



Hans-Christoph Pape · Frank Hildebrand  
Steffen Ruchholtz *Hrsg.*

# Management des Schwerverletzten

## Management des Schwerverletzten

Hans-Christoph Pape  
Frank Hildebrand  
Steffen Ruchholtz  
(Hrsg.)

# Management des Schwerverletzten

Mit 168 Abbildungen

Mit einem Geleitwort von Prof. Harald Tscherne

*Herausgeber*

**Hans-Christoph Pape**

Universitätsspital Zürich, Zürich, Switzerland

**Frank Hildebrand**

Universitätsklinikum RWTH Aachen, Klinik für Unfall- und Wiederherstellung, Aachen, Germany

**Steffen Ruchholtz**

Universitätsklinikum Marburg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Marburg, Germany

ISBN 978-3-662-54979-7

ISBN 978-3-662-54980-3 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-54980-3>

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

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

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. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: © Teteline/stock.adobe.com

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Geleitwort

---

Das vorliegende Werk stellt das Nachfolgeprojekt der «Tscherne-Reihe» dar. Es erscheint zwei Dekaden nach der 1. Ausgabe und aktualisiert die Situation um die Traumaversorgung in deutschsprachenden Ländern Zentraleuropas.

Ein wesentlicher Teil der Traumaversorgung hat sich geändert, u. a. durch Traumanetzwerke, die Entwicklung des BG-Netzwerkes, die Entwicklung traumaassoziierter Operationen (Damage Control) und die Beibehaltung der gut ausgebildeten Rettungskette.

Bemerkenswert ist, dass der Anteil älterer Patienten, die mehrfachverletzt sind, deutlich gestiegen ist. Hier werden neue Konzepte der Gerinnungsbehandlung, des Managements von Gehirnblutungen unter gerinnungshemmender Therapie und der Intensivmedizin einfließen müssen.

Ich wünsche den Autoren und dem Nachfolgewerk alles Gute.

**Harald Tscherne**

Hannover, im Oktober 2017

# Vorwort

---

«Dem was ich geschaut, gehört, gelernt habe, gebe ich den Vorzug.» (Heraklit)

Das vorliegende Buch ist das Nachfolgewerk eines Bandes der im Springer-Verlag seit 1997 erschienenen «Tscherne-Reihe», deren 1. Ausgabe damals der Band *Traumamanagement* war.

Seit dieser Zeit hat sich am Management von Traumata vieles geändert:

Verbesserungen in der Ausbildung (flächendeckende Verwendung von ATLS und Polytraumakursen), Entwicklung des Traumanetzwerkes, Zusammenlegung der Fachgebiete Orthopädie und Unfallchirurgie und anderes mehr.

Insbesondere haben sich Operationstechniken und -strategien im Sinne des Mehrfachverletzten deutlich gebessert. Standard ist nun eine Behandlung, die sich am jeweiligen klinischen Zustand des Patienten orientiert (Damage Control).

Auch bei der Qualitätssicherung gibt es nun erhebliche Verbesserungen, nicht zuletzt gefördert durch das Weißbuch Schwerverletztenversorgung, die Jahresberichte des Traumaregisters sowie die Qualitätsinitiative der Berufsgenossenschaften.

Alle diese Neuerungen sind – zum Teil sogar mit eigenen Kapiteln – in dieses Buch eingegangen.

Somit gibt es für den gesamten deutschsprachigen Raum eine komplette Darstellung der aktuellen Prinzipien in der Traumaversorgung.

Allen Verfassern und Unterstützern dieser Ausgabe sei ein herzliches Dankeschön an dieser Stelle ausgesprochen.

**Hans-Christoph Pape**

**Frank Hildebrand**

**Steffen Ruchholtz**

Zürich, Aachen und Marburg, im Frühjahr 2018

# Inhaltsverzeichnis

## I Allgemeine Aspekte

1	<b>Grundlagen der Schwerverletztenversorgung, Epidemiologie</b> . . . . .	3
	<i>S. Flohé, T. Lögters</i>	
1.1	Definition der schweren Verletzung . . . . .	4
1.2	Sozioökonomische Bedeutung des Schwerverletzten . . . . .	4
1.3	Todeszeitpunkt und -ursachen bei schwerer Verletzung . . . . .	5
1.4	Verletzungsmuster und Erstversorgung des Schwerverletzten in Deutschland . . . . .	6
1.5	Relevante Einflussgrößen auf den Outcome nach schwerer Verletzung . . . . .	7
	Literatur . . . . .	8
2	<b>Prävention des Polytraumas</b> . . . . .	11
	<i>P. Koenen, T. Brockamp, B. Bouillon, Ch. Probst</i>	
2.1	Einleitung . . . . .	12
2.2	Relevanz beim Polytrauma . . . . .	12
2.2.1	Verkehrsunfallprävention . . . . .	12
2.2.2	Prävention von Arbeitsunfällen . . . . .	14
2.2.3	Prävention von Freizeitunfällen . . . . .	16
2.2.4	Prävention bei Jugendlichen und Adoleszenten . . . . .	17
2.2.5	Prävention bei Senioren . . . . .	18
2.2.6	Evaluation von Prävention . . . . .	19
	Literatur . . . . .	19
3	<b>TraumaNetzwerk und TraumaRegister DGU</b> . . . . .	21
	<i>F. Debus, S. Ruchholtz, R. Lefering</i>	
3.1	<b>Das TraumaNetzwerk DGU®</b> . . . . .	22
3.1.1	Einleitung . . . . .	22
3.1.2	Entstehung, Entwicklung und aktueller Stand . . . . .	22
3.1.3	Weißbuch und Auditierungs- bzw. Zertifizierungsprozess . . . . .	22
3.1.4	Schnittstellen im TNW-DGU . . . . .	23
3.1.5	Ausblick . . . . .	24
3.2	<b>Das TraumaRegister DGU®</b> . . . . .	24
3.2.1	Einleitung . . . . .	24
3.2.2	Register in der Traumatologie/Unfallchirurgie . . . . .	24
3.2.3	Patienten . . . . .	24
3.2.4	Datenerfassung . . . . .	25
3.2.5	Rückmeldungen . . . . .	26
3.2.6	Ergebnisse . . . . .	26
3.2.7	Ausblick . . . . .	27
	Literatur . . . . .	27
4	<b>Die Einschätzung und Prognose polytraumatisierter Patienten</b> . . . . .	29
	<i>H. Andruszkow, H.-J. Oestern</i>	
4.1	Einleitung . . . . .	30
4.2	<b>Anatomische Scores</b> . . . . .	30
4.2.1	Abbreviated Injury Scale (AIS) . . . . .	30
4.2.2	Injury Severity Score (ISS) . . . . .	31
4.2.3	New Injury Severity Score (NISS) . . . . .	31
4.3	<b>Physiologische Scores</b> . . . . .	32
4.3.1	Revised Trauma Score (RTS) . . . . .	32
4.3.2	Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) . . . . .	32
4.3.3	Simplified Acute Physiology Score (SAPS) . . . . .	33

<b>4.4</b>	<b>Kombinierte Scores</b> . . . . .	33
4.4.1	Trauma and Injury Severity Score (TRISS) . . . . .	33
4.4.2	Der Polytraumaschlüssel, Hannover Polytrauma Score (PTS) . . . . .	34
4.4.3	Revised Injury Severity Classification (RISC) . . . . .	34
4.4.4	Revised Injury Severity Classification, Version II (RISC II) . . . . .	34
	<b>Literatur</b> . . . . .	36
<b>5</b>	<b>Berufsgenossenschaftliches Heilverfahren in der Traumaversorgung</b> . . . . .	37
	<i>M. Perl, R. Beickert, S. Simmel, V. Bühren</i>	
<b>5.1</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	38
5.1.1	Geschichte . . . . .	38
5.1.2	Definitionen . . . . .	38
5.1.3	Auftrag und Zielsetzung . . . . .	38
5.1.4	Struktur . . . . .	39
<b>5.2</b>	<b>Rehabilitation</b> . . . . .	39
5.2.1	Das berufsgenossenschaftliche Heilverfahren . . . . .	39
5.2.2	Rehabilitation während/im Anschluss an die Akutphase . . . . .	42
<b>5.3</b>	<b>Entschädigung/Kompensation</b> . . . . .	45
5.3.1	Grundbegriffe der Begutachtung . . . . .	45
5.3.2	Gutachtenerstattung in der Gesetzliche Unfallversicherung . . . . .	45
	<b>Literatur</b> . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Fortbildung</b> . . . . .	47
	<i>C. Wölfel, S. Flohé, R. Pfeifer, H.-C. Pape</i>	
<b>6.1</b>	<b>Advanced Trauma Life Support (ATLS®)</b> . . . . .	48
6.1.1	Einleitung und Entstehung des ATLS-Konzepts . . . . .	48
6.1.2	Schockraumversorgung nach ATLS-Kriterien . . . . .	48
<b>6.2</b>	<b>Definitive Surgical Trauma Care (DSTC™)</b> . . . . .	49
6.2.1	Einleitung . . . . .	49
6.2.2	Historie und Entwicklung . . . . .	49
6.2.3	Inhalt und Ziele . . . . .	50
<b>6.3</b>	<b>Polytraumakurs</b> . . . . .	50
6.3.1	Einleitung . . . . .	50
6.3.2	Geschichtliche Hintergründe . . . . .	50
6.3.3	Ziele und Inhalte des Kurses . . . . .	51
	<b>Literatur</b> . . . . .	52
<b>7</b>	<b>Pathophysiologie nach Polytrauma</b> . . . . .	53
	<i>F. Hildebrand, H. Andruszkow, M. Frink</i>	
<b>7.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	54
<b>7.2</b>	<b>Immunantwort nach Trauma</b> . . . . .	54
7.2.1	Bimodale Immunreaktion . . . . .	55
7.2.2	Simultane pro- und antiinflammatorische Immunreaktion . . . . .	56
<b>7.3</b>	<b>Einfluss zusätzlicher Faktoren auf die posttraumatische Immunantwort («Two-hit-Theorie»)</b> . . . . .	56
<b>7.4</b>	<b>Einfluss des Traumas auf das neuroendokrine und metabolische System und Bedeutung für die posttraumatische Immunreaktion</b> . . . . .	57
<b>7.5</b>	<b>Multiorgan dysfunktionssyndrom (MODS)</b> . . . . .	58
7.5.1	Posttraumatische MODS-Entwicklung . . . . .	58
7.5.2	Inzidenz des MODS und MODS-assoziierte Mortalität . . . . .	58
7.5.3	Unabhängige Risikofaktoren für die Entwicklung eines MODS . . . . .	58
<b>7.6</b>	<b>Persistent Inflammation Immunosuppression and Catabolism Syndrome (PICS)</b> . . . . .	59
<b>7.7</b>	<b>Inflammatorische Parameter und deren klinische Wertigkeit</b> . . . . .	60
7.7.1	Interleukin 6 (IL-6) . . . . .	60
7.7.2	C-reaktives Protein (CRP) . . . . .	61
7.7.3	Procalcitonin . . . . .	62
7.7.4	Interleukin 8 (IL-8) . . . . .	62

7.7.5	Interleukin 10 (IL-10)	62
7.7.6	Innovative Parameter	62
	<b>Literatur</b>	63

## II Präklinik

8	<b>Rettungsdienstliche Strukturen der Traumaversorgung</b>	69
	<i>H. A. Adams</i>	
8.1	<b>Einleitung und Rahmenbedingungen</b>	70
8.2	<b>Patientenversorgung beim Einzelereignis</b>	70
8.3	<b>Patientenversorgung beim Großschadensereignis</b>	71
8.3.1	Grundlagen	71
8.3.2	Führungsorganisation	71
8.3.3	Einsatzkräfte	72
8.3.4	Allgemeiner Einsatzablauf (MANV-Alarmstufen 1–3)	74
8.3.5	Erfassung der stationären Behandlungskapazitäten	75
8.4	<b>Patientenversorgung im Katastrophenfall</b>	75
8.4.1	Allgemeine Aspekte und Lösungsansätze	75
8.4.2	Das EVK-Konzept im Katastrophenfall (MANV-Alarmstufe 4)	76
8.5	<b>Ausblick</b>	78
	<b>Literatur</b>	78
9	<b>Erstmaßnahmen des Notarztes</b>	79
	<i>U. Schweigkofler, R. Hoffmann</i>	
9.1	<b>Einteilung</b>	80
9.2	<b>ABCDE-Behandlungsalgorithmus</b>	80
9.2.1	Atemwegsmanagement	80
9.2.2	Belüftung und Beatmung	81
9.2.3	Kreislauf: Blutungskontrolle und Perfusion	82
9.2.4	Defizite der neurologischen Funktion	83
9.2.5	Entkleiden, Wärmeerhalt	83
9.3	<b>Einsatztaktik und Zeitmanagement</b>	84
9.4	<b>Transport und Übergabe</b>	85
	<b>Literatur</b>	85

## III Schockraum

10	<b>Stellenwert der Akutdiagnostik mit Computertomographie im Schockraum</b>	89
	<i>S. Huber-Wagner</i>	
10.1	<b>Einleitung</b>	90
10.2	<b>Entwicklung, Historisches</b>	90
10.3	<b>Bedeutung der GKCT für die Behandlung und das Outcome nach Polytrauma</b>	90
10.3.1	Zeitaspekte	90
10.3.2	Diagnostische Sicherheit	93
10.3.3	Kosteneffektivität	94
10.3.4	Mortalität	94
10.4	<b>Verwendung der GKCT im Rahmen der Behandlung schwerverletzter Patienten: Was ist neu?</b>	94
10.4.1	Anwendung bei hämodynamisch instabilen Patienten	94
10.4.2	Lokalisation des CT-Gerätes	94
10.4.3	Strahlenbelastung	95
10.4.4	Strahlenreduktion durch moderne CT-Scanner und iterative Protokolle	95
10.4.5	Armpositionierung	97
10.4.6	Komplikationsvermeidung	97
10.5	<b>Fazit</b>	97
	<b>Literatur</b>	97

11	<b>Volumentherapie, Transfusions- und Gerinnungsmanagement</b> . . . . .	101
	<i>O. Grottko, M. Honickel, R. Rossaint</i>	
11.1	<b>Volumentherapie</b> . . . . .	102
11.1.1	Volumenersatzmittel . . . . .	102
11.1.2	Indikation und Steuerung der Volumentherapie . . . . .	103
11.2	<b>Transfusionsmanagement</b> . . . . .	104
11.2.1	Erythrozytentransfusion . . . . .	104
11.2.2	Thrombozytentransfusion . . . . .	105
11.2.3	Gefrorenes Frischplasma . . . . .	105
11.2.4	Sonstige Blutkomponenten . . . . .	105
11.2.5	Unerwünschte Arzneimittelwirkungen . . . . .	105
11.3	<b>Gerinnungsmanagement</b> . . . . .	106
11.3.1	Tranexamsäure . . . . .	107
11.3.2	Fibrinogen . . . . .	107
11.3.3	Prothrombinkomplekonzentrate (PPSB) . . . . .	108
11.3.4	Aktivierter rekombinanter humaner Faktor VII (rFVIIa) . . . . .	108
	<b>Literatur</b> . . . . .	109
12	<b>Indikationen für lebensrettende Sofortoperationen</b> . . . . .	111
	<i>K. Sprengel, H.-C. Pape</i>	
12.1	<b>Einleitung</b> . . . . .	112
12.2	<b>Stadien des posttraumatischen Verlaufes</b> . . . . .	112
12.3	<b>Verletzungen der oberen Atemwege</b> . . . . .	112
12.4	<b>Tracheobronchialverletzungen und Verletzungen der Thoraxwand</b> . . . . .	112
12.5	<b>Abdominelle Verletzungen</b> . . . . .	113
12.5.1	Abdominelles Kompartmentsyndrom . . . . .	113
	<b>Literatur</b> . . . . .	114
<b>IV</b>	<b>Akutversorgung, die ersten Stunden</b>	
13	<b>Schädel-Hirn-Trauma: Einfluss auf die unfallchirurgische Akutversorgung</b> . . . . .	117
	<i>P. F. Stahel, S. Weckbach</i>	
13.1	<b>Einleitung</b> . . . . .	118
13.2	<b>Pathophysiologie des SHT</b> . . . . .	118
13.3	<b>Schweregrad des SHT</b> . . . . .	119
13.4	<b>Hypoxie und Hypotension – «The bad guys»</b> . . . . .	119
13.5	<b>Frakturversorgung bei SHT-Patienten: Wann und wie?</b> . . . . .	120
13.6	<b>Fazit</b> . . . . .	121
	<b>Literatur</b> . . . . .	121
14	<b>Stammverletzung: Thorax</b> . . . . .	125
	<i>C. Güssen, R. Schwab</i>	
14.1	<b>Einleitung und epidemiologische Grundlagen</b> . . . . .	126
14.2	<b>Einteilung und Verletzungsarten</b> . . . . .	126
14.3	<b>Grundsätze der Diagnostik</b> . . . . .	126
14.4	<b>Grundsätze der Therapie</b> . . . . .	127
14.4.1	Thoraxdrainage . . . . .	128
14.4.2	Notfallthorakotomie . . . . .	128
14.5	<b>Spezielle Verletzungsformen</b> . . . . .	129
14.5.1	Pleuraverletzungen . . . . .	129
14.5.2	Lungenparenchymverletzungen . . . . .	130
14.5.3	Thoraxwandverletzungen . . . . .	132
14.5.4	Tracheobronchiale Verletzungen . . . . .	134
14.5.5	Ösophagusverletzungen . . . . .	134
14.5.6	Verletzungen des Ductus thoracicus . . . . .	134
14.5.7	Mediastinale Verletzungen . . . . .	135

14.5.8	Thorakale Gefäßverletzungen	135
14.5.9	Diaphragmale Verletzungen	137
14.5.10	Thorakoabdominelle Kombinationsverletzung	137
<b>14.6</b>	<b>Sonderformen des Thoraxtraumas</b>	<b>138</b>
14.6.1	Kindliches Thoraxtrauma	138
14.6.2	Inhalationstrauma	138
14.6.3	Barotrauma – Blast-Lung-Verletzung	138
	<b>Literatur</b>	<b>138</b>
<b>15</b>	<b>Stammverletzung: Abdomen</b>	<b>141</b>
	<i>C. Wurster, D. K. Bartsch</i>	
15.1	Einleitung	142
15.2	Allgemeine Prinzipien beim Abdominaltrauma	142
15.2.1	Chirurgischer Zugangsweg	142
15.2.2	Damage-Control (DC)-Prinzip	143
15.2.3	Blutungskontrolle	144
15.2.4	Vorgehen beim penetrierenden Abdominaltrauma	145
15.3	Spezifische Therapie von Organverletzungen	145
15.3.1	Zwerchfell	146
15.3.2	Leber	146
15.3.3	Milz	148
15.3.4	Pankreas	150
15.3.5	Hohlorgane	150
15.3.6	Retroperitoneale Hämatome und Gefäßverletzungen	152
	<b>Literatur</b>	<b>152</b>
<b>16</b>	<b>Stammverletzung: Becken</b>	<b>155</b>
	<i>P. M. Rommens, S. Kuhn, A. Hofmann</i>	
16.1	Einleitung	156
16.2	Topografische Anatomie	156
16.3	Pathophysiologie	158
16.4	Klassifikation	162
16.5	Schockraummanagement	162
16.5.1	Klinische Untersuchung	164
16.5.2	Röntgendiagnostik	166
16.5.3	Nichtinvasive Beckenstabilisierung	166
16.5.4	Blasenkatheter oder suprapubischer Katheter	169
16.6	Notfalleingriffe	170
16.6.1	Fixateur externe	170
16.6.2	Beckentamponade	172
16.6.3	Arteriographie und selektive Embolisation	173
16.6.4	Retrograde Ballonokklusion der abdominalen Aorta	173
16.6.5	Primäre iliosakrale Verschraubung	174
16.6.6	Hemipelvektomie	175
16.6.7	Besonderheiten beim Kind	175
16.6.8	Besonderheiten beim älteren Patient	175
	<b>Literatur</b>	<b>177</b>
<b>17</b>	<b>Stammverletzung: Wirbelsäule</b>	<b>179</b>
	<i>S. Hauck, O. Gonschorek, V. Bühren</i>	
17.1	Einleitung	180
17.2	Wirbelsäulenverletzung im Rahmen eines Polytraumas	180
17.2.1	Epidemiologie	180
17.2.2	Biomechanik der Wirbelsäule	183
17.3	Diagnostik	184
17.3.1	Klinische Diagnostik	185
17.3.2	Bildgebende Diagnostik	186

<b>17.4</b>	<b>Klassifikation der Wirbelfrakturen</b>	187
17.4.1	HWS	187
17.4.2	BWS/LWS	188
<b>17.5</b>	<b>Beurteilung der Verletzungsschwere</b>	190
<b>17.6</b>	<b>Traumatische Querschnittslähmung</b>	192
<b>17.7</b>	<b>Therapeutische Maßnahmen</b>	193
17.7.1	Zeitpunkt der Dekompression	193
17.7.2	Kortisontherapie	194
17.7.3	Algorithmus der Versorgung	196
17.7.4	Operationsindikation	196
17.7.5	Operationszeitpunkt	196
17.7.6	Operatives Konzept	197
<b>17.8</b>	<b>Stabilisierung der Rumpfwirbelsäule</b>	198
17.8.1	HWS	198
17.8.2	BWS/LWS	201
	<b>Literatur</b>	205
<b>18</b>	<b>Verletzungen der oberen Extremitäten</b>	207
	<i>D. Busse, D. Rixen</i>	
<b>18.1</b>	<b>Einleitung</b>	208
<b>18.2</b>	<b>Damage Control</b>	209
<b>18.3</b>	<b>Therapie</b>	210
<b>18.4</b>	<b>Amputation, Rekonstruktion und Replantation</b>	211
<b>18.5</b>	<b>Kompartmentsyndrom</b>	212
<b>18.6</b>	<b>Luxationen und Luxationsfrakturen</b>	214
<b>18.7</b>	<b>Versorgung bei Kindern</b>	214
	<b>Literatur</b>	215
<b>19</b>	<b>Verletzungen der unteren Extremitäten</b>	217
	<i>R. Pfeifer, H. Andruszkow, F. Hildebrand, H.-C. Pape</i>	
<b>19.1</b>	<b>Einleitung</b>	219
<b>19.2</b>	<b>Proximale Femurfrakturen</b>	219
19.2.1	Hüftkopffraktur	219
19.2.2	Schenkelhalsfraktur	219
19.2.3	Pertrochantäre Oberschenkelfraktur	222
<b>19.3</b>	<b>Femurschaftfrakturen</b>	223
19.3.1	Ätiologie	223
19.3.2	Klassifikation	223
19.3.3	Diagnostik	223
19.3.4	Therapie	223
<b>19.4</b>	<b>Distale Femurfrakturen</b>	225
19.4.1	Ätiologie	225
19.4.2	Klassifikation	225
19.4.3	Diagnostik	225
19.4.4	Therapie	225
<b>19.5</b>	<b>Tibiakopffrakturen</b>	225
19.5.1	Ätiologie	225
19.5.2	Klassifikation	226
19.5.3	Diagnostik	226
19.5.4	Therapie	227
<b>19.6</b>	<b>Patellafrakturen</b>	227
19.6.1	Ätiologie	227
19.6.2	Klassifikation	227
19.6.3	Diagnostik	227
19.6.4	Therapie	228
<b>19.7</b>	<b>Tibiaschaftfrakturen</b>	228
19.7.1	Ätiologie	228

19.7.2	Klassifikation	228
19.7.3	Diagnostik	229
19.7.4	Therapie	229
<b>19.8</b>	<b>Distale Tibiafrakturen</b>	<b>230</b>
19.8.1	Ätiologie	230
19.8.2	Klassifikation	230
19.8.3	Diagnostik	230
19.8.4	Therapie	230
<b>19.9</b>	<b>Frakturen des oberen Sprunggelenkes (OSG)</b>	<b>231</b>
19.9.1	Ätiologie	231
19.9.2	Klassifikation	231
19.9.3	Diagnostik	232
19.9.4	Therapie	232
<b>19.10</b>	<b>Kalkaneusfrakturen</b>	<b>232</b>
19.10.1	Ätiologie	232
19.10.2	Klassifikation	233
19.10.3	Diagnostik	233
19.10.4	Therapie	233
<b>19.11</b>	<b>Mittel- und Rückfußverletzungen</b>	<b>233</b>
19.11.1	Ätiologie	233
19.11.2	Klassifikation	234
19.11.3	Diagnostik	234
19.11.4	Therapie	234
<b>19.12</b>	<b>Kompartmentsyndrom</b>	<b>234</b>
19.12.1	Ätiologie	234
19.12.2	Klassifikation	235
19.12.3	Diagnostik	235
19.12.4	Therapie	235
	<b>Literatur</b>	<b>235</b>
<b>20</b>	<b>Besonderheit: Offene Verletzungen, Gefäßverletzungen, Mangled Extremity</b>	<b>239</b>
	<i>M. Koch, J. Weber, M. Nerlich</i>	
<b>20.1</b>	<b>Offene Verletzungen</b>	<b>240</b>
20.1.1	Einleitung	240
20.1.2	Diagnostik	240
20.1.3	Klassifikation	241
20.1.4	Therapie	242
<b>20.2</b>	<b>Gefäßverletzungen</b>	<b>247</b>
20.2.1	Einleitung	247
20.2.2	Diagnostik	247
20.2.3	Therapie	248
<b>20.3</b>	<b>Mangled Extremity</b>	<b>248</b>
20.3.1	Einleitung	248
20.3.2	Initiales Management	248
20.3.3	Diagnostik	250
20.3.4	Therapie	250
20.3.5	Mangled Extremity Severity Score (MESS)	250
20.3.6	Komplikationen	250
	<b>Literatur</b>	<b>251</b>
<b>21</b>	<b>Urologische Begleitverletzungen</b>	<b>253</b>
	<i>G. Schönberg, J. P. Radtke, M. Hohenfellner</i>	
<b>21.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>254</b>
<b>21.2</b>	<b>Aspekte der präklinischen Phase</b>	<b>254</b>
<b>21.3</b>	<b>Aspekte der Schockraumphase und klinischen Primärdiagnostik</b>	<b>254</b>
21.3.1	Symptome urogenitaler Verletzungen	254
21.3.2	Die transurethrale Katheterisierung im Schockraum	255

<b>21.4 Nierentrauma</b>	255
21.4.1 Verletzungsmuster	255
21.4.2 Diagnostik	257
21.4.3 Therapie	258
<b>21.5 Harnleitertrauma</b>	262
21.5.1 Verletzungsmechanismus	262
21.5.2 Klassifikation	263
21.5.3 Diagnostik	263
21.5.4 Therapie	264
<b>21.6 Harnblasentrauma</b>	265
21.6.1 Klassifikation	265
21.6.2 Diagnostik	265
21.6.3 Therapie	267
21.6.4 Generelles intra- und postoperatives Management	268
<b>21.7 Harnröhrentrauma</b>	268
21.7.1 Männliche Harnröhre	268
21.7.2 Weibliche Harnröhre	273
<b>21.8 Genitaltraumen</b>	273
21.8.1 Ätiopathogenese und Übersicht	273
21.8.2 Klassifikation	274
21.8.3 Klinische Evaluation und apparative Diagnostik	274
21.8.4 Behandlungskonzepte	275
21.8.5 Genitaltraumen bei Frauen	276
<b>Literatur</b>	276
<b>22 Interventionelle Therapie</b>	281
<i>A. H. Mahnken</i>	
<b>22.1 Einleitung</b>	282
<b>22.2 Anforderungen</b>	282
<b>22.3 Indikationen</b>	282
<b>22.4 Ergebnisse</b>	283
22.4.1 Aorta	283
22.4.2 Thorax/Lunge	284
22.4.3 Milz	284
22.4.4 Leber	286
22.4.5 Niere	287
22.4.6 Becken	287
22.4.7 Periphere Gefäße	289
<b>Literatur</b>	290
<b>V Verzögerte Primärversorgung</b>	
<b>23 Management von Frakturen</b>	295
<i>R. Pfeifer, H.-C. Pape</i>	
<b>23.1 Einleitung</b>	296
<b>23.2 Offene Frakturen</b>	296
23.2.1 Klassifikation	296
23.2.2 Versorgungsstrategien	296
<b>23.3 Geschlossene Frakturen (und Weichteiltrauma)</b>	297
23.3.1 Kompartmentsyndrom	297
23.3.2 Morel-Lavallée-Läsion	297
<b>23.4 Operationstaktik in der Frakturbehandlung</b>	297
<b>23.5 Etappen in der Polytraumaversorgung</b>	298
23.5.1 Akute Phase	298
23.5.2 Primäre Phase	298
23.5.3 Sekundäre Phase	299

23.5.4	Tertiäre Phase . . . . .	299
<b>23.6</b>	<b>Verletzungsadaptierte Operationsstrategien</b> . . . . .	299
23.6.1	Klinische Einschätzung des schwerverletzten Patienten . . . . .	299
23.6.2	Verletzungsadaptierte Behandlungsstrategie . . . . .	300
<b>23.7</b>	<b>Frakturbehandlung bei relevanten Begleitverletzungen</b> . . . . .	302
23.7.1	Schädel-Hirn-Trauma (SHT) . . . . .	302
23.7.2	Thoraxverletzungen . . . . .	302
23.7.3	Beckenverletzungen . . . . .	302
	<b>Literatur</b> . . . . .	303
<b>24</b>	<b>Rekonstruktive Plastische Chirurgie: Defektdeckung mit freien und gestielten Lappenplastiken</b> . . . . .	305
	<i>A. Bozkurt, N. Pallua</i>	
<b>24.1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	306
<b>24.2</b>	<b>Allgemeine Prinzipien: Form, Funktion, Sicherheit</b> . . . . .	306
<b>24.3</b>	<b>Einteilung der Lappenplastiken</b> . . . . .	307
24.3.1	Kriterien zur Charakterisierung von Lappenplastiken . . . . .	307
24.3.2	Klassifikationen für Lappenplastiken . . . . .	308
<b>24.4</b>	<b>Anatomie und Lappenhebetechiken</b> . . . . .	312
24.4.1	Laterale Oberarm-lappenplastik . . . . .	312
24.4.2	Arteria-radialis-Lappenplastik . . . . .	312
24.4.3	Anterior-Lateral-Thigh-Lappenplastik . . . . .	313
24.4.4	Musculus-gracilis-Lappenplastik . . . . .	314
24.4.5	Freier Fibulatransfer . . . . .	315
24.4.6	Musculus-gastrocnemius-Lappenplastik . . . . .	317
24.4.7	Para-/Skapularlappenplastik . . . . .	317
24.4.8	Musculus-latissimus-dorsi-Lappenplastik . . . . .	317
	<b>Literatur</b> . . . . .	320
<b>VI</b>	<b>Intensivstation</b>	
<b>25</b>	<b>Intensivmedizinische Versorgung</b> . . . . .	323
	<i>G. Regel, H.-C. Pape</i>	
<b>25.1</b>	<b>Aufnahme</b> . . . . .	324
25.1.1	Ärztliche Aufnahme . . . . .	324
25.1.2	Pflegerische Aufnahme . . . . .	326
<b>25.2</b>	<b>Standardisierte Maßnahmen</b> . . . . .	327
25.2.1	Bedeutung der Katecholamintherapie . . . . .	327
25.2.2	Volumentherapie . . . . .	328
<b>25.3</b>	<b>Respiratorische Aspekte</b> . . . . .	328
25.3.1	Beatmungsformen . . . . .	328
25.3.2	Beatmungsstrategien . . . . .	332
25.3.3	Bronchoskopie und bronchoalveoläre Lavage . . . . .	335
25.3.4	Lagerung . . . . .	337
<b>25.4</b>	<b>Abdominelle Komplikationen bei schwerem Trauma</b> . . . . .	337
25.4.1	Sekundäre Milzruptur . . . . .	338
25.4.2	Perforation von Hohlorganen . . . . .	338
25.4.3	Ileus . . . . .	339
25.4.4	Abdomen apertum . . . . .	339
<b>25.5</b>	<b>Erweitertes Monitoring und Therapie beim SHT</b> . . . . .	339
25.5.1	Primäre Läsion . . . . .	339
25.5.2	Sekundäre Läsion . . . . .	339
25.5.3	Hirnödem und Hirndruck . . . . .	339
25.5.4	Monitoring des schweren SHT . . . . .	340
<b>25.6</b>	<b>Infektionsprophylaxe und -therapie</b> . . . . .	342
25.6.1	Antibiotikaphylaxe . . . . .	342

25.6.2	Pneumonien	342
25.6.3	Infektionen der Blutbahn/Sepsis	342
25.6.4	Harnwegsinfektionen	342
	<b>Literatur</b>	343
26	<b>Management von Komplikationen: Sepsis, Multiorganversagen, ARDS</b>	345
	<i>L. Martin, T. Schürholz, J. Bickenbach, G. Marx</i>	
26.1	<b>Sepsis und Multiorganversagen</b>	346
26.1.1	Einleitung und Definitionen	346
26.1.2	Pathophysiologie	347
26.1.3	Therapie	347
26.1.4	Fazit	350
26.2	<b>Akutes Lungenversagen</b>	350
26.2.1	Einleitung und neue Definition	350
26.2.2	Pathophysiologie	351
26.2.3	Pathophysiologie der maschinellen Beatmung	351
26.2.4	Behandlung des akuten Lungenversagens	352
26.2.5	Fazit	355
	<b>Literatur</b>	356
27	<b>Organersatzverfahren</b>	359
	<i>T. Vassiliou, C. Arndt, H. Wulf</i>	
27.1	<b>Nierenersatzverfahren</b>	360
27.1.1	Einleitung	360
27.1.2	Indikationen	360
27.1.3	Durchführung	361
27.1.4	Beendigung der Therapie	361
27.2	<b>Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) als Therapieoption beim akuten Lungenversagen nach Thoraxtrauma</b>	362
27.2.1	Einleitung	362
27.2.2	Pathologie des Lungenversagens nach Thoraxtrauma und Indikation für die Therapie mittels ECMO	362
27.2.3	Potentielle Komplikationen der ECMO	363
27.2.4	Monitoring der korpuskulären und plasmatischen Gerinnung	363
27.2.5	Weaning von der ECMO	363
	<b>Literatur</b>	364

## VII Sondersituationen

28	<b>Kindliches Polytrauma</b>	367
	<i>P. Störmann, B. Auner, S. Wutzler, I. Marzi</i>	
28.1	<b>Einleitung</b>	368
28.2	<b>Epidemiologie und Ätiologie</b>	368
28.3	<b>Anatomische und physiologische Grundlagen und Besonderheiten</b>	368
28.4	<b>Diagnostik</b>	369
28.5	<b>Therapeutische Maßnahmen</b>	370
28.5.1	Kopf	370
28.5.2	Thorax	370
28.5.3	Abdomen	371
28.5.4	Becken	371
28.5.5	Wirbelsäule	372
28.5.6	Extremitäten	373
28.6	<b>Intensivmedizin</b>	374
28.7	<b>Komplikationen</b>	374
28.7.1	SHT	374
28.7.2	Thorax	375
28.7.3	Abdomen	375

28.7.4	Wirbelsäule	375
28.7.5	Becken	375
28.7.6	Extremitäten	375
28.7.7	Prognose	375
	<b>Literatur</b>	376
29	<b>Polytrauma des geriatrischen Patienten</b>	377
	<i>B. Bücking</i>	
29.1	<b>Einleitung</b>	378
29.2	<b>Physiologische Veränderungen im Alter</b>	378
29.3	<b>Geriatrische Mitbehandlung und Behandlungsziele</b>	379
29.4	<b>Unfallmechanismus und Verletzungsmuster</b>	379
29.5	<b>Präklinisches Management</b>	380
29.6	<b>Frühe klinische Versorgung/Schockraum</b>	380
29.6.1	A – Airway (Atemwegsmanagement und HWS-Stabilisierung)	380
29.6.2	B – Breathing ([Be-]Atmung und Ventilation)	380
29.6.3	C – Circulation (Kreislauf- und Blutungskontrolle)	380
29.6.4	D – Disability (Neurologischer Status)	381
29.6.5	E – Exposure (Umgebung)	381
29.7	<b>Thoraxtrauma</b>	381
29.8	<b>Transfusions- und Gerinnungsmanagement</b>	382
29.8.1	Erythrozytenkonzentrate	382
29.8.2	Gerinnungstherapie	382
29.9	<b>Schädel-Hirn-Trauma (SHT)</b>	384
29.10	<b>Extremitätenverletzungen</b>	384
29.10.1	Verminderte Knochenqualität	384
29.10.2	Vulnerable Weichteile	384
29.11	<b>End-of-Life-Entscheidungen</b>	385
29.12	<b>Prognose</b>	385
	<b>Literatur</b>	385
<b>VIII Outcome</b>		
30	<b>Lebensqualität nach Polytrauma</b>	389
	<i>R. Pfeifer, H.-C. Pape, C. Probst</i>	
30.1	<b>Einleitung</b>	390
30.2	<b>Relevante Einflussgrößen</b>	390
30.3	<b>Somatische Auswirkungen</b>	390
30.4	<b>Psychische Auswirkungen</b>	391
30.5	<b>Sozioökonomische Aspekte</b>	391
30.6	<b>Verletzungsassoziierte Aspekte</b>	391
30.6.1	Obere Extremitäten	391
30.6.2	Becken	392
30.6.3	Untere Extremitäten	392
30.6.4	Wirbelsäule	393
30.6.5	Schädel-Hirn-Trauma	394
30.7	<b>Schlussbetrachtung</b>	394
	<b>Literatur</b>	394
31	<b>Psychische Folgen von Traumatisierungen</b>	397
	<i>E. Smith, U. Habel</i>	
31.1	<b>Einleitung</b>	398
31.2	<b>Symptomatologie</b>	398
31.3	<b>Prävalenz</b>	399
31.3.1	Psychische Folgen verschiedener Arten von Traumata	399
31.3.2	Psychologische Folgeschäden bei Kindern und Jugendlichen	400

<b>31.4</b>	<b>Risikofaktoren</b> . . . . .	400
<b>31.5</b>	<b>Neurobiologische Mechanismen</b> . . . . .	400
31.5.1	Hirnstrukturelle Veränderungen . . . . .	400
31.5.2	Hirnfunktionelle Veränderungen . . . . .	401
31.5.3	Neurochemische Veränderungen . . . . .	402
31.5.4	Endokrinologische Veränderungen . . . . .	402
<b>31.6</b>	<b>Diagnostik</b> . . . . .	402
<b>31.7</b>	<b>Therapie</b> . . . . .	403
31.7.1	Psychotherapie . . . . .	403
31.7.2	Pharmakotherapie . . . . .	404
	<b>Literatur</b> . . . . .	404
	 <b> Serviceteil</b> . . . . .	 409
	Sachverzeichnis . . . . .	410

## Mitarbeiterverzeichnis

---

### **Adams, Hans Anton, Prof. Dr. med.**

Fichtenweg 3  
54293 Trier-Ehrang  
adams.ha@gmx.de

### **Andruszkow, Hagen, Dr. med.**

Universitätsklinikum Aachen  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
handruszkow@ukaachen.de

### **Arndt, Christian, Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
arndtc@med.uni-marburg.de

### **Auner, Birgit, Dr. med.**

Universitätsklinikum Frankfurt am Main  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Theodor-Stern-Kai 7  
60590 Frankfurt am Main  
Birgit.Auner@kgu.de

### **Bartsch, Detlef K., Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
bartsch@med.uni-marburg.de

### **Beickert, Ruprecht, Dr. med.**

BG Unfallklinik Murnau  
Prof.-Küntscher-Str. 8  
82418 Murnau am Staffelsee  
ruprecht.beickert@bgu-murnau.de

### **Bickenbach, Johannes, PD Dr. med.**

Uniklinikum der RWTH Aachen  
Klinik für Operative Intensivmedizin und  
Intermediate Care  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
jbickenbach@ukaachen.de

### **Bouillon, Bertil, Prof. Dr. med.**

Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Standort Merheim,  
Lehrstuhl der Universität Witten-Herdecke  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und  
Sporttraumatologie  
Ostmerheimer Straße 200  
51109 Köln  
BouillonB@kliniken-koeln.de

### **Bozkurt, Ahmet, Prof. Dr. med.**

HELIOS Universitätsklinikum Wuppertal  
Klinik für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Hand- und  
Verbrennungschirurgie  
Heusnerstraße 40  
42283 Wuppertal  
abozkurt77@gmx.de

### **Brockamp, Thomas, Dr. med.**

Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Standort Merheim,  
Lehrstuhl der Universität Witten-Herdecke  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und  
Sporttraumatologie  
Ostmerheimer Straße 200  
51109 Köln  
tbrockamp@gmail.com

### **Bücking, Benjamin, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Gießen und Marburg,  
Standort Marburg  
Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Baldingerstraße  
35033 Marburg  
buecking@med.uni-marburg.de

### **Bühren, Volker, Prof. Dr. med.**

BG Unfallklinik Murnau  
Prof.-Küntscher-Straße 8  
82418 Murnau am Staffelsee  
volker.buehren@bgu-murnau.de

### **Busse, Daniel, Dr. med.**

Alfred Krupp Krankenhaus  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Alfred-Krupp-Straße 21  
45131 Essen  
daniel.busse@krupp-krankenhaus.de

### **Debus, Florian, PD Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
debusfl@med.uni-marburg.de

**Flohé, Sascha, Prof. Dr. med.**

Städt. Klinikum Solingen gGmbH  
Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Handchirurgie  
Gotenstraße 1  
42653 Solingen  
Flohe.Sascha@klinikumsolingen.de

**Frink, Michael, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
frink@med.uni-marburg.de

**Gonschorek, Oliver, Dr. med.**

BGU Murnau  
Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie  
Prof.-Küntschers-Straße 8  
82418 Murnau  
Oliver.Gonschorek@bgu-murnau.de

**Grottke, MPH, Oliver, PD Dr. Dr. med.**

Universitätsklinikum Aachen  
Klinik für Anästhesiologie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
ogrottke@ukaachen.de

**Güsgen, Christoph, Dr. med.**

Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz  
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie  
Rübenacherstraße 170  
56072 Koblenz  
christoph.guesgen@web.de

**Habel, Ute, Prof. Dr. rer. soc.**

Uniklinik RWTH Aachen  
Klinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
uhabel@ukaachen.de

**Hauck, Stefan, Dr. med.**

BGU Murnau  
Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie  
Prof.-Küntschers-Straße 8  
82418 Murnau  
Stefan.Hauck@bgu-murnau.de

**Hildebrand, Frank, Univ.-Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Aachen  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
fhildebrand@ukaachen.de

**Hoffmann, Reinhard, Prof. Dr. med. Dr. med. habil.**

BG Unfallklinik Frankfurt am Main gGmbH  
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie  
Friedberger Landstraße 430  
60389 Frankfurt am Main  
Reinhard.Hoffmann@BGU-Frankfurt.de

**Hofman, Alexander, Prof. Dr. med.**

Westpfalz Klinikum  
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie 1  
Hellmut-Hartert-Straße 1  
67655 Kaiserslautern  
ahofmann@westpfalz-klinikum.de

**Hohenfellner, Markus, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Klinik für Urologie  
Im Neuenheimer Feld 110  
69120 Heidelberg  
hohenfellner@med.uni-heidelberg.de

**Honickel, Markus, Dr. med.**

Universitätsklinikum Aachen  
Klinik für Anästhesiologie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
mhonickel@ukaachen.de

**Huber-Wagner, Stefan, Prof. Dr. med.**

Technische Universität München  
Klinikum rechts der Isar, Klinik und Poliklinik  
für Unfallchirurgie  
Ismaningerstraße 22  
81675 München  
huber-wagner@mri-tum.de

**Koch, Matthias, Dr. med.**

Universitätsklinikum Regensburg  
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie  
93042 Regensburg  
matthias.koch@ukr.de

**Koenen, Paola, Dr. med.**

Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Standort Merheim,  
Lehrstuhl der Universität Witten-Herdecke  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und  
Sporttraumatologie  
Ostmerheimer Straße 200  
51109 Köln  
paola.koenen@googlemail.com

**Kuhn, MME, Sebastian, PD Dr. med.**

Universitätsmedizin Mainz, Johannes Gutenberg-  
Universität  
Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Langenbeckstraße 1  
55131 Mainz  
sebastian.kuhn@unimedizin-mainz.de

**Lefering, Rolf, Prof. Dr. med.**

Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Gesundheit  
Institut für Forschung in der Operativen Medizin (IFOM)  
Ostmerheimer Straße 200  
51109 Köln  
Rolf.Lefering@uni-wh.de

**Lögters, Tim, Prof. Dr. med.**

St. Antonius Krankenhaus  
Chirurgische Klinik, Unfall-, Hand- und  
Orthopädische Chirurgie  
Schillerstraße 23  
50968 Köln  
loegters@antonius-koeln.de

**Mahnken, MBA, MME, Andreas H., Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg,  
Philipps Universität Marburg  
Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
mahnken@med.uni-marburg.de

**Martin, Lukas, Dr. med.**

Uniklinikum der RWTH Aachen  
Klinik für Operative Intensivmedizin und  
Intermediate Care  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
lmartin@ukaachen.de

**Marx, Gernot, Prof. Dr. med.**

Uniklinikum der RWTH Aachen  
Klinik für Operative Intensivmedizin und  
Intermediate Care  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
gmarx@ukaachen.de

**Marzi, Ingo, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Frankfurt  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Theodor-Stern-Kai 7  
60590 Frankfurt am Main  
ingo.marzi@kgu.de

**Nerlich, Michael, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Regensburg  
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie  
93042 Regensburg  
michael.nerlich@ukr.de

**Oestern, Hans-Jörg, Prof. Dr. med.**

Schuberststraße 12  
20223 Celle  
hans-joerg.oestern@t-online.de

**Pallua, Norbert, Prof. Dr. med.**

Uniklinikum der RWTH Aachen  
Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und  
Verbrennungschirurgie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
npallua@ukaachen.de

**Pape, Hans-Christoph, Prof. Dr. med.**

Universitätsspital Zürich  
Klinik für Traumatologie  
Rämistrasse 100  
8091 Zürich, Schweiz  
hans-christoph.pape@usz.ch

**Perl, Mario, Prof. Dr. med.**

BG Unfallklinik Murnau  
Prof.-Küntschers-Straße 8  
82418 Murnau am Staffelsee  
Mario.Pperl@bgu-murnau.de

**Pfeifer, Roman, PD Dr. med.**

Universitätsspital Zürich  
Klinik für Traumatologie  
Rämistrasse 100  
8091 Zürich, Schweiz  
Roman.Pfeifer@usz.ch

**Probst, Christian, PD Dr. med.**

Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Standort Merheim,  
Lehrstuhl der Universität Witten-Herdecke  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und  
Sporttraumatologie  
Ostmerheimer Straße 200  
51109 Köln  
ProbstC@kliniken-koeln.de

**Radtke, Jan Philipp, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Klinik für Urologie  
Im Neuenheimer Feld 110  
69120 Heidelberg  
JanPhilipp.Radtke@med.uni-heidelberg.de

**Regel, Gerd, Prof. Dr. med.**

RoMed Klinikum Rosenheim  
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie  
Pettenkoferstraße 10  
83022 Rosenheim  
gerd.regel@ro-med.de

**Rixen, Dieter, Prof. Dr. med.**

OTS-Praxisklinik  
Ambulantes OP Zentrum (AOZ) und Gelenkzentrum  
Niederrhein (GZN)  
Clemensstraße 4  
47608 Geldern  
d.rixen@ots-praxisklinik.de

**Rommens, Pol Maria, Prof. Dr. med. Dr. h.c.**

Universitätsmedizin Mainz,  
Johannes Gutenberg-Universität  
Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Langenbeckstraße 1  
55131 Mainz  
pol.rommens@unimedizin-mainz.de

**Rossaint, Rolf, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Aachen  
Klinik für Anästhesiologie  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
rossaint@ukaachen.de

**Ruchholtz, Steffen, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
ruchholt@med.uni-marburg.de

**Schönberg, Gita, Dr. med.**

Universitätsklinikum Heidelberg  
Klinik für Urologie  
Im Neuenheimer Feld 110  
69120 Heidelberg  
Gita.Schoenberg@med.uni-heidelberg.de

**Schürholz, Tobias, Prof. Dr. med.**

Universitätsmedizin Rostock  
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und  
Intensivmedizin  
Schillingallee 35  
18057 Rostock  
Tobias.Schuerholz@med.uni-rostock.de

**Schwab, Robert, Prof. Dr. med.**

Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz  
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie  
Rübenacherstraße 170  
56072 Koblenz  
robertschwab@bundeswehr.org

**Schweigkofler, Uwe, Dr. med.**

BG Unfallklinik Frankfurt am Main gGmbH  
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie  
Friedberger Landstraße 430  
60389 Frankfurt am Main  
uwe.schweigkogler@bgu-frankfurt.de

**Simmel, Stefan, Dr. med.**

BG Unfallklinik Murnau  
Prof.-Küntscher-Straße 8  
82418 Murnau am Staffelsee  
stefan.simmel@gbu-murnau.de

**Smith, Elke, Dipl.-Psych.**

Uniklinik RWTH Aachen  
Klinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
esmith@ukaachen.de

**Sprengel, Kai, Dr. med.**

Universitätsspital Zürich  
Klinik für Traumatologie  
Rämistrasse 100  
8091 Zürich, Schweiz  
kai.sprengel@usz.ch

**Stahel, Philip F., Prof. Dr. med.**

Denver Health Medical Center  
Department of Orthopaedic Surgery  
Bannock Street 777  
CO 80204 Denver, USA  
Philip.Stahel@gmail.com

**Störmann, Philipp, Dr. med.**

Universitätsklinik Frankfurt  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Theodor-Stern-Kai 7  
60590 Frankfurt am Main  
Philipp.Stoermann@kgu.de

**Vassiliou, Timon, Dr. med.**

Klinikum Darmstadt GmbH  
Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin  
Grafenstraße 9  
64283 Darmstadt  
timon.vassiliou@mail.klinikum-darmstadt.de

**Weber, Johannes, Dr. med.**

Universitätsklinikum Regensburg  
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie  
93042 Regensburg  
johannes1.weber@ukr.de

**Weckbach, Sebastian, PD Dr. med.**

Universitätsklinikum Ulm, RKU  
Klinik für Orthopädie  
Oberer Eselsberg 45  
89081 Ulm  
sebastian.weckbach@rku.de

**Wöfl, Christoph, PD Dr. med.**

Krankenhaus Hetzelstift, Akademisches Lehrkrankenhaus  
der Johannes Gutenberg Universität Mainz  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und  
Sporttraumatologie  
Stiftstraße 10  
67434 Neustadt/Weinstraße  
c.woelfl@new.marienhaus-gmbh.de

**Wulf, Hinnerk, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Marburg  
Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie  
Baldingerstraße  
35043 Marburg  
H.Wulf@med.uni-marburg.de

**Wurster, Christoph, Dr. med.**

Klinikum Wetzlar  
Allgemeine, Viszerale und Onkologische Chirurgie  
Forsthausstraße 1  
35578 Wetzlar  
Christoph.Wurster@lahn-dill-kliniken.de

**Wutzler, Sebastian, Prof. Dr. med.**

Universitätsklinikum Frankfurt  
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Theodor-Stern-Kai 7  
60590 Frankfurt am Main  
Sebastian.Wutzler@kgu.de

# Allgemeine Aspekte

## Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 1**      **Grundlagen der Schwerverletztenversorgung, Epidemiologie – 3**  
*S. Flohé, T. Lögters*
- Kapitel 2**      **Prävention des Polytraumas – 11**  
*P. Koenen, T. Brockamp, B. Bouillon, Ch. Probst*
- Kapitel 3**      **TraumaNetzwerk und TraumaRegister DGU – 21**  
*F. Debus, S. Ruchholtz, R. Lefering*
- Kapitel 4**      **Die Einschätzung und Prognose polytraumatisierter Patienten – 29**  
*H. Andruszkow, H.-J. Oestern*
- Kapitel 5**      **Berufsgenossenschaftliches Heilverfahren in der Traumaversorgung – 37**  
*M. Perl, R. Beickert, S. Simmel, V. Bühren*
- Kapitel 6**      **Fortbildung – 47**  
*C. Wöfl, S. Flohé, R. Pfeifer, H.-C. Pape*
- Kapitel 7**      **Pathophysiologie nach Polytrauma – 53**  
*F. Hildebrand, H. Andruszkow, M. Frink*

# Grundlagen der Schwerverletztenversorgung, Epidemiologie

*S. Flohé, T. Lögters*

- 1.1 Definition der schweren Verletzung – 4
- 1.2 Sozioökonomische Bedeutung  
des Schwerverletzten – 4
- 1.3 Todeszeitpunkt und -ursachen bei schwerer Verletzung – 5
- 1.4 Verletzungsmuster und Erstversorgung  
des Schwerverletzten in Deutschland – 6
- 1.5 Relevante Einflussgrößen auf den Outcome  
nach schwerer Verletzung – 7
  
- Literatur – 8

## 1.1 Definition der schweren Verletzung

Es existieren eine Vielzahl von Begriffen, die versuchen den Zustand eines verletzten Patienten und dessen Bedrohungspotenzial zu beschreiben. Im deutschen Sprachgebrauch werden die Begriffe «schwerverletzt» oder «schwerstverletzt» sowie «Polytrauma» oder «polytraumatisiert» benutzt, um die Kombination einer oder mehrerer Verletzungen mit einer potenziell lebensbedrohenden Gefährdung für den Patienten zu beschreiben. Diese Begriffe werden auch in den einzelnen Kapiteln dieses Buches gleichberechtigt nebeneinander benutzt. Im angloamerikanischen Sprachgebrauch werden die Begriffe «multiple injury» oder «severely injured» mit der gleichen Intention benutzt. Auch im angloamerikanischen Sprachgebrauch erscheint der Begriff «polytrauma», wobei es dieses Wort in offiziellen englischen Wörterbüchern aber nicht gibt. Auch wenn alle Begriffe versuchen, die gleichen Patientenkollektive zu beschreiben, so gibt es keine einheitliche Definition für diese Patienten, aber eine Vielzahl von Charakterisierungen. So gilt nach polizeiamtlichen Statistiken ein Unfallverletzter als «schwerverletzt», wenn er nach dem Unfall einer stationären Krankenhausbehandlung bedarf. Diese Definition deckt aber sicher nicht die medizinischen Aspekte einer Charakterisierung solcher Patienten ab (Paffrath et al. 2014).

Der Begriff «Polytrauma» wurde von verschiedenen Autoren definiert, wobei sich in der Regel als gemeinsamer Nenner das Vorhandensein mehrerer Verletzungen mit einer potenziellen Lebensgefahr ergibt. Der Begriff wurde erstmals durch Trentz und Tscherne 1978 in die Literatur eingebracht (Trentz et al. 1978). Sprachlich betrachtet, kommt hierbei die Präsilbe «poly» vom griechischen Ursprung «polys» und wird mit den Bedeutungen «viel, viele oder mehrere» übersetzt. In diesem Zusammenhang ist zu diskutieren, ob «polys» nicht auch mit «viel» übersetzt werden kann. Dies erscheint insofern von Relevanz, als dass man sprachlich auch das schwere isolierte Trauma eines Organs mit einer assoziierten potenziellen Lebensbedrohung unter dem Begriff «Polytrauma» zusammenfassen könnte.

Im angloamerikanischen Sprachgebrauch hat sich weitestgehend der Begriff «severely injured» durchgesetzt. Die Verletzungsschwere der drei schwersten Einzelverletzungen verschiedener Körperregionen wird durch den Abbreviated Injury Scale (AIS) erfasst und nach Quadrieren zum Injury Severity Score (ISS) summiert (Baker u. O'Neill 1976). Ab einem ISS >15 Punkten wird in der Regel von dem «severely injured patient» gesprochen. Diese Definition hat sich im klinischen Alltag und für Fallzahlbeschreibungen durchgesetzt und wird auch für wissenschaftliche Analysen, z. B. aus dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TraumaRegister DGU®), herangezogen. Eine rein anatomische Beschreibung oder Definition der Verletzungsschwere hat aber naturgemäß Schwächen, welche insbesondere die Homogenität des Gefährdungspotenzials betreffen. Patienten können daher trotz eines gleichen ISS durchaus sehr unterschiedliche Prognosen in Bezug auf die Überlebenschancen haben. Ein Grund hierfür ist die

fehlende Berücksichtigung physiologischer Parameter, die einen relevanten Einflussfaktor für den klinischen Verlauf nach einem schweren Unfall darstellen.

Eine Schärfung der Definition «Polytrauma» ist nicht zuletzt für die akademische Vergleichbarkeit von Studien wünschenswert. Kürzlich sind daher von Arbeitsgruppen «geschärfte» Definitionen des Begriffs «Polytrauma» und «schwerverletzt» publiziert worden. Diese beruhen im Wesentlichen darauf, dass zusätzlich zur anatomischen Beschreibung der Verletzung physiologische Parameter, wie zum Beispiel das Vorhandensein eines Schocks oder einer Bewusstseinsstörung, hinzugezogen werden. Dadurch lassen sich Kollektive definieren, die eine Mortalität von ca. 20 % haben und somit die «Lebensbedrohung» in ihrer Begriffsdefinition verinnerlicht haben (Paffrath et al. 2014). Die neueste Definition wurde anhand der Daten des TraumaRegister DGU® in einem 5-jährigen Konsensusprozess entwickelt und setzt sich wie folgt zusammen:

### Definition des Polytraumas (Pape et al. 2014)

- Abbreviated Injury Scale (AIS) > 2 in zwei verschiedenen Körperregionen
- Alter > 60 Jahre
- und eine weitere pathophysiologische Veränderung

## 1.2 Sozioökonomische Bedeutung des Schwerverletzten

Das Trauma ist weltweit die führende Todesursache für Menschen unter 40 Jahren. Insgesamt rangiert das Trauma laut WHO-Bericht als Todesursache Nummer 3 nach kardiovaskulären und Infektionskrankheiten (Wick et al. 1997). Auch den Angaben des statistischen Bundesamtes zufolge (Statistisches Bundesamt 2014) stellt die Verletzung (zusammengefasst mit Vergiftung) die führende Todesursache der unter 40-Jährigen in Deutschland dar und rangiert als Todesursache Nummer 6 mit insgesamt 31.511 Sterbefällen im Jahr 2013 in der offiziellen Todesursachenstatistik.

Über die Anzahl von schwerverletzten Patienten existieren sehr unterschiedliche Angaben. Hierbei schwanken die Zahlen für Deutschland zwischen 20.000 und 35.000 Schwerverletzte pro Jahr (Haas 2000; Kühne et al. 2006; Liener et al. 2004). Diese Heterogenität der Zahlen beruht u. a. auf unterschiedlichen Erhebungsmethoden und der uneinheitlichen Definition des Schwerverletzten.

Das TraumaRegister DGU® liefert inzwischen eine fast flächendeckende Dokumentation der im Krankenhaus behandelten Schwerverletzten in Deutschland. Aus dem Jahresbericht 2014 des TraumaRegister DGU® geht hervor, dass über die Hälfte aller Schwerverletzten (52,5 %) im Straßenverkehr verunglücken (23,9 % Autounfall, 12,3 % Motorrad, 9,3 % Fahrradfahrer, 7 % Fußgänger) (TraumaRegister DGU 2014). Daher geben auch die Entwicklungen in der Verkehrsunfallstatistik einen guten Überblick über die Entwicklung

der Gesamtzahl der Schwerverletzten. Das statistische Bundesamt veröffentlicht jährlich die Entwicklung der erfassten Verkehrsunfälle. So war 2013 mit ca. 2,4 Mio. Straßenverkehrsunfällen und einem 0,5 %igen Anstieg im Vergleich zum Vorjahr zwar das unfallreichste Jahr seit der Wiedervereinigung, die Zahl der Verkehrstoten lag allerdings auf dem niedrigsten Stand seit Beginn der Erhebung im Jahr 1953. Insgesamt starben im Jahr 2013 3339 Menschen im Straßenverkehr. In den Höchstzeiten (1970) waren dies noch über 5 Mal mehr (Unfallstatistik 1970 mit 21.332 Todesopfern). Parallel zum Rückgang der Todesopfer im Straßenverkehr wurde 2013 auch ein Rückgang der Schwerverletzten um 3,4 % angegeben. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der schwerverletzte Patient in dieser Statistik durch die Notwendigkeit der stationären Überwachung nach einem Unfall definiert wird (Statistisches Bundesamt 2014). Trotz dieser Entwicklung bleibt in manchen Altersgruppen der Straßenverkehr unverändert ein relevanter Gefahrenfaktor. Die Altersgruppe Gruppe der 18- bis 24-Jährigen hat bezogen auf die Gesamtbevölkerung immer noch das höchste Sterberisiko im Straßenverkehr. Im Jahr 2013 waren es 77 getötete junge Erwachsene je 1 Mio. Personen dieser Altersgruppe. Das zweithöchste Risiko besteht inzwischen für Senioren (60 Getötete je 1 Mio. Personen ab 65 Jahre).

Die Bedeutung der Verletzung im Allgemeinen und des schwerverletzten Patienten im Besonderen für die Kosten im Gesundheitssystem sind auch aufgrund des unklaren jährlichen Patientenaufkommens nur unzureichend erfasst. Obwohl sich der genaue Anteil der Schwerverletzten für das stationäre Patientenaufkommen nicht genau beziffern lässt, ist die generelle Bedeutung der Unfallchirurgie für das Gesundheitswesen erheblich. So stellt die Unfallchirurgie einen relevanten Anteil der stationären Patientenversorgung in Deutschland dar. Von den im Jahr 2013 insgesamt 18.133.711 stationär behandelten Patienten in Deutschland wurden 1.049.202 in Abteilungen für Unfallchirurgie oder Orthopädie und Unfallchirurgie behandelt (Statistisches Bundesamt 2014). Dies deutet auch auf eine hohe ökonomische Relevanz der Verletzungsfolgen hin. So geht aus Statistiken der Europäischen Union hervor, dass allein durch Verkehrsunfälle in der letzten Dekade Kosten in Höhe von 2 % des Bruttonationalproduktes der EU-Mitgliedsländer entstanden sind. Das entspricht für das Jahr 2012 kalkulierten Kosten von 250 Mrd. EUR (EU-Kommission 2013). Auch das Bundesamt für Straßenwesen (BASt) gibt in seiner Unfallkostenstatistik für 2012 Gesamtkosten von 32 Mrd. EUR durch Verkehrsunfälle in Deutschland an (BASt 2015). Von diesen Kosten fallen 58 % durch Sachschäden und 42 % durch Personenschäden an. Der Kostensatz für einen Schwerverletzten wird in dieser Statistik mit 116.151 EUR angegeben. Das Nachbarland Österreich kommt auf ähnliche Angaben. Das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Österreich geht in seiner Statistik aus dem Jahr 2011 von volkswirtschaftlichen Unfallkosten in Höhe von 114.044 EUR pro Schwerverletztem aus (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Österreich 2011).

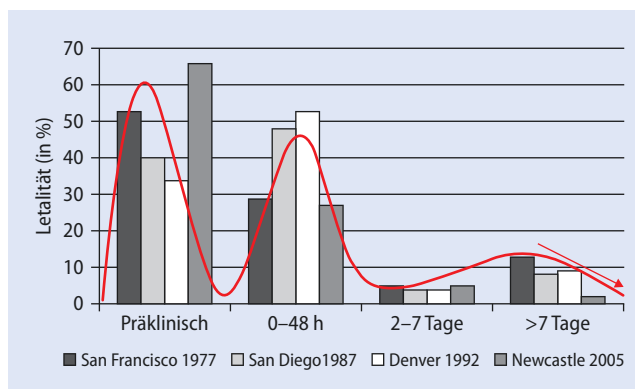
### 1.3 Todeszeitpunkt und -ursachen bei schwerer Verletzung

Baker et al. untersuchten im Jahre 1977 ein Kollektiv von 437 Unfalltoten aus San Francisco, Kalifornien (Baker et al. 1980). Die Letalität wurde eingeteilt in Tod am Unfallort (53,1 %), Tod im Schockraum (7,3 %), Tod innerhalb der ersten 2 Tage (21,5 %), Tod nach 2–7 Tagen (5,5 %) und später Tod nach mehr als 7 Tagen (12,6 %). Baker et al. entwickelten daraufhin das Modell der trimodalen Verteilung der Traumaletalität (Baker et al. 1980; ■ Abb. 1.1):

- unmittelbarer Unfalltod am Unfallort oder innerhalb der ersten 60 min. (45 %),
- frühe Letalität innerhalb 1–4 h nach Trauma (24 %),
- späte Letalität nach >1 Woche (20 %).

Der dritte späte Häufigkeitsgipfel im Modell der trimodalen Traumaletalität ist auf Sepsis und Multiorganversagen zurückzuführen. Durch Fortschritte in der Erstbehandlung ebenso wie in der interdisziplinären intensivmedizinischen Behandlung konnte der dritte Letalitätsgipfel in den letzten Jahren deutlich reduziert werden. In neueren Studien erscheint er nicht als eigenständig nachweisbar (Evans et al. 2010; ■ Abb. 1.1). Dennoch bleiben das posttraumatische Organversagen bzw. das Multiorganversagen und posttraumatische Infektionen (z. B. Sepsis) weiterhin relevante Faktoren für die Morbidität nach schwerem Trauma. Somit bestimmen diese Komplikationen dennoch weiterhin wesentlich die Dauer der Behandlung und auch die Höhe der Behandlungskosten nach einer schweren Verletzung, auch wenn der schwerverletzte Patient nur noch selten an diesen verstorbt.

Für die Letalität nach Trauma können somit prinzipiell noch zwei wesentliche Ursachen angesehen werden. Dies ist zum einem der Blutungsschock bzw. die nichtkontrollierbare traumatische Blutung, zum anderem das nichtbehandelbare Schädelhirntrauma (SHT) oder hieraus resultierende, nicht überlebende Folgen. Beide Faktoren machen jeweils ca. 40 % der Todesursachen nach Trauma aus, wobei hier regionale Unterschiede bestehen. Während eine Erhebung aus den USA die Exsanguination in 39 % und das SHT in 42 % der Fälle für



■ Abb. 1.1 Trimodale Letalitätskurve. (Modifiziert nach Evans et al. 2010)

**Tab. 1.1** Charakteristika schwerverletzter Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®a</sup>

Parameter	Wert
Alter (Jahre)	48,7
Männliches Geschlecht (%)	69
Verletzungsschwere (ISS)	15,7
GCS <9 (%)	15
RR systolisch <90 mmHg (%)	9
Bluttransfusion im Schockraum oder während Erst-OP (%)	7

<sup>a</sup> TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresbericht 2014 (Stand bis Ende 2013)

das Versterben nach Trauma verantwortlich macht (Sawaia et al. 1995), weisen Zahlen aus Deutschland einen höheren Anteil des SHT als Todesursache nach Trauma auf. Insgesamt ist der Prozentsatz der Patienten, die an den Folgen eines SHT versterben, in den letzten Jahrzehnten ansteigend (Pfeifer et al. 2009).

#### 1.4 Verletzungsmuster und Erstversorgung des Schwerverletzten in Deutschland

Das TraumaRegister DGU<sup>®</sup> gibt einen guten Überblick über die Schwerverletztenversorgung in Deutschland. In dem TraumaRegister DGU<sup>®</sup> werden alle Patienten erfasst, die über den Schockraum einer Klinik aufgenommen werden und anschließend auf einer Intensiv- oder Intermediate-Care-Station überwacht werden oder während der Schockraum- oder primären Operationsphase versterben. Basierend auf den Angaben des aktuellen Jahresberichts 2014 (beinhaltet die bis Ende 2013 verunfallten Patienten) ist der Schwerverletzte in Deutschland im Mittel 48,7 Jahre alt und in 69 % männlichen Geschlechts. 15 % der Patienten im TraumaRegister DGU<sup>®</sup> haben eine relevante Bewusstseinsbeschränkung bei Aufnahme oder am Unfallort (Glasgow Coma Scale [GCS] < 9), was auf einen hohen Anteil von Patienten mit einem SHT hindeutet. 9 % aller Patienten weisen als Hinweis für einen Schock bei Aufnahme einen systolischen Blutdruck < 90 mmHg auf. Hierzu passend erhalten 7 % der Patienten Blutprodukte im Rahmen der Erstversorgung (Tab. 1.1).

Das TraumaRegister DGU<sup>®</sup> gibt auch einen Einblick in die präklinische Versorgungsrealität der Schwerverletzten. Während über die Hälfte der Patienten im Straßenverkehr verunfallen, stellen Stürze, Selbsttötung und Gewaltverbrechen weitere Ursachen dar (Abb. 1.2). Der Anteil an penetrierendem Trauma ist mit 4,6 % gering. Dies unterscheidet das deutsche Traumaregister zum Beispiel von amerikanischen Datenbanken. In der National Trauma Data Bank (NTDB) des American College of Surgeons liegt der Anteil des penetrierenden Traumas im aktuellen Jahresbericht bei

**Tab. 1.2** Präklinische Versorgungsdaten schwerverletzter Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®a</sup>

Art der Versorgung	Patienten (in %)
Bodengebundene Rettung mit Notarzt	61
Luftgebundene Rettung mit Notarzt	17,6
Rettung ohne Notarzt	15,4
Privat-/Selbsteinweisung	3,2
Fehlende Angabe	3,5
Präklinische Intubationsrate	19,6

<sup>a</sup> TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresbericht 2014 (Stand bis Ende 2013)

**Tab. 1.3** Präklinische Volumengabe bei schwerverletzten Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®a</sup> im zeitlichen Verlauf.

	2002	2007	2013
Gesamtmenge präklinisches Volumen (ml)	–	1169 ± 926	651 ± 587
Kristalloide (ml)	1082 ± 686	965 ± 584	737 ± 488
Kolloide (ml)	795 ± 468	713 ± 400	582 ± 309

<sup>a</sup> TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresberichte 2003, 2008, 2014

9 % (American College of Surgeons 2014). In Deutschland werden etwas mehr als ein Viertel der Patienten mittels Luftrettung in die Klinik gebracht, der Rest mittels bodengebundenem Notarzt. Insgesamt werden 20 % der Patienten bereits präklinisch intubiert, bei einem GCS < 9 sind dies 83 % der Fälle (Tab. 1.2). Die mittlere, präklinisch applizierte Volumenmenge ist in den letzten Jahren deutlich rückläufig. 2013 wurden im Mittel in der Präklinik 651 ml Volumen gegeben, wohingegen im Vergleich 5 Jahre davor noch 1169 ml Flüssigkeit appliziert wurden. Im Jahr 2002 wurden im Mittel allein 1082 ml kristalloide Flüssigkeit verabreicht (Tab. 1.3). Ein besseres Verständnis der Bedeutung einer Dilutionskoagulopathie nach Trauma und eine zunehmende Relevanz des Konzepts der permissiven Hypotension können Faktoren darstellen, die diese Entwicklung der Registerdaten erklären. Übereinstimmend wurden in der Literatur Hinweise für positive Effekte einer kontrolliert-dosierten Flüssigkeitsgabe bei Schwerverletzten auf das Gerinnungssystem gefunden (Leenen et al. 2014).

Bei der Verteilung der verletzten Körperregionen zeigt sich die hohe Relevanz des SHT bei den Schwerverletzten in Deutschland. Über 60 % der schwerverletzten Patienten weisen eine Kopfverletzung auf. Der Anteil der Patienten mit einem relevanten SHT mit einem AIS ≥ 3 Punkten liegt bei 30 %. Betrachtet man nur schwerletzte Patienten mit einem ISS > 15 Punkten, so liegt der Anteil der Patienten mit einem

■ **Tab. 1.4** Outcome der schwerverletzten Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®a</sup>

Parameter	Wert
Intensivbehandlung (Tage)	6,4
Beatmungsdauer (Tage)	2,9
Krankenhausaufenthalt (Tage)	14,1
Multiorganversagen (%)	19,7
Sepsis (%)	4,7
Krankenhausletalität (%)	9,2

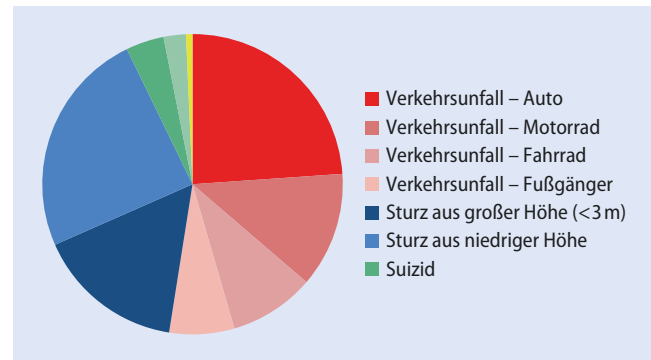
<sup>a</sup> TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresbericht 2014 (Stand bis Ende 2013)

SHT mit AIS  $\geq 2$  Punkten sogar bei 60,7 %. Nur der Anteil des Thoraxtraumas liegt bei diesen Patienten ähnlich hoch (59,2 %), was die Relevanz dieser Verletzungsentität unterstreicht. In diesem Zusammenhang erscheint bemerkenswert, dass sich die Anwendungshäufigkeit der Computertomographie (CT) im Bereich des Torsos deutlich erhöht hat. So wird inzwischen bei 71 % der Patienten eine Ganzkörper-CT durchgeführt, wohingegen dieser Anteil vor 10 Jahren noch bei <10 % lag. Trotzdem bleiben die Verletzungsmuster im Bereich des Stammskeletts über die Jahre relativ konstant. Die untere Extremität ist die am dritthäufigsten betroffene Region, gefolgt von der oberen Extremität, dem Becken und dem Abdomen. Das «Traumamännchen» aus dem aktuellen Jahresbericht des TraumaRegisters DGU<sup>®</sup> gibt eine gute Übersicht über das Verletzungsmuster, wobei sich diese Darstellung nur auf die Patienten mit einem ISS >15 Punkte bezieht und Verletzungen mit einem AIS von mindestens 2 Punkten berücksichtigt (■ Abb. 1.3).

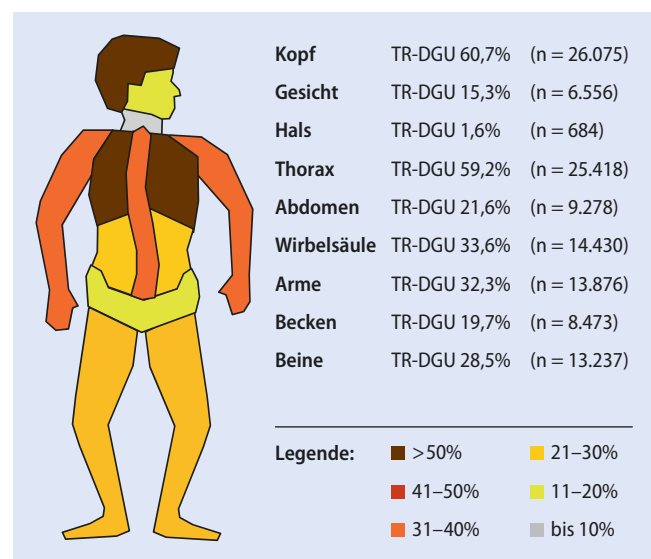
Bezüglich des Behandlungsverlaufs lassen sich noch folgende wesentliche Aspekte für das Jahr 2013 zusammenfassen. Der Anteil aller Patienten mit einem ISS >15 im TraumaRegister DGU<sup>®</sup> lag bei 44 %. Die durchschnittliche Verweildauer auf der Intensivstation lag bei 6,4 Tagen, die durchschnittliche Beatmungsdauer bei 2,9 Tagen und die Krankenhausverweildauer bei 14,9 Tagen. 19,7 % der Patienten entwickelten im posttraumatischen Verlauf ein Multiorganversagen, 4,7 % eine Sepsis. Die Krankenhausletalität lag bei 8,6 % (■ Tab. 1.4). Es ist erwähnenswert, dass das durchschnittliche Alter des Patienten im TraumaRegister DGU<sup>®</sup> kontinuierlich steigt. Lag das Durchschnittsalter vor 10 Jahren noch bei 41,6 Jahren, so ist dieses inzwischen bei 48,7 Jahren angelangt. Hiermit spiegelt das Register die Entwicklung der Bevölkerung im Allgemeinen wider.

## 1.5 Relevante Einflussgrößen auf den Outcome nach schwerer Verletzung

Die Behandlungsqualität der Schwerverletzten hat sich in Deutschland in den letzten beiden Dekaden in verschiedenen Aspekten deutlich verändert. Auch wenn wissenschaftlich



■ **Abb. 1.2** Todesursachen der schwerverletzten Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®</sup>. (Daten aus TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresbericht 2014, Stand bis Ende 2013)



■ **Abb. 1.3** Verletzungsmuster der schwerverletzten Patienten des TraumaRegister DGU<sup>®</sup> (AIS >2 Verletzungen). (Aus TraumaRegister DGU<sup>®</sup> Jahresbericht 2014, Stand bis Ende 2013)

betrachtet, ein kausaler Zusammenhang mit gesunkenen Mortalitätsraten nicht bewiesen werden kann, so liegt der Schluss doch nahe, dass zumindest die Summe der Veränderungen einen Einfluss auf die Behandlungsergebnisse der Schwerverletzten hat.

Folgende wesentliche Maßnahmen, die in diesem Buch auch noch in Einzelkapiteln ausführlich bearbeitet werden, sind hierbei zu nennen:

### 1. Veränderung der OP-Strategien beim Schwerverletzten – Damage Control Surgery (DCS)

Das Konzept einer abgestuften Versorgung des Schwerverletzten wird inzwischen als Standardversorgung bei diesen Patienten angesehen. So steht im Rahmen dieser Behandlungsstrategie bei der Erstversorgung die Blutungs- und Kontaminationskontrolle im Vordergrund. Nachdem der Patient physiologisch rekompensiert ist, erfolgt dann die definitive Versorgung der entsprechenden Verletzung. Das Konzept wurde für das Abdominaltrauma begründet und der Begriff «Damage Control

Surgery» von Michael Rotondo in die Literatur eingebracht, auch wenn die chirurgischen Techniken dieses Konzepts bereits früher Anwendung fanden (Rotondo et al. 1993). Auf die Behandlung des muskuloskelettalen Systems wurde das Konzept im Sinne des «Damage Control Orthopedics» übertragen. Hier werden zum Beispiel Frakturen langer Röhrenknochen nach Möglichkeit in der Akutphase zunächst nur temporär mittels externer Fixation stabilisiert. Die definitive Stabilisierung dieser Frakturen erfolgt dann zu einem späteren Zeitpunkt, in der die Gesamtsituation des Patienten dieses zulässt. Trotz guter klinischer Erfahrungen mit der Anwendung dieses Konzepts gibt es nach den Kriterien der evidenzbasierten Medizin im Sinne von randomisierten Studien bis dato keinen eindeutigen Wirkungsnachweis. Die Analyse von retrospektiven Daten unterstützt aber die großzügige Anwendung des Damage-Control-Surgery-Konzepts beim Abdominaltrauma (Matthes et al. 2006). Das Konzept des Damage Control Orthopedics findet zwar ebenfalls eine breite Anwendung, die Studienlage ist jedoch uneinheitlich (Rixen et al. 2005). Die wesentliche Schwierigkeit liegt darin, diejenigen Patienten zu identifizieren, die Damage-Control-Konzepte benötigen bzw. von diesen besonders profitieren.

## 2. Erkennung und Behandlung der Koagulopathie beim Trauma

Die unfallbedingte Veränderung der Gerinnungsfähigkeit des Blutes ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus des Interesses gerückt (Wafaisade et al. 2012). Die Bedeutung der Koagulopathie für das Trauma war auch ein entscheidender Trigger zur Entwicklung des Damage-Control-Surgery-Konzepts. Neben der Anpassung der OP-Strategie wird bei Traumapatienten auch das Volumen- und Transfusionsregime entsprechend angepasst. In diesem Zusammenhang wurde der Begriff «Damage Control Resuscitation» (DCR) eingeführt. Hierbei wird das operative Konzept ergänzt durch die frühzeitige Bluttransfusion, die Minimierung der kristalloiden Flüssigkeitssubstitution und Korrektur der Koagulopathie durch Plasmen und/oder Faktorengabe. Wie häufig in der Geschichte der Unfallchirurgie waren die Erkenntnisse aus der Militärchirurgie maßgeblich für die Etablierung solcher Konzepte. Die konsequente Anwendung von DCR in den letzten militärischen Auseinandersetzungen des US-Militärs im Irak und Afghanistan reduzierte die Mortalität von verwundeten Soldaten auf 10 % im Vergleich zu 24 % im ersten Golfkrieg (1990–1991) und dem Vietnamkrieg (1961–1973; Pidcoke et al. 2012).

## 3. Einführung von Traumazentren und Traumanetzwerken

Die Etablierung von auf die Traumaversorgung spezialisierten Zentren ist ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung der Schwerverletztenversorgung. Während die Level I–IV Traumazentren in den USA bereits seit Ende des 20. Jahrhunderts vom American College of Surgeon

(ACS) zertifiziert werden, startete diese Entwicklung in Deutschland erst im Jahr 2007. Dafür wurde dieses Konzept in Deutschland in einer sehr hohen Geschwindigkeit umgesetzt und durch den Gedanken eines Traumanetzes, in dem die Traumazentren verschiedener Versorgungsstufen untereinander verbunden sind und für eine Region die Versorgung sicherstellen, erweitert. So kann man heute sagen, dass Deutschland durch ein flächendeckendes Netz von unfallchirurgischen Abteilungen unterschiedlicher Versorgungsstufen abgedeckt wird (Frink et al. 2013). Ähnliche Strukturen wurden auch in Großbritannien etabliert. Sowohl für Deutschland als auch für Großbritannien konnte gezeigt werden, dass diese vernetzten Strukturen einen positiven Einfluss auf die Versorgungsqualität von Schwerverletzten haben (Ruchholtz et al. 2014).

## 4. Etablierung von Ausbildungssystemen

Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) ist das weltweit am weitesten verbreitete Ausbildungskonzept für die Behandlung von Schwerverletzten. In Deutschland wurde dieses Lehrkonzept 2003 eingeführt und inzwischen werden in knapp 100 Kursen/Jahr jährlich ca. 1600 Ärzte geschult. Präklinisch wird ein analoges prioritätenorientiertes Handeln in Kursen des Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) gelehrt. Die erste operative Phase der Schwerverletztenversorgung kann durch Trauma-fokussierte Notoperationskurse trainiert werden. Unter diesen ist der Definitive-Surgical-Trauma Care™ (DSTC™)-Kurs der international am weitesten entwickelte Kurs. Dieser wurde 2008 in Deutschland etabliert und rundet somit das Thema Ausbildung für die Schwerverletztenversorgung ab (Flohé u. Nast-Kolb 2009).

## Literatur

- American College of Surgeons (2014) National Trauma Data Bank (NTDB) Annual Report 2014. <https://www.facs.org/~media/files/quality%20programs/trauma/ntdb/ntdb%20annual%20report%202014.ashx>. Zugegriffen 16. Juni 2017
- Baker CC, Oppenheimer L, Stephens B, Lewis FR, Trunkey DD (1980) Epidemiology of trauma deaths. *Am J Surg* 140(1): 144–150
- Baker SP, O'Neill B (1976) The injury severity score: an update. *J Trauma* 16 (11): 882–885
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (2015) Verkehrs- und Unfalldaten, Kurzzusammenstellung der Entwicklung in Deutschland, Bergisch Gladbach. [http://www.bast.de/DE/Publikationen/Medien/Dokumente/Unfallkarten-national-deutsch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bast.de/DE/Publikationen/Medien/Dokumente/Unfallkarten-national-deutsch.pdf?__blob=publicationFile&v=5). (Zugegriffen 16. Juni 2017)
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) Österreich (2011) Volkswirtschaftliche Unfallkosten, Online-Dokument. <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/sicherheit/strassenverkehrsunfaelle/volkswirtschaft.html>. (Zugegriffen 16. Juni 2017)
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) (2014) TraumaRegister DGU® – Jahresbericht 2014 für den Zeitraum bis Ende 2013. Berlin, Online-Dokument. [http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/TR-DGU-Jahresbericht\\_2014.pdf](http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/TR-DGU-Jahresbericht_2014.pdf). (Zugegriffen 16. Juni 2017)
- EU-Kommission (2013) Commission staff working document: On the implementation of objective 6 of the European Commission's policy orientations on road safety 2011–2020 – First milestone towards