnahmefällen und bei absoluter Freiwilligkeit sowie vorheriger spezifischer Aufklärung (sinnvoll wären hier Strahlenschutzärzte) darf dieser Wert überschritten werden. Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht sogar noch weiter und lässt bei lebensrettenden Einsätzen den Dosisrichtwert für Einsatzkräfte nach oben offen. Die mittlere tödliche Dosis für einen Menschen ist bei etwa 4.000 mSv Ganzkörperdosis anzusetzen (sofern keine medizinische Intervention erfolgt). Natürlich soll die Strahlenexposition auch für die Helfer so niedrig wie möglich gehalten werden (Minimierungsgebot, ALARA-Prinzip(»**a**s **l**ow **a**s **r**easonable **a**chievable«) der Internationalen Strahlenschutzkommission), um auch die Wahrscheinlichkeit für das Risiko einer tödlichen Tumorerkrankung so gering wie möglich zu halten.

39.3.4 Maßnahmen für medizinisches Personal an der Einsatz-/Gefahrenstelle

GAMS-Regel
- **G**efahr erkennen
- **A**bsperren/Sichern unter Eigenschutz
- **M**enschenleben retten
- **S**pezialkräfte alarmieren

- Die Feuerwehr sperrt ab einer ODL von 25 µSv/h den Gefahrenbereich ab.
- Geregelte Zugangswege sind auszuweisen.
- Rettungskräfte, die keinen umluftunabhängigen Atemschutz (Pressluftatmer) bzw. Chemikalienschutzanzug tragen dürfen (keine gültige G26-III-Untersuchung), gehen mit Kontaminationsschutzanzug, besser Spritzschutzanzug, doppeltem Paar Handschuhen,

geeignetem geschlossenem Schuhwerk bzw. zusätzlich Füßlingen, Schutzbrille und mindestens FFP-3-Filtermaske, besser aber mit filtrierender Halbmaske mit ABEK-P3-Filter vor (eine G26 II Untersuchung ist notwendig). Übergänge vom Schutzanzug zu peripheren Teilen sollten so gut wie möglich abgeklebt werden, um eine Kontamination der Haut mit radioaktiven Partikeln zu verhindern.

- Wegen Inkorporationsgefahr am Einsatzort nicht Essen, Trinken, Rauchen oder Schminken. Keine Gegenstände in die Kleidung einstecken (Edelstahlkapsel mit radioaktivem Material etc.).
- Es gibt speziell für medizinische Einsatzkräfte Einmalanzüge mit Filtersystem und geringem Überdruck, die erstmals für die Fußball-WM 2006 bei Hilfsorganisationen wie dem Roten Kreuz vorgehalten wurden und keine Atemschutztauglichkeit voraussetzen.
- Amtliche Dosimeter sind **unterhalb** der Schutzanzüge zu tragen. Zusätzlich dazu ein Alarmdosimeter.
- Schnelles überlegtes Handeln ist dosissparend.

Lebensrettende Sofortmaßnahmen am Patienten haben Vorrang vor Strahlenschutzüberlegungen (Voraussetzung ist vernünftiger Eigenschutz).

- Einige Millisievert effektive Dosis müssen auch Rettungskräfte in Ausübung Ihrer Tätigkeiten akzeptieren. Für die eigene Risikobewertung kann der Vergleich mit einer Computertomographieuntersuchung (CT) herangezogen werden: Nach Veröffentlichung des Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) von 2008 erzeugt ein Abdomen-CT eine effektive Dosis (ED)von ca. 15–20 mSv beim Patienten, das sind immerhin 15.000–20.000 µSv!
- Kontaminierte Patienten sind, sofern medizinisch vertretbar, zu dekontaminieren. Das Ablegen der Kleidung dieser Personen (trockene Dekontamination) führt schon zu erheblicher Verminderung der Strahlenbelastung des Patienten. Eine gewisse Kontamination der Einsatzmittel des Rettungsdienstes ist zu akzeptieren (auch des Transportfahrzeuges). Die nasse Dekontamination des Patienten soll so rasch als möglich, gezielt und hautschonend erfolgen. Tragbare Kontaminationsmonitore ermöglichen die Erfolgskontrolle der Maßnahmen. Anschließend erfolgt der Transport des Verletzten unter Voranmeldung mit Hinweis auf »kontaminierter Patient« in ein Zentrum für Strahlenverunfallte (Adresse über die Rettungsleitstelle erfragen).

Ein Fachberater mit Kontaminationsmonitor sollte, wenn möglich, den Transport begleiten und das ärztliche Personal der Klinik beraten.

- Alle kontaminierten Materialien sammeln und eindeutig kennzeichnen. Wiederverwendung von Ausrüstung und Fahrzeug erst nach Freimessung durch die länderspezifisch zuständige Behörde. Einsatzkräfte bei Verdacht auf Inkorporation oder Dosisbelastung unverzüglich einem ermächtigten Arzt im Strahlenschutz vorstellen. Dies sollte nach den einschlägigen Verordnungen ab einer Ganzkörperdosis von 50 mSv auf jeden Fall erfolgen.
- Einsatznachbesprechung mit Spezialisten des RSZ durchführen.

Literatur

1. BfS Rede König W (2006) 2. Berliner Fachkongress über Nationale Sicherheit und Bevölkerungsschutz. http://www.bfs.de/de/ion/papiere/SchmutzigeBombe.html
2. Egger E, Münger K, Labor Spiez (2005) Dirty Bomb: Wie gross ist die Bedrohung? Hintergrundinformationen, www.labor-spiez.ch
3. Gespräche mit Verantwortlichen im Fall Litvinenko (2007)
4. Luiz T, Lackner C K, Peter H, Schmidt J (Hrsg.) (2009) Medizinische Gefahrenabwehr. Elsevier Urban und Fischer, München
5. Scholz J, Sefrin P, Böttiger WB et al. (2008) Notfallmedizin. Thieme, Stuttgart
6. Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern (2010) Katastrophenmedizin Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. Bonifatius GmbH, Druck-Buch-Verlag, Paderborn
7. SSK Heft 61 (2009) Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingter Freisetzung von Radionukliden. H. Hoffmann GmbH-Fachverlag, Berlin

Biologische Bedrohung

D. Frangoulidis

40.1 Einführung – 560

40.2 Erreger bzw. Erkrankungen – 560

40.3 Aspekte für Einsatzkräfte vor Ort – 561

40.3.1 Lagebeurteilung/Gefahrenabschätzung/Gefahrenerkennung – 562

40.3.2 Entscheidung über Eigen- und ggf. Fremdschutz – 562

40.3.3 Meldung und Einleitung weiterer Maßnahmen – 563

40.3.4 Entscheidung über Vor-Ort-Maßnahmen – 564

40.4 Hygiene-/Dekontaminationshinweise – 565

Literatur – 566

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_40, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

40.1 Einführung

Seuchen und Massenerkrankungen, die durch Mikroorganismen oder Gifte entstehen können, beeinflussen seit dem Altertum die Entwicklung von Gesellschaften oder den Ausgang von Kriegen. Dies spiegelt sich in Kapiteln des Alten Testaments (Apokalypse, zehn Plagen) oder in der Literatur (Bocaccio: »Das Dekameron«, während der Pestpandemie im 14. Jh. geschrieben) wieder.

Trotz der sicherlich langen Beziehung zwischen Krankheitserregern und Menschen liegt der Beginn der modernen Mikrobiologie/Infektiologie nicht sehr weit zurück. Mitte des 19. Jh. begannen so bekannte Forscher wie beispielsweise Louis Pasteur, Robert Koch, Friedrich Loeffler, die Grundlagen für unser heutiges Verständnis von Infektionskrankheiten zu legen. Wissenschaft und Technik haben seitdem dazu beigetragen, dass z. B. Infektionskrankheiten wie Pocken, Pest, Poliomyelitis oder Diphtherie und ihr früher gefürchtetes epidemisches Auftreten mit großer Zahl an Erkrankten und Verstorbenen mittlerweile in den entwickelten Ländern der Vergangenheit angehören. Aber auch im Zeitalter der modernen Medizin mit den Möglichkeiten einer antimikrobiellen Therapie spielen Infektionserreger weiterhin eine Rolle. Nicht nur die zunehmenden Resistenzen der Erreger gegenüber Therapeutika, sondern auch das Auftreten neuer bzw. bereits zurückgedrängter oder ausgerotteter Infektionskrankheiten (z. B. »Polio«) werden regelmäßig beobachtet. Sofern es sich dabei um gefährliche, d. h. lebensbedrohliche, hoch ansteckende Infektionskrankheiten handelt, kommen diese vorwiegend in sog. Entwicklungsländern in sub- und tropischen Gebieten vor. Sie können aber über den internationalen Reise- und Handelsverkehr importiert werden. Darüber hinaus könnten die Erreger solcher Infektionskrankheiten möglicherweise von kriminellen bzw. terroristischen Gruppierungen für Anschläge als biologische Waffen missbraucht werden. Eine Bedrohung durch staatlich betriebene Biowaffenprogramme gilt heutzutage dagegen als wenig wahrscheinlich.

In diesem Kapitel wird auf die Besonderheiten von Krankheitserregern eingegangen, die besonders im Bereich der sog. Ersthelfer/»First Responder« sowohl auf militärischer als auch ziviler Seite zu beachten sind.

40.2 Erreger bzw. Erkrankungen

Seit den früheren staatlichen Biowaffenprogrammen der USA und der ehemaligen Sowjetunion existieren verschiedene Übersichten, welche Erreger bzw. deren Produkte (Toxine) für die Anwendung als Waffe geeignet sind. Eine Übersicht, die sowohl die historischen Anwendungen der o. g. Biowaffenprogramme, die Erregereigenschaften als auch Ausbruchserfahrungen der letzten Jahrzehnte berücksichtigt, gibt die Klassifizierung der amerikanischen Seuchenkontrollbehörde (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) in Atlanta (▶ Übersicht). Diese Liste beinhaltet Agenzien bzw. Erkrankungen, die prinzipiell ein bioterroristisches Potenzial beinhalten und gliedert diese von A–C, absteigend nach ihrem Schädigungspotenzial.

Bioterroristische Agenzien bzw. Infektionskrankheiten [13])

- Kategorie A
  - Eigenschaften
    - leichte Verbreitungsmöglichkeiten oder Mensch-zu-Mensch-Übertragbarkeit
    - hohe Mortalitätsrate und potenziell große Beeinträchtigung des öffentlichen Gesundheitswesens
    - kann öffentliche Unruhen/Panik und Störungen der öffentlichen Ordnung verursachen und
    - erfordert spezielle Vorsorgemaßnahmen des öffentlichen Gesundheitswesens.
  - Agenzien/Infektionen
    - Anthrax/Milzbrand (Bacillus anthracis)
    - Botulismus (Clostridium botulinum toxin)
    - Pest (Yersinia pestis)
    - Pocken (Variola major)
    - Tularämie/Hasenpest (Francisella tularensis)
    - virale hämorrhagische Fieber (Filoviren wie z. B. Ebola, Marburg und Arenaviren, z. B. Lassa, Machupo)

- Kategorie B
  - Eigenschaften
    - mäßige Verbreitungsmöglichkeiten
    - mittlere bis geringe Mortalitätsraten und
    - erhöhte Anforderungen an diagnostische Laborkapazitäten und Infektionsüberwachung
  - Agenzien/Infektionen
    - Brucellose (Brucella species)
    - Epsilon-Toxin von Clostridium perfringens
    - Bedrohungen der Lebensmittelsicherheit (z. B. Salmonella species, E. coli O157:H7, Shigella)
    - Rotz (Burkholderia mallei)
    - Melioidose/Pseudorotz (Burkholderia pseudomallei)
    - Psittakose (Chlamydia psittaci)
    - Q-Fieber (Coxiella burnetii)
    - Ricin, Toxin von Ricinus communis (gemeine Castorbohne)
    - Staphylokokken Enterotoxin B
    - epidemisches Fleckfieber (Rickettsia prowazekii)
    - virale Enzephalitiden (Alphaviren wie z. B. die Venezolanische Pferdeenzephalitis)
    - Bedrohungen der Trinkwassersicherheit (z. B. Vibrio cholerae, Cryptosporidium parvum)
- Kategorie C
  - Eigenschaften
    - neu oder wieder auftretende Agenzien bzw. Infektionskrankheiten, die sich zur Massenausbreitung eignen, aufgrund ihrer
    - Verfügbarkeit
    - leichten Herstellung und Verbreitungsmöglichkeiten sowie Ausbreitung und
    - potenziellen hohen Morbidität und Mortalität und starken Beeinträchtigung des öffentlichen Gesundheitswesens
  - Agenzien
    - neu bzw. wieder auftretende Infektionskrankheiten bzw. Erreger, z. B. Nipahviren, Hantaviren, SARS, Influenza A (H1N1), EHEC 0104:H24, MERS-CoV

In der ▶ Übersicht sind die wichtigsten Aspekte und Besonderheiten von Infektionskrankheiten bzw. deren Erreger genannt. Neben der eigentlichen klinischen Symptomatik bzw. dem Erkrankungsverlauf spielen die Übertragung und speziell die Weiterverbreitungsmöglichkeiten eine große Rolle. Alle Faktoren haben natürlich auch Einfluss auf die primären und nachgeschalteten Ebenen und Bestandteile des medizinischen Versorgungssystems. So sind in der höchsten Gefährdungskategorie A alle Erreger vorhanden, die ein hohes Ansteckungs- und Weiterverbreitungspotenzial, verbunden mit einer z. T. hohen Sterblichkeitsrate aufweisen, wie das z. B. die Pest und die Pocken in der Geschichte bereits sehr eindrucksvoll gezeigt haben. Aber auch ein Agens wie Bacillus anthracis, das nicht primär von Mensch zu Mensch übertragen werden kann, ist aufgrund seiner hohen Letalität und der Ausbringungsmöglichkeit als feine, hoch angereicherte, sporenhaltige Pulverpräparation in seinen Auswirkungen enorm. Die 2001 in den USA versandten Briefe zeigen dies deutlich [4].

Allen Kategorien ist das Potenzial gemein, enorme **psychologische, strukturelle und organisatorische Wirkungen** auf das öffentliche und wirtschaftliche Leben bzw. die medizinische Versorgung im Allgemeinen und Speziellen nehmen zu können.

Eine weitere Besonderheit von Infektionskrankheiten ist auch das zeitlich häufig stark verzögerte Auftretensereignis. Im Gegensatz zu z. B. chemisch-toxischen Agenzien, können bei Infektionserregern zwischen Infektion und Ausbruch von Symptomen (sog. Inkubationszeit) z. T. mehrere Tage oder sogar Wochen vergehen. Dies erschwert natürlich die Ermittlung einer zugrundeliegenden Quelle bzw. die Rückverfolgung von Infektionen enorm. Das gefürchtetste Szenario stellen dabei Infektionen dar, die noch vor Ausbruch von Symptomen eine Mensch-zu-Mensch Ansteckungsfähigkeit besitzen.

40.3 Aspekte für Einsatzkräfte vor Ort

Folgende Punkte, Abläufe bzw. Fragestellungen sind für Einsatzkräfte vor Ort von entscheidender Bedeutung:

- Lagebeurteilung/Gefahrenerkennung
- Entscheidung über Eigen- und ggf. Fremdschutz

- Meldung bzw. Informationsweitergabe für ggf. notwendige Unterstützungen, weitere Maßnahmen
- Entscheidung über Vor-Ort-Maßnahmen

40.3.1 Lagebeurteilung/ Gefahrenabschätzung/ Gefahrenerkennung

Für ein Einsatzteam ist eine der schwierigsten Aufgaben, die Gefahrenlage korrekt einzuschätzen. Wann und wie beginnt das sog. »daran Denken«? Die Hinweise bzw. Verdachtsmomente auf das Vorliegen eines Infektionsgeschehens bzw. einer Infektionskrankheit sind äußerst heterogen: Fieber, Schüttelfrost, Muskel-, Kopf- und Gliederschmerzen, Nackensteifigkeit, Bewusstseinsstörungen, Krämpfe, Lähmungen, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Schluck-, Sprach- und Sehstörungen, Hautveränderungen (lokal, systemisch, flächig), Husten mit oder ohne Auswurf, Anzeichen für innere und äußere Blutungen (z. B. Nasenbluten, Hauteinblutungen), Abgeschlagenheit/Apathie, Atemnot, Brustschmerzen, Rasselgeräusche, Lymphknotenschwellungen, Kollaps/Schock.

Hinweisend sind eine hohe Anzahl Betroffener mit gleichen Beschwerden in einem räumlichen Zusammenhang, gehäuftes Vorkommen von Betroffenen mit Fieber, Erkrankungen der Atemwege oder des Magen-Darm-Traktes, Reiseanamnese, Verwandtenbesuch, auffälliges Verhalten bei Tieren (oder plötzliche Todesfälle). Besonders folgende klinische Symptomkomplexe geben Anlass zu höchster Vorsicht [9]:

- **Grippe-ähnliches Syndrom**
  - Hohes Fieber, Schüttelfrost, Atemnot, schmerzhafte Atmung, Kopf-, Glieder-, Rücken- und Muskelschmerzen, allgemeine Abgeschlagenheit bis hin zur Apathie
- **Akutes Atemnotsyndrom** (ARDS = »Acute Respiratory Distress Syndrom«)
  - Fieber, Abgeschlagenheit, Husten mit/ohne Auswurf, Atemnot, Stridor, Zyanose, Brustschmerzen, Rasselgeräusche
- **»Sepsis«-Syndrom**
  - Fieber mit/ohne Hautausschlag, Schüttelfrost, Apathie, sehr schlechter Allgemeinzustand, Lymphknoten-, Milz- und Leberschwellung, Kollaps/Schock
- **Hämorrhagische Fieber-Symptomatik**
  - Hohes Fieber mit äußeren Blutungen und Hinweisen auf innere Blutungen bzw. Gerinnungsstörungen (Hauteinblutungen/Petechien, Ekchymosen, Purpura, Nasenbluten, blutiger Auswurf, Magen-Darmblutungen)
- **Neurologischer Symptomenkomplex**
  - Fieber mit Kopfschmerz, Nackensteifigkeit, Übelkeit, Erbrechen, Bewusstseinsstörungen, Krämpfe, Lähmungen und als Besonderheit hiervon
  - das sog. **paralytische Syndrom**, das typisch für Vergiftungen ist: Schwächegefühl, Übelkeit, Schluck-, Sprach- und Sehstörungen (z. B. Doppelbilder)
- **Exanthematöse Symptomatik**
  - Fieber mit En- und/oder Exanthem
- **Magen-Darm-Syndrom**
  - Übelkeit, Durchfall, Erbrechen, ggf. mit Fieber

Weitere Hinweise, die für ein (ungewöhnliches) Infektionsgeschehen sprechen können:

- Kranke oder tote Tiere oder sichtbare Verhaltensauffälligkeiten
- Ungewöhnliche Umstände bzw. Gegenstände (z. B. weißes Pulver, Kanister, Sprühvorrichtungen)
- Bekennerschreiben u. ä. Dokumente (Drohbriefe)
- Viele Betroffene mit ähnlichen Symptomen an einem Ort
- Lokalität (Restaurant, Bar, Disco, Kino, Schule, öffentliche Einrichtungen, Firma)

40.3.2 Entscheidung über Eigen- und ggf. Fremdschutz

Grundsätzlich sollte ein ausreichender **Immunschutz** durch Impfungen bei allen eingesetzten Personen vorhanden sein. Neben dem Basisimpfschutz (Tetanus, Diphtherie, Masern, Mumps, Röteln, Polio, Hepatitis B) sollte auch Pertussis, Influenza, Hepatitis A, Meningokokken (möglichst tetravalenter, konjugierter Impfstoff) vorhanden sein. Je nach

Einsatzform bzw. Einsatzgebiet können auch Impfungen gegen FSME, Typhus, Gelbfieber, japanische Enzephalitis und Tollwut sinnvoll sein. Für ganz spezielle Indikationen ist auch an Impfungen gegenüber Milzbrand und Pocken zu denken (ein Pockenimpfstoff ist jedoch in Deutschland nicht zugelassen bzw. verfügbar).

Die zweite wichtige Säule ist die sog. **Postexpositionsprophylaxe** (PEP). Hier kann bei einem starken Verdacht auf ein ansteckendes Infektionsgeschehen die nachträgliche Gabe von Impfstoffen, Immunglobulinen, Antibiotika (z. B. Doxycyclin, Ciprofloxacin) und antiviralen Substanzen (z. B. Neuraminidasehemmer) sinnvoll sein.

Die **persönliche Schutzausstattung** (PSA) umfasst in der Routine mindestens die Verwendung von Handschuhen. Bei Hinweisen auf ansteckende Infektionserreger sind weitere Ausstattungsgegenstände empfehlenswert:

- Schutzanzug als Overall (mindestens mit eingearbeiteter Kapuze) und ggf. mit eingefügten Fußanteilen
- FFP3-Masken (partikelfiltrierende Halbmasken) mit Ausatemventil. So genannte Operationsmasken (= FFP1) sind **nicht** ausreichend
- Sterile Operationshandschuhe verwenden (besserer Sitz, höhere Dichtigkeit), doppelt, mit Klebeband am Anzug abgedichtet
- Schutzbrille oder Gesichtsschild
- Einwegschürzen/-Operationskittel
- Überziehschuhe
- Abfallbeutel für Müll der Gruppe C, flüssigkeitsdicht, möglichst mit Kabelbindern verschließen. Gegebenenfalls »Beutel-in-Beutel«-System anwenden (= höhere Auslaufsicherheit), ideal sind spezielle Kunststoffbehälter (sog. Medibins), die nach Befüllung dicht verschlossen werden können.

Patienten mit Verdacht auf eine ansteckende Infektionskrankheit sollten, wenn es der Zustand erlaubt, ebenfalls eine FFP3-Maske erhalten, diese darf jedoch nicht über ein Ausatemventil verfügen.

Natürlich ist auch an ausreichende Mengen wirksamer **Desinfektionsmittel** zu denken. Neben den üblicherweise vorhandenen alkoholischen Lösungen sollten besonders zu Reinigungs-/Dekontaminationszwecken Mittel vorhanden sein, die auch resistentere Dauerformen (wie Sporen) ausreichend inaktivieren können (Aldehyde, Perchloratverbindungen, Peressigsäure, Wasserstoffsuperoxid). Diese können auch z. T. erst im Bedarfsfall hergestellt werden.

Das Team vor Ort muss ggf. nach der notwendigen lebensrettenden Sofortversorgung auch weitere direkte Kontaktpersonen mit Schutzmaßnahmen versorgen (Atemschutz, PEP).

Ansteckungsverdächtige Personen (alle potenziell Exponierten und Kontaktpersonen, einschließlich ungeschützt exponiertes medizinisches Personal, Rettungs- und Ordnungskräfte) werden wie folgt eingeteilt:

- **»Gesunde« Personen**: Absonderung (zu Hause, in Kohorten, stationär) bis zum Ausschluss einer lebensbedrohlichen Infektion, dabei medizinische Beobachtung, ggf. PEP
- **Personen mit Fieber und anderen Symptomen** (z. B. Durchfall, Exanthem): Isolierung bis zum Ausschluss lebensbedrohlicher Infektion, symptomatische und kalkulierte Chemotherapie.
- **Personen mit wahrscheinlicher/bestätigter ansteckungsfähiger Infektionskrankheit:** Isolierung nach epidemiologischer Indikation, stationäre Behandlung, symptomatische und kausale Therapie.

40.3.3 Meldung und Einleitung weiterer Maßnahmen

In der Unfallmeldung wird sich nur selten bereits ein offensichtlicher Hinweis auf eine ansteckende Infektionskrankheit finden. Normalerweise werden dort Informationen zu Ort, Art der Situation, Anzahl der Betroffenen, Schwere der Symptomatik/Erkrankung und ggf. noch Hinweise zum Umfang der Gesamtsituation und weiteren betroffenen Personen gemacht. Die oben genannten Symptome können aber schon für die Leitstelle wichtige Hinweise auf ein ungewöhnliches Geschehen liefern. Hier ist der Dialog mit dem Personal vor Ort entscheidend. Idealerweise wird in gemeinsamer Abstimmung ein Verdacht auf ein Infektionsgeschehen

definiert und koordiniert das weitere Vorgehen abgestimmt.

Beim geringsten Verdacht muss sofort ein entsprechender persönlicher Schutz des Personals herstellt und allen Beteiligten ein entsprechender Hinweis mit Angaben zum weiteren Vorgehen gegeben werden. Je nach Schweregrad der Symptomatik und Umfang des Geschehens muss mit der Leitstelle geklärt werden, inwieweit das Team in die nächste medizinische Versorgungseinrichtung verlegen kann oder auf Unterstützung vor Ort warten muss. Eine entscheidende Rolle kommt hier der Kommunikation und Leistungsfähigkeit der zuständigen Leitstelle zu!

Besteht der Verdacht auf eine Exposition mehrerer Personen und Bereiche, muss mit ersten entsprechenden antiepidemischen Maßnahmen vor Ort begonnen werden.

40.3.4 Entscheidung über Vor-Ort-Maßnahmen

Ist primär von einem Einzelfall auszugehen, sollte der betroffene Bereich vor Beginn des Krankentransportes auf jeden Fall für eine spätere eingehende Untersuchung gesperrt bzw. gesichert werden (z. B. durch Polizeibeamte).

Besteht jedoch ein starker Verdacht auf ein Geschehen mit einer hoch ansteckungsfähigen Infektionskrankheit (z. B. mehrere Betroffene mit ähnlicher Symptomatik) muss mit ersten koordinierenden Maßnahmen vor Ort vom Einsatzteam begonnen werden.

Das erste Ziel muss sein, eine weitere Ausbreitung der Erkrankung zu verhindern!

Hierzu werden Gefahrenbereiche definiert, die gegen unerlaubtes Verlassen bzw. Betreten zu sichern sind. Alle neuen bzw. bereits vorhandenen Unterstützungskräfte werden, wenn möglich, mit den oben beschriebenen PSA-Bestandteilen ausgestattet. Es werden Dekontaminationsregularien für den Wechsel zwischen den eingeteilten Bereichen festgelegt.

Entscheidend ist die Erfassung aller Personen, die ohne Schutz dem Infektionserreger ausgesetzt waren. Je nach Erreger und Grad der Exposition erfolgt eine PEP, Überwachung/Beobachtung, Absonderung oder Quarantäne. Diese Maßnahmen sind für die Dauer der erregerspezifischen Inkubationszeit durchzuführen. Je nach Umfang des Infektionsgeschehens und/oder der betroffenen Region kann es notwendig werden, provisorische Behandlungs- und Isoliereinrichtungen aufzustellen (Krankenwagen, Zelt, Geschäft, Gebäude, Turnhalle, Stadion, Schulen, Kantine, Kino usw.).

Die Einteilung erfolgt in **drei Zonen**:

- **Rot:** primärer kontaminierter Bereich.
- **Gelb:** dieser ergibt sich u. a. aus der möglichen Ausbreitungsrichtung (hier kann z. B. auch die Windrichtung eine Rolle spielen. Üblicherweise halten sich in der gelben Zone alle primär Betroffenen auf (Exponierte/Kranke und Krankheitsverdächtige).
- **Grün:** diese stellt den »reinen«, dekontaminierten Bereich dar, der über ein Dekontaminationsregime den gelben Bereich »ver- bzw. entsorgt«. Hier wird auch möglichst zügig eine Leitstelle/Operationszentrale eingerichtet, die in Abstimmung mit den übergeordneten Behörden und Institutionen (Gesundheitsämter, Rettungsdienste, Feuerwehr, Polizei, LKA, BKA, Robert-Koch-Institut, Kompetenz-/Behandlungszentren) den Einsatz koordiniert.

Wichtig ist, dass die Leitstelle möglichst frühzeitig den Austausch des meist nichtspezialisierten ersten Teams vor Ort plant und durchführt. Dadurch wird u. a. gewährleistet, dass alle weiteren notwendigen Vor-Ort-Maßnahmen fach-, sach- und zeitgerecht durchgeführt werden. Während die primäre medizinische Notfallbehandlung meistens noch vom zuerst eingetroffenen Team geleistet werden kann, stellt die Isolierung und weitere Sichtung von Erkrankten bereits eine sehr zeitaufwändige und umfangreiche Maßnahme dar, die vom Erstteam allenfalls begonnen werden kann.

Alle weiteren Schritte wie Absonderungs-/Isolierungsmaßnahmen, patientennahe und umgebungsbezogene Probennahmen, Probenverpackung und entsprechend gesicherter Transport, Dekontamination und komplette Dokumentation, Anamneseerhebung, Auswertung, Meldevorgänge und ggf. Einleitung weiterer antiepidemischer Maßnahmen werden von den nachrückenden Einsatzkräften durchgeführt und koordiniert.

40.4 Hygiene-/Dekontaminationshinweise

Alle potenziell exponierten Oberflächen/Gegenstände werden gereinigt, desinfiziert bzw. dekontaminiert und anschließend, wenn möglich, direkt in entsprechende Abfallbehältnisse entsorgt. Das Personal muss beim Wechsel von der gelben Zone in den grünen Bereich äußerlich komplett dekontaminiert (ggf. einschließlich Duschen) werden und führt einen kompletten Bekleidungswechsel durch.

Anschließend erfolgen ggf. notwendige Prophylaxe- (Impfung, Antibiotikagabe) und Überwachungsmaßnahmen.

Für den Sonderfall, dass ein Einsatz in Regionen stattfindet, die nur über eine eingeschränkte logistische und fachliche Infrastruktur zum Management einer solchen Krisensituation mit ansteckungsfähigen Patienten verfügen, sollten die Ersteinsatzkräfte folgende Punkte beachten:

Abgeleitet von den fünf Transportkategorien im Rettungsdienst können zwei relevante Kategorien betrachtet werden:

- **C-I**
  - Alle ansteckungsfähigen Erkrankungen, die aber primär kein lebensbedrohliches Potenzial besitzen bzw. gut und ausreichend behandelbar sind (z. B. akute Durchfallerkrankungen durch Noroviren, offene Tuberkulose, Meningokokkeninfektion).
  - Hier ist die Standardhygiene mit Handschuhen, Augenschutz, Mundschutz (möglichst immer mit FFP3-Maske und Ausatemventil – im Rettungsdienst sollten für das Personal grundsätzlich keine anderen Masken Verwendung finden → höhere generelle Sicherheit), Mund-Nasen-Schutz für den Patienten ausreichend.
  - Das Einsatz- bzw. Transportfahrzeug muss anschließend gründlich gereinigt und desinfiziert werden.
- **C-II**
  - Hierunter fallen alle Erkrankungen, die primär lebensbedrohlich verlaufen können und hoch ansteckend sind (z. B. virale hämorrhagische Fieber, Lungenpest, SARS).

Neben den Maßnahmen unter C-I (idealerweise ergänzt durch Overalls, Vollgesichtsmasken und abgeklebte, doppelte Handschuhe) sollte das Transportfahrzeug; wenn möglich; nur die absolut notwendigste Ausstattung enthalten, die Kabine vom Fahrerhaus getrennt bleiben, die Klimaanlage oder sonstige Belüftung ausgeschaltet sein und alle Innenflächen wo möglich mit Einwegmaterialien abdeckt werden. Nach Einsatzende erfolgt das Auskleiden in einer entsprechenden provisorischen Dekontaminationszone mit anschließender Entsorgung aller Gegenstände. Das Fahrzeug ist unter entsprechender Schutzbekleidung gründlich zu reinigen, zu desinfizieren und komplett zu dekontaminieren (idealerweise Formalinbegasung des Innenraumes).

In der ▶ Übersicht und ◘ Abb. 40.1 sind nochmals die wichtigsten Aspekte, Abläufe und Maßnahmen für das Vor-Ort-Team bei Verdacht auf ein ansteckendes Infektionsgeschehen zusammengefasst.

Synopsis für »First Responder«

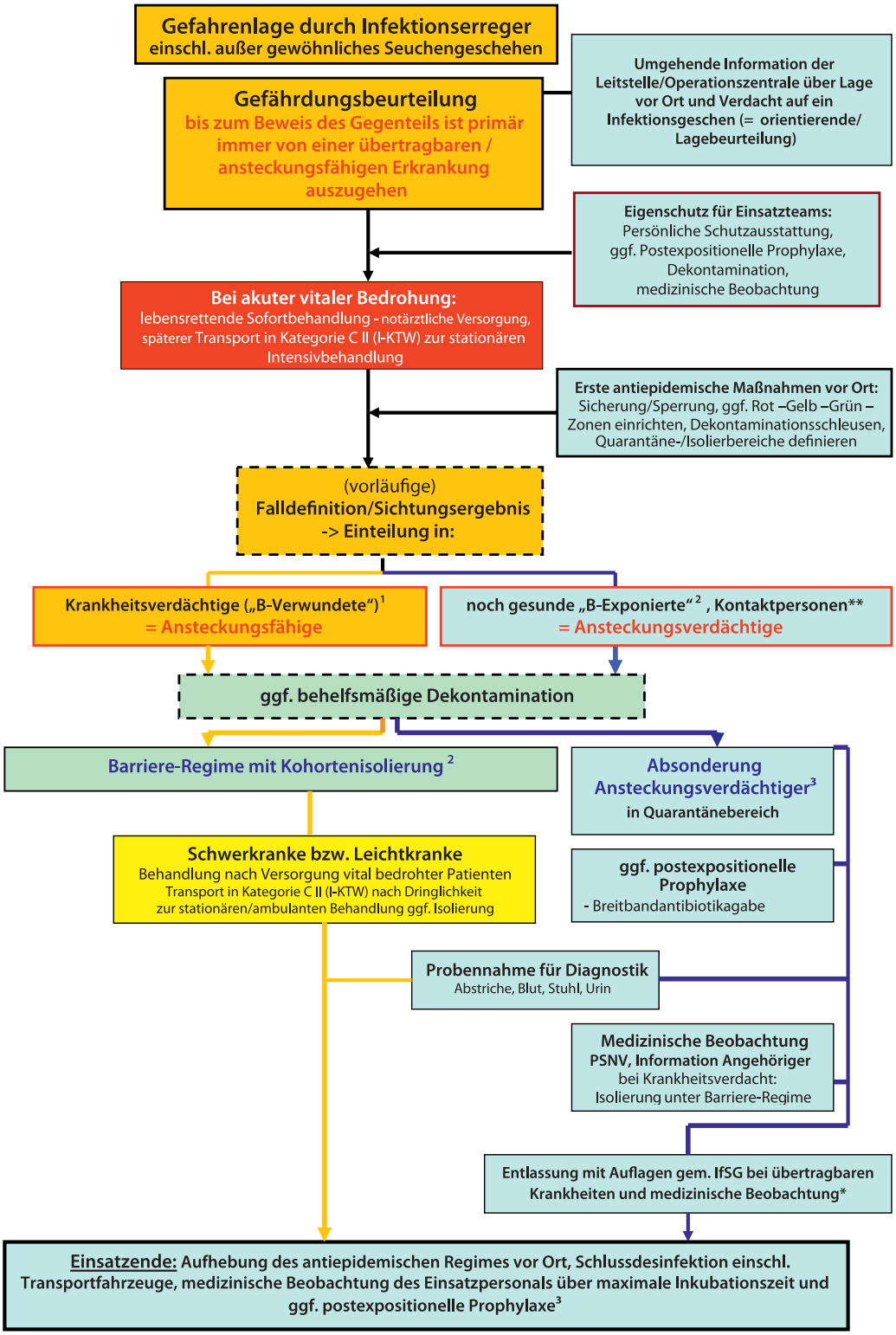
- **Erster Kontakt zum Erkrankten/Betroffenen**
  - Primär Sicherung der Vitalfunktionen und Ermittlung von Gesundheits- und Allgemeinzustand, Symptomatik, Anzahl der Betroffenen bzw. ggf. weiterer Beteiligter, Trigger für Verdacht auf Infektionsgeschehen (s. oben)
  - Überlegungen zu Differenzialdiagnosen und Suche nach Hinweisen (speziell zu Verstrahlung und Vergiftung z. B. durch Chemikalien, Kampfstoffe, bakterielle Toxine, Pflanzengifte)
  - Eigene Schutzmaßnahmen, Schutz für Patienten, Exponierte, ggf. Einleitung weiterer Seuchenbekämpfungsmaßnahmen
  - Sonstige epidemiologisch relevante Überlegungen/Entscheidungen/Informationen
- **Informationsverhalten**
  - Weitere Benachrichtigungen, z. B. Leitender Notarzt (LNA), Ämter, Behörden, Krankenhäuser, Feldlazarett, Labore, Desinfektions-/Dekontaminationsspezialisten, Presse, Kommandeur Sanitätseinsatzverband, Leitstellen
  - Anforderung von Unterstützung

- **Grundsätzliche Checkliste/Vorgehensweise bei Verdacht auf Infektionsgeschehen** (◘ Abb. 40.1)
  - Eigen-/Fremdschutz
  - Ansteckungsfähig?
  - Prophylaktische Antibiotikagabe/PEP
  - Ursachen-/Quellenidentifizierung
  - Erste Absperr-/Isolierungs-/Quarantänemaßnahmen einleiten (betrifft alle ansteckungsverdächtigen Personen), ggf. vor Ort bleiben, um Weiterverbreitung zu unterbinden – provisorische Isoliereinrichtung (Krankenwagen, Zelt, Geschäft, Gebäude, Turnhalle, Stadion, Kantine, Kino etc.) errichten
- **Folgemaßnahmen**
  - Weitere Patientenversorgung (vor Ort/Klinik)
  - Eigenes Personal (unterstützen, Entlastung/Austausch andenken)
  - Ggf. gezielte Therapie einleiten, Dekontamination, Desinfektion
  - Forensik einschließlich Anamneseerfassung und -auswertung (besonders wichtig bei längerer Inkubationszeit einer Infektion), Probennahme/-sicherung veranlassen, Vektorenerfassung

Literatur

1. Centers for Disease Control and Prevention (Atlanta): http://www.bt.cdc.gov/agent/agentlist-category.asp
2. Fock R, Koch U, Finke EJ, Niedrig M, Wirtz A, Peters M et al. (2000) Schutz vor lebensbedrohenden importierten Infektionskrankheiten: Strukturelle Erfordernisse bei der Behandlung und anti-epidemische Maßnahmen. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42: 891–899
3. Franz D et al. (1996) Medical Management of Biological Casualties. US Army Medical Research Institute of Infectious Diseases. Frederick, Maryland, Fort Detrick
4. Jernigan DB, et al. (2002) National Anthrax Epidemiologic Investigation Team Investigation of bioterrorism-related anthrax, United States, 2001: Epidemiologic findings. Emerg Infect Dis 8:1019–1028
5. United States Army Institute of Infectious Diseases: www.usamriid.army.mil/education/bluebook.html
6. World Health Organization: www.who.int/health-topics/bioterrorism/en/
7. Kekulé et al. (2008) Hochpathogene Erreger und Biologische Kampfstoffe. MiQ 26-29 – Qualitätsstandards in der mikrobiologisch-infektiologischen Diagnostik. Band 1–4. München. Elsevier, Amsterdam
8. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Robert-Koch-Institut (RKI) (2007) Biologische Gefahren Bd. I u. II, Handbuch zum Bevölkerungsschutz. 3. Aufl. Bon, Berlin
9. Domres BD, Finke E-J, Kekulé A (2010) Großschadenslagen durch biologische Agenzien. In: Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern. Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. 5. völlig neu überarbeitete Aufl., München, S. 266–302
10. Finke EJ, Tomaso H, Frangoulidis D (2006) Bioterrorismus-Infektiologische Aspekte. In: Darai G, Handermann M,. Sonntag HG, Tidona CA, Zöller L (Hrsg.) Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen – Erreger, Symptome, Diagnose, Therapie und Prophylaxe, 3. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg
11. Finke E-J, Frangoulidis D (2009) B-Gefahren. In: Sefrin et al. (Hrsg.) Notfallmedizin, 2. Aufl. Thieme, S. 623–627
12. Frangoulidis D, Meyer H (2005) Measures undertaken in the German Armed Forces Field Hospital deployed in Kosovo to contain a potential outbreak of Crimean-Congo hemorrhagic fever. Mil Med 170(5):366–9
13. CDC, Atlanta, USA: http://www.bt.cdc.gov/agent/agentlist-category.asp

◘ **Abb. 40.1** Algorithmus für die präklinische Versorgung Infektionskranker. [1] Vorsichtung und Dokumentation durch Leitenden Notarzt/Sichtungsarzt/Sichtungsarztgruppe. Kommunikation mit Leitenden Notärzten der festgelegten Krankenhäuser zur Aufnahme der Patienten. [2] Erste antiepidemische Maßnahmen zur Kontrolle, Begrenzung und Untersuchung des biologischen (Ausbruchs-)Herdes durch Amtsarzt, gemäß IfSG, ggf. Einbindung von Amtstierarzt bei Ausbrüchen in Tierbeständen, epidemiologischer Task Force des RKI, BfR, Bundeskriminalamt (Spurensicherung) oder Bundeswehr (Task Force Med ABC Schutz). * Meldepflichtige Ereignisse gemäß Internationalen Gesundheitsvorschriften (§12 IfSG). ** Kategorien der Kontaktpersonen gemäß BBK Handbuch Teil I. *I-KTW* Infektionskrankentransportwagen, *PSNV* Psychosoziale Notfallversorgung. (Adaptiert nach [9]) ►


Gefahrenlage durch Infektionserreger
einschl. außer gewöhnliches Seuchengeschehen
Gefährdungsbeurteilung
bis zum Beweis des Gegenteils ist primär immer von einer übertragbaren / ansteckungsfähigen Erkrankung auszugehen
Umgehende Information der Leitstelle/Operationszentrale über Lage vor Ort und Verdacht auf ein Infektionsgeschen (= orientierende/ Lagebeurteilung)
Eigenschutz für Einsatzteams:
Persönliche Schutzausstattung, ggf. Postexpositionelle Prophylaxe, Dekontamination, medizinische Beobachtung
Bei akuter vitaler Bedrohung:
lebensrettende Sofortbehandlung - notärztliche Versorgung, späterer Transport in Kategorie C II (I-KTW) zur stationären Intensivbehandlung
Erste antiepidemische Maßnahmen vor Ort:
Sicherung/Sperrung, ggf. Rot –Gelb –Grün – Zonen einrichten, Dekontaminationsschleusen, Quarantäne-/Isolierbereiche definieren
(vorläufige)
Falldefinition/Sichtungsergebnis
-> Einteilung in:
Krankheitsverdächtige („B-Verwundete“)1
= Ansteckungsfähige
noch gesunde „B-Exponierte“2 , Kontaktpersonen**
= Ansteckungsverdächtige
ggf. behelfsmäßige Dekontamination
Barriere-Regime mit Kohortenisolierung 2
Absonderung Ansteckungsverdächtiger3
in Quarantänebereich
Schwerkranke bzw. Leichtkranke
Behandlung nach Versorgung vital bedrohter Patienten
Transport in Kategorie C II (I-KTW) nach Dringlichkeit zur stationären/ambulanten Behandlung ggf. Isolierung
ggf. postexpositionelle Prophylaxe
- Breitbandantibiotikagabe
Probennahme für Diagnostik
Abstriche, Blut, Stuhl, Urin
Medizinische Beobachtung
PSNV, Information Angehöriger
bei Krankheitsverdacht:
Isolierung unter Barriere-Regime
Entlassung mit Auflagen gem. IfSG bei übertragbaren Krankheiten und medizinische Beobachtung*
Einsatzende: Aufhebung des antiepidemischen Regimes vor Ort, Schlussdesinfektion einschl. Transportfahrzeuge, medizinische Beobachtung des Einsatzpersonals über maximale Inkubationszeit und ggf. postexpositionelle Prophylaxe3

Chemische Bedrohung

K. Kehe, D. Steinritz, H. Thiermann

41.1 Einführung – 570

41.2 Indikatoren für den Einsatz chemischer Kampfstoffe – 570

41.3 Physikalisch-chemische Eigenschaften – 571

41.4 Allgemeine Schutzmaßnahmen und Erstreaktion – 572

41.5 Behandlung von Vergiftungen – 574

41.5.1 Symptomenkomplexe (Toxidrome) – 574

41.5.2 Klinische Symptome im Detail – 575

41.6 Gefahr der Therapiefehler – 580

Literatur – 580

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_41, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

41.1 Einführung

Chemische Kampfstoffe (**C-Kampfstoffe**) sind zu Zwecken der Kriegsführung produzierte toxische Chemikalien, die zu einer temporären Handlungsunfähigkeit, Dauerschädigung oder Tod führen können. Ein C-Kampfstoff, der mit einem Einsatzmittel kombiniert wird, ist ein **C-Kampfmittel**. Als **Einsatzmittel** im militärischen Bereich werden Raketen, Bomben und Granaten verwendet. Bei terroristischen Aktionen ist auch eine Ausbringung durch Agrarflugzeuge, Gartenspritzen, Druckbehälter oder Klimaanlagen denkbar. Zu den Vergiftungssymptomen können durch die Ausbringungsart (z. B. Explosion) mechanische oder/und thermische Verletzungen hinzukommen (Kombinationsverletzung).

Zu bedenken ist auch, dass Gemische verschiedener C-Kampfstoffe oder von C-Kampfstoffen mit Radionukliden bzw. B-Kampfstoffen eingesetzt werden könnten, um Diagnostik und Therapie zu erschweren.

C-Kampfstoffe werden nach Art und Ort der Wirkung klassifiziert (Tab. 41.1). Diese Einteilung ist wissenschaftlich nicht exakt und kann irreführen sein. Als Beispiel sei der sog. »Blutkampfstoff« Blausäure genannt. Angriffspunkt der Blausäure ist die in den Mitochondrien lokalisierte Atmungskette. Blutbestandteile werden hingegen nicht attackiert, sondern das Blut bewirkt eine systemische Verteilung. Ein anderes Beispiel sind die »Hautkampfstoffe«. Sie führen nach Hautkontakt an der Aufnahmestelle zu den ersten sichtbaren Symptomen. Nach der Aufnahme durch die Haut in den Blutkreislauf werden sie im gesamten Körper verteilt so dass alle anderen Gewebe betroffen sein können. Daher ist neben den typischen Hauterscheinungen mit schweren systemischen Symptomen zu rechnen.

Chemische Kampfstoffe weisen eine sehr hohe Toxizität auf. Weniger giftige Vertreter der jeweiligen Gruppen finden oft zivile Verwendung. Beispiele sind

- Insektizide (phosphororganische Verbindungen wie Nervenkampfstoffe),
- Tumortherapeutika (alkylierende N-Loste analog den Hautkampfstoffen),
- Cyanidlösungen in der Edelmetallgewinnung (Blausäure wie Blutkampfstoff)
- Syntheseausgangsstoffe in der chemischen Industrie (Phosgen wie Lungenkampfstoff)

Tab. 41.1 Einteilung der chemischen Kampfstoffe nach Art und Wirkung

C-Kampfstoffgruppe	Beispiele
Nervenkampfstoffe	VX, Sarin, Cyclosarin, Tabun, Soman
Hautkampfstoffe	S-Lost, N-Loste, Lewisit
Blutkampfstoffe	Blausäure, Chlorcyan
Lungenkampfstoffe	Phosgen, Diphosgen, Chlorpikrin
Psychokampfstoffe	Chinuklidinylbenzilat

Die Prinzipien der Therapie von Vergiftungen mit hoch toxischen oder weniger toxischen Vertretern einzelner Gruppen unterscheiden sich nicht wesentlich. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit werden im Folgenden nur die als besonders wichtig erachteten Gifte besprochen.

41.2 Indikatoren für den Einsatz chemischer Kampfstoffe

Der Einsatz von C-Waffen oder die Freisetzung von hochtoxischen Chemikalien kann ohne Vorzeichen oder Warnungen erfolgen. Daher ist es bedeutsam, typische Hinweise für den Einsatz von C-Kampfstoffen oder hochtoxischen Chemikalien zu kennen und abrufbar im Bewusstsein zu haben:

- Massenanfall von Patienten mit ähnlichen Vergiftungssymptomen (z. B. unerklärliche, plötzliche schwere Erkrankungen, Erbrechen, Desorientiertheit, Verhaltensauffälligkeiten, Krämpfe, Bewusstlosigkeit)
- Gehäuftes Auftreten typischer Symptomkomplexe, z. B.:
  - Augenrötung, Tränenfluss, leichte Sehstörung, Übelkeit, Haut- oder Atemwegsirritationen
  - Hautrötungen (Erythemen), Blasen und Quaddeln (Urtikaria)
- Gehäufte Erkrankung, die mit dem Aufenthalt in bestimmten Gebieten verbunden sind (alle Erkrankungen auf freiem Feld oder umschlossenem Raum)

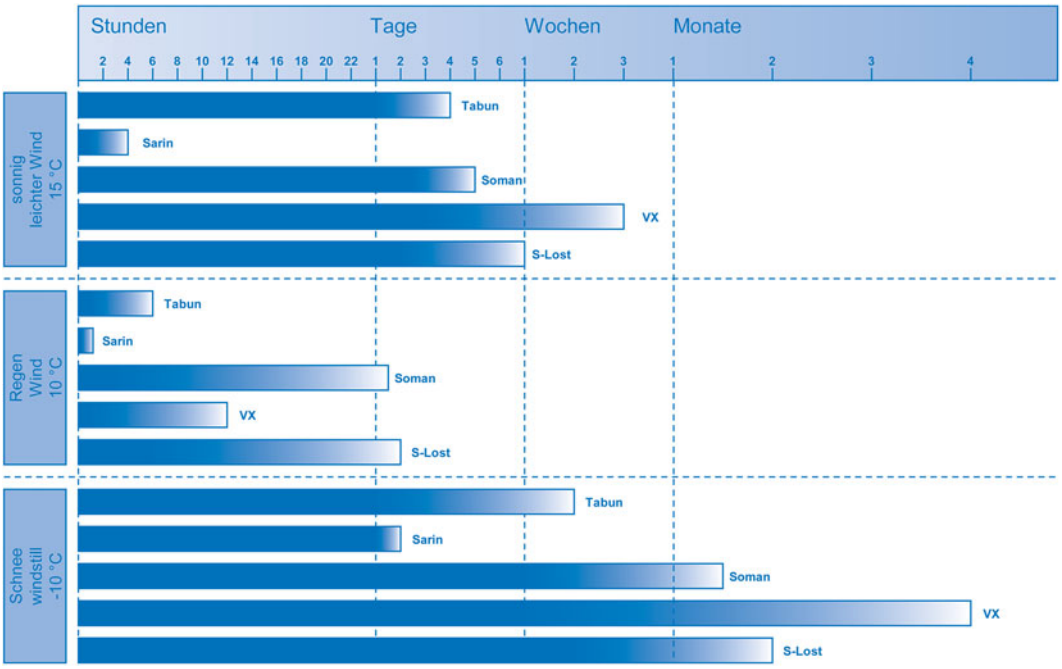


Abb. 41.1 Sesshaftigkeit von ausgewählten C-Kampfstoffen

- Auffinden einer beträchtlichen Anzahl toter Tiere (kein Unfalltod, sondern viele Vögel und Fische im gleichen Gebiet)
- Fehlender Insektenflug (Stille)
- Wahrnehmung von ungewöhnlichen Gerüchen (Meerrettich, Geranien, Heu, Senf, Knoblauch)
- Vorkommen von vielen Tropfen auf glatten Oberflächen (Autos, Grashalme) bei sonst trockenen Wetterverhältnissen
- Ungewöhnliche Nebelschwaden
- Korrelation der Windrichtung mit Verteilung vergifteter oder betroffener Tiere (gasförmige C-Kampfstoffe bewegen sich mit dem Wind)
- Metallteile (Bombenreste mit Flüssigkeit, obwohl es nicht geregnet hat)
- Zurückgelassene Sprühvorrichtungen, Reste von Sprengkörpern
- Offene Behälter mit Gefahrstoffsymbolen

Gleichwohl können diese Zeichen schwach ausgeprägt sein oder gänzlich fehlen.

41.3 Physikalisch-chemische Eigenschaften

C-Kampfstoffe können alle Aggregatzustände (fest, flüssig, als Aerosol oder gasförmig) einnehmen. Daher sind die Lungen, Haut, Augen und Wunden die wichtigsten Aufnahmewege. Seltener kommt es zur Vergiftung durch kontaminierte Nahrung oder Wasser. Ausgebrachte C-Kampfstoffe können zwischen Minuten (nicht-sesshaft) bis Wochen (sesshaft) vor Ort persistieren (Abb. 41.1). Es ist immer von einer Kontamination der Umgebung auszugehen. Da C-Kampfstoffe mehr oder weniger flüchtig sind, muss je nach Umgebungsbedingungen auch mit einer Kontamination des windabwärts gelegenen Areals gerechnet werden. Bei Klimaanlagen besteht die Gefahr einer Ausbreitung im Gebäude bzw. Tunneln (z. B. U-Bahn). Da C-Kampfstoffe sind mit Ausnahme von Blausäure spezifisch dichter als Luft, so dass sie sich leichter in Untergeschossen, Kellern, etc. ansammeln.

41.4 Allgemeine Schutzmaßnahmen und Erstreaktion

Bei dem geringsten Verdacht muss der Rettungseinsatz mit angelegter persönlicher Schutzausrüstung (Atemschutzmaske mit Aktivkohlefilter, Schutzanzug) fortgesetzt werden, da ohne suffizienten Eigenschutz ein weiteres Vorgehen zu Ausfällen oder Todesfällen des Rettungspersonals führen kann (▶ Übersicht). Im Falle von primär lungentoxischen Substanzen (z. B. Blausäure oder Phosgen) reicht ein suffizienter Atemschutz aus. Blausäure wird jedoch nicht an Aktivkohle gebunden, sodass hier ein spezieller Filter erforderlich ist (z. B. Filtertyp B, Farbcodierung grau nach EN 14387).

Die frühzeitige Weiterleitung der Informationen ist von großer Bedeutung, um eine großräumige Absperrung, Zuführung weiterer Rettungskräfte als auch die Herbeischaffung von ausreichenden Medikamenten (Antidoten) zu gewährleisten. Bei dem (vermuteten) Einsatz von C-Kampfstoffen sind weiterhin spezialisierte Einheiten des Bevölkerungsschutzes (Med TaskForce), der Polizei und der Feuerwehren anzufordern. Falls möglich, sollten ABC-Einheiten bzw. -Berater der Bundeswehr zur Unterstützung hinzugezogen werden.

Grundsätzlich ist größte Vorsicht bei der Annäherung an den Unfallort geboten. Der Schnellnachweis von C-Kampfstoffen ist mit Indikatorpapieren oder Spürröhrchen der Firmen Dräger bzw. Auer möglich. Eine weitere Eingrenzung kann mit mobilen Spürgeräten erfolgen (z. B. GDA-2, CAM, etc.). Bei Verdacht auf Ausbringung chemischer Kampfstoffe ist durch besondere Nachweisgeräte eine schnelle Detektion möglich (▶ Übersicht). Derartige Schnellnachweisgeräte sind ausreichend empfindlich, schnell und mobil – allerdings ist die Ergebnisse oft nicht spezifisch und teilweise muss mit falschpositiven Alarmen gerechnet werden. Daher bedürfen diese hinweisgebenden Verfahren einer Bestätigung mit alternativen Methoden (i. d. R. massenspektrometrische Methoden).

Allgemeine Schutzmaßnahmen

- Persönliche Schutzausrüstung
  - Schutzmaske, z. B. Dräger AG, Lübeck; Auergesellschaft GmbH, Berlin
  - Schutzanzug, z. B. Blücher, Erkrath; Kärcher Winnenden; Trelleborg AG, Trelleborg Schweden
  - Antidote, z. B. ComboPen/AtroPen (gegen phosphororganische Gifte), Beclomethason Dosieraerosol, z. B. Ventolair (Reizgase, Phosgen)
- Identifikation
  - Spürröhrchen, z. B. Dräger AG Lübeck; Auergesellschaft GmbH, Berlin)
  - Spürgerät, z. B. CAM – »Chemical Agent Monitor« (Smiths Detection) oder
  - Multidetektorenarray (z. B. GDA-2, Airsense Analytics)
  - Schnellstestsysteme, z. B. Sulfur Mustard Detector, CHE Check mobile (Securetec Detektions-Systeme AG, München)
- Dekontamination
  - Haut
    - Verdünnung → großzügig mit Wasser (ggf. mit Seife oder Spülmittel)
    - Adsorption: Fuller's Earth (z. B. Serva, Heidelberg), Bentonit (z. B. Bentoniterde Typ 2, Roth, Karlsruhe)
    - Zerstörung: »Reactive Skin Decontaminant Lotion« (RSDL, Fa. Bracco); bei Losten Chloramin-T-Lösung
    - Schleimhaut (Wunden): großzügiges Spülen mit kühlem Wasser
  - Augen
    - Isotone, isohydrische/neutrale, sterile, wässrige Lösungen
    - Im Notfall reichlich Wasser
  - Magen-Darm-Trakt (nur bei oraler Aufnahme)
    - Adsorptionsmittel: medizinische Kohle 20 g/200 ml Wasser p.o., Fuller's Earth 20 g/200 ml Wasser p.o.

Vielen Kommunen und Rettungskräften in Deutschland wurde eine ausreichende Anzahl von ABC-Erkundungsfahrzeugen zur Verfügung ge-

stellt, welche weitergehende Aufklärung rasch vor Ort ermöglichen sollen. Darüber hinaus hat der Bund mehrere Standorte mit sog. **Analytischen Task Forces** (ATF) ausgestattet, die in einem Radius von 200 km zeitnah am Schadensort eintreffen und spezielle C-Analytik zur Verfügung stellen können [12].

Bei jedem Verdacht auf Einsatz eines C-Kampfstoffes empfiehlt sich eine theoretische Berechnung der möglichen Verteilung des Kampfstoffes in der Umgebung.

Als Einflussgrößen sind Art und Menge des C-Kampfstoffes (volatil oder sesshaft), die Wetterlage (Windstärke, -richtung, Regen, Temperatur) und die Geländebeschaffenheit (Bevölkerungsdichte, Untergrund) zu betrachten. Eine Simulation einer möglichen Verteilungswolke mit softwaregestützten Modellen (z. B. Hazard Prediction and Assessment Capability, HPAC) erlaubt eine Abschätzung von Gefährdungszonen und gibt erste Hinweise auf evtl. zu ergreifende Evakuierungsmaßnahmen.

Bei dem Einsatz von C-Kampfstoffen ist von einer großen Zahl Betroffener (d. h. Vergifteter und vermeintlich Vergifteter) auszugehen. Die Grundsätze der **Individualmedizin** können unter diesen Umständen nicht mehr im vollen Umfang aufrechterhalten werden. Improvisation und Beschränkung auf absolut notwendige Maßnahmen kann erforderlich werden. Im Vordergrund steht die rasche Rettung aus dem kontaminierten Bereich, um eine weitere Aufnahme des Giftes zu minimieren und eine zeitnahe Dekontamination, an die sich eine adäquaten medizinischen Versorgung anschließt. Auf alle Fälle muss der Kontakt mit der kontaminierten Umgebung so gering wie möglich gehalten werden. So ist beispielsweise zu bedenken, dass bei der intravenösen Injektion oder Intubation im kontaminierten Bereich die Gefahr einer Einbringung des Kampfstoffs in den Organismus besteht. Invasive Eingriffe sind daher lage-, situations- und ressourcenabhängig auf das notwendige Minimum zu beschränken und im Massenanfall ohnehin schwer durchführbar. Bei Vergiftungen mit phosphororganischen Verbindungen spielt der Zeitfaktor eine große Rolle. Deshalb sind geeignete Antidotautoinjektoren entwickelt worden (▶ Übersicht), die sofort, d. h. noch im kontaminierten Bereich, intramuskulär (i.m.) angewendet werden können.

In der **Übergangszone**, also der Bereich in kontaminationsfreien Zone, in dem aber durch Patienten oder kontaminierte Personen C-Kampfstoffe eingebracht werden können, erfolgt die Dekontamination: Kleider sind zu entfernen und eine Hautdekontamination muss durchgeführt werden. Dies muss unbedingt **vor** Aufnahme in eine Klinik geschehen, um eine Kontamination von Klinikpersonal, anderen Patienten und Material zu verhindern. Zu diesem Zweck ist eine Dekontaminationseinrichtung spätestens vor der Notaufnahme einzurichten. Das Dekontaminationspersonal muss eine persönliche Schutzausrüstung tragen (Schutzbekleidung und Atemschutz). Die Raumluft sollte mit einem geeigneten Messgerät (▶ Übersicht) überwachen werden.

Während der Dekontamination muss der Zustand der Patienten kontinuierlich überwacht werden. Dies sollte bei der personellen und materiellen Ausstattung berücksichtigt werden. Zur Dekontamination werden die Kleider entfernt. Augen und Schleimhäute sollen mit ausreichend Wasser gespült werden. Auf der Haut kann das Gift durch Wasser verteilt und die Resorption durch die aufgeweichte Hornhaut begünstigt werden. Daher sollte mit möglichst kühlem Wasser viel gespült werden, um einerseits die Aufnahme des Giftes zu verringern (Kühlung) und andererseits giftige Stoffe möglichst schnell von der Haut abzuwaschen (Wassermenge). Falls verfügbar, sollte z. B. »Reactive Skin Decontamination Lotion« (RSDL) zur Hautdekontamination eingesetzt werden (Spotdekontamination). Verschiedene Alternativen der Augen-, Schleimhaut-, Magen-Darm-Trakt- und Wunddekontamination sind in der ▶ Übersicht angegeben. Bei Verwundeten ist zu beachten, dass poröse Fremdkörper (Holz, Kleidung) C-Kampfstoff enthalten können. Nach chirurgischer Entfernung sind daher Fremdkörper grundsätzlich in eine geeignete Dekontaminationslösung zu tauchen.

Tipp

Bei Personen ohne Schutzanzug und großflächigem Dekontaminationsbedarf ist möglichst viel Wasser nach wie vor das Mittel der Wahl.

41.5 Behandlung von Vergiftungen

Die Behandlung von Vergiftungen mit C-Kampfstoffen stellt den behandelnden Arzt vor sehr große Herausforderungen. Dies ist zum einen darin zu begründen, dass Expositionen mit diesen Substanzen und die daraus resultierenden Gesundheitsstörungen sehr seltene Ereignisse sind. Daher wird die Möglichkeit einer C-Kampfstoffexposition vermutlich zunächst nicht in Betracht gezogen. Weiterhin gibt es kein singuläres Symptom, das für eine Kampfstoffvergiftung beweisend und eindeutig wäre. In der Regel treten bei betroffenen Patienten mehrere Symptome auf, die zusammengenommen ein charakteristisches Bild ergeben können. Diese vergiftungsbedingten Symptomenkomplexe müssen bei einem Patienten zur ersten klinische Diagnose herangezogen werden.

41.5.1 Symptomenkomplexe (Toxidrome)

Cholinerge Symptomatik

Die Patienten präsentieren vorrangig Symptome, die mit einer cholinergen Krise einhergehen (▶ Übersicht). Verursachende Substanzen sind die phosphororganischen Verbindungen (z. B. Nervenkampfstoffe) und Carbamate.

Cholinerge Symptomatik
- Miosis/Sehstörung
- Überschießende Schweißdrüsenaktivität
- Speichel- und Tränenfluss
- Erbrechen
- Ungewollter Stuhlabgang
- Muskelschwäche
- Muskelfaszikulationen
- Hypothermie
- Initiale Tachypnoe
- Später Bradykardie
- Verwirrtheit
- Krampfanfälle
- Schließlich Atem- und Kreislaufversagen

Anticholinerge Symptomatik

In diesem Zusammenhang muss auch die anticholinerge Symptomatik angesprochen werden, da dieses leicht bei der Therapie von vermeintlichen Nervenkampfstoffvergiftungen durch eine Überdosierung von Atropin verursacht werden kann (▶ Übersicht).

Anticholinerge Symptomatik
- Delirium
- Agitation
- Unruhe
- Müdigkeit mit Halluzinationen
- Gedächtnisstörungen
- Krampfanfälle
- Hochroter Kopf (»flush«)

Rötung und Blasenbildung der Haut

Patienten, die Kontakt mit einem Hautkampfstoff hatten, zeigen initial meist Augen- und Hautsymptome. Im Vordergrund stehen Erythem, Blasenbildung und (für den Falle, dass die Augen nicht geschützt waren) Konjunktivitis. Charakteristisch für S- und N-Loste (Schwefel-/Stickstoffloste) ist jedoch ein symptomfreies Intervall. Dieses ist abhängig von der Konzentration des Hautkampfstoffes (je höher die eingesetzte Konzentration, desto kürzer ist das zu beobachtende symptomfreie Intervall) und kann bis zu 24 h betragen. Für Lewisit ist hingegen das symptomfreie Intervall aufgrund des Wirkmechanismus sehr kurz bis nicht vorhanden. Veränderungen der Vitalparameter sind für alle Hautkampfstoffe unspezifisch und nicht zwingend vorhanden.

Atemnot, toxisches Lungenödem

Für den Bereich der Lungenkampstoffe sind die zu erwartenden Symptome noch unspezifischer. Gefährlich ist das symptomfreie Intervall nach Einatmung giftiger Gase. Erst nach mehreren Stunden kommt es zur Atemnot durch eine zunehmende Flüssigkeitsansammlung in den Alveolen. Das entstehende toxische Lungenödem ist lebensbedrohlich. Daher müssen exponierte Patienten ruhiggestellt und ausreichend lange beobachtet werden, sodass bei einsetzender Atemnot eine unmittelbare medizinische Versorgung durchgeführt werden kann.

Cyanide

Patienten die Kontakt mit Cyaniden hatten, zeigen oft eine **hellrote Hautfarbe**, da der Sauerstoff nicht verstoffwechselt werden kann (Sauerstoffsättigung 100 %). Trotzdem besteht eine starke **Atemnot**. Bei einer Vergiftung mit sehr hohen Konzentrationen kommt es in Sekunden zur Hyperventilation, Atemstillstand, Bewusstlosigkeit und innerhalb von wenigen Minuten zum Herzstillstand. Eine hellrote Färbung der Haut bleibt in diesen Fällen oft aus. Charakteristisch für Cyanide kann ein Bittermandelgeruch sein, der jedoch nur von etwa der Hälfte der Menschen wahrgenommen werden (▶ Übersicht).

Symptomatik einer Cyanidvergiftung

- Atemnot
- SpO_2 100 %
- Rosige/hellrote Hautfarbe
- Bittermandelgeruch der Ausatemluft
- Kopfschmerzen
- Schwindel
- Erbrechen
- Krämpfe
- Ohnmacht
- Zunächst Tachypnoe
- Im Verlauf schnell Apnoe
- Tachykardie
- Tod innerhalb kürzester Zeit (wenige Minuten) möglich

41.5.2 Klinische Symptome im Detail

Phosphororganische Verbindungen

Das vegetative Nervensystem besteht aus zentralen (Hirnstamm, Rückenmark) und peripheren Anteilen. Das periphere, vegetative Nervensystem gliedert sich funktionell in den Sympathikus und Parasympathikus, welche die meisten vegetativen Organe (Herz, Drüsen etc.) steuern. Die wichtigsten Botenstoffe, die an den Nervenendigungen freigesetzt werden, sind Noradrenalin (peripherer Sympathikus) und Acetylcholin (peripherer Parasympathikus, vegetative Ganglien des Sympathikus und Parasympathikus). Neben dem vegetativen Nervensystem ist **Acetylcholin** Überträgersubstanz an der neuromuskulären Endplatte. Während an der motorischen Endplatte und den vegetativen Ganglien nikotinische Acetylcholinrezeptoren vorhanden sind, sind im Bereich des peripheren Parasympathikus muskarinische Acetylcholinrezeptoren vorrangig. Im zentralen Nervensystem existiert ebenfalls eine cholinerge (muskarinische und nikotinische) Reizweiterleitung.

Um Stimuli im cholinergen System rasch abschalten zu können, wird Acetylcholin sehr schnell durch die **Acetylcholinesterase** (AChE) abgebaut. Phosphororganische Verbindungen hemmen die AChE. Acetylcholin reichert sich in der Folge im synaptischen Spalt und an Rezeptoren an, sodass die innervierten Organe und Gewebe maximal stimuliert werden. Die muskarinischen und nikotinischen Vergiftungssymptome sind in ◘ Tab. 41.2 dargestellt. Bedeutsam ist die Bedrohung der Atmung bei dieser Vergiftung. Zentrale sowie periphere Atemlähmung, Bronchokonstriktion und Bronchorrhö sowie verzögert auftretendes Kreislaufversagen können zum Tod führen.

Die klinische Diagnose kann durch die Bestimmung der erythrozytären AChE-Aktivität bestätigt werden. Die biologische Funktion der erythrozytären AChE ist noch weitgehend unbekannt. Ihr Aufbau entspricht dem der synaptischen AChE, und eine Vielzahl von Befunden lassen darauf schließen, dass die erythrozytäre AChE-Aktivität ein geeigneter Surrogatparameter für die synaptische AChE-Aktivität ist.

Die erythrozytäre AChE-Aktivität, die nicht zu den routinemäßig bestimmten Laborparametern zählt, kann mit einem einfach bedienbaren Testsystem (ChE check mobile, Fa. Securetec) vor Ort zuverlässig und schnell bestimmt werden. Bei klinischer Symptomatik und erniedrigter Aktivität ist unverzüglich mit der Antidottherapie zu beginnen. Die biomedizinische Verifikation (Identifikation des spezifischen Nervenkampfstoffes) ist später spezialisierten Laboren vorbehalten.

Die Basis der Pharmakotherapie der Nervenkampfstoffvergiftung sind die symptomatische Therapie mit Atropin und die kausale Therapie mit Obidoxim.

Atropin verdrängt das Acetylcholin vom muskarinischen Acetylcholinrezeptor und vermindert die

Tab. 41.2 Symptome einer Nervenkampfstoffvergiftung

Organe/ Gewebe	Klinisches Bild
Muskarinische Symptome	
Auge	Miosis, Akkomodationsstörungen, Tränenfluss
Nasen-Rachen-Raum	Nasenlaufen und Speichelfluss
Lunge	Bronchorrhö, Bronchokonstriktion
Zentraler Atemantrieb	Zentrale Atemlähmung mit Abnahme von Atemfrequenz und –tiefe
Gastrointestinaltrakt	Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, unwillkürliche Entleerung
Harnblase	Harndrang, unwillkürliche Entleerung
Herz/Kreislauf	Bradykardie (AV-Knoten), Blutdruckabfall
Haut	Schweißausbruch
Nikotinische Symptome	
Skelettmuskel	Schwäche, Faszikulationen, periphere Atemlähmung
Sympathische Ganglien	In der Frühphase der Vergiftung vorübergehender Blutdruckanstieg, Tachykardie
Andere Symptome	
ZNS	Unruhe, Schwäche, Tremor, Ataxie, epileptiforme Krämpfe
Psyche	Alpträume, Schlaflosigkeit, Labilität

muskarinischen Symptome. 2 mg Atropin sollten sofort verabreicht werden (ggf. in Selbst- und Kameradenhilfe). Tritt im Abstand von 5–10 min (oder nach Einsetzen der Symptome) keine Besserung ein, sollte die Dosis verdoppelt werden (4 mg; ärztliche Therapie). Sollte nun nach weiteren 5–10 min keine Besserung eintreten, ist die Dosis erneut zu verdoppeln (8 mg). Dieses Vorgehen sollte bis zum Sistieren der Symptome wiederholt werden (Nasenlaufen, Salivation, Bronchorrhoe, Rasselgeräusche) (▶ Übersicht). Erfahrungen aus Therapie von Vergiftungen mit phosphororganischen Insektiziden (vergleichbarer Wirkungsmechanismus wie z. B. Parathion) weisen darauf hin, dass schwere cholinergen Krisen mit diesem Regime vor Ort in der Regel ausreichend behandelt werden können. Bei länger anhaltenden Vergiftungen kann eine i.v. Therapie (z. B. Atropindauerperfusor) erforderlich werden. Da bei Kindern Atropin eine höhere Toxizität zeigt, ist eine altersabhängige Dosisreduktion erforderlich.

Atropin wirkt nicht an nikotinischen Acetylcholinrezeptoren. Hier sind alternative Therapieansätze erforderlich.

Mit **Obidoxim** (Toxogonin) kann die Funktion der AChE wiederhergestellt werden (Reaktivierung), solange die Verbindung zwischen Gift und AChE nicht zu einer irreversiblen Schädigung der AChE geführt hat (sog. Alterung der AChE). Durch eine Reaktivierung der AChE und dem damit wieder möglichen Abbau von Acetylcholin können die Symptome therapiert werden, die Acetylcholin an den cholinergen Rezeptoren (z. B. motorische Endplatte an der Muskulatur) verursacht. Damit besteht die Möglichkeit, die periphere Atemlähmung therapeutisch zu bekämpfen. Bei Erwachsenen wird zunächst Obidoxim 250 mg i.v. injiziert. Die Therapie kann bei Fortbestehen der Vergiftung mit 750 mg/24 h fortgesetzt werden, falls z. B. Nervenkampstoffe eingesetzt werden, die längere Zeit im Körper persistieren (z. B. VX). Bei Kindern werden 4–8 mg/kg KG appliziert.

Unterstützende **Beatmung** kann bei schweren Fällen erforderlich werden.

Autoinjektoren sind für eine i.m. Gabe der Antidote bereits im kontaminierten Bereich geeignet und enthalten entweder 2 mg Atropin mit 220 mg Obidoxim (ATOX, ComboPen) oder nur 2 mg Atropin (AtroPen). Gegeben wird bei Symptomen zunächst der ComboPen und im Abstand von 10 min oder bei erneutem Auftreten der Salivation ein AtroPen-Autoinjektor. Die AtroPen-Injektion kann bei persistierender Salivation wiederholt werden. Bei starker Atemdepression werden alle drei Injektoren unmittelbar hintereinander injiziert. Weitere Atropindosierung (i.v.) erfolgt nach obigem Schema unter ärztlicher Verantwortung.

Zur Krampfprophylaxe oder bei epileptiformen Krämpfen sollte **Diazepam** (10 mg langsam i.v., ggf. sind höhere Dosierungen erforderlich) verabreicht werden.

Therapeutische Optionen bei Vergiftung mit Nervenkampfstoffen und anderen Organophosphaten

- Atropin 2 mg, nach 5–10 min bei weiter bestehenden Symptomen (z. B. Salivation) Verdopplung der Dosis
- Obidoxim (z. B. Toxogonin) 250 mg i.v., gefolgt von Infusion mit 750 mg/Tag (bei persistierender Vergiftung)
- Atemunterstützung, künstliche Beatmung
- Diazepam zur Krampfprophylaxe und bei Krämpfen 10 mg i.v.
- Atropin Augentropfen bei persistierender Miosis

Alkylanzien

Schwefel- und Stickstoffloste schädigen alle erreichten Gewebe im Wesentlichen durch die Reaktion mit Desoxyribonukleinsäure (DNS) und Proteinen. Die alkylierte DNS wird quervernetzt und kann sich daher nicht mehr in zwei Einzelstränge teilen. Es kommt zum Stillstand des Zellzyklus. Zusätzlich werden durch den Funktionsausfall der DNS wichtige Proteine nicht mehr synthetisiert. Das macht sich bemerkbar, wenn die Reserven der Zelle verbraucht sind. Dieser zeitliche Verlauf des Geschehens charakterisiert die Vergiftung und erklärt die fehlende oder nur schwache Wahrnehmung der Exposition, die deutliche Latenzzeit (meist Stunden) bis zum Auftreten der Symptome, die verzögerte Heilung, verminderte Abwehrkraft und Spätschäden.

Die exponierten **Augen** sind fast immer und meist initial mit Fremdkörpergefühl, Konjunktivitis und Korneatrübung betroffen. Ein Visusverlust ist sehr selten. Die ausgeprägte Lidschwellung und Trübung der Kornea können zum Sehverlust führen, der aber in der Regel reversibel ist.

Auf der **Haut** lassen sich Rötung, Blasen, oberflächliche und tiefe Ulcera sowie später Pigmentstörungen (»Landkartenmuster«) beobachten.

Atemwegsschäden sind Tracheitis, Bronchitis, Bronchialnekrosen, Pneumonie und Pseudomembranbildung. Letztere birgt die Gefahr der Loslösung und Atemwegsverlegung mit vitaler Bedrohung. Schäden im Bereich des **Magen-Darm-Traktes** führen zum Durchfall mit Elektrolyt- und Wasserverlust. Systemisch können Erbrechen, zunächst zentrale Erregung, später Dämpfung, Leukopenie, Abwehrschwäche und im Extremfall Agranulozytose auftreten.

Die Diagnose ergibt sich aus der Anamnese und dem klinischen Bild. In Speziallaboratorien ist der Nachweis von Urinmetaboliten (Glutathionkonjugate, Thiodiglykol), DNS- und Proteinaddukten möglich. Ein Schnelltest, der freies S-Lost auf der Haut nachweisen kann, ist verfügbar (Sulfur Mustard Detector (Securetec Detektions-Systeme AG, München)).

Frühzeitige Dekontamination exponierter Hautbereiche dienen der Schadensbegrenzung. Möglichkeiten zur Schleimhaut-, Augen- und Wunddekontamination finden sich in der ▶ Übersicht.

Analog zur Behandlung von Verbrennungen II° sollten die durch Lost verursachten Blasen eröffnet und abgetragen werden.

Die **Therapie** manifester Hautschäden nach abgeschlossener Dekontamination folgt dem Grundsatz »feucht und antiseptisch«. Schäden werden mit steriler Vaseline-Gaze oder Sulfadiazin-Silber-Creme abgedeckt und verbunden. Regelmäßige Wundpflege mit, bei Bedarf, gezielter Antibiotikatherapie ist erforderlich. Erytheme können mit neutralem Puder (Talkum) und bei Juckreiz mit kühlenden Präparaten (▶ Übersicht) behandelt werden.

Therapeutische Optionen bei Hautkampfstoffen (S- und N-Loste)

- Wundpflege in Anlehnung an Empfehlungen aus der Verbrennungsmedizin
- Systemische Analgesie: periphere, bei sehr starken Schmerzen zentral wirksame Analgetika; kein Ketamin
- Schmerzlinderung am Auge: Oxybuprocain Augentropfen
- Verhinderung von Cornea-Iris-Verklebung: Atropinaugentropfen
- Verhinderung der Verbandverklebung: sterile Vaseline-Gaze
- Lokaltherapie der Hautschäden: Sulfadiazin-Silber-Creme

- Bronchialsekretverflüssigung bei Pseudomembranen: Acetylcystein
- Antiemetika: Metoclopramid, Ondansetron
- Antitussiva: Codein
- Pflegecremes (**cave**: Cremes und Salben sind resorptionsbegünstigend (Latenzzeit) und daher in der ersten Zeit nach Exposition kontraindiziert)
- Zur Behandlung von Juckreiz: kühlende Lokaltherapeutika (bei Erythem, Juckreiz) Pflegepuder, Zinkschüttelmixtur (Lotioalba), Corticosteroidlotio

Bei Augenverletzungen lassen sich die Verklebungen der Lider durch sterile Vaseline und, bei schweren Verletzungen der Iris und Cornea, durch Atropinaugentropfen verhindern. Antibiotikahaltige Augentropfen sind bei Infektionen angezeigt. Eine analgetische Therapie sollte systemisch und nur im Notfall lokal erfolgen.

Bei Atemwegsschäden sind Codein, intensive Bronchialtoilette (Spülen) und bei Infektionen gezielte Antibiotikatherapie erforderlich. Mukolytika können die Therapie ergänzen, eine prophylaktische Gabe von Antibiotika ist nicht angezeigt.

Antiemetika, Elektrolyt- und Flüssigkeitsersatz haben sich bei Magen-Darm-Schädigung bewährt. Bei Agranulozytose ist eine entsprechende Therapie (Antibiotika) erforderlich.

Die wichtigsten **Spätschäden** betreffen die Atemwege, Augen und die Haut. Psychische Störungen und Malignome nach Lost-Exposition wurden berichtet. Allerdings konnte bis heute eine Häufung von Malignomen nach einmaliger S-Lost-Exposition in epidemiologischen Studien noch nicht eindeutig gezeigt werden.

Arsenhaltige Verbindungen

Neben den Losten wurden im 1. Weltkrieg trivalente dihalogenierte organische Arsenverbindungen als Hautkampfstoffe eingesetzt. Wichtigster Vertreter dieser Gruppe ist das Chlorvinylarsindichlorid (**Lewisit**). Die lipophile Substanz kann auf allen Wegen in den Körper gelangen. Lewisit reagiert im Körper bevorzugt mit benachbarten (vicinale) SH-Gruppen – insbesondere mit der Liponsäure im Pyruvat- bzw. Ketoglutaratdehydrogenasekomplex. In der Folge werden der Citratzyklus und damit der Energiestoffwechsel gehemmt. Darüber hinaus wird die Glukoneogenese inhibiert, und es kann zu einer lebensbedrohlichen Hypoglykämie kommen. Alle erreichten Gewebe werden geschädigt. An der Haut kommt es zur Blasenbildung, die im Gegensatz zu den Losten rasch eintritt. Lewisit, welches systemisch resorbiert wurde, schädigt das Endothel. Als Folge können ausgeprägte Schockzuständen (Lewisit-Schock) auftreten. Im respiratorischen System ist die Entwicklung eines toxischen Lungenödems möglich.

Hautschäden werden analog der Lostvergiftung behandelt. Resorbiertes Arsen kann durch Antidote mit benachbarten SH-Gruppen eliminiert werden. Dazu stehen Dimercaptopropanol (BAL – British Anti Lewisite) und Dimercaptopropansulfonat (DMPS) zur Verfügung. Aufgrund seiner geringeren Eigentoxizität wird heute nur noch DMPS (▶ Übersicht) verwendet. BAL kann vermutlich bei systemischer Anwendung toxische Wirkungen verstärken, da es z. B. das Arsen über die Blut-Hirn-Schranke ins Gehirn transportieren kann.

Therapeutische Optionen bei Vergiftung durch Hautkampfstoff (Lewisit)

- Allgemeine Therapie ▶ Lost-Vergiftung
- Antidotbehandlung: systemisch: 3-mal 200 mg DMPS p.o. (Dimaval)

Blausäure

Blausäure besitzt einen hohen Dampfdruck, sodass im freien Gelände nur schwer gefährliche, toxische Konzentrationen erreicht werden können. Wird Blausäure inhaliert, bemerkt der Betroffene zunächst ein kühles Gefühl im Nasen-Rachen-Raum, gefolgt von einer Reizung des Respirationstraktes innerhalb sehr kurzer Zeit (z. B. 10–30 s). Bei entsprechender Veranlagung (50 % der Bevölkerung) kann ein Bittermandelgeruch wahrgenommen werden. Danach entwickeln sich dosisabhängig schnell Bewusstlosigkeit, epileptiforme Krämpfe mit Opisthotonus, rosiger Hautverfärbung und Atemstillstand.

Bei Blausäurevergiftung bindet das Cyanidion (CN^-) rasch an das dreiwertige Eisen der Cytochromoxidase a_3 der Atmungskette. Die Elektro-

nenübertragung von NADH auf Sauerstoff kann nicht mehr stattfinden und die Produktion des Energieträgers ATP bleibt aus. Bei bester Sauerstoffversorgung wird die Zellatmung gehemmt.

Durch i.v. Gabe von **4-Dimethylaminophenol** wird das zweiwertige Eisen des Hämoglobins oxidiert. Das entstehende Methämoglobin (Eisen in dreiwertiger Form) konkurriert mit der Cytochromoxidase um das Cyanidion. Wegen der hohen Affinität des Cyanidions zum Methämoglobin kommt zu einer raschen Umverteilung und damit Entgiftung. Im Blut wird durch Natriumthiosulfat (i.v.) das Cyanidion beschleunigt mit Schwefel gekoppelt und als Rhodanid (Thiocyanat) mit dem Harn eliminiert. Auf diese Weise ist eine rasche, suffiziente Therapie möglich. Sauerstoffbeatmung allein hilft wenig, verbessert aber den Therapieerfolg.

Cyanid kann darüber hinaus stabile Komplexe mit Kobalt bilden, sodass **Hydroxocobalamin** (Cyanokit 2,5 g) als Antidot verwendet werden kann. Hydroxocobalamin, das als Kurzinfusion gegeben werden muss, ist bei reiner Blausäurevergiftung 4-mal weniger potent als 4-DMAP und im Vergleich zur schnellen i.v. Gabe langsamer wirksam (▶ Übersicht). Dafür produziert Hydroxycobolaminim Gegensatz zu 4-DMAP keine Methämoglobinämie. Folglich wird die Hauptindikation von Hydroxocobalamin bei der Therapie der Rauchgasvergiftung (Mischintoxikation) gesehen, weil durch andere Gase wie Kohlenmonoxid (CO) die Sauerstoffbindungskapazität des Blutes ohnehin vermindert ist und die Cyanidvergiftung vergleichsweise gering ausgeprägt ist.

Therapeutische Optionen bei Vergiftung durch Blausäure

- 4-Dimethylaminophenol – (4-DMAP) 3–4 mg/kg KG i.v., anschließend sofort durch dieselbe Kanüle
- Natriumthiosulfat – (Natriumthiosulfat 25 %) 50–100 mg/kg KG (bis zu 500 mg) i.v. oder bei Rauchgasvergiftung mit Blausäurebeteiligung
- Hydroxocobalamin (Cyanokit 2,5 g) – **nicht** mit Natriumthiosulfat kombinieren (Bildung unlöslicher Komplexe)
- Sauerstoff (60 %ig zur Beatmung, verbessert die Antidotwirksamkeit)

Phosgen

Phosgen wird im industriellen Bereich verwendet. Bei hohen Konzentrationen kommt es zur deutlichen Reizung der Augen, der Schleimhäute und des Respirationstraktes. Wie alle inhalierbaren, lokal schädigende Gifte (»Reizgase«), die den Alveolarbereich erreichen, kann Phosgen mit einer Latenzzeit von bis zu 48 h ein toxisches Lungenödem verursachen. In der Latenzzeit ist eine Verdichtung des Lungengewebes vor Ausbildung klinischer Symptome schon erkennbar. Es entwickeln sich Zyanose, Atemnot, Auswurf und Hämokonzentration. Obliterierende Bronchiolitis, Pneumonie, Lungenfibrose und chronische Bronchitis kommen als Spätschäden in Betracht.

Unabhängig vom Gift besteht das Prinzip der Therapie (▶ Übersicht) darin, die toxisch ausgelösten Entzündungsreaktionen in der Lunge zu unterdrücken. Besteht der Verdacht auf eine derartige Schädigung, wird bei freien Atemwegen (symptomfreies Intervall) die Inhalation von **Beclomethason-Spray** sowie Ruhigstellung und absolutes Rauchverbot empfohlen. Durch diese Maßnahmen soll die Entstehung des toxischen Lungenödems verhindert werden. Die prophylaktische Gabe des Kortikoids ist nicht evidenzbasiert gesichert und in ihrer Wirkung umstritten.

Therapeutische Optionen bei Vergiftung durch Lungenkampfstoff (Phosgen)

- Beclomethason-Spray – z. B. Ventolair 100 µg Dosieraerosol, initial 4 Hübe, nach ambulanter Aufnahme erneut 4 Hübe
- Prednisolon oder Äquivalent 1 g i.v., dann tgl. 1 g (Therapie nicht unumstritten)
- Sauerstoff (60 %-ig) – PEEP-Beatmung

Ein manifestes Lungenödem erfordert hochdosierte (1 g Prednisolon oder Äquivalent) systemische Glukokortikoidgabe, Ruhigstellung, PEEP-Beatmung mit 60 %igem Sauerstoff und Bronchialtoilette. Die Glukokortikoidtherapie des manifesten toxischen Lungenödems ist nicht unumstritten. Randomisierte, kontrollierte klinische Studien gibt es bei dieser vergleichsweise seltenen Vergiftung nicht.

41.6 Gefahr der Therapiefehler

Atropingabe ohne Vergiftung mit AChE-Hemmern kann behandlungsbedürftige Symptome verursachen (Schluckbeschwerden, Hitzestau, Tachykardie, Halluzinationen). Kinder sind besonders gefährdet. Physostigmin kann dem entgegenwirken. Wegen kurzer Halbwertszeit sind u. U. wiederholte Gaben erforderlich (▶ Übersicht).

Mehr als 3 mg/kg KG 4-Dimethylaminophenol kann zu überschießender Methämoglobinbildung führen. Eine beschleunigte chemische Reduktion des dreiwertigen Eisens im Hämoglobin lässt sich mit Toluidinblau erreichen (7 Übersicht).

Therapiefehler bei der Gabe von Antidoten

- Atropinvergiftung: Physostigmin, 2 mg i.v. ggf. wiederholen
- Methämoglobinbildnervergiftung (4-DMAP): Toluidinblau 4 %-ig 2–4 mg/kg KG i.v.

Literatur

1. Aurbek N, Worek F, Thiermann H (2009) Aktuelle Aspekte in der Behandlung phosphororganischer Vergiftungen Wehrmedizinische Monatsschrift (53) 11: 340–349
2. Dunn MA, Sidell FR (1989) Progress in medical defense against nerve agents. JAMA 262: 649–652
3. Eddleston M, Buckley NA. Eyer P et al. (2008) Management of acute organophosphorus pesticide poisoning. Lancet 371(9612): 597-607
4. Kehe K, Balszuweit F, Steinritz D, Thiermann H (2009) Molecular toxicology of sulfur mustard-induced cutaneous inflammation and blistering. Toxicology 263(1):12–19
5. Klimmek R, Szinicz L, Weger N (1983) Chemische Gifte und Kampfstoffe, Hippokrates Verlag, Stuttgart
6. Meselson M, Robinson JP (1980) Chemical warfare and chemical disarmament. Sci Amer 242: 34–43
7. Rebentisch E, Dinkloh H (1980) Wehrmedizin. Urban und Schwarzenberg, München
8. Szinicz L, Baskin SI (1999) Chemical and biological agents. In: Marquardt H, Schäfer SG, McClellan RO, Welsch F (eds) Toxicology. Academic Press, San Diego London Boston New York Sydney Tokyo Toronto, pp 851–878
9. Thiermann H, Gonder S, John H, Kehe K, Koller M, Steinritz D, Worek F (2010) Chemische Kampfstoffe. In: Vohr HW (Hrsg.) Toxikologie, Band 2: Toxikologie der Stoffe. Wiley-VCH Verlag, Weinheim
10. Worek F, Eyer P, Aurbek N, Szinicz L, Thiermann H (2007) Recent advances in evaluation of oxime efficacy in nerve agent poisoning by in vitro analysis. Toxicol Appl Pharmacol 219(2-3):226–34
11. Willems JL (1989) Clinical management of mustard gas casualties. Ann Med Milit Belg 3: 1–61
12. http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/ATF.html

Weiterführende Literatur

Thiermann H, Worek F, Kehe K. Limitations and challenges in treatment of acute chemical warfare agent poisoning. Chem Biol Interact. 2013 Dec 5;206(3):435–43. doi: 10.1016/j.cbi.2013.09.015. Epub 2013 Sep 30. Review.

Worek F, Eyer P, Thiermann H. Determination of acetylcholinesterase activity by the Ellman assay: a versatile tool for in vitro research on medical countermeasures against organophosphate poisoning. Drug Test Anal. 2012 Mar-Apr;4(3-4):282-91. doi: 10.1002/dta.337. Epub 2011 Oct 13. Review.

Thiermann H, Zöller L, Szinicz L (2013) Chemische und biologische Kampfstoffe. In Marquardt H, Schäfer SG, Barth H (eds)Toxikologie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, pp. 915–954.

Aufbau und Einsatz von Sprengfallen

T. Enke

42.1 Begriffserklärung – 582

42.2 Aufbau eines IED – 582

42.2.1 Verpackung – 583

42.2.2 Energiequelle – 583

42.2.3 Sensor – 583

42.2.4 Zündvorrichtung – 583

42.2.5 Hauptladung – 583

42.3 Mögliche Ziele eines Anschlags – 584

42.4 Verbringung eines IED – 584

42.5 Durchführung eines Anschlags – 585

42.6 Sonderformen des IED – 585

42.7 Weitere Gefahren nach einem Anschlag bzw. Unfall mit Munition oder Explosivstoffen – 586

42.8 Bevor man zu einem Einsatz fährt! – 586

42.9 Eigenschutz am Vorfallsort – 587

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_42, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

42.1 Begriffserklärung

Seit der Erfindung der Munition und ihrer Inhaltsstoffe (Brand-, Sprengstoffe) wird diese auch von Nicht-Kombattanten zur Durchsetzung diverser Ziele genutzt. Zur Abgrenzung von industriell gefertigter Munition, die von regulären Sicherheitskräften bzw. dem Militär genutzt wird, spricht man hier von der »Unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung – **USBV**«, englisch »improvised explosive device – **IED**«.

Ein IED war bis vor wenigen Jahren zumeist ein Unikat und wurde von Attentätern in einem fest umrissenen Gebiet, z. B. Algerien oder dem Baskenland eingesetzt. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Gruppen waren locker, so dass in der Regel ein IED-Typ einer bestimmten Gruppe zugeordnet werden konnte. Erst im letzten Jahrzehnt entwickelte sich der Terrorismus hauptsächlich durch Al Qaida (arabisch für »Basis«) zu einem Netzwerk weiter. So werden IED heute teilweise in Kleinserien industriell hergestellt und weltweit vertrieben.

Die munitionstechnische Grenze für den Einsatz von IED durch Kombattanten oder Nicht-Kombattanten ist fließend. IED werden im Rahmen von Sabotageakten auch von Soldaten eingesetzt. Ihre Zündsysteme bestehen aus industriell und in großen Stückzahlen gefertigten Komponenten, z. B. die US-Serie der ehemaligen jugoslawischen Volksarmee, die je nach Ausführung auf Licht, Druck oder andere Umwelteinflüsse reagiert. Auch komplexe IED sind für militärische Zwecke entwickelt worden, so der Funkempfänger Tintjawa, der neben einem Computer für die Entschlüsselung der Zündkommandos eine Aufnahmesicherung, eine Ausbausperre, eine Stromabfallschaltung und sämtliche weiteren Baugruppen eines IED beinhaltet.

Neugier, Sammlerwut und Geltungssucht führen auch in Deutschland immer wieder zu Unfällen mit Explosivstoffen und Munition, zu denen natürlich auch Rettungskräfte gerufen werden (Abb. 42.1). Daher gelten die folgenden Ausführungen im übertragenen Sinne auch für Explosionen und Brände, deren Ursachen bei der ersten Annäherung noch als ungeklärt zu betrachten sind. Ein dabei aufgefundenes und durch den Unfall belastetes Munitionsteil ist in erster Betrachtung in der Gefährlichkeit einem IED gleichzusetzen.

42.2 Aufbau eines IED

Ein IED besteht aus fünf Hauptbaugruppen:

- Verpackung
- Energiequelle
- Sensor
- Zünd-/Anzündvorrichtung
- Hauptladung

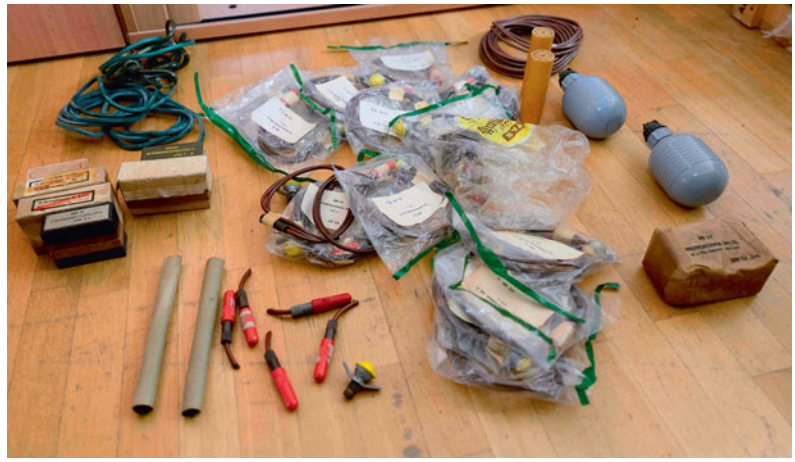


Abb. 42.1 Munitionsfund an einer Talsperre im Sauerland im Jahr 2012, u. a. 700 g militärischer Sprengstoff, mehr als 50 Sprengkapseln, 2 Brandhandgranaten und etliche Meter Sprengschnur. Das Ganze wurde bis zur Abholung in einem Büro eines Ordnungsamtes im Schreibtisch aufbewahrt. (Foto: T. Enke)

42.2.1 Verpackung

Die Verpackung hat verschiedene Aufgaben. Sie dient als **Transportmittel** (Autobombe), **Tarnung** (Geschenkpaket) und **Lagerort** (Einbau in Fahrbahndecke einer Straße). Hier ist der Fantasie keine Grenze gesetzt, auch nicht in der Größe des IED. Daher ist es auch nicht möglich, einen Hinweis auf spezielle Taschen mit rotem Griff oder gelbe Kanister zu geben. Vielfach nimmt der Attentäter alltägliche und allgebräuchliche Verpackungsmöglichkeiten, um beim Verbringen des IED nicht aufzufallen. Man denke hier an den »gelben Toyota Corolla« in Kabul, das allgebräuchliche Taxi. Ein geparktes Taxi wird nur in ungewöhnlichen Situationen auffallen.

42.2.2 Energiequelle

Die Energiequelle dient hauptsächlich zum Auslösen des IED über die Zünd- bzw. Anzündvorrichtung. Die Energie kann **elektrisch** (Batterie), **chemisch** (Säure) oder **mechanisch** (Feder) bereitgestellt werden. Es gibt auch gemischte Bereitstellungen der Auslöseenergie. Ein Opfer, das auf ein mit berührungsempfindlichem Sprengstoff gefülltes IED tritt, dient in diesem Falle als Energiequelle. Es entsteht Reibung, Sprengstoffkristalle brechen und die Detonation erfolgt.

42.2.3 Sensor

Der einfachste Sensor ist somit ein **berührungsempfindlicher Sprengstoff**, allerdings mit dem Nachteil eines risikoreichen Transportes. Auch die Auswahl eines definierten Zieles ist schwierig. Ein einfaches, irgendwo abgelegtes IED kann ggf. von einem streunenden Hund ausgelöst werden und wird somit die Zielperson nicht erreichen. Ein guter Sensor wird das Risiko eines fehlschlagenden Anschlages stark minimieren. Bei Straßenbomben haben sich **Druckplatten** (»pressure plates«) bewährt. Eine Druckplatte wirkt wie ein elektrischer Schalter in einem Stromkreis. Durch Federn kann man die Masse des zu treffenden Zielfahrzeuges einstellen. Wenn man zwei Druckplatten in Reihe schaltet, ist es möglich über den Achsabstand ein Zielfahrzeug genau zu definieren. Somit können (z. B. zivile) Fahrzeuge ohne Auslösung des IED über den Sensor hinweg rollen, während militärische Fahrzeuge mit passendem Achsabstand bei gleicher Fahrzeugmasse das IED auslösen. Auch **Personen** können als Sensor wirken und bei Sichtkontakt zum Ziel das IED per (Mobil-)Funk auslösen. Die Initiierung per Laser-Beamer ist zur Zeit noch nicht verbreitet, aber das Schließen eines elektrischen Schalters durch einen Schuss aus einem Scharfschützengewehr war eine Spezialität der IRA. Andere Möglichkeiten sind zum Beispiel eine hitze-, geräusch- oder lichtempfindliche Auslösung.

42.2.4 Zündvorrichtung

Die Zündvorrichtung dient zum Übertragen der Auslöseenergie an die Hauptladung. Bei einfachen elektrischen Sprengkapseln wird ein Glühdraht (Fahrradbirnchen reicht auch) zum Durchbrennen gebracht. Andere Sprengkapseln reagieren auf Schlag oder Reibung. In der Regel sind selbsthergestellte Zündvorrichtungen sehr empfindlich und besitzen auch keine redundanten Sicherungen. Eine ungewollte Auslösung bei Transport, Fallenlassen oder Werfen hat so machen Transporteur eines IED zum Selbstmordattentäter werden lassen.

42.2.5 Hauptladung

Die Hauptladung kann wenige Gramm (Briefbombe) bis einige Tonnen (LKW) betragen. Je nach Beschaffungsmöglichkeiten werden zivile, militärische oder selbsthergestellte Sprengstoffe genutzt. Während oder nach einem Krieg ist es einfach, **militärische Sprengstoffe** zu beschaffen, die in der Regel leistungsfähiger und sicherer sind. Minen, Blindgänger, verlassene Munitionslager bieten genügend Chancen, Sprengstoffe zu gewinnen oder zur Erhöhung der Sprengwirkung Artilleriegeschosse als Hauptladung zu nutzen. Im befriedeten Europa muss ein Attentäter Sprengstoffe ggf. über Diebstähle beschaffen. In diesem Falle ist ein Einbruch in das Sprengstofflager eines Steinbruches oder auf einer Baustelle mit einem geringeren Risi-

ko behaftet als ein Einbruch in eine militärische Einrichtung. Falls er das Risiko scheut, bleibt nur die eigene Herstellung von Sprengstoffen, den so genannten »**homemade explosives**« (HME). Anleitungen hierfür gibt es im Internet reichlich. Viele davon sind lebensgefährlich und führen oft zu einer vorzeitigen Auslösung des Sprengstoffes, teilweise schon bei der Mischung der Ausgangsstoffe.

Die Hauptladung kann in einer entsprechenden Verpackung (Abflussrohr, Fahrzeug) untergebracht sein oder auch als lineare Hohlladung in einer Leitplanke am Straßenrand. Für eine Verstärkung der Wirkung können je nach Anschlagsziel und der Möglichkeiten des Attentäters Splitter (Nägel, Schrott), brennbare Pulver, Flüssigkeiten oder Gase (Propangasflaschen) sowie jegliche Art von giftigen Industrieprodukten (chemisch, biologisch und radiologisch/nuklear) in die Hauptladung integriert werden. Eine besondere Bauausführung des IED ist der »**explosively formed penetrator**« (EFP), eine Sonderform der Hohlladung, bei der aus einem Kochtopfboden sprengtechnisch ein Projektil erzeugt wird, das bis zu einer Entfernung von 30 m formstabil fliegt und Panzerungen durchschlägt. Ein EFP kann mit Gips kaschiert als Bauschutt praktisch unsichtbar irgendwo neben der Straße eingebaut werden.

42.3 Mögliche Ziele eines Anschlags

Im Prinzip kann jeder Opfer eines Anschlages werden, abhängig von den Motiven und den Möglichkeiten eines Attentäters. Es kann den Fahrgast in einem Eisenbahnzug in Europa treffen, weil ein Attentäter eine Eisenbahngesellschaft erpresst. Es kann den Oppositionspolitiker in einem Entwicklungsland treffen, der die Ziele einer korrupten Regierung vereiteln will. Es gibt aber eine Gemeinsamkeit. Ein Attentäter wird versuchen, einen möglichst hohen materiellen oder gesellschaftlichen Schaden anzurichten, um vor allem Angst zu verbreiten. Nur so kann er sicher sein, genügend Aufmerksamkeit für seine Ziele zu erlangen. Somit sind besonders gefährdet:

- Große Menschenmengen, wie z. B. in Konvois, Marktplätzen oder Verkehrsmitteln zu finden,
- Herausragende Persönlichkeiten (Journalisten, Politiker, allgemein eben VIPs)
- Wirtschaftlich und politisch wichtige Objekte und Einrichtungen wie zum Beispiel Umspannwerke, Polizeiwachen, Zeitungsverlage, militärische Einrichtungen

Natürlich darf auch der psychische Zustand des Attentäters sowie sein Motiv nicht vernachlässigt werden. In einigen ländlichen Gebieten ist es üblich, das im Wald liegende geschlagene Holz mit in Bohrungen eingelassenen Schrotpatronen zu sichern. Ein klassisches IED, das, wenn es in einem Wohnzimmerkamin zur Wirkung kommt, schwere Schäden anrichten kann. Mindestens die Lokalpresse wird darüber berichten und das Ziel des Attentäters ist erreicht.

Eine der wichtigsten Fragen ist die Suche nach einem Motiv und den Möglichkeiten eines Attentäters. Die Antwort ist ein wichtiger Bestandteil für den Eigenschutz vor einem Anschlag.

42.4 Verbringung eines IED

Jeder Anschlag hat eine Vorgeschichte, die sich gemäß dem französischen Wissenschaftler Dr. Eric Pouliquen in sechs Abschnitte unterteilen lässt:

- Unterstützung durch Geld-, Personal- und Sachleistungen
- Planung des Anschlages
- Transport und Zwischenlagerung von Material
- Bauausführung
- Verbringung an den Anschlagsort
- Schulung und Einsatz des Personals

Die Beschaffung der einzelnen Baumaterialien ist vom verfügbaren Geldrahmen und dem Knowhow eines Bombenbauers abhängig, für ein IED kann fast alles verwendet werden. Kaffeepulver erreicht nach entsprechender chemischer Behandlung die Sprengkraft militärischer Sprengstoffe. Allerdings sind für die erfolgreiche Ausführung eines Anschlags immer mehr fundierte technische Kenntnisse nötig, vor allem, wenn es darum geht, durch Elektronik und Panzerung geschützte Fahrzeuge zu zerstören. Mit Hilfe von **elektronischen Störsendern** (Jammern) lassen sich die meisten Zündeinrichtungen von IED mit

einer Auslösung per Funkkommando (»radio-controlled« IED) stören. Die Nutzung von Richtfunkstrecken, das Senden digitaler Datenpakete, sowie vom IED abgesetzte Empfangseinrichtungen lassen einen Schutz durch Jammer immer weniger zu. Aufgrund der gut organisierten terroristischen Netzwerke lässt sich ein Technologietransfer von terroristischen Brennpunkten (Irak) an andere, neue Anschlagsschwerpunkte (Afghanistan) verfolgen. Dies funktioniert sogar über ideologische Grenzen und rivalisierende Gruppen hinweg. Für den Transport und die Zwischenlagerung der Baumaterialien gelten ähnliche Bedingungen. Die Verbringung und der Einsatz der Attentäter am Anschlagsort sind die kritischen Bereiche. Der menschliche Faktor ist nur bedingt einschätzbar, da sich der Auslöser eines IED (**Triggerman**), ob Selbstmordattentäter oder Serientäter, in einer Stresssituation befindet. Hier arbeitet eine Terrororganisation in der Regel mit einem Backup, so dass z. B. der Selbstmordattentäter bei einem »psychischen Versagen« von außen ferngezündet wird und somit nur als Verpackung und Transportmittel dient.

Die einzelnen Abschnitte überlappen sich, können im zeitlichen Rahmen bereits mehr als ein Jahr vor dem Anschlag beginnen und sich über mehrere Monate erstrecken. Für die Abwehr eines vermuteten Anschlages ergeben sich vielfältige Möglichkeiten. Geldmittel und die Beschaffung der Baumaterialien sind erste Ansatzpunkte. Wenn es gelingt, zum Beispiel die Beschaffung von Zeitzündern (Wecker) zurückzuverfolgen, kann ggf. im Kaufhaus über Videoaufnahmen der Käufer identifiziert werden. Durch Veränderung der Inhaltsstoffe von frei verkäuflichen Chemikalien kann die Nutzung als Ausgangsprodukt von Sprengstoffen verhindert werden. Regelmäßige Absuche und Überwachung von gefährdeten Objekten und anschlagsgünstigen Punkten (»**vulnerable points**«) kann abschrecken und das Risiko eines Anschlages verringern.

42.5 Durchführung eines Anschlags

An einen Anschlagsort werden gewisse Anforderungen gestellt. So muss er

- vom Ort der Auslösung gut einsehbar sein,
- am Ort der Auslösung einen Fluchtweg besitzen,
- gute Möglichkeiten für eine Übermittlung des Auslöseimpulses (z.B. per Kabel) bieten.

Überhöhte Berghänge mit guter Sicht auf Vulnerable Points eignen sich genauso wie Hochhaussiedlungen mit Blick auf eine nahegelegene Autobahn. Durch den Einsatz von elektronischen Gegenmaßnahmen sind Mobiltelefone als Zündimpulsgeber weitgehend wirkungslos, so dass es sich anbietet, mehradrige Kabel (ggf. mit einer Stromabfallschaltung gesichert) im Zuge von Gräben, Hecken und anderen linearen Geländeformationen zu verlegen.

Sofern sich das Opfer mit einem Fahrzeug bewegt, darf diese Bewegung nicht zu schnell sein. Ein in der Leitplanke eingebautes IED (Anschlag auf Herrhausen 1989) kann elektronisch über einen Schleifenkontakt (Ampelschaltung für »grüne Welle«) in der Fahrbahn ausgelöst werden. Allerdings darf dieser Kontakt erst direkt vor dem Zielfahrzeug geschärft werden. Somit ist es für den Attentäter wichtig, Bereiche mit reduzierter Geschwindigkeit zu nutzen, bzw. diese durch künstlich ausgebrachte Hindernisse (Fahrzeug am Straßenrand) zu schaffen. Weiterhin ist ein Zielpunkt nötig, da das IED in der Regel, weil eingegraben oder sonstig versteckt, nicht sichtbar ist. Diese sogenannten Marker können gekennzeichnete Laternenmasten, einzeln stehende Bäume, größere Steinhaufen oder andere weithin sichtbare Zeichen sein. Sie haben meist eines gemeinsam: sie fallen auf – allerdings dem Opfer meist zu spät.

Neben dem Triggerman, dem Auslöser des IED, kann am Anschlagsort ein **Spotter** zugegen sein, der den Triggerman über das Herannahen des Opfers informiert und ggf. den Anschlag mit einer Videokamera filmt. Der Film dient außer zu Propagandazwecken zur Auswertung des Anschlags, um ggf. die eigene Vorgehensweise für zukünftige Anschläge zu verbessern, aber auch, um das Vorgehen der Eingreif- und Rettungskräfte zu dokumentieren und deren Taktik bei zukünftigen Anschlägen zu berücksichtigen.

42.6 Sonderformen des IED

Wie bei jeder Waffe, gibt es einen ständigen Wettlauf zwischen Wirkung im Ziel und entsprechenden

Gegenmaßnahmen. Durch die immer weiter verbesserten Möglichkeiten, ein IED aufzuspüren und zu entschärfen, sind in den letzten Jahren vermehrt **Entschärferfalle**n entwickelt worden, die in erster Linie darauf abzielen, den Entschärfer zu treffen. Deswegen wird davor gewarnt, vermeintlich einfach aufgebaute IED selbst zu entschärfen. Ausbausperren, zum Beispiel durch versteckte zweite Zündeinrichtungen funktionieren auch noch dann, wenn bereits die erste Zündeinrichtung erfolgreich entschärft wurde.

Eigenschutz ist vor und nach einem Anschlag besonders wichtig und über jegliche Rettungsaktion zu stellen.

Wie bereits erwähnt ist eines der Ziele bei einem Anschlag die Maximierung der Opferzahlen. Durch die Platzierung eines weiteren oder mehrerer IED (»second IED«) auf dem wahrscheinlichsten Anmarschweg zum Anschlagsort oder an den für Rettungskräfte wichtigen Haltemöglichkeiten kann dieses Ziel leicht erreicht werden, da psychologisch bedingt, der Wille zum Helfen das Gespür für weitere Gefahren herabsetzt. Direkt am Anschlagsort eingesetzte so genannte **Come-On-IED** sind immer sehr wirkungsvoll, da sie im Chaos nach einem Anschlag vor den Augen der zumeist auch schon vorhandenen Medien zur Wirkung kommen. Somit werden die bereits geschilderten Ziele eines Anschlages noch einmal in ihren Auswirkungen maximiert (▶ Kap. 11).

Eine weitere Form des Eigenschutzes ist bei Konvoi-Fahrten ein Sicherheitsabstand zwischen den einzelnen Fahrzeugen, so dass die Anzahl der Opfer gering gehalten werden kann. Dagegen wurde das **Daisy-Chain-IED** entwickelt, eine Sprengfalle, die aus mehreren IED besteht, die im Abstand von 15m bis 20m über eine Länge von bis zu 200m eingebaut und gleichzeitig gezündet werden.

Zu erwarten sind zukünftig auch **»schmutzige« IED**, die Zusätze von radioaktiven oder chemischen Produkten enthalten. Hier ist allerdings anzumerken, dass das Risiko für den Bombenbauer bei dem Bau eines solchen IED beträchtlich ist. Daher gab es in der Vergangenheit nur einzelne Anschläge, bei denen Kampfstoff eingesetzt wurde, z. B. Sarin durch die japanische Aum-Sekte in den Jahren 1995 und 1996. Die Sprengung eines Chlorgastransporters in der Innenstadt von Hamburg wäre technisch einfach durchführbar und würde bei günstigen Bedingungen (Wetter, Ort, Personenansammlungen) zu einer großen Zahl an Opfern führen.

Im Gegensatz dazu ist die Verwendung von Flüssiggas als IED sehr problematisch, da ein zündfähiges Gemisch nur schwer herzustellen ist. Die bisherigen militärischen Erfolge mit Flüssiggasbomben (»mother of all bombs«) sind zweifelhaft und auf einzelne schwer nachzuprüfende Ereignisse beschränkt.

42.7 Weitere Gefahren nach einem Anschlag bzw. Unfall mit Munition oder Explosivstoffen

Selbst nach einem Anschlag oder Unfall sind die Gefahren für die Rettungskräfte erheblich. Zum einen durch die bereits beschriebenen Come-On-IEDs, aber darüber hinaus durch eine Vielzahl von anderen Gefahren. An erster Stelle sind Sprengstoffreste zu nennen, die sich bilden, wenn der Sprengstoff in dem IED nicht ausreichend verdichtet war (Risse, Lunker). Dies führt zwar zu einer geringeren Wirkung, gefährdet aber die Rettungskräfte im Nachhinein durch weitere spontane Explosionen. Umweltgifte werden nicht nur durch den Explosivstoff gebildet, gravierender ist die Bildung von giftigen und teilweise explosiven Gasen durch zerstörte Gasleitungen in urbanen Bereichen, abgerissene Stromleitungen und eventuell auslaufende Kühlmittel (Halogenkohlenwasserstoffe) und deren Verbrennungsprodukte. Wichtig sind daher eine genaue Kenntnis der Umgebung sowie eine mögliche Heranziehung von Fachpersonal für eine Abschaltung aller Versorgungs- und Hilfsleitungen.

42.8 Bevor man zu einem Einsatz fährt!

Während eines Anschlages ist man durch die Druck- und die Brandwirkung des Sprengstoffes massiv gefährdet. Dessen Wirkung nimmt allerdings mit der Entfernung vom IED quadratisch sehr schnell ab. Somit ist bei einem Abstand von 5 m zum IED die Wirkung schon beträchtlich herabgesetzt

und bei einem Abstand von 25 m hat man gute Überlebenschancen, sofern man sich in einem geschützten Fahrzeug befindet.

Aber auch ein geschütztes Fahrzeug und die Besatzung müssen auf den Einsatz vorbereitet werden. Gegenstände, die im Fahrzeug nicht befestigt, oder in Staufächern untergebracht sind, werden bei einem Anschlag zu tödlichen Geschossen. Gefahrgüter (Druckgasflaschen, Munition) sind geschützt aufzubewahren, so dass bei einer Explosion von ihnen keine zusätzliche Gefahr ausgeht. Personen haben sich grundsätzlich durch Anschnallen zu sichern, um bei einem Auffahren auf ein Kampfmittel (Mine oder IED) nicht selbst im Fahrzeug umhergeschleudert zu werden. Hier sind sonst vor allem Genick- und Schulterbrüche zu befürchten. Auch die Bekleidung spielt eine wesentliche Rolle. Sie muss flammabweisend sein und den Körper möglichst vollständig bedecken. Handschuhe, herabgerollte Ärmel und eine Schutzbrille helfen, Brandverletzungen zu mindern und Verletzungen durch umherfliegende Glassplitter zu vermeiden. Schutzwesten halten Splitter ab und schützen bedingt beim Aufschlagen von größeren Gegenständen auf den Oberkörper. Fenster und Luken sind soweit möglich geschlossen zu halten und die Türen zu sichern.

Tipp

Zusätzlich ist es wichtig, vor einer Fahrt zu einem Einsatzort möglichst viele Informationen über die Fahrstrecke zu erhalten: Engstellen, bisherige Anschläge auf der Strecke, Art der Anschläge, Umfahrungsmöglichkeiten (keine Verhaltensmuster bilden), bisherige Ziele der Anschläge (Personen oder auch Einrichtungen) und Art des IED.

42.9 Eigenschutz am Vorfallsort

Am Vorfallsort ist es wichtig, zuerst einmal die eigene Position abzusichern. In Nordirland haben britische Hilfskräfte hohe Verluste erfahren, weil sie immer den gleichen Anmarschweg nutzten und immer an den gleichen Punkten vor dem Anschlagsort anhielten. Vor jedem Halt stellt sich daher die Frage, ob ein Halt an dieser Stelle unbedingt nötig ist und ob es nicht bessere Möglichkeiten gibt. Eine schlechte Wahl ist immer der Stopp auf einem Kanaldeckel, neben einem Haufen Unrat oder einem Schrottfahrzeug. Muss man anhalten, ist die nähere Umgebung im Umkreis von ca. 5 m aus dem Fahrzeug systematisch und vor allem sorgfältig abzusuchen. Fahrer, Beifahrer und sonstige Personen im Fahrzeug teilen dazu Beobachtungsbereiche unter sich auf und suchen diese überlappend ab. Erst wenn diese Bereiche vermeintlich frei von verdächtigen Gegenständen sind, darf das Fahrzeug verlassen (Motor wird nicht abgestellt) und die Gegend um das Fahrzeug im Umkreis von 25 m abgesucht werden.

Falls man einen **verdächtigen Gegenstand** vermutet, ist es wichtig, unauffällig alle Beteiligten zu warnen (Codewort) und Abstand zu gewinnen. Auf keinen Fall sollte der Gegenstand näher untersucht werden. Mehrfach wurden diese Gegenstände offen hingelegt, um Einsatzkräfte über einen entsprechend mit Kampfmitteln präparierten Weg zu dem Objekt zu locken.

Geeignete Plätze zur **Erstversorgung der Verletzten** müssen vor einer Nutzung ebenfalls sorgfältig abgesucht und abgesichert werden. Es muss jederzeit damit gerechnet werden, dass diese Plätze durch einen Gegner bewusst in das Anschlagsszenario einbezogen wurden und das hier ggf. weitere IED platziert sind.

Es ist verständlich, dass die **psychologische Belastung** für die Rettungskräfte enorm ist. Hilfesuchende Personen, ggf. Brände, Rauch und weitere Beeinträchtigungen werden diesen Eigenschutz behindern und ggf. diesen für Außenstehende als nutzlos und überflüssig erscheinen lassen. Dem ist aber entgegenzuhalten, dass eine wirkungslose, weil durch Sprengwirkung eines weiteren IED außer Kraft gesetzte Rettungskette niemandem nutzt.

Konventionelle Bedrohung und Schutzausrüstung

P. Früh

43.1 Wirkung – 590

43.2 Kinetische Energie – Handwaffengeschosse – 590
43.2.1 Splitterfreie Sprengladungen – 591
43.2.2 Splitterladungen – 593
43.2.3 Projektilbildende Ladungen – 594
43.2.4 Hohlladungen – 595

43.3 Schutz – 596
43.3.1 Fahrzeuge – 596
43.3.2 Schutz gegen Beschuss/Artilleriesplitter – 597
43.3.3 Schutz gegen Sprengladungen – 598
43.3.4 Schutz gegen Splitterladungen – 599
43.3.5 Schutz gegen projektilbildende Ladungen und Hohlladungen – 599

43.4 Feldlager – 600
43.4.1 Individueller Schutz – 600

Literatur – 601

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2_43, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

43.1 Wirkung

Die Waffenwirkung beruht in der heutigen Zeit weniger auf der Waffe als auf der Munition. Ebenso wie die Wirkung von Kampfmitteln beruht diese auf wenigen physikalischen Prinzipien, die sich praktisch zum Einsatz gegen Mensch und Material eignen. Die folgende Aufzählung soll die wichtigsten Bedrohungen kurz darstellen und ihre Wirkprinzipien erläutern.

43.2 Kinetische Energie – Handwaffengeschosse

Inerte Geschosse, verschossen aus den unterschiedlichsten Schusswaffen, besonders jedoch aus Handwaffen aller Art, wirken im Ziel über die kinetische Energie. Sie bringen diese ins Ziel ein und verursachen über die Verrichtung von Arbeit Schäden im Ziel. Die Schädigung eines Ziels wird durch die Wechselwirkung von Geschoss, Ziel und Auftreffsituation beeinflusst. Besondere inerte Geschosse, die im Bereich der Handwaffenmunitionen unüblich sind, werden im Folgenden nicht beschrieben. Übliche Handwaffengeschosse wie Schrote oder Posten werden ebenfalls nicht betrachtet. Ebenso wird davon ausgegangen, dass das Geschoss aufgrund seines Aufbaus und der Verschussplattform grundsätzlich ein angerichtetes Ziel treffen kann, da dies die Grundvoraussetzung für eine Wirkung im Ziel ist.

Bei inerten Geschossen sind die verwendeten **Materialien** und der **Geschossaufbau** entscheidend. Die Materialbandbreite reicht von weichen Nichteisenmetallen und deren Legierungen, wie Blei und Messing für Weichkerngeschosse, über gehärtete Stähle bis zu hochhartem Wolframkarbid für Hartkerngeschosse.

Der Geschossaufbau reicht von den Weichkerngeschossen für den Einsatz gegen ungeschützte Weichziele über kombinierte Aufbauten, beispielsweise von Weichkerngeschossen unter zusätzlicher Verwendung eines Penetrators, bis zu reinen Hartkerngeschossen, die zur Durchdringung eines Schutzes ausgelegt sind.

Die Sonderformen wie **Leuchtspurgeschosse** oder **Geschosse mit einem Brandsatz** werden hier nicht näher betrachtet, da sich ihr besonderer Aufbau kaum auf die Wirkung im Ziel auswirkt. Oftmals wird zwar angenommen, dass Geschosse mit Brandsätzen der Entzündung des Ziels dienen sollen, was aber nicht der Fall ist. Der Brandsatz dient vielmehr dazu, dass der Schütze den Auftreffort besser auf dem Gefechtsfeld erkennen kann, um leichter Korrekturen der Treffpunktlage durchführen zu können. Die Brandwirkung findet im Wesentlichen außerhalb des Ziels statt, so dass nur in wenigen Fällen eine Entzündung des Ziels durch den Brandsatz beobachtet werden kann. Wenn eine Brandwirkung im Ziel erreicht wird, so ist dies wie bei anderen Geschossen auf das Auftreffen heißer Geschossteile und Sekundärsplitter, beispielsweise eines durchschossenen Panzerstahlschutzes, auf leicht entzündliche Zielstrukturen oder auf das Durchfliegen leicht entzündlicher Medien im Zielinneren, wie Luft-Kohlenwasserstoff-Gemische, zurückzuführen.

Der Geschossaufbau kann nur für ein bestimmtes Zielspektrum optimiert werden. Diese Optimierung wirkt sich zu Ungunsten der Wirkung in anderen Bereichen des Zielspektrums aus. Als Beispiel sei hier die gute Wirkung, sprich eine hohe Durchschlagsleistung, gegen einen Schutz genannt. Die hierzu erforderlichen Eigenschaften wie hohe Härte, große Festigkeit und geringe Verformbarkeit führen zu einer mangelhaften Wirkung im Weichziel, welches ohne wesentliche Energieabgabe und damit ohne Verrichtung von Arbeit und Schädigung des Ziels durchstoßen wird. Dies wird man jedoch je nach Lage in Kauf nehmen, wenn ein Weichziel nur nach Durchdringen eines Schutzes bekämpft werden kann.

Wie der Geschossaufbau wirkt sich der **Zielaufbau** auf die Wirkung inerter Geschosse erheblich aus. Im Gegensatz zu den bereits sehr zahlreich auftretenden Geschossaufbauten ist bei den Zielaufbauten umso schwerer eine klare Abgrenzung zu treffen, da das Spektrum von einfachen homogenen Schutzaufbauten aus Panzerstahl über inhomogene Schutzaufbauten aus mehreren verschiedenen Materialien bis zu äußerst inhomogenen Zielen wie gesamten Fahrzeugen oder Weichzielen wie Mensch und Tier reichen.

Neben den interagierenden Komponenten Geschoss und Ziel bildet die **Auftreffsituation** den

wesentlichen Rahmen, in dem sich eine mögliche Wirkung ergibt.

In den meisten Fällen ist die Geschossgeschwindigkeit deutlich größer als die Zielgeschwindigkeit. Als wesentliche Komponente der Auftreffgeschwindigkeit kann sie daher im Allgemeinen der Auftreffgeschwindigkeit gleich gesetzt werden. Die Geschossgeschwindigkeit nimmt mit der Flugzeit ab. Da die Geschwindigkeit quadratisch in die Berechnung der kinetischen Energie eingeht, führt dies mit zunehmender Kampfentfernung zu einem starken Absinken des Arbeitsvermögens im Ziel.

Vereinfacht ausgedrückt sinkt mit der Geschossgeschwindigkeit die Wirkung im Ziel. Die Ausnahmen dieser Regel finden sich bei einem günstigen Zusammentreffen der Parameter Geschossaufbau, Zielaufbau und Geschwindigkeit. Als Beispiel sei hier die Durchdringung eines Schutzaufbaus bei niedrigen Auftreffgeschwindigkeiten genannt, während ein Schutz bei hohen Geschwindigkeiten besteht [7].

Weitere Einflussgrößen in der Auftreffsituation sind der **Auftreffwinkel**, der **Geschossanstellwinkel** und je nach Zielaufbau quantitativ bestimmbare Größen wie die **Zieltemperatur** bei Schutzaufbauten oder qualitativ beschreibbarer Größen wie **Nervosität** und **Aufregung** eines menschlichen oder tierischen Weichziels.

Zusammenfassend ist aus dieser Übersicht festzuhalten, dass sich die Wirkung inerter Geschosse im Ziel nicht allgemein vorhersagen oder beschreiben lässt. Nur bei genauer Kenntnis der verschiedenen Einflussgrößen ist eine Abschätzung möglich. Die besonders schwierig vorhersagbare Wirkung im menschlichen Weichziel wird in ▶ Kap. 12 vertieft.

43.2.1 Splitterfreie Sprengladungen

Neben Schusswaffen werden in terroristischen und militärischen Konflikten verschiedenste Arten von Sprengstoffen in sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen zum Einsatz gebracht. Die grundlegendste Verwendung ist die ausschließliche Ausnutzung der Sprengwirkung des Sprengstoffs. Diese wird in verschiedenen Formen, wie splitterfreien Offensivhandgranaten (z. B. Handgranate DM 51 ohne Splittermantel) über einfachen Panzerabwehrverlegeminen, die unter der Kette bzw. dem Rad oder der Wanne eines Fahrzeugs detonieren, bis zu IED (»improvised explosive device«), die neben oder direkt im Erdboden unter einem Ziel zur Umsetzung gebracht werden, genutzt.

Bei der Detonation konventioneller Sprengstoffe läuft ausgehend vom Initiierungsort eine **Stoßfront** durch den Sprengstoffkörper. In einer nachfolgenden Reaktionszone findet die chemische Reaktion des Sprengstoffs in weitestgehend gasförmige Reaktionsprodukte statt. Diese nehmen ein wesentlich größeres Volumen ein als der Sprengstoff. Die durch den Sprengstoff laufende Stoßfront ist für die Zerstörungswirkung in mit dem Sprengstoff in Berührung befindlichen Materialien verantwortlich. Bereits bei sehr kleinen Abständen erfolgt keine Einkopplung der Stoßfront in umliegendes Material. Materialien und Personen, die sich außerhalb dieses Bereichs befinden, werden stattdessen durch eine **Druckwelle** im umgebenden Medium (meist Luft) belastet. Der positive Druckanstieg wird durch die große Ausdehnung der Reaktionsprodukte verursacht. Er läuft mit einer sehr steilen Flanke und einem hohen Spitzendruck durch die Luft, um ebenso rasch wieder abzufallen.

Für das Eintreffen der Druckflanke an einem Ort ist dessen Abstand zur Detonation ausschlaggebend.

Die Phase des Überdrucks dauert jedoch stets nur kurz im Bereich weniger Millisekunden an. Ihr folgt eine deutlich längere **Unterdruckphase**. Bei den üblichen Sprengstoffmengen, die zur Umsetzung kommen, hat diese Unterdruckphase jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf die Wirkung einer Detonation.

Ein Sprengkörper kann im Vergleich zum umgebenden Raum in den meisten Fällen als punktförmige Quelle angesehen werden. Die durch das umgebende Medium laufende Druckwelle geht kugelförmig von diesem Punkt aus. Auf Besonderheiten wie detonierende Aerosolgemische und Reflexionen am Boden oder an Gebäuden wird hier nicht eingegangen. Aufgrund der Kugelgestalt der Druckwelle nimmt der Spitzendruck rasch ab. Dies hat zur Folge, dass die Wirkung einer reinen Sprengladung stark mit dem Abstand zum Detonationsort abnimmt.

Beim Auftreffen der Druckwelle auf einen Gegenstand findet eine Impulsübertragung mit dem anschließenden Durchlaufen einer **Schockwelle** durch die gesamte Struktur statt. Je nach Ausprägung der Druckwelle und des beaufschlagten Gegenstands treten verschiedene Effekte auf. Dies können, ansatzweise nach dem Schweregrad der Auswirkungen geordnet, sein:

- Zerstörung des Gegenstands
- Teilzerstörung mit dem Abriss von Teilen (innen oder außen)
- Elastische und plastische Verformung
- Beschleunigung des gesamten Gegenstands

Das gesamte Objekt bzw. Teile können als **Sekundärsplitter** auftreten. Im Bereich der elastischen Verformung sowie des Abrisses von Teilen im Inneren können auch ohne sichtbare äußere Schäden Zerstörungen im Inneren vorkommen. Am Beispiel eines mit einer IED angesprengten **Fahrzeugs** würden sich die oben benannten Effekte wie folgt auswirken:

- Weitestgehender Aufriss der Fahrzeugstruktur mit Eintritt der Druckwelle ins Fahrzeug
- Abriss von Bauteilen und Baugruppen
  - Außen: Räder, Waffenstationen, Funkausrüstung etc. mit den Folgen »mobility, firepower oder communication kill«
  - Innen: Handwaffen, Rüstsätze, persönliche Ausrüstung als Sekundärsplitter mit möglicher Gefährdung der Insassen
- Verformung des Fahrzeugbodens oder der Seitenwand in den Innenraum als Ursache kritischer Belastungen auf Insassen
- Globalbewegung des Fahrzeugs mit einem nachfolgenden Szenario ähnlich eines Verkehrsunfalls

Hierbei ist zu beachten, dass bereits niedrige Verformungsgeschwindigkeiten von wenigen m/s oder entsprechende Sekundärsplittergeschwindigkeiten ausreichen können, um Verletzungen bei Insassen hervorzurufen.

Wenn eine solche Druckwelle auf einen **Menschen** trifft, treten bei entsprechend geringem Abstand Verletzungen auf, die den oben beschriebenen Schäden an anderen Objekten gleichen. Sofern es sich nicht um eine kleinere Sprengstoffmenge handelt, die im Bereich der äußeren Extremitäten detoniert, ist von schwersten bis tödlichen Verletzungen auszugehen.

Eine Besonderheit des menschlichen Körpers ist die besondere Empfindlichkeit gegenüber geringen Druckdifferenzen zum umgebenden Luftdruck. Dies ist mit Ausnahme des besonders empfindlichen Gehörs auf die mit Gasen gefüllten Organe, insbesondere die Lunge, zurückzuführen. Die reine Angabe von Druckspitzenwerten genügt jedoch nicht zur Beschreibung bzw. Abschätzung einer möglichen Überdruckwirkung auf den menschlichen Körper. Die Dauer und der zeitliche Verlauf von Druckschwankungen spielen eine wesentliche Rolle. Um diese Größen mit einfließen zu lassen, wurde das Instrument des »**chest wall velocity predictors**« (CWVP) geschaffen, um vergleichbare Aussagen über die Gefährlichkeit einer Druckwelle treffen zu können. Der Druckverlauf an einem Ort über die Zeit wird hierzu mit Hilfe einer Berechnung bewertet und mit der Einheit (m/s) als Vergleichswert für eine mögliche Schädigung ausgegeben.

In den Vorgaben zur Bewertung der Schutzwirkung von Fahrzeugen gegen Minenansprengungen der NATO wurde ein Grenzwert von **3,6 m/s** festgelegt, bei dessen Unterschreiten von keinen Verletzungen auszugehen ist. In diesem Bereich gelten übliche Gehörschutzstopfen und Headsets, wie sie bei Funkausstattungen Verwendung finden, als ausreichend, um eine Schädigung des Gehörs zu verhindern [9]. Für Werte über **12,8 m/s** wird eine Sterblichkeitsrate von mehr als 50 % angeben [9]. Eine Sterblichkeitsrate von 50 % wird bei den typischen Druckverläufen nach Sprengstoffdetonationen einer Druckspitze von ~9 bar bis ~12,5 bar zugeordnet [10].

Neben der direkten Wirkung des Drucks auf den menschlichen Organismus besteht auch bei splitterfreien Sprengkörpern immer eine Gefährdung durch **Sekundärsplitter**. Daneben kann es in Abhängigkeit vom verwendeten Sprengstoff, dem Abstand zur Detonation und des umgebenden Materials zu einer sehr unterschiedlich ausgeprägten Brandwirkung kommen, was ggf. zu Verbrennungen führen kann. Wird ein Mensch durch die Druckwelle zu Boden oder gegen ein Hindernis geworfen, kann es ebenfalls zu Verletzungen kommen.

Die Auswirkungen einer Sprengstoffdetonation, insbesondere auf den menschlichen Organismus, lassen sich nur statistisch vorhersagen.

43.2.2 Splitterladungen

Aufgrund der raschen Abnahme der Wirksamkeit reiner Sprengladungen mit dem Abstand vom Detonationsort wurden Wege gesucht, eine Wirkung auf größere Entfernung zu erzielen. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, ist die Verwendung von Splittern. Die Splitter kommen dabei als natürliche oder vorfragmentierte Bestandteile einer sich zerlegenden Sprengstoffumhüllung oder als vorgeformte Splitter vor. Der typische Werkstoff ist Stahl. Typische Fälle von natürlichen Splittern sind Artilleriesprenggranaten, bei denen die Geschosshülle in Splitter zerlegt wird. Vorfragmentierte Umhüllungen finden sich vielfach bei Handgranaten, während vorgeformte Splitter, die meist an der Oberfläche der Sprengladung angeordnet sind, bei Schützenabwehrverlegeminen (Beispiel: deutsche Schützenabwehrverlegemine DM 31) oder Splitterrichtminen (Beispiele: US-amerikanische Claymoreminen oder Minen der sowjetischen MON-Serie) vorkommen. Letzteres findet sich meist auch bei Splitter-IED, deren Herstellung durch Aufständische in zahlreichen Videos im Internet gezeigt wird.

Unabhängig von den Konstruktions- oder Erscheinungsformen der Splitterladungen ist der Mechanismus der Nutzung des Sprengstoffs im Wesentlichen identisch.

Die Detonation des Sprengstoffs zerlegt dessen Umhüllung, wodurch die natürlichen oder vorfragmentierten Splitter gebildet und beschleunigt werden. Die Splitter haben auch bei vorfragmentierten Hüllen oftmals eine sehr unterschiedliche Ausprägung hinsichtlich Gestalt und Masse. Je nach Einsatzzweck der Munition oder des Kampfmittels ist man bestrebt, diese Splitterbildung auf das vorgesehene Zielspektrum abzustimmen. Die wesentlichen Forderungen sind eine ausreichende Splitteranzahl zur Erzielung einer ausreichenden Splitterdichte und eine ausreichende Wirksamkeit des Einzelsplitters, um beim Auftreffen auf das Ziel eine Schädigung herbeiführen zu können. Hierbei kommen unterschiedliche Wirksamkeitskriterien zu Anwendung. Bei der Detonation einer typischen Artilleriesprenggranate entstehen zum großen Teil kleine und leichte Splitter, um eine hohe Trefferwahrscheinlichkeit gegen in der Fläche verteilte Weichziele zu erreichen. Schwere Splitter sind hierbei nicht notwendig, da die primären Ziele nicht oder kaum geschützt sind. Bei vorgeformten Splittern entfällt der Vorgang der Splitterbildung. Es wird lediglich ein gegebenenfalls vorhandenes Gehäuse zerlegt, um die Splitter frei zu setzen.

Die Fragmente werden durch den detonierenden Sprengstoff beschleunigt. Sie erreichen Geschwindigkeiten von wenigen hundert bis weit über tausend Metern pro Sekunde. Die Beschleunigung der Splitter schwächt die Druckwelle der Detonation ab.

Die Abgangsrichtung und damit die räumliche Splitterverteilung ist durch die konstruktive Auslegung der Ladung bestimmt. Bei der Schützenabwehrverlegemine DM 31 sind die Splitter auf der Mantelfläche der zylindrischen Ladung angeordnet, um bei einer Auslösung die gesamte Umgebung mit Splittern zu belegen. Bei Richtminen, wie der sowjetischen MON-Serie, werden die Splitter in eine Richtung fokussiert, wodurch nur eine kleine Zielfläche abgedeckt wird, auf der jedoch zahlreiche Splittertreffer zu erwarten sind.

Im **Nahbereich** um eine Splitterladung tritt eine zusammengefasste Wirkung der Splitter und der Druckwelle auf. Dies kann dazu führen, dass eine Struktur, die den Splittern oder der Druckwelle standzuhalten vermag, trotzdem versagt, da die Splitter die Struktur vorschädigen, was bei der Belastung durch die Druckwelle dann zum Versagen führt.

Im **Fernbereich** dominiert die Splitterwirkung. Die Splitter folgen wie Geschosse außenballistischen Flugbahnen. Deren Verlauf ist jedoch schwer vorhersagbar, da Splitter, mit Ausnahme der vorgeformten, keine klar definierte geometrische Gestalt und Masse aufweisen und nicht stabilisiert sind, wodurch sich ihre Lage im Raum beständig ändert. Wichtige außenballistische Einflussgrößen wie Widerstandsbeiwert, Querschnittsflächenbelastung und angeströmte Fläche sind daher unbekannt. Allgemein lässt sich jedoch festhalten, dass Splitter mit zunehmender Flugzeit an Geschwindigkeit verlieren. Je leichter, weniger kompakt und schneller

Tab. 43.1 Splittergeschwindigkeiten von Artilleriegeschossen [6, 7]

Detonationsabstand (m)	Geschwindigkeit (m/s)
~100	520
~80	630
~60	770
~25	960

ein Splitter zu Beginn ist, umso rascher verringert sich seine Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit der großen Anzahl kleiner, leichter Splitter (Splittermasse <1 g) einer Artilleriegranate reduziert sich daher sehr stark. Große, schwere Splitter, die bei der Detonation solcher Geschosse in weit geringerer Zahl auftreten, werden weniger stark abgebremst und sind daher auf größere Entfernungen wirksam. In Tab. 43.1 sind einige Beispielwerte für die Geschwindigkeit schwerer Artilleriesplitter in Abhängigkeit vom Abstand zum Detonationsort angegeben.

Das Auftreffen eines Einzelsplitters auf ein Ziel folgt den Mechanismen beim Beschuss mit inerten Geschossen. Bei den Tests von geschützten Fahrzeugen nach STANAG 4569 wird die Schutzwirkung gegen schwere Artillerieeinzelsplitter aus diesem Grund analog zum Beschusstest durchgeführt. Beide Testabläufe sind gemeinsam in AEP-55 Volume 1 beschrieben.

Eine Vorhersage über die Wirkung im Ziel für einen Einzelsplitter ist allerdings aufgrund der großen Variation der splitterseitigen Einflussgrößen schwerer als für Geschosse möglich. Es sind daher statistische Aussagen bezogen auf eine bestimmte Splitterladung üblich. Die Wirksamkeit wird in Versuchsreihen anhand von Parametern wie Splitterdichte (Trefferwahrscheinlichkeit), Massenverteilung der Splitter und Durchschlagsleistung gegen ein definiertes Ziel untersucht. In Abhängigkeit vom Zielspektrum werden Forderungen an die Wirksamkeit gestellt. Die Schützenabwehrverlegemine DM 31 ist nicht nur gegen Personen, sondern auch Fahrzeuge wirksam.

Eine Besonderheit von Splitterladungen im Vergleich zum Beschuss mit inerten Geschossen ist neben der zusätzlichen Wirkung der Druckwelle im Nahbereich der kumulative Effekt beim Auftreffen von **Splitterwolken** auf einem Ziel.

Hierbei wird oftmals der Einzelsplitter das Ziel nicht wirkungsvoll beschädigen und beispielsweise die Panzerung eines Fahrzeugs nicht durchdringen können. In einer Splitterwolke treffen die einzelnen Splitter jedoch zeitlich und räumlich zusammen als auch disloziert auf. Dies kann dazu führen, dass mehrere Splitter auf die gleiche Stelle des Ziels aufschlagen, wodurch die dortige Struktur mehrfach geschädigt wird, was zu einem tieferen Eindringen von Splittern ins Ziel oder Durchschlagen von Splittern durch eine Struktur führen kann. Insbesondere klassischer transparenter Schutz kann hier schnell an Grenzen der Schutzwirkung stoßen. Diese Wirkungsweise ist beispielsweise vom Auftreffen einer Schrotgarbe aus Handwaffen auf Weichziele bekannt. Der kumulative Effekt ist von der Splitterdichte abhängig. Splitterrichtminen und artverwandte IED, die hohe Splitterdichten aufweisen können, stellen in diesem Zusammenhang eine größere Bedrohung dar als Artilleriesprenggranaten oder die Schützenabwehrverlegemine DM 31, bei denen die Splitter weitestgehend ungerichtet auf der Mantelfläche verteilt sind, was zu einem raschen Absinken der Splitterdichte mit der Entfernung führt.

43.2.3 Projektilbildende Ladungen

Die Splitterbelegung einer Sprengladung erhöht deren wirksame Kampfentfernung bereits erheblich. Die Wirkung der Splitter lässt sich aber nur in gewissen Grenzen steigern bzw. fokussieren. Gegen geschützte Ziele, beispielsweise gepanzerte Fahrzeuge, ist oftmals nur eine begrenzte Wirkung gegeben. Eine Möglichkeit geschützte Ziele besser bekämpfen zu können, ist die projektilbildende Ladung oder **EFP** (»explosively formed projectile«). EFP werden seit langem im militärischen Bereich eingesetzt. Einige Beispiele sind die Submunitionen der Artillerie und Panzerabwehrverlegeminen. Im Gegensatz zu Splitterladungen und Hohlladungen fanden sie aber eher eine untergeordnete Verbreitung. In den vergangenen Jahren hat sich dies durch ihre Nutzung als IED geändert.

Bei einer projektilbildenden Ladung handelt es sich meist um eine zylindrische Sprengladung, bei der eine Stirnseite mit einer Einlage aus duktilem Metall hoher Dichte, oftmals Kupfer, belegt ist. Die Einlage hat die Form eines flachen Kegels oder eines Teller und liegt formschlüssig auf dem Sprengstoff auf. Die Initiierung erfolgt von der gegenüberliegenden Stirnseite. Eine Hülle als tragende Struktur umgibt den Sprengstoff und die Einlage.

Die Einlagenseite wird dem Ziel zugewandt. Durch die Detonation des Sprengstoffs wird das Metall umgeformt und beschleunigt. Die Formgebung, Dicke und Masse der Einlage sowie deren Material sind neben dem verwendeten Sprengstoff und dessen Masse maßgebliche Einflussgrößen, welche Gestalt das EFP annimmt und welche Geschwindigkeit es erreicht. Durch eine entsprechende Formgebung der Einlage ist es möglich, die Bildung mehrerer EFP aus einer Einlage zu erzielen. Ebenso wie eine solche EFP-Gruppe ist die Ausbildung eines einzelnen EFP möglich. In allen Fällen werden grundsätzlich eine günstige außenballistische Form, gute Zielgenauigkeit und hohe Geschwindigkeit angestrebt. Die einzelnen Projektile einer EFP-Gruppe sollen sich auf einer gemeinsamen Achse bewegen. Die üblichen Geschwindigkeiten betragen 1.000–2.000 m/s. Zusammen mit Massen von oftmals mehreren 100 g ergeben sich große Bewegungsenergien.

Ein EFP verhält sich nach dem Abschuss wie andere ungelenkte Geschosse beim Flug durch die Luft. Im Gegensatz zu Splittern wird es wesentlich weniger stark abgebremst und besitzt eine gestreckte, vorhersagbare Flugbahn. Daraus ergeben sich Kampfentfernungen von üblicherweise bis zu 100 m. In der Mehrzahl der Anwendungsfälle als IED sind die Abstände zum Ziel jedoch deutlich geringer. Die große Geschwindigkeit der EFP erlaubt es, auch bewegte Ziele wie Fahrzeuge sicher zu treffen, da Fehler beim Schätzen der Geschwindigkeit des Ziels eine untergeordnete Rolle spielen.

Da projektilbildende Ladungen vergleichsweise wenig Sprengstoff benötigen, ist die **Wirkung** der Druckwelle räumlich meist eng begrenzt, so dass durch diese bereits in wenigen Metern Entfernung oft keine Gefährdung auch ungeschützter Personen auftritt. In Abhängigkeit vom verwendeten Hüllenmaterial können sich allerdings seitliche Splitter bilden, die von der Mantelfläche weg beschleunigt werden. In einem solchen Fall besteht auch neben der Ladung eine erhebliche Gefährdung. Das primäre Wirkmittel ist das gebildete Projektil. Einteilige EFP sind in der Lage Panzerstahlplatten von mehreren Zentimetern Dicke zu durchschlagen. Sie stellen beispielsweise eine erhebliche Gefährdung für geschützte Fahrzeuge dar. Bei EFP-Gruppen tritt ein kumulativer Effekt ein. Wie bei Splitterwolken kann es hier zum Versagen eines Schutzes kommen, der dem Auftreffen eines EFP stand hält.

Beim Durchschlagen eines EFP durch einen Schutzaufbau treten sowohl der EFP als auch Sekundärsplitter ausschussseitig kegelförmig aus. Eine Aussage zur genauen Wirksamkeit dieser Splitterwolke im Ziel ist für den Einzelfall nicht möglich. In den meisten Fällen ist von einer Gefährdung von zu schützendem Personal und Ausrüstung auszugehen.

43.2.4 Hohlladungen

Eine weitere Fokussierung der Wirkung und deutliche Erhöhung der Durchschlagsleistung erzielt die Hohlladung. Der Einsatz von Hohlladungen gegen gepanzerte Ziele ist weit verbreitet. Er erstreckt sich von der Munition von Panzerabwehrhandwaffen über Submunitionen für Artilleriegeschosse und Panzerabwehrminen bis zu Pionierladungen. Im Bereich der Bundeswehr am bekanntesten ist die Nutzung in der Gefechtsmunition der Panzerfaust 3.

Der **Aufbau** einer Hohlladung gleicht im Prinzip dem der beschriebenen projektilbildenden Ladung. Statt in Form eines flachen Kegels oder Tellers wird die Einlage meist als Spitzkegel ausgebildet. Die verwendeten Materialien sind ähnlich.

Die **Zündung** erfolgt von der der Einlage abgewandten Stirnseite. Bei der Detonation des Sprengstoffs wird das Einlagenmaterial umgeformt und stark beschleunigt. Im Gegensatz zum EFP wird kein Projektil gebildet. Stattdessen formt sich auf der Ladungslängsachse ein Hohlladungsstrahl, der sich in Zielrichtung bewegt. Trotz der Bezeichnung Strahl ist das Einlagenmaterial in diesem Zeitraum nicht flüssig. Über die Länge des Strahls betrachtet nimmt die Geschwindigkeit von der Spitze aus ab. Die Strahlspitze wird auf einige Kilometer pro Sekunde beschleunigt. Bei hinteren Strahlteilen sinkt die Geschwindigkeit in Bereiche von wenigen

1.000 m/s ab. Der Stößel, der kein Strahlbestandteil mehr ist, ist noch einige 100 m/s schnell. Wegen der großen Unterschiede wirken starke Zugkräfte im Material. Es wird stark in Längsrichtung gedehnt, was nach einer gewissen Flugstrecke schließlich zum Zerfall des Strahls in einzelne Partikel führt. Da der Strahl einerseits eine gewisse Wegstrecke zu seiner Bildung benötigt (Stichwort: Abstandsrohr bei der Gefechtsmunition der Panzerfaust 3), andererseits auf seinem weiteren Flugweg zerfällt, ist die günstige Einsatzentfernung einer Hohlladung auf ein enges Abstandsfenster begrenzt. Dies macht sie im Gegensatz zur projektilbildenden Ladung zum Einsatz als IED ungeeignet. Die Hauptbedrohung in den derzeitigen Szenarien ergibt sich daher aus ihrer Nutzung in der Munition von Panzerabwehrhandwaffen.

Der Hohlladungsstrahl dringt in einem dünnen Tunnel tief in Panzerstahl ein. Die Eindringtiefe oder Durchschlagsleistung wird im Wesentlichen durch die Strahllänge und die Genauigkeit, mit der sich die Strahlteile auf einer gemeinsamen Achse bewegen, bestimmt. Letzteres erfordert die präzise Fertigung einer Hohlladung. Dies macht sie als selbst gefertigte IED im Vergleich zum EFP ebenfalls ungeeignet. Weitere Einflussgrößen sind das Dichteverhältnis von Einlagenmaterial zu Panzerungsmaterial sowie die Strahlgeschwindigkeit. Klassische Werkstoffkennwerte wie Festigkeit oder Oberflächenhärte spielen eine untergeordnete Rolle.

Bereits ältere Hohlladungskonstruktionen der Munitionen der PG-7-Familie, die mit der Panzerabwehrhandwaffe RPG-7 verschossen werden, erzielen in homogenem Panzerstahl Eindringtiefen von mehreren 100 mm. Für viele geschützte Fahrzeuge stellt dies eine erhebliche Bedrohung dar.

Wenn ein Hohlladungsstrahl eine Panzerung durchschlägt, dringen Strahlpartikel und Sekundärsplitter in den geschützten Raum ein. Die genaue Wirkung im Ziel lässt sich nicht vorhersagen, da diese stark davon abhängt, was von ihnen getroffen wird. Die gesamte Bandbreite von keinerlei Wirkung mit Ausnahme des Durchschlags durch die Panzerung bis zum Totalausfall eines Fahrzeugs oder einer Feldbefestigung einschließlich der Besatzung ist möglich.

43.3 Schutz

Der Schutz von Zielen möglicher Waffen- und Kampfmittelwirkung basiert auf verschiedensten physikalischen Grundprinzipien. Im Gegensatz zu den Wirkmitteln sind diese schwer in nur wenige Kategorien zu fassen und für den Anwender in der Praxis umzusetzen. Nachfolgende Abschnitte gliedern sich daher nach den in derzeitigen Einsätzen häufigen Schutzausrüstungen. Zum einen sind dies solche für Personengruppen (Fahrzeuge und Feldlager/Feldbefestigungen), zum anderen handelt es sich um solche für Einzelpersonen (Schutzwesten, Helme und Schutzbrillen). Es werden die wesentlichen Schutzmöglichkeiten, deren Ausprägungen und Einschränkungen dargestellt.

43.3.1 Fahrzeuge

Einen wesentlichen Raum bei der Schutzdiskussion in den Einsätzen nehmen geschützte Fahrzeuge ein. Die Bandbreite reicht von leichteren Radfahrzeugen bis zu den schweren Gefechtsfahrzeugen der Panzer- und Panzergrenadiertruppe. So unterschiedlich die Einsatzzwecke dieser Fahrzeuge sind, so unterschiedlich zeigen sich auch die Schutzkonzepte. Es erfolgt daher die Konzentration auf die Klasse der leichteren geschützten Fahrzeuge.

In der Vergangenheit waren die meisten Fahrzeuge mit Ausnahme der Gefechtsfahrzeuge ungeschützt. Der Schutz der gepanzerten Fahrzeuge orientierte sich stark an Bedrohungen wie direktem Beschuss, Panzerabwehrwaffen und Artilleriebeschuss. Die Bedrohung durch Minen aller Art wurde kaum priorisiert. Inzwischen hat sich dies geändert. Dies führte u. a. zur Verabschiedung der STANAG 4569, die NATO-weit einheitliche Bedrohungslevel definiert. Daraus resultieren Schutzklassen bezüglich des direkten Beschusses (inkl. Artilleriesplitter) und der Ansprengung durch Minen [6]. Im nachgeordneten AEP-55 sind die Prüfverfahren für geschützte Fahrzeuge festgelegt. Im Fokus dieser Vorschriften steht nicht der Schutz des Fahrzeugs im Sinne einer weiteren Durchführung des Auftrags sondern der Schutz der Insassen [7].

Tab. 43.2 Schutzklassen gegen Beschuss gemäß STANAG 4569 [6]

Klasse	Kaliber/Geschosstyp (mm)	Auftreffgeschwindigkeit (m/s)	Auftreffwinkel (horizontal) (°)	Auftreffwinkel (vertikal) (°)
1	5,56 M193 5,56 SS109 7,62 DM41	937 920 830	0–360	0–30
2	7,62 API BZ	695	0–360	0–30
3	7,62 API B32 7,62 AP8	854 930	0–360	0–30
4	14,5 API B32	911	0–360	0
5	25 PMB 073	1.258	+/–30	0

43.3.2 Schutz gegen Beschuss/ Artilleriesplitter

Derzeit umfasst die **STANAG 4569** fünf Klassen der Schutzwirkung von Fahrzeugen gegen den direkten Beschuss und das Auftreffen von Artilleriesplittern. Sie erstrecken sich vom Handwaffenbeschuss (Klasse 1–3) bis zu schweren Maschinengewehren (Klasse 4) und Maschinenkanonen (Klasse 5). Die Bedrohungen durch direkt gerichtete Waffen sind in Tab. 43.2 dargestellt.

Die Bedrohungsklassen orientieren sich nicht an rein technischen Gesichtspunkten, sondern bilden typische Gefechtssituationen nach. So stellen beispielsweise die Höhenwinkel der Klassen 1–3 die übliche Situation des Handwaffenbeschusses aus einem Gebäude dar. Wenn im Einzelfall ein Beschuss aus einer stärkeren Überhöhung stattfindet, kann dies unter Umständen zu einer reduzierten Schutzwirkung des Fahrzeugs führen.

Nach STANAG 4569 geschützte Fahrzeuge der entsprechenden Schutzklassen bieten gegen die in der Tabelle dargestellten Bedrohungen in den unteren vier Klassen im Bereich der Hauptpanzerflächen (beispielsweise eine flächige Türpanzerung oder eine einheitlich gepanzerte Seitenwand) auch Schutz gegen typischerweise auftretende Mehrfachtreffer, wie sie von Soldaten im Einzel- oder Dauerfeuer erzielt werden können. Wenn es im Einsatz zu einer Unterschreitung der Mindestabstände zwischen Treffern kommt, kann dies zu Durchschüssen führen. Die klassischen Schutzaufbauten aus Panzerstahl reagieren meist weniger empfindlich auf dieses Unterschreiten als modernere Schutzaufbauten oder transparenter Schutz. Für Bedrohungen, die über die Klasse 2 hinausgehen, sind reine Stahlpanzerungen unter Berücksichtigung der übrigen Fahrzeuganforderungen aus Gewichtsgründen nicht zielführend umsetzbar.

Tab. 43.3 Schutzklassen gegen Artilleriesplitter gemäß STANAG 4569 [6, 7]

Klasse	Auftreff-winkel horizontal (°)	Detonations-abstand horizontal (m)	Detonations-höhe (m)
1	0–360	100	Bis zu 30
2		80	
3		60	
4 bzw. 5		25 (Radius um das Fahrzeug)	

Die Bedrohung durch Artilleriesplitter orientiert sich am Auftreffen eines einheitlichen schweren Einzelsplitters einer in der Luft detonierenden Artilleriegeschosses. Die wesentliche Größe, die in die Betrachtung einfließt, ist der Abstand des Fahrzeugs zum Detonationsort (Tab. 43.3).

Ein Fahrzeug, welches eine Schutzklasse nach STANAG 4569 hat, bietet einen weitgehenden Schutz der Insassen gegen die entsprechende Bedrohung. Das Fahrzeug und die Insassen sind je-

doch nicht unverwundbar. Das Unterschreiten von Mindestabständen wurde hier bereits erwähnt. Darüber hinaus wird ein Mindestschutzabdeckungsgrad gefordert. Dies kann bedeuten, dass Teile eines Fahrzeugs keinen vollständigen Schutz der Besatzung gegen eine entsprechende Bedrohung aufweisen. Für die weitere Durchführung des Auftrags mit Hinblick auf Mobilität oder Einsatz der Bewaffnung bietet ein Schutz gemäß STANAG 4569 keinerlei Gewährleistung, da Fahrzeugkomponenten, Rüstsätze und Bewaffnung nicht zwingend zu schützen sind.

43.3.3 Schutz gegen Sprengladungen

Beim Schutz gegen Sprengladungen wird zwischen verschiedenen Einsatzszenarien unterschieden. Auf der einen Seite stehen Sprengladungen, die im Untergrund unter dem Fahrzeug detonieren. Die typischen Beispiele hierfür sind klassische Panzerabwehrverlegeminen und ähnlich platzierte IED. Auf den Sonderfall der tief vergrabenen Ladungen, so genannte »**culvert mines**«, wird an dieser Stelle nicht eingegangen. Auf der anderen Seite stehen Ladungen, die in der Mehrzahl als IED seitlich neben einem Fahrzeug zur Umsetzung gebracht werden.

Um den Schutz der Insassen zu gewährleisten, muss ein Fahrzeug mehrere Aufgaben erfüllen. An erster Stelle muss der durch die Detonation verursachte Überdruck aus dem Fahrzeuginneren fern gehalten werden. Die Schutzhülle darf nicht aufgerissen werden.

In Abhängigkeit von Einflussgrößen wie der Sprengstoffmasse und dem Ansprengabstand können große Verformungen der äußeren Schutzhülle auftreten. Die Verformung erfolgt dabei sehr schnell. Dies spiegelt sich in den hohen Verformungsgeschwindigkeiten wider. Die zweite Anforderung an den Schutz ist daher die Verhinderung des Einwirkens dieser Verformung auf die Insassen. Zum Schutz gegen Minendetonationen werden hierzu beispielsweise vom Dach oder der Seitenstruktur abgehängte Sitze, doppelte Böden oder vom Boden abgekoppelte Fußauflagen verwendet. Bei Seitenansprengungen ist ein ausreichender Abstand der Insassen von der Seitenwand notwendig. In beiden Fällen werden Gurtsysteme eingesetzt, um die Insassen zu fixieren und unkontrollierte Bewegungen, die zu einem Anschlagen des Körpers an Fahrzeugstrukturen führen können, zu verhindern. Dies ist auch mit Hinblick auf das nach der Ansprengung meist folgende Unfallgeschehen (Kippen oder Überschlagen des Fahrzeugs oder Aufprall auf Hindernisse neben oder auf der Fahrbahn) unerlässlich.

An dritter Stelle gilt es, gefährliche **Sekundärsplitter** im Fahrzeuginneren zu vermeiden. Dies bedingt z. B. die ausreichende Befestigung aller Einbauten und Rüstsätze. Alle Gegenstände, die nicht ausreichend fixiert sind, werden mit oftmals hoher Geschwindigkeit durch den Innenraum geschleudert. Sie können schwere Verletzungen verursachen.

Alle konstruktiven Maßnahmen eines Fahrzeugs schützen aus diesen Gründen nur dann ausreichend, wenn sich die Insassen entsprechend verhalten.

Verhaltensregeln für Insassen

- Fußablageflächen nutzen
- Verriegelungssysteme wie »Minenriegel« an den Türen schließen
- Ausrüstung, Waffen und Munition an den vorgesehenen Orten mit den Verzurrmitteln befestigen
- Rüstsätze nur in den mitgelieferten Halterungen im Fahrzeug einbauen
- Nicht an die Fahrzeugstruktur wie die B-Säule oder die Seitenwand anlehnen

Die Schutzwirkung von Fahrzeugen ist in der STANAG 4569 bisher gegen Minenbedrohungen definiert. Im Gegensatz zum ballistischen Schutz gibt es nur vier Bedrohungs- und Schutzklassen, wobei es sich bei der ersten Klasse um eine Bedrohung mit kleinen Splitterladungen (gebräuchlich ist die Schützenabwehrverlegemine DM31), die unter dem Fahrzeug zünden, handelt. Bei den übrigen drei Bedrohungen handelt es sich um Panzerabwehrverlegeminen mit unterschiedlichen Sprengstoffmassen. In den Klassen 2–4 steigert sich die Sprengstoffmasse von 6 kg auf 10 kg. Die Mine ist entweder unter einem Rad bzw. einer Kette oder unter dem Fahrzeug positioniert. Dies wird durch den Zusatz »a« oder »b« angegeben [7].

Die Ansprengorte unter dem Fahrzeug stellen eine wesentlich schwerwiegendere Bedrohung dar.

Für den Anwender ist daher wichtig zu erfahren, in welchem Umfang ein Fahrzeug getestet wurde. Die beispielhafte Aussage »Geprüft nach STANAG Level 2« ist nicht ausreichend.

Die Bedrohungen durch seitliche Ansprengungen sind bisher nicht einheitlich definiert.

Die Schutzwirkung der Fahrzeuge nach STANAG 4569 wird bezogen auf die Insassen im Wesentlichen an Grenzen der Belastbarkeit des menschlichen Körpers festgemacht. Im Test werden Dummies wie in Autocrashtests verwendet.

Anhand von Grenzwerten für die folgenden **Körperregionen** wird der Schutz der Insassen bewertet:

- Nacken/Halswirbelsäule (Kompressionskraft/Moment)
- Lenden-/Brustwirbelsäule (Berechnung eines Vergleichswertes aus der Beckenbeschleunigung)
- Unterschenkel (Kompressionskraft im Schienbein)
- Gasgefüllte Organe (CWVP)

Die Grenzwerte sind bei den Unterschenkeln und der Lenden- bzw. Brustwirbelsäule so gewählt, dass eine Verletzungswahrscheinlichkeit von 10 % für Verletzungen des Schweregrades AIS 2+ besteht. Im Bereich der Halswirbelsäule sind bei Einhaltung der Grenzwerte Verletzungen der Schweregrade AIS 2/3+ unwahrscheinlich. Für die gasgefüllten Organe sind bei einem CWVP unterhalb des Grenzwerts keine Verletzungen zu erwarten. Die Grenzwerte sind bei den Unterschenkeln auf eine Verletzungswahrscheinlichkeit von 10 % ausgelegt. Es ist mit Verletzungen des Schweregrades AIS 2+ zu rechnen [9].

Da sich die Ansprengbedingungen für Minen am militärischen Umfeld orientieren und die Daten frei zugänglich sind, ist es im Gegensatz zum Beschuss für einen Angreifer einfach, durch Erhöhung der Sprengmasse in einer IED die Bedrohung für die Insassen in einem Fahrzeug über das geprüfte Maß hinweg zu steigern. Die Fahrzeuge bieten in gewissen Grenzen auch hier einen Schutz. Die Verletzungsrisiken und die Schwere der Verletzungen nehmen dann jedoch zu. Wie sich dies im Einzelfall darstellt, ist von zahlreichen Parametern abhängig und lässt sich an dieser Stelle nicht darstellen.

43.3.4 Schutz gegen Splitterladungen

Gepanzerte Fahrzeuge bieten grundsätzlich auch einen Schutz gegen Splitterladungen mit ihrer kombinierten Wirkung aus Splittern und Druckwelle. Ähnlich wie bei den IED-Sprengladungen gibt es bisher jedoch keine einheitliche Normierung der Bedrohungen und Prüfvorschriften. Es ist daher schwierig, eine Aussage über die Schutzwirkung von Fahrzeugen zu treffen. Ein direkter Vergleich von Fahrzeugen ist damit ebenfalls nicht möglich.

Die erste Aufgabe des Schutzes ist das Aufhalten der Splitter, wobei die Struktur bei einer ausreichend nahen Ansprengung anschließend noch die Fähigkeit zum Schutz gegen die Druckwelle aufweisen muss. Gelingt dies, so gelten für den Insassenschutz die gleichen Vorgaben und Vorgehensweisen wie für die Belastung des Fahrzeugs durch eine reine Sprengladung. Dies gilt auch für das Verhalten der Besatzung.

In den bisherigen Vorschriften zur Schutzwirkung von Fahrzeugen werden nur sehr kleine Ladungen bis zum Niveau der Schützenabwehrverlegemine DM 31 berücksichtigt. Dies ist die Bedrohung, gegen die Fahrzeuge der Schutzklasse 1 gemäß STANAG 4569 Schutz bieten. Die weiteren Minenschutzklassen 2–4 umfassen ebenfalls diesen Schutz.

Falls es zu einem Versagen des Schutzes kommt, sind die genauen Auswirkungen nicht vorhersagbar. Sie können zwischen den Extremen eines einzelnen Splitterdurchschlags mit Gefährdung derer, die sich in der Splitterflugbahn befinden, bis zum vollständigen Strukturversagen der Schutzhülle mit Eintritt von Splitterwolke und Druckwelle ins Fahrzeuginnere liegen.

43.3.5 Schutz gegen projektilbildende Ladungen und Hohlladungen

Geschützte Fahrzeuge können auch Schutz gegen projektilbildende Ladungen und Hohlladungen ausgelegt werden. Wie bei vielen anderen Bedrohungen mit Ausnahme des Beschusses und der konventionellen Minenbedrohungen sind hier weder die Bedrohung noch die Schutzniveaus vereinheitlicht. So lassen sich nur einige grundsätzliche Aussagen treffen.

Wegen der großen Wirksamkeit dieser Bedrohungen in Bezug auf die Durchschlagsleistung sind

die Insassen leichter Fahrzeuge nur sehr bedingt zu schützen. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von Hohlladungen. Hierzu sind meist Schutzaufbauten erforderlich, die bezogen auf die Außenfläche eines Fahrzeugs solch große Massen aufweisen, dass sie nur für schwerere Fahrzeuge ab der Größe und Masse von Schützenpanzern oder schweren mehrachsigen Radpanzern in Frage kommen. Neben passiven Schutzmöglichkeiten, wie sie gegen EFP und teilweise Hohlladungen möglich sind, werden gegen Hohlladungen bereits seit Jahrzehnten Reaktivschutzsysteme eingesetzt. Hierbei wird durch die Detonation des im Schutz eingebrachten Sprengstoffs die Eindringleistung eines Hohlladungsstrahls deutlich reduziert. Wegen der notwendigen Masse und der Sprengwirkung eignen sie sich jedoch nicht für leichte Fahrzeuge, wie sie derzeit vornehmlich zum Einsatz kommen.

Eine Besonderheit beim Schutz gegen Hohlladungen stellen Maßnahmen gegen das Hauptverbringungsmittel dieser Bedrohung, Panzerabwehrflugkörper, dar. Neben möglichen zukünftigen Lösungen zur direkten Abwehr der Flugkörper, sog. **Aktivschutzsystemen**, spielen gegen bestimmte Gefechtsköpfe von Panzerabwehrflugkörpern sog. SLAT-Schutzsysteme und artverwandte Konzepte eine wesentliche Rolle. Diese oftmals »zaunartigen«, außen an Fahrzeugen angebrachten Schutzaufbauten basieren in ihrer Wirkung auf einer konstruktiven Besonderheit der Gefechtsköpfe, wodurch beim Auftreffen eine korrekte Funktionsweise verhindert werden kann. Dieser Effekt ist von der Auftreffsituation abhängig. Falls die Funktion nicht beeinträchtigt wird, kann eine korrekte Zündung des Gefechtskopf erfolgen, und der Hohlladungsstrahl durchschlägt unter Umständen die Grundpanzerung eines Fahrzeugs. Gegen Flugkörper, die eine entsprechende konstruktive Besonderheit nicht aufweisen, ist diese Schutzart nur eingeschränkt wirksam.

Zusammenfassung

Geschützte Fahrzeuge bieten einen gewissen Schutz gegen EFP, in vielen Fällen aber keinen wesentlichen Schutz gegen Hohlladungen. Die Wirkung im Ziel kann sehr unterschiedlich sein. Die mögliche Bandbreite erstreckt sich zwischen leichten Schäden am Fahrzeug bis zum Totalausfall einschließlich der gesamten Besatzung.

43.4 Feldlager

Die Feldlager und entsprechende stationäre Objekte sind als Flächenziele und ortsfeste Einrichtungen anderen Bedrohungsschwerpunkten ausgesetzt als Fahrzeuge. Projektilbildende Ladungen und Hohlladungen spielen eine untergeordnete Rolle. Der Beschuss aus Mörsern oder mit Artillerieraketen sowie der Einsatz von größeren IED, für die Trägersysteme vom Selbstmordattentäter bis zum LKW eingesetzt werden, stehen im Vordergrund.

Wegen der Vielzahl der Bedrohungen und Schutzmöglichkeiten wird an dieser Stelle auf eine eingehendere Beschreibung verzichtet. Zur Schutzwirkung von Feldlagerstrukturen sei auf STANAG 2280 verwiesen. Diese Norm beschreibt im Gegensatz zur STANAG 4569 jedoch nur grob die Bedrohungen und damit die Schutzniveaus. Sie fokussiert kaum explizit auf die Auswirkungen auf den Menschen [8].

43.4.1 Individueller Schutz

Im Schutz des Soldaten klafft aus praktischen Gründen zwischen Schutz durch Fahrzeuge auf der einen Seite und dem individuellen Schutz auf der anderen Seite eine große Lücke. Dies liegt zum einen den unterschiedlichen Bedrohungen, zum anderen an praktischen Gründen, wie der begrenzten Tragfähigkeit des menschlichen Körpers. Grundsätzlich besteht der individuelle Schutz aus drei Komponenten:

- Körperschutz/Schutzweste
- Helm
- Schutzbrille

Alle drei Schutzsysteme bieten im Wesentlichen ausschließlich Schutz gegen Bedrohungen mit kinetischer Energie durch Geschosse aus Handfeuerwaffen und/oder Splittern. Das mögliche Schutzniveau ist mit obiger Aufzählung abnehmend. In den drei Bereichen ergeben sich noch weitere Differenzierungen.

Der Bereich des **Körperschutzes** und der **Schutzwesten** umfasst den Schutz gegen kleinere Splitter (Splitterschutzwesten) über Geschosse aus gebräuchlichen Faustfeuerwaffen bis zu Hartkern-

geschossen aus Handfeuerwaffen. Die genauen Bedrohungen und Schutzklassen sind weltweit in einer Vielzahl von Normen definiert. Üblicherweise bieten Schutzwesten aus flexiblen Materialien nur einen Schutz gegen Splitter und Weichkerngeschossen aus entwicklungstechnisch älteren Faustfeuerwaffenpatronen. Die festen, plattenartigen Einsätze können den Schutz bis hin zu 7,62 mm Hartkerngeschossen, verschossen aus wenigen Metern Entfernung, erweitern [2, 11, 12].

An dieser Stelle sei als Beispiel auf die Standardschutzweste der Bundeswehr gemäß der Technischen Lieferbedingung TL 8470-0006 eingegangen [2]. Sie besteht aus einem flexiblen Grundschutz der Schutzklasse 1 gemäß der Technischen Richtlinie der Polizei und zusätzlichen Keramikeinsätzen, die das Schutzniveau auf Schutzklasse 4 anheben. Konkret bedeutet dies, dass ein Grundschutz gegen das 9 mm Weichkernprojektil DM 41 der Bundeswehr mit einer Auftreffgeschwindigkeit von 415 m/s besteht. In der Schutzklasse 4 ergibt sich ein Schutz gegen westeuropäisches 7,62 mm Stahlhartkernprojektil mit einer Geschwindigkeit von 820 m/s [2, 11, 12]. In beiden Fällen wird ein Schutz gegen Mehrfachtreffer mit einem bestimmten Abstand zueinander geboten. Der Kragen weist einen Schutz gegen Splitter auf. Bei der Prüfung mit einem 1,1 g schweren Stahlsplitter mit 5,56 mm Durchmesser gemäß STANAG 2920 [5] über Testverfahren für individuellen Schutz wird die v_{50}-Geschwindigkeit ermittelt. Diese Geschwindigkeit muss im Fall des Kragens der Schutzweste mindestens einen Wert von 450 m/s erreichen [2]. Die v_{50}-Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeit bei der eine Durchschlagswahrscheinlichkeit von 50 % besteht.

Bei **Helmen** gibt es ebenfalls eine gewisse Bandbreite des Schutzniveaus. Am gebräuchlichsten sind Helme, die einen Schutz gegen Splitter und aus Faustfeuerwaffen verschossenen Weichkerngeschossen bieten.

Als Beispiel sei auf den Gefechtshelm der Bundeswehr nach der Technischen Lieferbedingung TL 8470-0004 eingegangen [1]. Der Helm muss zum einen gegen den 1,1 g schweren Stahlsplitter eine minimale v_{50}-Geschwindigkeit von 620 m/s zum anderen gegen das 9 mm Weichkernprojektil eine Durchschusssicherheit bis zu einer Auftreffgeschwindigkeit von 410 m/s aufweisen.

Die üblichen **Schutzbrillen** bieten keinen Schutz gegen Geschosse aus Handfeuerwaffen im militärischen Umfeld. Sie dienen als reiner Splitterschutz. Die Schutzwirkung wird meist gemäß STANAG 2920 [5] oder MIL-STD-662F [4] geprüft. Als Prüfgeschosse werden kleine Stahlsplitter verwendet und die v_{50}-Geschwindigkeit ermittelt oder die Durchschusssicherheit bei einer bestimmten Geschwindigkeit gefordert. Die Schutzbrillen, die der US-amerikanischen MIL-PRF-31013 [3] entsprechen, weisen eine Durchschusssicherheit gegen einen ~0,37 g schweren Stahlsplitter mit einer Auftreffgeschwindigkeit von ~200 m/s auf. An den Beispielen ist gut zu erkennen, wie deutlich die Schutzwirkung hin zur Schutzbrille abnimmt.

Literatur

1. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (2004) TL8470-0004: Gefechtshelm, allgemein
2. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (2004) TL8470-0006: Schutzweste. Standard, modifiziert
3. Department of Defense (1996) MIL-PRF-31013, Performance specifications: spectacles, special protective eyewear cylindrical system
4. Department of Defense (1997) MIL-STD-662F, v_{50}-ballistic test for armor
5. NATO Standardization Agency (2003) STANAG 2920 Edition 2: Ballistic test method for personal armour materials and combat clothing
6. NATO Standardization Agency (2004) STANAG 4569 Edition 1: Protection levels for occupants of logistic and light armoured vehicles
7. NATO Standardization Agency (2005) AEP-55 Volume 1/2 Edition 1: Procedures for evaluating the protection level of logistic and light armoured vehicles
8. NATO Standardization Agency (2007) STANAG 2280 Edition 1: Design threat levels and handover procedures for temporary protective structures
9. NATO Research and Technology Organization (2007) RTO-TR-HFM-090: Test Methodology for Protection of Vehicle Occupants against Anti-Vehicular Landmine Effects
10. Owen-Smith M (1979) Bomb blast injuries: in an explosive situation. Nurs Mirror 149:35
11. Polizeitechnisches Institut der Deutschen Hochschule der Polizei (2009) Technische Richtlinie Ballistische Schutzwesten
12. Vereinigung der Prüfstellen für angriffshemmende Materialien und Konstruktionen (2006) BSW 2006: Prüfrichtlinie Ballistische Schutzwesten

Serviceteil

Stichwortverzeichnis – 604

C. Neitzel, K. Ladehof (Hrsg.), *Taktische Medizin*,
DOI 10.1007/978-3-642-39689-2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Stichwortverzeichnis

A

Abarbeitungsphase 223
ABCDE-Schema 123
ABC-Gefahren 548
Abdominal Aortic Junctional Tourniquet 34
Abdominalverband 162
Abdominalverletzungen 162
Absaugung, endotracheale 40
Absperrmaßnahmen 367
Absperrung
– äußere 367
– innere 367
Abwehrstadium 528
Acetazolamid 445
Acetylcholin 575
Acetylcholinesterase 575
Acetylsalicylsäure 218, 445
ACLS-Maßnahmen 533
ACRM 457
Actiq 216
acute lung injury 272, 291
acute respiratory distress syndrome 178
ADAC-Luftrettung 454
ADMA 448
Adrenalin 166, 357, 515
adult respiratory distress syndrome 272, 291
Aeromedical Crew Ressource Management 457
aeromedical evacuation 60, 452
afterdrop 530
AIRMEDEVAC 22, 58
Akklimatisation 438, 448, 488
Akrinor 168
Aktivschutzsysteme 600
akute Belastungsreaktion 338
ALARA-Prinzip 557
Algorithmen 7
Alkalose, respiratorische 438, 445
Alkylanzien 577
Alpha-Medic 97
Alpha-Strahlung 548
AmbuTwin 40
Amiodaron 515
AMLS-Maßnahmen 511
Amnesie 312
Amok 413
– Annäherung 422
– materielle Vorbereitung 423
Amoklauf 6
Amoxicillin 284
Amphetamine 496
Amputationsverletzungen 161, 277
Analgesie 204, 213
– Augenverletzung 296
– prozedurale 217
– Verbrennung 292
Analgetika 204, 537
– Augenverletzungen 297
– beim Hund 357
– niedrig-potente 218
Analytische Task Force 573
Anämie 167
Anaphylaxie 194, 487
Anästhesie, dissoziative 217
Angiocath-Nadel 43
animal lab 104
Anisokorie 312
Anschlag
– biologischer 560
– Durchführung 585
– Erstmaßnahmen 75
– Ziel 584
Anthrax 560
Antibiotikatherapie 192, 209, 332
– beim Hund 357
– Gifttierverletzungen 517
– intravenöse 193
– kalkulierte 284
– prophylaktische 284
Anticholinergika 516
Antidotautoinjektoren 573
Antikoagulanzien 537
Antivenintherapie 517, 518
APLS Thermal Guard 531
APLS-Trage 45
A-Probleme 50
ARDS 178, 272, 291
ARK bag 71
Arsenvergiftung 578
Arterenol 168
Aspiration 483
Atemgasvergiftungen 475
Ateminsuffizienz 511
Atemnot 574
Atemnotsyndrom, akutes 562
Atemschutzmaske 572
Atemwege
– Freimachen 40
– Verlegung 119, 136
Atemwegshilfsmittel
– pharyngeale 140
– supraglottische 136, 145, 203
Atemwegsmanagement 39, 134, 136, 200, 203, 326
ATLAS-Verbund 408
ATLS-Maßnahmen 511
Atropin 357, 515, 575, 576
Aufstiegsgeschwindigkeit 436
Auge
– Kampfgasexposition 300
– Laserlichtexposition 299
Augennotfallbesteck 297
Augenprellung 298
Augenuntersuchung 298
Augenverletzungen 94, 295
– notfallmäßige 295
– penetrierende 60, 189, 299
Ausbildung 6, 87
Ausbildungsbedarf 89
Ausbildungshöhe 89, 96
Ausbildungsinhalte 90
Ausbildungskonzept 92
Ausbildungsverfahren 98, 104
Ausrüstung 91
– medizinische 398
– spezielle 29
Ausschuss 267
Autobombe 583
AVPU-Schema 123, 183
Azidose, metabolische 167

B

Ballistik 254, 264, 393
Bandschlinge 66
Barotrauma 272, 475, 477
– pulmonales 477
– Therapie 481
BATLS 124
Battlefield Advanced Trauma Life Support 124
Bauchschuss 265
Bauchverletzungen 265, 276
Beatmung 41, 93, 140, 203
Beckenfraktur 208
– instabile 165
Beckenschlinge 46, 165
Beckenschussbruch 265
Beckenstabilisierung 46
Beckenverband 46
Beckenverletzungen 165, 276
– instabile 165
Bedrohung
– atomare 547

– biologische 559
– chemische 569
– konventionelle 589
Bedrohungsanalyse, medizinische 487
Behandlungsplatz 422
Behandlungspriorität 233
Belastungsreaktion, akute 338
Belastungsstörung, posttraumatische 313, 337
Bereitstellungsraum 227, 422
Bergetuch 135
Bergkrankheit, akute 436, 440
Bergung 73
– Reihenfolge 85
Bergungstod 317, 530, 542
Beschusstest 393
Beta-Strahlung 548
Betreuungsstelle für die unverletzten Opfer 423
Beweglicher Arzttrupp 57
Beweissicherung 385
Bewusstseinsstörungen 134, 135, 136, 312
Bewusstseinszustand, Feststellung 123
Bezold-Jarisch-Reflex 317
Binde, selbsthaftende 162
Biowaffen 560
Bissverletzungen 281
– Desinfektion 283
– Gesicht 283
– Giftexposition 285
– Ruhigstellung 284
Bittermandelgeruch 575
Blasenkatheter 161, 164, 166, 206
Blasenpunktion 208
blast lung 155, 235, 272, 276
blast wind 271
Blausäure 290, 570
Blausäurevergiftung 292
blended learning 105
Blepharospasmus 300
blood sweep 136
blow out kit 326
Blutkampfstoffe 570
Blutstillung 93, 94
Blutung
– katastrophale 124
– kontrollierte 173
– kritische 123, 234
– nicht kontrollierbare 172
Blutungskontrolle 31, 129, 156, 201
– manuelle 157
Bombe, schmutzige 548, 551
BOS 363
Boyle-Mariotte-Gesetz 474
B-Probleme 50, 93
Brandgase 290
Brandgefahr 76
Brandverletzungen 411
Brillenhämatom 140, 312
brownout 486
Brustsitzgurt 317
Büchsen 252
buddy-buddy-transfusion 210
Buddy-Training 104
Bülau-Position 155, 201
Bunkerfuß 538
Bupivacain 331

C

<C>ABCDE-Schema 124, 311, 319, 511
Caisson-Krankheit 478
Calwer-Dental-Kit 330
capillary leak 288, 291
Captain Frank Butler 7
Care under Fire 128, 398, 415
CASEVAC 59, 196
Castor-Behälter 549
casualty collection point 225, 245
casualty evacuation 59
CAT 131
CBRN(E) 548
CCATT 22, 60
CCCC 229
CCP 225
Cefotetan 193
Ceftriaxon 284
Cefuroxim 284
Celox Gauze 39, 163
Chaosphase 223
chest seal 41, 150, 410
chest wall velocity predictors 592
Cheyne-Stokes-Atmung 438
Chinuklidinylbenzilat 570
Chito Gauze 39
Chitosan 37
Chlorcyan 570
Chlorhexidin 330
Chlorpikrin 570
Cholinesterasehemmer 516
Ciprofloxacin 189, 193, 274, 284
Circulation 156, 204, 352, 511
C-Kampfstoffe 570
Clavulansäure 284
Clindamycin 284, 332
Combat Application Tourniquet 32, 131
Combat First Responder 5, 54, 56
Combat Gauze 163
combat nap 470
Combat Ready Clamp 35
combat stress reaction 336
CONTOMS 386
Contre-coup-Effekt 296
Contusio bulbi 298
Counter Narcotics Tactical Operations Medical Support Course 386
Coxibe 218
C-Probleme 50
Crash-Evakuierung 418
Crew Ressource Management 122
cric hook 142
Critical Care Air Transport Team 22
cross training 98
Crush-Niere 133, 320, 517
Crush-Syndrom 273, 320
CT 6 46
CuF-Phase ▶ Care under Fire
culvert mines 598
Curriculum 92
Cyanide 575
Cyanidvergiftung 292, 578
Cyclosarin 570
Cyklokapron 182

D

Daisy-Chain-IED 586
Dalton-Gesetz 474
damage control surgery 8, 58
Dämmerung 324
Dampfsperre 527
Da-Nang-Lunge 178
Débridement 209, 283
Deformationsgeschoss 261
defusing 341
Dehydratation 276, 490, 492, 496, 525
Dekompressionserkrankung 60, 478
Dekontamination 558, 565, 573
Dekubitusprophylaxe 206
Desinfektionsmittel 563
Desmopressin 183
Dexamethason 446
Dexedrine 470
Dextrane 178
Diamantformation 392
Diazepam 499, 576
Dichlorethylsulfid 300
Diensthund 345
– Erstversorgung 349
– Euthanasie 358
– Magendrehung 354
– Notfallmedikamente 355
– Untersuchung 346
die-off curve 120
Dilutionsazidose 169
Dimenhydrinat 467
Dimercaptopropanol 578
Diphosgen 570
Diphtherie 562

disability 183
Dissoziation, peritraumatische 338
Dokumentation 194
Dopamin 499
Doppelkerngeschoss 259
drag strap 67
DRF-Luftrettung 454
Drogen 466, 470, 496
Druckgeschwür 206
Druckinfusion 171
Druckkammer 292, 482
Druckkammerbehandlung 481
Druckverband 161
– israelischer 161
Druckverbandpäckchen 35, 36
Druckwelle 591
Dunkeladaptation 465
Dunkelheit 324
Durst 492
dynamische Lage 229

E

Easy Cap II 48
Effentora 216
Eigenschutz 377, 562, 587
Einklemmungszeichen 312
Einmannstütztechnik 66
Einsatzersthelfer 5, 54
Einsatzleiter 224
Einsatzleitung, taktisch-operative 424
Einscheibensicherheitsglas 81
Einschuss 267
e-learning 105
Elotrans 495
EMDR-Technik 343
Emergency AirMedEvac Request 9-Liner 235
Emergency And Military Tourniquet 131
Emergency & Military Tourniquet 32
Emissionen, akustische 305
EMMA-Notfallkapnometer 48
EMT 131
Endotrachealtubus 41
Entlastungspunktion 43
Entschärfer 411
Entschärferfalle 586
Entzündung 209
Enzephalitis 310
– japanische 563
Epistaxis-Katheter 164
Erfrierung 535
Erschöpfungsstadium 528
Erste Hilfe
– Ausbildung 366, 409
– Ausrüstung 398
– Basismaßnahmen 408
– psychologische 4, 339, 340
– Vergiftung durch Tiere 511
Erste Hilfe-Set 423
Erste-Hilfe-Set 398
Ersthelferausbildung 88
Erstickungsgase 292
Erstmaßnahmen
– nach Anschlägen 75
– nach Unfällen 76
– technische 75
Erstversorgung 241 ▶ Erste Hilfe
– Amok 415
– Augenverletzungen 296
– Bissverletzung 284
– chirurgische 35
– medizinische 54, 384
– Polizeieinsatz 371
Ertapenem 193
Ertrinken 483
Escharotomie 204, 293
– enzymatische 293
Evacuation Care 418
Evakuierung 385
– Amok 414, 418
– bodengebundene 60
– Dokumentation 419
– Dringlichkeit 419
– geordnete 418
– luftgebundene 60, 452
– Material 399
– medizinische 21, 415
– Wüstenregionen 486
Eviszeration 162
Exanthem 562
Expeditionsbergsteigen 447
Explosionstrauma 303
Explosionsverletzungen 269, 411
– Amputation 277
– im Wasser 273
– primäre 272
– sekundäre 273
– tertiäre 273
– Therapie 274
– Verletzungsmuster 271
explosively formed penetrator 584
explosively formed projectile 594
Explosivstoffe 586
Expositionsprophylaxe 18
exposure and environment 188
Extremitätenblutungen 130
Extremitätenimmobilisation 46
Extremitätenverletzungen 277
– Schussverletzungen 265
Extremitätenwunden 119
EZ-IO 44, 175

F

Fahrzeug
– angesprengtes 279, 592
– Aufgabe 85
– Befreiung von Insassen 85
– gepanzertes 596
– in Dachlage 79
– in Seitenlage 79
– Schutz gegen Beschuss 597
– Sicherung 78
– Zugang 81
Fahrzeugkonstruktion 77
Fahrzeugöffnung 80
Fahrzeugpanzerung 83
failing soldier 496
Faktor rVIIa, rekombinanter 183
Falttrage 71
F.A.S.T.-1 44, 175, 207
F.A.S.T.-Responder 44
Fasziotomie 204
Feindlage 17
Feldlager 600
Feldlager-Hygiene 18
Fentanyl 216, 326
– intranasales 216
– Nebenwirkungen 216
– orales 217, 326
– Wirkungen 216
Fentanylpflaster 205
Feuchtigkeit 17
Feuer 288
Feuerwehr 364, 377
– Ausbildung 366
Fieber, hämorrhagisches 562
Field Triage Score 236
Finden und Binden 414, 417
fixed wing 60
Flinten 252
Flintenlaufgeschoss 263
Flintenmunition 262
Flughöhe, physiologische Auswirkungen 461
Flugmedizin, Sehvermögen 465
Flug, taktischer 456
Flüssigkeitsbedarf 493
Flüssigkeitstherapie 43
Flüssigkeitszufuhr 449
– orale 181
Forward Aeromedical Evacuation 452
Forward Medical Evacuation 59
Foxtrott Litter 71

FPOS-System 96
Fraktur 188
freezing 338
Fresh Frozen Plasma 181
Friedrich von Esmarch 7
FSME 563
Fuel-air-Bombe 271
Führungsstruktur 22, 224
Füllungstherapie, provisorische 332
Funktionskleidung 487

G

Gamma-Strahlung 548
GAMS-Regel 229, 377, 557
Ganzkörperdosis 557
Gasbrand 267
Gasembolie
– arterielle 272, 477, 478
– pulmonale 479
– zerebrale 481
Gasgesetze 474
G-BEET 415
Gebirge 436
Gefährdungsindikatoren 229
Gefahrenlage
– biologische 548
– chemische 548
– nukleare 548
– radiologische 548
– Strukturierung 229
Gefahrenstoffe 228
Gefahrenzone 75
Gefechtshelm 312
Gehörgangsinfektionen 484
Gehörschutz 302
Gelbfieber 563
GEMAESS-Regel 229
Genitaltrauma 208
Gerinnungsstörungen 516
Geschoss 368
– Aufbau 590
– Fragmentation 259
– Konstruktion 257
– mit Brandsatz 590
– Taumeln 259
Gesichtsverletzungen 136, 163, 283
Gieren 257
Gierwinkel 257
Giftarten 505
Gifteffekte 505
Giftnattern 508
Giftschlangen 507
Gifttiere 487
Gingivitis 334
Glascow-Coma-Scale 310
Golfkriegssyndrom 337
go pills 470
Grabenfuß 527, 538, 539
– tropischer 487, 538
green zones 20
Großschadensereignis 223, 232, 364
GROUNDMEDEVAC 58
Grundversorgung, medizinische 383
Grünlicht 466
GSG 9 408
Guedel-Tubus 140
Gurt 317

H

HACE 440
Halsverletzungen 136, 163
Halswirbelsäule
– Fixierung 46
– Immobilisierung 136, 147
– Verletzungen 147
Hämatom, retrobulbäres 163
Hämatothorax 149
Hämostatika ▶ Hämostyptika
Hämostyptika 37, 163
Handabsaugpumpe 40
Handwaffengeschosse 590
Hängetrauma 315
– Behandlung 319
– Pathophysiologie 316
– Prävention 320
HAPE 441
Hartkerngeschoss 259
Hautemphysem 152
Hautkampfstoffe 570, 577
Hauttemperatur 523
HBO-Therapie 292
Heat Discomfort Index 490, 491
Heimlich-Ventil 154
heiße Zone 367, 377, 384, 459
heli landing site 59
Helladaptation 465
Helm 601
HemCon 163
Henry-Gesetz 474
Herzbeuteltamponade 155
Herzinsuffizienz, akute 496
Herzrhythmusstörungen 496, 515
Herzstillstand 496
Hibler-Packung 532
Hilfeleistung, unterlassene 403
Hirndrucksenkung 311
Hirnödem 178
Histamin 505
Hitze 17, 485
Hitzekrampf 499
Hitzeschäden 490
Hitzetoleranztest 498
Hitzschlag 490
– belastungsbedingter 496
– Diagnose 497
– Klassifikation 497
– Prävention 498
– Therapie 498
Hochgeschwindigkeitsverletzungen 256
Höhenhirnödem 438, 440
Höhenhusten 441
Höhenkrankheit 436
– Formen 440
– Quantifizierung 442
– Therapie 443
Höhenleistungstest 447
Höhenlungenödem 438, 441
Höhentaktik 438
Höhenverträglichkeit 447
Höhe, physiologische Auswirkungen 437, 461
Höhlenblutung 164
Hohlladungen 595, 599
Hohlspitzgeschoss 261
homemade explosives 584
Hornhautverletzungen 299
Hörsturz 305
Hörtest 304
host nation support 54
hot-debrief 341
Hubschrauber 58, 436
– MEDEVAC-Einsatz 59
Hubschrauberlandezone 23, 59
Hüfttasche 51
Hund ▶ Diensthund
Hydroxyethylstärke 178
HyperHAES 175, 180, 185, 291
Hyperkapnie 144, 310
Hyperventilation 438
Hyponatriämie 491
– belastungsassoziierte 494
Hyposphagma 298
Hypothermia Prevention and Management Kit 531
Hypothermie 167, 191, 320, 468, 484, 528
– akzidentelle 191, 528
– primäre 528
– Prophylaxe 50, 202, 205
– sekundäre 528
– Stadien 528
– therapeutische 528
– Therapie 530
Hypotonie, permissive 170, 180
Hypoxie 437
Hypoxiekammer 448

I

Ibuprofen 330, 445
ICAO-Auftrag 454
IED 74, 122, 591
– Aufbau 582
– Auslösung 585
– schmutzige 586
– Sonderformen 585
– Verbringung 584
IFAK 49
Immobilisation 46, 147
Immobilisationsmethode 513
Impfung 284
improvised explosive device ▶ IED
improvised nuclear device 551
IND 551
Indikatorpapiere 572
individual first-aid kit 326, 398
Individualmedizin 6
Inertgasnarkose 475
Infektionskrankheiten 19, 560
Infiltrationsanästhesie 331
Infrarotlicht 325
Infusionen 168
Infusionslösungen 177
– balancierte 181
– hyperton-hyperonkotische 180
– kolloidale 178
– kristalloide 178, 292, 542
– warme 532
Infusionstherapie 202, 541
Inhalationstrauma 136, 289, 292
– Therapie 292
– toxisches 292
initial assessment 135
Innenohrschema 305
Innenohrschwerhörigkeit 304
Insektenschutzmittel 487
Intra-Theatre Tactical Medical Evacuation 59
Intrinsic-plus-Stellung 284
Intubation
– endotracheale 136
– Hund 350
Iodtabletten 550
Ischämieschmerz 156
Isolation 523
itClamp 50 35

J

joint operations area 59
Jugularvenenstauung 152
Junctional Emergency Treatment Tool 34
Junctional Tourniquet 34, 158

K

Kalorienbedarf 207
Kälte 17, 521
Kältebrand 537
Kältediurese 523
Kälteschäden 525, 527
– lokale 535
– nicht-erfrierungsbedingte 537
Kälteschutz 526
kalte Zone 367, 377, 384
Kamelspinne 517
Kampfgasexposition 300
Kampfstoffe 18
– chemische 300, 570
Kanthotomie 299
Kaolin 37
kapilläre Reperfusionszeit 167
Kapnometer 140
Kapnometrie 48, 202
Kardioversion 515
Karotismassage 515
Katastrophe 223, 232
Katecholamine 166, 292, 312
Katheter
– suprapubischer 208
– zentralvenöser 175
Kavitation
– permanente 255
– temporäre 254
Kendrick-Extraction-Device 70
Kerlix 37, 158
Kernkraftwerke 550
Ketamin 186, 217, 311
kill zone 128
Kinetose 466
Knalltrauma 303
Knochenleitungsschwelle 302
Koagulopathie 168
– Hypothermie-induzierte 529
Koblenzer Innenohrschema 306
Kochsalzlösung, hypertone 495
Koffein 470
Kohlendioxidvergiftung 476
Kohlenmonoxid 290
Kombitubus 145
Kommando Spezialkräfte 437
Kommunikation 22
Kompartmentsyndrom 133, 204, 464, 517
Kompressionsmethode 513
Konduktion 522
Koniotomie 40, 136, 140, 163, 275, 292, 326
– Durchführung 141
– Hund 350
Kontamination 548
Kontaminationsschutzanzug 557
Konvektion 522
Kopfverletzungen 266, 296
Körperkerntemperatur 488, 492, 497, 522, 529
Körpertemperaturmessung 540
Körpertemperaturregelung 488, 523
Kortisontherapie 306
Kraftfahrzeug ▶ Fahrzeug
Kragenschleiftechnik 66
Kreislaufmanagement 43
– Hund 352
Kreislauftauchgerät 476
Kriegsführung, asymmetrische 114
Kriegszitterer 336
Krisenintervention, psychologische 339
KSK 447
Kühlung 498
Kulissenphanömen 326
Kurzwaffen 252
Kurzwaffenmunition 263

L

Lagebeurteilung 128, 224, 239
Lagefeststellung 16, 122
Lake Louise Score 442
Laktatazidose 168
Lärmbelastung 466
Lärmschwerhörigkeit 304
Lärmtrauma
– akutes 303
– chronisches 304
Laryngospasmus 483
Larynxmaske 145
Larynxtubus 40, 136, 145, 327
Lebensmittelhygiene 487
Ledermix 330, 332
Leistenblutungen 161
leitender Notarzt 224
Leiter, organisatorischer 224
Leitstelle 228
Leitungsanästhesie 331
Lernzielstufe 95
Leuchtspurgeschosse 590
Levofloxacin 274
Lewisit 570, 578
Lichtschutzfaktor 487
Lidocain 357
Liegendtransport 196
9-Line MEDEVAC Request 60
9-Liner 60
Lippenbremse 444
Lokalanästhesie 331
LUCIE 324
Luftembolie 60
Luftlanderettungsstation 57

Luftlanderettungszentrum 57
Luftleitungsschwelle 302
Luftrettung 364
Luftrettungsstützpunkt 454
Luftrettungssystem
– militärisches 452
– ziviles 453
Lungenkampfstoffe 570, 579
Lungenkontusion 155, 272
Lungenödem 178
– alveoläres 290
– toxisches 574

M

MACE-Test 313
Magill-Tubus 144
Malariaprophylaxe 19
MANV 222
MANV-Koordinationskarte 242, 419
MARCH 124
Marineeinsatzrettungszentrum 57
MASCAL 114, 122, 222
– Vorgehensweise 239
MASS 236
mass casualty 13, 114, 122, 222
Massenanfall 57, 114, 210, 222
Master-Medic 97
Maulsperrer 350
Mechanical Advantage Tourniquet 33
MEDEVAC 59, 196
MEDEVAC-Anforderung 60
Mediastinalemphysem 276, 477
Mediastinalflattern 149
Medic 5, 97, 408
medical evacuation 59
– Koordination 62
medical footprint 20
medical timelines 231
medical treatment facility 20, 227
Membrana cricothyroidea 142
Meningitis 310
Metamizol 218
METHANE-Schema 60
Metronidazol 193, 274, 284
Mikrozirkulationsstörung 167
Milzbrand 563
Mini-Medic-System 48
Minirin 183
5-Minuten-Neurocheck 480
Mobilität 76
Modafinil 470
MOLLE-System 49
Monaldi-Position 43, 153, 201
Monitoring 47
– erweitertes 48
Monokelhämatom 298, 312
Morphin 214
– Applikation 215
– Autoinjektoren 215
– Nebenwirkungen 214
– Wirkung 214
Moxifloxacin 189, 193
mSTART 235
mSTART Trauma und Intox 236
Mückennetze 487
Müdigkeit 469
Mundhöhlenentzündung 333
Munition 252
Murphy-Tubus 144
Muskelzittern 523

N

Nachbrennen 289, 291
Nachtsehfähigkeit 327
Nachtsichtgeräte 324, 465
Nadeldekompression 152
Nagelbettprobe 167
Narkoseeinleitung 140
narrow channel 255, 261
Nasopharyngealtubus 140
NATO-Tourniquet 33
Naturkatastrophe 376
Neostigmin 516
Nervenkampfstoffe 570, 576, 577
Neuner-Regel 288
Neurotoxidrom 509
Neutronenstrahlung 548
NeXsplint-Plus-Halskrause 46
Nichtsanitätspersonal 54
Nifedipin 446
N-Lost 570, 577
Noradrenalin 166, 515
Notarzt, leitender 224
Notfall
– ophthalmologischer 295
– psychischer 335
– zahnärztlicher 329
Notfallkoniotomie 40
Notfallmedikamente
– Applikationswege 543
– Aufbewahrungstemperatur 543
– Diensthunde 355
Notfallsanitäter 394
Notkompetenz 403
Notstand, rechtfertigender 403
Notverband 36, 161
NovoSeven 183
NTOA 385
Nuklearwaffen 551
numbing 338
Nutation 257

O

Oasentod 494
Obidoxim 576
Ödem 464
Okklusivverband 41, 150
OLAES Modular Bandage 37
Oligurie 207
Ondansetron 214, 467
Operating Base 57
Operationsplan 14
Opiate 214
Organisationsphase 223
Organisatorischer Leiter 224
Organophosphate 575, 577
Oropharyngealtubus 140
Ortsdosisleistungsmessgerät 548
OTD-Schiene 46
Otitis externa 484

P

Panzerabwehrverlegemine 591, 598
Paracetamol 218
paralytisches Syndrom 562
Parkland-Baxter-Schema 292
Parodontitis 334
Patientenablage 225, 245, 422
Patientenaufnahme
– kontrollierte 459
– unkontrollierte 459
Patiententransport 542
Patiententransporteinheiten 60
patient movement request 461
Paul-Bert-Effekt 476
PECC 228
PEEP-Beatmung 292
peer 342
pelvic sheeting 165, 277
Pendelatmung 149
Perfusion, renale 207
Perfusionsdruck, zerebraler 310, 311
Perikardtamponade 155, 266
periodische Atmung 438
Peritonitis 267
Permethrin 487
PERRLA 185
personal protective equipment 121
Pfefferspray 300
Phosgen 290, 292, 570, 579
phosphororganische Verbindungen 575
Phosphorverbrennung 293
PHTLS 55
Plasma 181
– gefriergetrocknetes 181

Plasmaexpander 178
Pneumothorax 266, 347, 477
– offener 148
Pocken 563
Polizei 365, 376
– Ausbildung 366
– Erstversorgung 371
Postexpositionsprophylaxe 563
Post-Shooting-Trauma 337
posttraumatische Belastungsstörung 313, 337
Prävention 383
Präventivmedizin 487
Prehospital Trauma Life Support 55
PRIOR 236
Prokoagulanzien 182
Prolonged Field Care 203
ProPaq LT 48
Psychokampfstoffe 570
Psychotraumatologie 335
PTBS 204
Pulsoxymetrie 47, 155, 442
Pupillomotorik 312
Purtscher-Syndrom 296

Q

QuikClot 163
QuikClot Gauze 39, 163
Quixil 182

R

Radialispuls 171
Radioaktivität 548
Rapid-four-step-Technik 142
rapid trauma assessment 135
Raumordnung 225, 240, 422
Rautek-Griff 66
Ready-Heat-Decke 45, 192, 531
Reaktion, allergische 194, 487
Reanimation
– kardiopulmonale 515
– posttraumatische 183
Rebound-Phänomen 312
Reflexcell 45
Reflex, vasovagaler 317
Regenschirmmechanismus 277
Regionalanästhesie 205, 537
Reizgase 290
remote assessment 415
Reperfusionssyndrom 132, 133
Restlichtverstärker 324
Retrobulbärhämatom 163
– arterielles 298
Rettung
– Amok 415
– medizinische 364
– technische 73, 364
– vertikale 70
Rettungsdecke 523
Rettungsdienst 364
– Ausbildung 366
– bodengebundener 364
– ziviler 115, 381, 390
Rettungsgerät, hydraulisches 81
Rettungsgriffe 65
Rettungshubschrauber 454
Rettungskräfte 391
– Bewaffnung 395
– externe 391
– interne 394
– psychologische Belastung 587
– spezialisierte 470
– versicherungsrechtliche Aspekte 394
Rettungsleitstelle 384
Rettungsmittel 64
– behelfsmäßige 68
– Einteilung 65
– industrielle 69
Rettungsmittelhalteplatz 227
Rettungssanitäter 97, 402, 411
Rettungsstation 57
Rettungstrupp 56
Rettungszentrum 57
Rhabdomyolyse 133, 491, 497, 500
Ring
– äußerer 227
– innerer 225
Ringer-Acetat 178
Ringer-Laktatlösung 178
Ringer-Malat 178
Ringpolster 162
ROLE
– 1 54
– 2 57
– 3 58
– 4 58
RollUp 70
rotary wing 60
Rotlicht 327
Rücklaufprobe 328
Rucksäcke 49

S

SAEMT 386
SAFER-Modell 341
SALT-Algorithmus 236
SamSling 46
SAM-Splint 46, 147, 162
Sandwich-Methode 427
Sanitätsausstattung, persönliche 36, 49, 326, 516
Sanitätseinsatzleitung 224
Sanitätsmaterial 25, 72, 326, 486
– Aufbewahrung 542
– Beschaffung 25
– Lagerung 486
– Nachschub 23
Sanitätspersonal 56
Sarin 300, 570, 586
Sauerstoff 135
Sauerstoffanreicherung 200
Sauerstofferzeuger, chemischer 204
Sauerstoffgabe 444, 481, 533
Sauerstoffkonzentration, inspiratorische 463
Sauerstoffsättigung 461
Sauerstofftransportkapazität 170
Sauerstoffvergiftung, akute 476
Sauerstoffvorrat 140
SAVE-Algorithmus 231, 238
Schädel-Hirn-Trauma 140, 185, 275, 309
– Definition 310
– Diagnostik 311
– Klassifikation 310
– Klinik 311
– offenes 310
– Pathophysiologie 311
– Therapie 311
Schädeltrauma, stumpfes 304
Schalldruckwelle 255
Schildkrötentaktik 392
Schlacht von Mogadishu 7
Schlafhöhe 439
Schlafstörungen, höhenbedingte 441
Schmerzbekämpfung 185, 214, 330
Schmerzpflaster 205
Schmerztherapie 94, 204, 515
Schnauzenbinde 346
Schock
– hämorrhagischer 166, 268
– letales Trias 168
– letale Trias 133
– Schweregrad 234
– Therapie 166
Schocklage 168
Schocklunge 178
Schockwelle 255, 592
Schrot 262
Schulter-/Gamstragegriff 66
Schussverletzungen 251
– Abdomen 265
– Extremitäten 264
– Infektion 267
– Knochen 265
– Kopf 266

– Letalität 267
– temporäre Wundhöhle 165
– Thorax 266
Schutzausrüstung 393, 548, 572, 589
– Auswahl 383
– persönliche 563, 600
– Polizei 390
– spezielle 364
Schutzausstattung 398
– persönliche 120, 229
Schutzbekleidung 294
Schutzbrille 601
Schützenabwehrverlegemine 593
Schutzhelm 312
Schutzweste 393, 600
Schweißbildung 488
SEAL-Team-3-Tragetechnik 66
Sehverlust, akuter 298, 511
Sehvermögen 465
Seiltrage 68
Seitenlage, stabile 119, 136
SEK-Medic 97
Sekundäranschlag 230
Sekundärsplitter 592, 598
Selbst- und Kameradenhilfe 5
Seldinger-Technik 326
Sengstaken-Blakemore-Sonde 161
Sepsis-Syndrom 562
Serotonin 505
SERVA 229
Seuchen 560
Sicherheit 122
Sichtung 227
– klinische 227
– primäre 227, 233
– sekundäre 227, 233
Sichtungskategorien 231
Sichtverhältnisse, schlechte 77
SICK 121, 239
SICK2 MED 241
SICK2 ORG 240
SIEVE 235
Sildenafil 446
simple triage and rapid treatment 235
Simulator 104
Sinusitis 334
sitting duck 459
Sked-Stretcher-System 70
Skelett, Schussverletzungen 265
S-Ketamin 217
Skorpione 509
S-Lost 570, 577
SOF Tactical Tourniquet Wide 32
SOFTT 131
soldiers heart 336
Soman 570
SORT 238
Spannungspneumothorax 43, 60, 119, 149, 151
– äußerer 150
– innerer 150
Special Agent Emergency Medical Technician Program 386
Special Operations Forces Tactical Tourniquet 131
Speikobras 515
Spezialeinsatzkommando 6, 366, 390, 408
Spineboard 47, 70
Spinnen 510
Spiraltubus 144
Splitterladungen 593
– Schutz 599
Splitterverletzungen 165
Splitterwolke 594
Sportgetränke 495
Spotter 585
Spreizer 82
Sprengfalle 581
Sprengladungen 591
– projektilbildende 594, 599
– Schutz 598
Sprengstoffe 270, 369
– Gefährdungszone 278
– inkorporierte 278
– militärische 583
Sprengverletzungen ▶ Explosionsverletzungen
Spürröhrchen 572
STANAG 4569 597
standard operating procedures 229
Stand-by-Methode 390
START-Algorithmus 235
Stationsausbildung 100
statische Lage 229
Status
– epilepticus 357
– neurologischer 183
STAUSEE 204
Stimulation, externe elektrische 515
Störsender 584
Strahlenschaden, deterministischer 554
Strahlensyndrom, hämatopoetisches 554
Strahlung, radioaktive 548
Strategic Aeromedical Evacuation 453
Strategic Medical Evacuation 59
Stressprophylaxe 469
Stress, traumatischer 337
Stromverletzungen 294
Survival Bag 531
Survival Blanket 531
SWAT-Team 380, 391
SWAT-Tourniquet 34
Syndrom, paralytisches 562

T

Tabun 300, 570
TACEVAC 59
tacSTART 236, 419
tacSTART-Algorithmus 237
Tactical Combat Casualty Care 7, 55, 386, 456
Tactical Emergency Medical Support 9 ▶ TEMS
tactical evacuation 59
Tactical Evacuation Care 196, 292
Tactical Field Care 134, 275, 417
Tactical Operations Center 60
Taucherflöhe 479
Tauchmedizin 473
Tauchunfall 481
Tavanic 300
Tazobac 193
TCCC 55, 386, 456
Temperaturlogger 486
TEMS 379, 390
Terroranschlag 551, 584
– biologischer 560
– Erstmaßnahmen 75
Tetanusimpfung 517
Theophyllin 292, 446
Thermoregulation 488, 496
Thoraxdrainage 43, 152, 153, 201, 203
Thoraxverletzungen 200, 266, 275
– Erstmaßnahmen 41
– Hund 351
– penetrierende 147, 203
THREAT 415
three block war 5
Tiefenrausch 475
Tiegelventil 154
Todesursachen 118
Tollwut 285, 563
Tollwutimpfung 285
Tourniquet 31, 130, 156, 201, 277, 411
Tourniquet-Syndrom 132, 156
Toxidrom 505, 574
– hämatologisches 507
T-Pod 46
Trachealdeviation 152
Tracheotomie 144
– Hund 350
– Vergiftung 511
Tragemittel 423
Tragetuch 69

Tränengas 300
Tranexamsäure 182
transdermales therapeutisches System 205
Transportmittel 21
Transportpriorität 233, 234
Transportreihenfolge 62
Trauma
– akustisches 301
– dentales 333
Traumatherapie 343
Traumazentrum 384
Trennschleifer 82
Triage 230, 459
– Algorithmen 235
– geographische 245
– praktisches Vorgehen 238
Trias, letale 529
Trinkmengen 493
Trinkwasserversorgung 17
Trommelfellverletzung 272, 475
Tubusfehllage 140
Two-Ship-Formation 453
Typhus 563

U

Überdrucksack 444
Übergabepunkte 418
Übergangszone 573
Übernahmeverschulden 402
Übertriage 231
Überwachung 202
– Vitalfunktionen 194
Übungs-Verletzte 105
Ulkus 206
Umbrella-Mechanismus 277
Umgebungsfaktoren 16
Umkehrbarotrauma 477
Unfall, radioaktiver 549
Unterkühlung 291
Untersuchung
– erste 135
– körperliche 135
Untertriage 231
Urangeschosse 550
Urin
– bernsteinfarbener 489
– bierbrauner 517
– dunkelbrauner 489
– roter 516
Urinausscheidung 207
Urinteststreifen 500

V

Valsalva-Manöver 465
vapor barrier liner 527
Vektorenschutz 487
Venenkatheter, zentraler 175
Venenverweilkanüle 43
Verband 161
Verbandstoffe 35
Verbluten 129
Verbrauchskoagulopathie 508
Verbrennung 288
– bei Kindern 293
– Therapie 291
Verbrennungen 188
Verbrennungstiefe 288
Verbrennungstrauma 288
Verbrühung 288
Verbundsicherheitsglas 81
Verdünnungsazidose 178
Verdunstung 523
Verfügungsraum 422
Vergiftung
– Behandlung 574
– durch Tiere 503
Verletztendarsteller 105
Verletztensammelstelle 378
Verletztenübergabe 427
Verletztenversorgung 123
Verletzung
– in Bereich TCCC 118
– thermomechanische 291
Verletzung, Definition 4
Verletzungsmuster 118
Versorgungsangebot 20
Versorgungsbedarf 17
Verwundetenanhängekarte 196
Verwundetennest 227, 327
Verwundetenrettung 63
Verwundetensammelpunkt 227, 245
Verwundetentransport 21, 58, 64, 94
– bodengebundener 60
– luftgebundener 22, 60, 452
– qualifizierter 470
– Reihenfolge 62
Verwundetentransportmittel 62
Verwundetenversorgung
– Amok 414
– Analgesie 214
– Leitlinien 127
– mit Nachtsichtgeräten 324
– Priorität 385
– taktische 4, 55, 112, 386
Verwundetenzahl 240
Verwundung, Definition 4
Vibrationsbelastung 467
Vipern 507
Vollgeschoss 262
Vollmantelgeschoss 259
Volumenmangelschock 276
Volumentherapie 168, 291
Vorflug-Triage 459
Vorsichtung 227, 232
VX 570

W

Waffen 252
– explosionsverstärkende 271
– radioaktive 550
Waffengeschoss 368
Warmblutspende 209
Wärmebelastung 490
Wärmebildgeräte 324
Wärmeerhalt 45, 94
Wärmeerhaltungssysteme 469
Wärmegleichgewicht 488, 522
Wärmeproduktion 522
Wärmestrahlung 523
Wärmeverlust 522
warme Zone 367, 384
Warmluftbeatmung 532
Warmluftgeräte 532
WASB 183
Wasser-Elektrolyt-Haushalt 489, 496
Wasserversorgung 487
Weg des Verwundeten 5
Wehrfliegerverwendungsfähigkeit 455
Weichkerngeschosse 259
Weichteilverletzungen 277
Weißlicht 327
Wendl-Tubus 136, 140, 326, 410
Wet Bulb Globe Temperature 490
Wiedererwärmung 530, 536
Wiederholungsausbildung 96
wind chill 468, 523, 524, 525
windshield report 223
Wirbelsäulenstabilisierung 46, 70
Wirbelsäulenverletzungen 275, 311
– penetrierende 147
wound packing 158
Wundballistik 254, 264
Wundbehandlung
– Analgesie 204
– chirurgische 292
– Gifttierverletzung 512
Wunddébridement ▶ Débridement
Wundhöhle 254
– Bildung 256
– permanente 255, 259, 264
– Tamponade 37
– temporäre 165, 254

Wundkleber 151
Wundtamponade 37, 158
Wundversorgung 209

X

Xylocain 299

Z

zahnärztliche Notfälle 329
Zahnavulsion 333
Zahnfraktur 333
Zahnintrusion 333
Zahnschmerz 464
Zentralisation 167
Zeolith 38
Zerlegungsgeschoss 262
Zone
– gelbe 564
– grüne 564
– heiße 115, 367, 377, 384, 459
– kalte 117, 367, 377, 384
– rote 564
– warme 115, 367, 384
Zugang
– intraossärer 175, 206, 326, 352, 541
– intravenöser 174
Zweimanntragetechnik 66
Zwiebelschalenprinzip 526