

NAEMT (Hrsg.)

Traumamanagement First Responder (TFR)

Präklinische Ersthilfe nach dem PHTLS-Konzept



URBAN & FISCHER

NAEMT (Hrsg.)
Traumamanagement First Responder (TFR)

"The fate of the wounded rests in the hands of the one who applies the first dressing."
„Derjenige, der dem Verwundeten den ersten Verband anlegt, hält sein Schicksal in den Händen.“

Dr. med. Nicholas Senn (1844–1908)
Amerikanischer Chirurg (Chicago, Illinois)
Gründer der Gesellschaft der Militärärzte der Vereinigten Staaten

NAEMT (Hrsg.)

Traumamanagement First Responder (TFR)

Präklinische Ersthilfe nach dem PHTLS-Konzept

1. Auflage

auf Grundlage der 1. englischen Auflage von *NAEMT: PHTLS Trauma First Response*
sowie der 7. englischen Auflage von *NAEMT: PHTLS – Prehospital Trauma Life Support*

Deutsche Bearbeitung und fachliche Begutachtung:

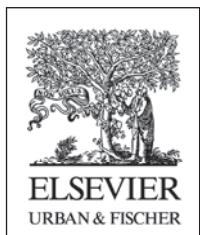
Michael Bernhardt (Kap. 1, 7, 9), Dr. med. Jörg Christian Brokmann (Kap. 4), Stephan Dönitz (Titelsei, Einleitung, Kap. 3, 6, 12), John Bastian Etti (Kap. 9, 10), Nicola Constanze Etti (Kap. 9, 10), Frank Flake (Kap. 9), Knut Gerken (Kap. 1, 10), Bernhard Gliwitzky (Kap. 12), Berthold Groß (Kap. 2, 5), David Häske, MSc (Kap. 1, 6), Dr. med. Thorsten Hauer (Kap. 7, 8, 11), Matthias Klausmeier (Kap. 9), Dr. med. Kathrin König (Kap. 6), Dr. med. Carsten Kopschina (Kap. 10), Sascha Küpper (Kap. 9), Karsten Ladehof (Kap. 9, 11), Torsten Oeverdieck (Kap. 9)

Koordination:

Frank Flake

Basierend auf PHTLS-Kursmanuskript Schweiz (außer Kap. 9), Übersetzer:

Dr. med. Pascal Häni
Dr. med. Micha Dambach
(Swiss German Regional Faculty)



URBAN & FISCHER München

Zuschriften an

Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, Hackerbrücke 6, 80335 München

Titel der Originalausgabe

NAEMT: Prehospital Trauma Life Support – Trauma First Response, 1st edition, Mosby Jems/Elsevier. © 2011 an affiliate of Elsevier Inc.
All rights reserved.

ISBN 978-0-323-07797-2

Wichtige Hinweis für den Benutzer

Die Erkenntnisse in der Medizin unterliegen laufendem Wandel durch Forschung und klinische Erfahrungen. Herausgeber, Autoren und Übersetzer dieses Werkes haben große Sorgfalt darauf verwendet, dass die in diesem Werk gemachten therapeutischen Angaben (insbesondere hinsichtlich Indikation, Dosierung und unerwünschter Wirkungen) dem derzeitigen Wissensstand entsprechen. Das entbindet den Nutzer dieses Werkes aber nicht von der Verpflichtung, anhand weiterer schriftlicher Informationsquellen zu überprüfen, ob die dort gemachten Angaben von denen in diesem Werk abweichen und seine Entscheidungen in eigener Verantwortung zu treffen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden in der Regel besonders kenntlich gemacht (®). Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann jedoch nicht automatisch geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warenamen handelt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage 2013

© Elsevier GmbH, München

Der Urban & Fischer Verlag ist ein Imprint der Elsevier GmbH.

13 14 15 16 17

5 4 3 2 1

Für Copyright in Bezug auf das verwendete Bildmaterial siehe die Angaben in Klammern in den Abbildungslegenden. Alle nicht gesondert ausgewiesenen Abbildungen: © Mosby Jems, an affiliate of Elsevier Inc.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Um den Textfluss nicht zu stören, wurde bei Patienten und Berufsbezeichnungen die grammatisch maskuline Form gewählt. Selbstverständlich sind in diesen Fällen immer Frauen und Männer gemeint.

Planung: Heiko Krabbe

Lektorat: Petra Eichholz

Redaktion: Frank Flake, Oldenburg

Herstellung: Kadja Gericke/Arnstorff, Hilde Graf/München

Satz: abavo GmbH, Buchloe/Deutschland; TnQ, Chennai/Indien

Druck und Bindung: Printer Trento s.r.l., Trento/Italien

Umschlaggestaltung: SpieszDesign, Neu-Ulm

Titelgrafik: Mosby/Elsevier

ISBN Print 978-3-437-48200-7

ISBN E-book 978-3-437-59243-0

Aktuelle Informationen finden Sie im Internet unter www.elsevier.de und www.elsevier.com

Verzeichnis der Mitarbeiter der Original-Ausgabe

Herausgeber

Peter T. Pons, MD, FACEP
Associate Medical Director, PHTLS
Emergency Medicine
Denver, Colorado

Chefredakteur

Norman E. McSwain, Jr., MD, FACS,
NREMT-P
Professor of Surgery
Medical Director, PHTLS
Tulane University Department of Surgery
New Orleans, Louisiana

Stellvertretende Herausgeber

Will Chapleau, EMT-P, RN, TNS, CEN
Chairman, PHTLS Executive Council
Manager, ATLS Program
American College of Surgeons
Chicago, Illinois

Gregory Chapman, EMT-P, RRT
Vice Chairman, PHTLS Executive
Council
Center for Prehospital Medicine
Department of Emergency Medicine
Carolina Medical Center
Charlotte, North Carolina

Jeffrey S. Guy, MD, MSc, MMHC, FACS,
EMT-P
Associate Medical Director, PHTLS
Associate Professor of Surgery
Director, Regional Burn Center
Vanderbilt University School of Medicine
Nashville, Tennessee

Jeffrey P. Salomone, MD, FACS,
NREMT-P
Associate Medical Director, PHTLS
Associate Professor of Surgery
Emory University School of Medicine
Atlanta, Georgia

Mitarbeiter

Brad L. Bennett, PhD, NREMT-P, FAWM
CAPT MC USN (Ret)
Adjunct Asst Professor, Military and
Emergency Medicine Dept
Uniformed Services University of the
Health Sciences
Bethesda, Maryland

Matthew Bitner, MD
Division of Emergency Medicine
Department of Surgery
Duke University, School of Medicine
Durham, North Carolina

Frank K. Butler, Jr., MD
CAPT MC USN (Ret)
Chairman
Committee on Tactical Combat Casualty
Care
Defense Health Board

Howard Champion, MD, FRCS, FACS
Senior Advisory in Trauma
Professor of Surgery and Military and
Emergency Medicine
Uniformed Services University of the
Health Sciences
Washington, DC

Will Chapleau, EMT-P, RN, TNS, CEN
Chairman, PHTLS Executive Council
Manager, ATLS Program
American College of Surgeons
Chicago, Illinois

Gregory Chapman, EMT-P, RRT
Vice Chairman, PHTLS Executive
Council
Center for Prehospital Medicine
Department of Emergency Medicine
Carolina Medical Center
Charlotte, North Carolina

Jeffrey S. Guy, MD, MSc, MMHC, FACS,
EMT-P
Associate Medical Director, PHTLS
Associate Professor of Surgery
Director, Regional Burn Center
Vanderbilt University School of
Medicine
Nashville, Tennessee

Norman E. McSwain, Jr., MD, FACS,
NREMT-P
Medical Director, PHTLS
Tulane University Department of Surgery
New Orleans, Louisiana

Peter T. Pons, MD, FACEP
Associate Medical Director, PHTLS
Emergency Medicine
Denver, Colorado

Jeffrey P. Salomone, MD, FACS,
NREMT-P
Senior Associate Medical Director,
PHTLS
Associate Professor of Surgery
Emory University School of Medicine
Atlanta, Georgia

Joseph A. Salomone, III, MD
Associate Professor of Emergency
Medicine
University of Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Internationale Mitarbeiter

Dr. Alberto Adduci, Italien
Dhary Al Rasheed, Saudi-Arabien
Dr. Saud Al Turki, Saudi-Arabien
Shaikha M. Al-Alawi, Oman
Stuart Alves, Großbritannien
Dr. Paul Barbevil, Uruguay
Dr. Jaime A. Cortés-Ojeda, Costa Rica
Kenneth D'Alessandro, Saudi-Arabien
Jan Filippo, Niederlande
Dr. Subash Gautam, Vereinigte Arabische Emirate

Bernhard Gliwitzky, Deutschland
 Steve Greisch, Luxemburg
 Dr. Thorsten Hauer, Deutschland
 Konstantin Karavasilis, Georgien
 Fabrice Lamarche, Belgien
 Dr. Salvijus Milasius, Litauen
 Dr. Ana Maria Montanez, Peru
 Philip Nel, Südafrika
 Dr. Fernando Novo, Brasilien
 Dr. Gonzalo Ostria, Bolivien
 Christoph Redelsteiner, Österreich
 John Richardsen, Norwegen
 Dr. Oswaldo Rois, Argentinien
 Michael Soczynski, Polen
 Dr. Javier Gonzales Uriarte, Spanien
 Lisbeth Wick, Frankreich
 Patrick Wick, Frankreich

Gutachter

Jeffrey Asher, NREMT-P
 Chief Paramedic Instructor
 Chippewa Valley Technical College
 Eau Claire, Wisconsin

Kevin Thomas Collopy, BA, CCEMT-P,
 NREMT-P, WEMT
 Flight Paramedic, Spirit Ministry
 Medical Transportation
 Lead Instructor, Wilderness Medical
 Associates
 Ministry Health Care
 Marshfield, Wisconsin

Steven Dralle, MBA, LP
 San Antonio, Texas

Mark Goldstein, RN, MSN, EMT-P I/C
 Emergency Services Operations
 Manager
 Memorial Health System
 Colorado Springs, Colorado

Marguerite X. Haaga, BA, EMSI,
 Paramedic
 Center for Public Safety Education
 East Berlin, Connecticut

Deborah L. Petty, BS, CICP, EMT-P I/C
 Paramedic Training Officer
 St. Charles County Ambulance District
 St. Peters, Missouri

William E. Rich, EMT-P, AAS-EMT, CEM
 Emergency Management Specialist
 Centers for Disease Control
 Atlanta, Georgia

Adriana Laura Torrez, LP, AAS
 EMS Education Coordinator
 Methodist Health System
 Dallas, Texas

Weiterer Dank geht an unsere PHTLS-Gutachter der siebten Auflage:

P. David Adelson, MD
 Director, Children's Neuroscience
 Institute
 Chief of Pediatric Neurosurgery
 Phoenix Children's Hospital
 Phoenix, Arizona

Kristen D. Borchelt, RN, NREMT-P
 Cincinnati Children's Hospital
 Cincinnati, Ohio

Timothy Scott Brisbin, RN, BSN,
 NREMT-P
 Director
 The Center for Prehospital Medicine
 Department of Emergency Medicine
 Carolinas Medical Center
 Charlotte, North Carolina

Jeffrey S. Cain, MD
 US Army Institute of Surgical Research
 Fort Sam Houston, Texas

David W. Callaway, MD
 Beth Israel Deaconess Medical Center
 Boston, Massachusetts

Erik Carlsen, NREMT-P
 Lead Instructor/Coordinator
 EMS Education MAST Ambulance Inc./
 Kansas City Missouri Tactical Medic
 Team

Kansas City, Missouri

Greg Clarkes, EMT-P
 Canadian College of EMS
 Edmonton, Alberta, Canada

Jo Ann Cobble, Ed. D, Paramedic, RN
 Dean, Division of Health Professions
 Oklahoma City Community College
 Oklahoma City, Oklahoma

Arthur Cooper, MD, MS, FACS, FAAP,
 FCCM, FAHA
 Professor of Surgery
 Director of Trauma and Pediatric
 Surgical Services Colombia
 University Medical Center
 Affiliation at Harlem Hospital
 New York, New York

Phil Currance, EMT-P, RHSP
 Deputy Commander Colorado-2 DMAT
 National Medical Response Team –
 Central
 National Disaster Medical System/
 St. Anthony Central Hospital
 Denver, Colorado

Fidel O. Garcia, EMT-P
 President
 Professional EMS Education, LLC
 Grand Junction, Colorado

Rudy Garrett AS, NREMT-P, CCEMT-P
 Flight Paramedic
 Airmethods Kentucky
 Somerset, Kentucky

J. Scott Hartley, NREMT-P, EMSI,
 PHTLS Affiliate Faculty
 ALS Affiliates Inc.
 Omaha, Nebraska

Gary Hoertz, Paramedic
 EMS Division Chief
 Kootenai Fire & Rescue
 Post Falls, Idaho

Debra Houry, MD, MPH
 Associate Professor
 Vice Chair for Research, Department of
 Emergency Medicine
 Director, Center for Injury Control
 Emory University
 Atlanta, Georgia

John M. Kirtley, B. A., NREMT-P
 EMS Program Coordinator
 J. Sergeant Reynolds Community College
 Richmond, Virginia

Glen Larson, CD, REMTP, RN, ASEMS,
 AS(n), BGS
 EMT & Paramedic Instructor
 Canadian College of EMS
 Edmonton, Alberta, Canada

| | | |
|--|---|---|
| Douglas W. Lundy, MD Orthopaedic Trauma Surgeon Resurgens Orthopaedics Marietta, Georgia | Larry Richmond, AS, NREMT-P, CCEMT-P EMS Coordinator Rapid City Indian Health Service Hospital Rapid City, South Dakota | Vorstand der National Association of EMTs (NAEMT) Connie Meyer President Elect |
| William T. McGovern, BS, EMT-P, EMS I, FSI Quality Assurance Coordinator – Field Services/Assistant Fire Chief Hunter's Ambulance Service/Yalesville Volunteer Fire Department Meriden, Connecticut/Wallingford, Connecticut | David Stamey, CCEMT-P EMS Training Administrator District of Columbia Fire & EMS Department Washington, DC | Don Lundy President Elect |
| Chad E. McIntyre, AAS, NREMT-P, FP-C Shands Jacksonville Trauma & Flight Services Jacksonville, Florida | Nerina Stepanovsky, PhD, RH, EMT-P Emergency Medical Services Program St. Petersburg College St. Petersburg, Florida | Charlene Donahue Secretary |
| Reylon Meeks RN, PhD Clinical Nurse Specialist Blank Children's Hospital Des Moines, Iowa | Kevin M. Sullivan, MS, NREMT-P Grady EMS Atlanta, Georgia | Richard Ellis, NREMT-P Treasurer |
| Jeff J. Messerole, Paramedic Clinical Instructor Spencer Hospital Spencer, Iowa | David M. Tauber, NREMT-P, CCEMT-P, FP-C, I/C Education Coordinator/Executive Director New Haven Sponsor Hospital Program/ Advanced Life Support Institute New Haven, Connecticut/Conway, New Hampshire | Patrick F. Moore Immediate Past President |
| Gregory S. Neiman, BA, NREMT-P BLS Training Specialist Virginia Office of EMS Richmond, Virginia | Javier Uriarte, MD Leioa, Bizkaia, Spain | Direktoren |
| Dennis Parker, MA, EMT-P, I/C EMS Program Coordinator Tennessee Tech University Cookeville, Tennessee | Jason J. Zigmont, PhD, NREMT-P Yale New Haven Health System New Haven, Connecticut | Rod Barret Aimee Binning Jennifer Frenette Paul Hinchey Sue Jacobus KC Jones James (Jim) A. Judge, III Chuck Kearns Dennis Rowe Jules Scadden James M. Slattery |
| David Pecora, EMT-P, PA Morgantown, West Virginia | | PHTLS-Exekutivrat |
| Timothy Penic, NREMT-P, CCP Field Operations Supervisor Medstar EMS Fort Worth, Texas | | Will Chapleau, EMT-P, RN, TNS, CEN Chairman, PHTLS Executive Council Manager, ATLS Program American College of Surgeons Chicago, Illinois |
| Deborah L. Petty BS, CICP, EMT-P I/C Paramedic Training Officer St. Charles County Ambulance District St. Peters, Missouri | Die Herausgeber möchten den folgenden Stellen danken, die uns mit Fotos und Videos bei diesem Buch unterstützt haben: Dixie Blatt und Mitarbeiter des St. John's Mercy Medical Center Creve Coeur Fire Protection District Cabin John Park Volunteer Fire Department Montgomery County Fire Rescue Service Montgomery County Volunteer Fire Rescue Association Annapolis Fire Department Prince Georges County Fire Department | Gregory Chapman, EMT-P, RRT Vice Chairman, PHTLS Executive Council Center for Prehospital Medicine Department of Emergency Medicine Carolina Medical Center Charlotte North Carolina |
| Jean-Cyrille Pitteloud, MD, DEAA Hôpital du Valais Sion, Schweiz | | Augie Bamonti, EMT-P AFB Consulting Chicago Heights Fire Department (Ret.) Chicago Heights, Illinois |

VIII

Verzeichnis der Mitarbeiter der Original-Ausgabe

| | | |
|--|---|---|
| Frank K. Butler, Jr. MD CAPT, MC, USN (Ret) Chairman Committee on Tactical Combat Casualty Care Defense Health Board | Michael J. Hunter Deputy Chief Worcester EMS UMass Memorial Medical Center – University Campus Worcester, Massachusetts | Peter T. Pons, MD, FACEP Assorgency Medicine Denver, Colorado |
| Corine Curd PHTLS International Office Director NAEMT Headquarters Clinton, Mississippi | Craig H. Jacobus EMT-P, BA/BS, DC EMS Faculty Metro Community College, Fremont, Nebraska | Dennis Rowe, EMT-P Director, Rural/Metro EMS Lenoir City, Tennessee |
| Jeffrey S. Guy, MD, MSc, MMHC, FACS, EMT-P Associate Medical Director, PHTLS Associate Professor of Surgery Director, Regional Burn Center Vanderbilt University School of Medicine Nashville, Tennessee | Norman E. McSwain, Jr., MD, FACS, NREMT-P Medical Director, PHTLS Professor of Surgery Tulane University School of Medicine New Orleans, Louisiana | Lance Stuke, MD, MPH Assistant Professor of Surgery LSU Department of Surgery New Orleans, Louisiana |

PHTLS-Ehrentafel

PHTLS setzt seinen Weg erfolgreich fort und fördert weltweit einen hohen Standard in der Versorgung von Traumapatienten. Dies wäre ohne den Einsatz und die Hingabe vieler engagierter Leute in den letzten drei Jahrzehnten nicht möglich gewesen. Einige von den unten aufgeführten Personen waren bei der Entwicklung der ersten Ausgabe des Anwenderhandbuchs behilflich. Andere waren bei der Verbreitung von PHTLS ununterbrochen „am Ball“. Wieder andere „löschten Brände“ oder lösten in anderer Hinsicht Probleme, damit sich das System weiterentwickeln konnte. Der PHTLS-Exekutivrat, die Herausgeber und die Mitarbeiter dieser ersten Ausgabe möchten ihren Dank all denen aussprechen, die unten aufgelistet sind. PHTLS lebt, es atmet, und es wächst weiter – und dies funktioniert nur aufgrund der Bemühungen all derer, die ihre Zeit für das opfern, woran sie glauben.

Gregory H. Adkisson

Melissa Alexander

Jameel Ali

Augie Bamonti

J. M. Barnes

Morris L. Beard

Ann Bellows

Ernest Block

Chip Boehm

Don E. Boyle

Susan Brown

Susan Briggs

Jonathan Busko

Alexander Butman

H. Jeannie Butman

Christian E. Callsen Jr.

Steve Carden

Edward A. Casker

Bud Caukin

Hank Christen

David Ciraulo

Victoria Cleary

Philip Coco

Frederick J. Cole

Keith Conover

Arthur Cooper

Jel Coward

Alice "Twink" Dalton

Michael D'Auito

Judith Demarest

Joseph P. Dineen

Leon Dontigney

Joan Drake-Olsen

Mark Elcock

Blaine L. Endersen

Betsy Ewing

Mary E. Fallat

Milton R. Fields III

Scott B. Frame †

Sheryl G. A. Gabram

Bret Gilliam

Jack Grandey

Vincent A. Greco

Nita J. Ham

Larry Hatfield

Mark C. Hodges

Walter Idol

Alex Isakov

Len Jacobs

Craig Jacobus

Lou Jordan

Richard Judd

Jon A. King

Jon R. Krohmer

Peter LeTarte

Robert W. Letton Jr.

Dawn Loehn

Mark Lockhart

Robert Loftus

Greg C. Lord

Fernando Magallenes-Negrete

Paul M. Maniscalco

Scott W. Martin

Don Mauger

William McConnell

Merry McSwain

John Mechtel

Claire Merrick

Bill Metcalf

George Moerkirk

Stephen Murphy

Lawrence D. Newell

Jeanne O'Brien

Dawn Orgeron

Eric Ossmann

James Paturas

Joseph Pearce

Thomas Petrich

Valerie J. Phillips

James Pierce

Brian Plaisier

Mark Reading

Brian Reiselbara

Lou Romig

Donald Scelza

John Sigafoos

Paul Silverston

David Skinner

Dale C. Smith

Richard Sobieray

Sheila Spaid

Michael Spain

Don Stamper

Kenneth G. Swan

Kenneth G. Swan Jr.

David M. Tauber

Joseph J. Tepas, III

Brian M. Tibbs

Josh Vayer

Richard Vomacka †

Robert K. Waddell, II

Michael Werdmann

Carl Werntz

Elizabeth Wertz

Keith Wesley

David E. Wesson

Roger D. White

Kenneth J. Wright

David Wuertz

Al Yellin

Steven Yevich

Doug York

Alida Zamboni

Nochmals Dank an Sie alle und Dank an jeden, der – wo auch immer auf der Welt – zum Gelingen von PHTLS beigetragen hat.

Der Exekutivrat von PHTLS

Die Herausgeber und Autoren von

PHTLS

Danksagung

Im Jahre 1624 schrieb der englische Dichter und Geistliche John Donne „*No man is an island, entireofitself*“ (Niemand ist eine Insel, ganz für sich). Dies beschreibt in mehrfacher Hinsicht den Prozess der Veröffentlichung eines Buches. Natürlich ist kein Herausgeber eine Insel. Fachbücher wie „Traumamanagement First Responder“, insbesondere Kurssysteme, die audiovisuelles Material beinhalten, und Instruktorenhandbücher können nicht allein durch die Arbeit der Herausgeber entstehen. Es ist eine Tatsache, dass viel, wenn nicht sogar die meiste Arbeit bei der Veröffentlichung eines Fachbuches von der Redaktion geleistet wird und nicht von den Herausgebern oder den Autoren, deren Namen auf dem Umschlag oder im Inneren des Buches erscheinen. Diese erste Ausgabe von „Traumamanagement First Responder“ ist sicherlich keine Ausnahme.

Vom American College of Surgeons Committee on Trauma haben folgende Personen diese Ausgabe und PHTLS auf herausragende Weise unterstützt: Carol Williams, Geschäftsführerin des Committee on Trauma, Dr. med. John Fildes, der derzeitige Vorsitzende des Committee on Trauma und Dr. med. Wayne Meredith, der Director of Trauma beim ACS.

Bei Mosby hat Linda Honeycutt dafür gesorgt, dass diese Ausgabe pünktlich erschien, Laura Bayless war eine grandiose Lektorin und Megan Greiner von Graphic World Inc. hat zur Erfüllung des Projekts maßgeblich beigetragen. Joey Knobbe hat sich für die Vermarktung des Buches engagiert.

Die Frauen, Kinder und Freunde der Herausgeber und Autoren, die es tolerierten, dass die Vorbereitung des Materials sehr viel Zeit beanspruchte, sind natürlich das Rückgrat einer jeden Veröffentlichung.

Prof. Dr. med. Peter Pons, FACEP

Prof. Dr. med. Norman McSwain, FACS, NREMT-P

Geleitwort zur 1. englischen Ausgabe

In Argentinien, in Lateinamerika und in der ganzen Welt stellen Verletzungen eine der Hauptursachen für Behinderungen dar, hervorgerufen durch Verkehrsunfälle, Gewalt, Arbeitsunfälle und andere Ursachen.

Eine Reaktion darauf entstand im Jahr 1954 durch einen Ableger des American College of Surgeons (ACS). Allerdings sollte es noch über 35 Jahre dauern, bis im Jahr 1989 der erste ATLS-Kurs durchgeführt wurde.

Während der folgenden Jahre wurde das Thema Versorgung von Traumapatienten immer wichtiger, denn die Zahl der Opfer stieg stetig an und das Personal im Rettungsdienst war schlecht ausgebildet.

Tausende von Leuten starben in Argentinien oder erlitten bleibende Behinderungen. Sie zahlten einen hohen Preis und auch das Land spürte die sozialen und volkswirtschaftlichen Folgen. Im Jahr 1996 wurde PHTLS von der internationalen Fakultät, bestehend aus Norman McSwain, Will Chapleau und Greg Chapman, in Argentinien eingeführt. 70 Instruktoren wurden ausgebildet und Argentinien wurde in acht Regionen unterteilt, diese wiederum in 23 Provinzen. Seit der Einführung wurde PHTLS im gesamten Land verbreitet und zu einer Art goldenem Meilenstein bei der Reaktion von präklinischen und klinischen Systemen auf Traumata, sowohl in der Öffentlichkeit als auch im privaten Umfeld.

Seit damals wurden Ärzte, Pflegepersonal, Feuerwehrleute, Rettungsdienste und Werksangehörige sowohl in Argentinien als auch in benachbarten lateinamerikanischen Ländern ausgebildet. Bis heute wurden durch das PHTLS-Programm internationale Konferenzen in unserem Land geleitet sowie Trauma-Update-Workshops für nachfolgende Ausgaben dieses Buchs durchgeführt.

All dies konnten wir durch vielfältige Unterstützung erreichen, etwa seitens des internationalen PHTLS-Büros, geleitet von Will Chapleau und Corine Curd, oder mit der großzügigen Hilfe anderer lateinamerikanischer Koordinatoren aus Mexiko, Brasilien, Kolumbien und Bolivien und natürlich auch durch verschiedene Fakultäten aus den Vereinigten Staaten. Ferner hat Argentinien die Einführung des PHTLS-Programms in

Ländern wie Bolivien, Uruguay, Chile, Peru und nun auch Ecuador koordiniert und unterstützt.

Ich persönlich, als Notfallmediziner mit mehr als 30 Jahren medizinischer und wissenschaftlicher Erfahrung in Fachgesellschaften, die sich mit kritisch Erkrankten auseinandersetzen, möchte ganz besonders die Weiterentwicklung des evidenzbasierten PHTLS-Programms hervorheben, welches in über 40 Ländern weltweit Verbreitung gefunden hat, sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich.

Es ist inzwischen mehr als 15 Jahre her, dass der erste Kurs in unserem Land stattgefunden hat. Wir haben über 7.500 Teilnehmer ausgebildet. Weltweit wurden über eine halbe Million Menschen ausgebildet. All dies wäre ohne den tagtäglichen Einsatz von Leuten wie Norman McSwain, Will Chapleau, Jeff Salomone und anderen Größen wie Scott Frame, der leider nicht mehr unter uns weilt, nicht möglich gewesen. Erwähnt werden müssen an dieser Stelle auch Hunderte von Führungskräften und Instruktoren in anderen Ländern, die Tag für Tag die Inhalte des Kursprogramms an Teilnehmer vermitteln bzw. ihren Patienten zukommen lassen.

Heute haben wir in Argentinien genau *eine* Herangehensweise an die Versorgung von Traumapatienten, nämlich die „PHTLS-Herangehensweise“. Es ist für uns alle, die wir „auf der Straße arbeiten“, eine Ehre, uns als Teil dieser Philosophie zu fühlen. Es macht stolz, wenn ein Feuerwehrmann, Arzt, Soldat oder Rettungsassistent sagt: „Ich bin PHTLSler“. Und wenn wir an einer Einsatzstelle die Unfallopfer versorgen, dann fühle ich, dass diese 15 Jahre Training Früchte getragen haben und dass sie „einen Unterschied ausmachen“.

Ich werde mich immer an einen Satz erinnern, den Norman McSwain in Argentinien sagte: „*Wenn einer von uns noch einmal einen Menschen retten kann, dann kann er die ganze Welt verändern.*“ Und so ist PHTLS eine Brücke des Wissens über die ganze Welt, über alle geopolitischen Grenzen hinweg.

*Dr. med. Oswaldo Rois
Präsident der Stiftung EMME
Vorsitzender PHTLS Argentinien*

Vorwort zur 1. englischen Ausgabe

Die Beurteilung und Versorgung von Traumapatienten ist eine Teamleistung. Die Versorgungskette beginnt mit denen, die den Patienten zuerst an der Einsatzstelle auffinden. Tatsächlich hängt viel davon ab, wie der Verletzte beurteilt und direkt vor Ort behandelt wird. Dies beginnt mit der ersten Person, die den Patienten versorgt. An solche Personen richtet sich dieses Buch.

First Responder sollten sich der Verantwortung bewusst sein, dass sie die Versorgung der Patienten in so perfekter Weise wie nur irgend möglich gewährleisten müssen. Dies kann mit unzureichenden Kenntnissen nicht erreicht werden. Wir sollten uns daran erinnern, dass der Patient es sich nicht ausgesucht hat, in ein traumatisches Ereignis involviert zu sein. Andererseits haben First Responder es sich ausgesucht, Patienten zu versorgen. Daher müssen die Rettungskräfte während ihrer Bemühungen um den Patienten stets 100 % geben. Der Patient hatte einen schlechten Tag – den dürfen die Retter nicht haben. Im Kampf des Patienten gegen Tod oder Behinderung müssen First Responder kompetent und scharfsinnig sein.

Der Patient ist die wichtigste Person an der Einsatzstelle. Wir haben keine Zeit, darüber nachzudenken, in welcher Reihenfolge die Untersuchungen durchzuführen sind oder welche Behandlungsmaßnahmen wichtiger sind als andere. Wir haben keine Zeit, eine Maßnahme noch zu üben, bevor sie an einem bestimmten Patienten angewendet wird. Und wir haben keine Zeit, darüber nachzudenken, wo sich unsere Ausrüstung und Verbrauchsmaterialien befinden. Wir haben keine Zeit, darüber nachzudenken, wohin wir den verletzten Patienten transportieren müssen. All diese und weitere Informationen müssen die Retter abgespeichert haben; die Ausrüstung und die Verbrauchsmaterialien müssen komplett sein, wenn die Einsatzkräfte den Einsatzort erreichen. Ohne gute Kenntnisse bzw. funktionierende Ausrüstung kann der Retter die Maßnahmen, welche die Chance auf eine Rettung des Patienten erhöhen, nicht adäquat ausführen. Die Verantwortung der Rettungskräfte ist zu groß, um derartige Fehler zu begehen.

Diejenigen, welche die Versorgung des Patienten an der Einsatzstelle durchführen, sind ein fester Bestandteil des „Trauma-Teams“, zu dem Ärzte und Pflegepersonal in den Notaufnahmen, das Operationsteam, die Intensivstation, die Krankenstation und die Rehabilitation gehören. Die Rettungskräfte müssen ihr Handwerk so beherrschen, dass sie den Patienten rasch und effizient aus der Umgebung der Einsatzstelle bringen und in die nächste geeignete Klinik transportieren.

Warum PHTLS?

Philosophie des Kurskonzepts

Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) fokussiert auf Prinzipien, nicht auf Vorlieben. Durch die Fokussierung auf die

Prinzipien einer guten Traumaversorgung fördert PHTLS kritisches Denken. Das PHTLS-Exekutivkomitee der National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT) glaubt, dass – basierend auf guten Kenntnissen – die Rettungskräfte imstande sind, hinsichtlich der Patientenversorgung durchdachte Entscheidungen zu treffen. Von stumpfem Auswendiglernen von Abläufen wird abgeraten. Außerdem gibt es nicht den einen „PHTLS-Weg“, wie eine bestimmte Maßnahme durchzuführen ist. Das Prinzip der Fertigkeit wird gelehrt und ein geeigneter Weg gezeigt, wie man die Fertigkeit unter Beachtung des Prinzips anwenden kann. Den Autoren ist klar, dass keine einzelne Methode die Unmenge an individuellen Situationen abdecken kann, die man im präklinischen Umfeld vorfindet.

Aktuelle Informationen

Die Entwicklung des PHTLS-Programms „Traumamanagement First Responder (TFR)“ begann 2009 unmittelbar im Anschluss an die Überarbeitung für die 7. Auflage des PHTLS-Programms. TFR ist speziell zugeschnitten auf die Bedürfnisse derjenigen, die zuerst vor Ort sind, um sich um Traumapatienten zu kümmern.

Wissenschaftliche Grundlagen

Die Autoren und Herausgeber haben eine evidenzbasierte Herangehensweise gewählt. Das beinhaltet Quellenangaben der medizinischen Fachliteratur, welche die Schlüsselprinzipien stützt. Weiterhin wurden geeignete Positionspapiere der nationalen Organisationen zitiert. Viele Quellenangaben wurden neu aufgenommen, sodass besonders wissbegierige Leser in der Lage sind, die wissenschaftliche Literatur, die unsere Empfehlungen stützt, selbst zu lesen.

Unterstützung der NAEMT

Die NAEMT bietet den administrativen Rahmen für das PHTLS-Programm. Keine Erlöse des TFR-PHTLS-Programms (Lizenzzgebühren dieses Buches oder Erlöse aus sonstigen Lehrmaterialien) gehen an die Autoren bzw. Herausgeber dieses Buches, an das American College of Surgeons Committee on Trauma oder irgendeine andere ärztliche Organisation. Alle Gewinne werden an die NAEMT zurückgeführt, um Mittel für neue Themen und Programme bereitzustellen, die für das Rettungsfachpersonal von besonderer Wichtigkeit sind, wie etwa fachbezogene Konferenzen oder Lobbyarbeit.

PHTLS ist ein weltweit führendes Programm

Aufgrund des beispiellosen Erfolgs von PHTLS ist das Programm sprunghaft gewachsen. PHTLS-Kurse verbreiten sich nach wie vor über die gesamten Vereinigten Staaten. Das US-Militär hat das PHTLS-Programm eingeführt, wobei die Streitkräfte an über 100 Trainingsstätten weltweit ausgebildet werden. PHTLS wurde in über 50 Länder exportiert und weitere Länder äußern ihr Interesse, PHTLS bei sich im Rahmen der Bemühungen um ein höheres Niveau der Versorgung von Traumapatienten einzuführen.

Die Rettungskräfte haben die Verantwortung dafür, dieses Wissen und diese Fertigkeiten aufzunehmen, um sie zum Nutzen der Patienten einzusetzen, für die sie verantwortlich sind. Die Autoren und Herausgeber dieses Lehrmaterials und das PHTLS-Exekutivkomitee des Bereichs PHTLS der National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT) hoffen,

dass Sie diese Informationen in Ihre tägliche Arbeit einbeziehen und sich selbst immer wieder zum Wohle derer hinterfragen, die nicht selbst für sich sorgen können – die Traumapatienten.

*Peter T. Pons, MD, FACEP
Herausgeber*

*Norman E. McSwain Jr., MD, FACS, NREMT-P
Chefredakteur von PHTLS*

*Will Chapleau, EMT-P, RN, TNS, CEN
Gregory Chapman, EMT-P, RRT
Jeffrey S. Guy, MD, MSc., MMHC, FACS, EMT-P
Jeffrey P. Salomone, MD, FACS, NREMT-P
Stellvertretende Herausgeber*

Vorwort zur 1. deutschen Auflage

Im Juli 2007 startete das Kursprogramm Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) für Rettungsfachpersonal und Notärzte in Deutschland. Nach fünf erfolgreichen Jahren dieses Programms dürfen wir Ihnen nun die erste deutschsprachige Auflage von „Traumamanagement First Responder (TFR)“ (basierend auf der 1. amerikanischen Auflage) präsentieren. Unser Ziel war und ist es, die Versorgung Schwerstverletzter in den deutschsprachigen Ländern zu verbessern. So war es nur eine logische Konsequenz, nun auch First Responder, Feuerwehren, Polizisten, Mitarbeiter von Schnelleinsatzgruppen, Katastrophenhilfesoldaten und andere mehr, die wir hier nicht genannt haben, mit ins „Boot“ zu holen und ihnen die Versorgungsgrundsätze von PHTLS und damit auch von TFR näherzubringen. Sie sind es, die oftmals als Erste am Unfallort eintreffen und tätig werden. Sie sind ein wichtiger Teil der Rettungskette und ihnen kommt daher große Bedeutung zu. Das Kursformat „Traumamanagement First Responder (TFR)“ richtet sich genau an diese Mitarbeiter und ist darauf ausgelegt, die qualifizierte Versorgung Schwerstverletzter zu ermöglichen.

Der Erfolg des „großen Bruders“ PHTLS hat uns alle überrascht und macht uns auch ein bisschen stolz. Wie auch PHTLS und das internistisch-neurologische Kurskonzept AMLS ist TFR in Deutschland unter Lizenz des Deutschen Berufsverbands des Rettungsdienst e. V. (DBRD), dessen großes Ziel es ist, alle an der Versorgung von Traumapatienten teilhabenden Mitarbeiter zu schulen. Dieses Ziel verfolgen auch unsere Kollegen in der Schweiz und in Österreich, mit denen wir an einem Strang ziehen, uns regelmäßig austauschen und freundschaftlich verbunden sind.

Alle genannten drei Länder schließen nun mit „Traumamanagement First Responder“ eine Lücke. Praktisch wird es durch PHTLS vertreten und klinisch durch ATLS fortgesetzt.

Noch ein Wort zum Inhalt: Damit alle an der Versorgung Beteiligten die gleiche Sprache sprechen, haben wir bewusst darauf verzichtet, medizinische Fachterminologie rauszunehmen. Nur wer dieselbe Sprache spricht, kann auch gemeinsam versorgen und kommunizieren. Wichtige Fachbegriffe werden im Glossar erläutert.

Wir wünschen der ersten deutschen Auflage den gleichen Erfolg wie dem Titel „Praktisches Traumamanagement PHTLS“ und dem PHTLS-Kursformat.

Wir bedanken uns herzlich bei allen Autorinnen und Autoren sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Verlages Elsevier für die wieder einmal angenehme und professionelle Zusammenarbeit.

Kiel im August 2012

Frank Flake

*Trauma First Response (PHTLS Deutschland)
Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e. V.*

Bernhard Gliwitzky

*Vorsitzender PHTLS Deutschland
Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e. V.*

Stephan Dönnitz

Stellv. nationaler Kurskoordinator PHTLS Deutschland

Dr. med. Christoph Wölf

Medizinischer Direktor PHTLS Deutschland

Inhaltsverzeichnis

| | | | | |
|--|----|----------|--|----|
| PHTLS – Einleitung | 1 | 2.4.3 | Explosionsverletzungen | 50 |
| ATLS | 1 | 2.4.4 | Verletzungen durch Splitter | 51 |
| PHTLS | 1 | 2.4.5 | Verletzungen mit mehreren Ursachen | 51 |
| PHTLS beim Militär | 3 | 2.5 | Anwendung der Kinematik bei der Untersuchung des Patienten | 51 |
| PHTLS international | 3 | | | |
| Übersetzungen | 3 | | | |
| Zukunftsvision | 3 | 3 | Beurteilung von Patient und Einsatzstelle | 55 |
| Geschäftsführender Vorstand PHTLS | 3 | 3.1 | Bewertung der Einsatzstelle | 56 |
| National Association of Emergency Medical Technicians | 4 | 3.1.1 | Belange der Sicherheit | 57 |
| | | 3.1.2 | Belange der Situation | 64 |
| | | 3.1.3 | Patienteneinschätzung | 70 |
| | | 3.2 | Prioritäten festlegen | 72 |
| | 5 | 3.3 | Initiale Beurteilung des Patienten (Primary Survey) | 73 |
| 1 Prehospital Trauma Life Support und Traumamanagement First Responder – Einführung | 5 | 3.3.1 | Erster Eindruck (General Impression) | 73 |
| 1.1 Versorgung Traumatisierter im 21. Jahrhundert | 5 | 3.3.2 | Schritt A – Airway Management & Cervical Spine Stabilization (Atemwegsmanagement & HWS-Stabilisierung) | 74 |
| 1.1.1 Voreignisphase | 6 | 3.3.3 | Schritt B – Breathing/Ventilation (Belüftung der Lungen/Beatmung [Ventilation]) | 75 |
| 1.1.2 Ereignisphase | 7 | 3.3.4 | Schritt C – Circulation (Hemorrhage & Perfusion) (Kreislauf [Blutungskontrolle & Perfusion]) | 75 |
| 1.1.3 Nachereignisphase | 7 | 3.3.5 | Schritt D – Disability (Defizite der neurologischen Funktionen) | 77 |
| 1.2 Prinzipien, Strategien und kritisches Denken | 8 | 3.3.6 | Schritt E – Expose/Environment (Entkleideten Patienten untersuchen/Erhalt von Körperwärme) | 78 |
| 1.2.1 Prinzipien und Strategien | 9 | 3.4 | Reanimation | 79 |
| 1.2.2 Kritisches Denken | 11 | 3.4.1 | Limitierte Interventionen an der Einsatzstelle | 79 |
| | | 3.4.2 | Transport | 79 |
| 2 Verletzungsmechanismen und Kinematik des Traumas | 15 | 3.5 | Erweiterte Beurteilung (Secondary Survey) des Patienten | 80 |
| 2.1 Allgemeine Prinzipien | 17 | 3.5.1 | Vitalzeichen | 81 |
| 2.1.1 Energie | 17 | 3.5.2 | Anamnese nach dem SAMPLE-Schema | 82 |
| 2.1.2 Energieaustausch zwischen einem festen Objekt und dem menschlichen Körper | 20 | 3.5.3 | Kopf | 82 |
| 2.2 Stumpfes Trauma | 22 | 3.5.4 | Hals | 83 |
| 2.2.1 Mechanische Grundlagen | 22 | 3.5.5 | Thorax | 83 |
| 2.2.2 Unfälle mit Fahrzeugen | 23 | 3.5.6 | Abdomen | 84 |
| 2.2.3 Unfälle mit Motorrädern | 31 | 3.5.7 | Becken | 84 |
| 2.2.4 Verletzungen bei Fußgängern | 33 | 3.5.8 | Rücken | 84 |
| 2.2.5 Stürze | 35 | 3.5.9 | Extremitäten | 84 |
| 2.2.6 Sportverletzungen | 36 | 3.5.10 | Neurologische Untersuchung | 84 |
| 2.2.7 Regionale Auswirkungen des stumpfen Traumas | 36 | 3.6 | Definitive Behandlung vor Ort | 85 |
| 2.3 Penetrierendes Trauma | 40 | 3.6.1 | Rettung | 85 |
| 2.3.1 Physikalische Grundlage penetrierender Traumata | 40 | 3.6.2 | Transport | 85 |
| 2.3.2 Schaden und Energieklassen | 42 | 3.6.3 | TriageSchema | 85 |
| 2.3.3 Anatomie | 44 | | | |
| 2.3.4 Regionale Auswirkungen des penetrierenden Traumas | 44 | | | |
| 2.3.5 Wunden durch Schrotflinten | 46 | | | |
| 2.4 Explosionsverletzungen | 49 | | | |
| 2.4.1 Physik der Explosionen | 49 | | | |
| 2.4.2 Wechselwirkung zwischen Druckwellen und Körper | 50 | | | |

| | | | | | |
|----------|---|-----|----------|---|-----|
| 3.6.4 | Transportdauer | 87 | 5.4.3 | Muskuloskelettale Verletzungen | 127 |
| 3.6.5 | Transportmethode | 87 | 5.4.4 | Verfälschende Faktoren | 127 |
| 3.7 | Monitoring und Neubeurteilung des Patienten | 87 | 5.5 | Management | 128 |
| 3.8 | Kommunikation | 87 | 5.5.1 | Atemweg | 128 |
| 3.9 | Spezielle Überlegungen | 88 | 5.5.2 | Breathing | 128 |
| 3.9.1 | Misshandlung | 88 | 5.5.3 | Circulation | 128 |
| 3.9.2 | Traumatischer Herz-Kreislauf-Stillstand | 88 | 5.5.4 | Disability | 131 |
| 3.10 | Längerer Transport | 89 | 5.5.5 | Expose/Environment | 131 |
| 3.10.1 | Belange des Patienten | 90 | 5.5.6 | Patiententransport | 131 |
| 3.10.2 | Besatzung | 90 | 5.5.7 | Längerer Transport | 131 |
| 3.10.3 | Material | 90 | 6 | Schädel-Hirn-Trauma und Wirbelsäulenverletzungen | 133 |
| 4 | Atemwege und Atmung | 93 | 6.1 | Schädel-Hirn-Trauma | 134 |
| 4.1 | Anatomie | 94 | 6.1.1 | Anatomie | 134 |
| 4.1.1 | Obere Atemwege | 94 | 6.1.2 | Physiologie | 136 |
| 4.1.2 | Untere Atemwege | 94 | 6.1.3 | Pathophysiologie | 138 |
| 4.2 | Physiologie | 94 | 6.1.4 | Beurteilung | 141 |
| 4.2.1 | Ventilation und Oxygenierung eines Traumapatienten | 97 | 6.1.5 | Spezifische Verletzungen | 143 |
| 4.3 | Pathophysiologie | 97 | 6.1.6 | Management | 149 |
| 4.3.1 | Verminderte neurologische Funktion | 98 | 6.2 | Wirbelsäulenverletzungen | 151 |
| 4.3.2 | Mechanische Obstruktion | 98 | 6.2.1 | Anatomie und Physiologie | 152 |
| 4.4 | Beurteilung der Atemwege und Beatmung .. | 98 | 6.2.2 | Pathophysiologie | 157 |
| 4.4.1 | Die Lage der Atemwege und des Patienten .. | 98 | 6.2.3 | Beurteilung | 158 |
| 4.4.2 | Geräusche der oberen Atemwege | 99 | 6.2.4 | Management | 162 |
| 4.4.3 | Untersuchung der Atemwege auf Verlegung .. | 99 | 6.2.5 | Besondere Kenntnisse | 169 |
| 4.4.4 | Schauen Sie nach Brustkorbbewegungen | 99 | 7 | Trauma des Bewegungsapparates | 189 |
| 4.4.5 | Abnormale Atemgeräusche | 99 | 7.1 | Anatomie und Physiologie | 190 |
| 4.4.6 | Auswahl der Hilfsmittel | 99 | 7.2 | Beurteilung | 190 |
| 4.5 | Management | 99 | 7.2.1 | Verletzungsmechanismen | 191 |
| 4.5.1 | Wichtige Fertigkeiten | 99 | 7.2.2 | Primary und Secondary Survey | 193 |
| 4.5.2 | Atmungshilfen | 102 | 7.2.3 | Begleitverletzungen | 194 |
| 4.6 | Längerer Transport | 103 | 7.3 | Spezifische Verletzungen des Bewegungsapparates | 194 |
| 4.7 | Besondere Kenntnisse | 104 | 7.3.1 | Blutungen | 194 |
| 4.7.1 | Atemwegsmanagement und Beatmung | 104 | 7.3.2 | Instabilität durch Frakturen und Luxationen | 195 |
| 5 | Schock | 113 | 7.4 | Spezielle Überlegungen | 200 |
| 5.1 | Definition des Schocks | 114 | 7.4.1 | Kritische Polytraumapatienten | 200 |
| 5.1.1 | Physiologie | 114 | 7.4.2 | Amputationen | 200 |
| 5.1.2 | Klassifikation des Schocks | 116 | 7.4.3 | Crush-Syndrom | 201 |
| 5.2 | Anatomie und Pathophysiologie | 116 | 7.4.4 | Zerstörte Extremitäten | 202 |
| 5.2.1 | Kardiovaskuläre, häodynamische und endokrine Reaktionen | 116 | 7.4.5 | Verstauchungen | 202 |
| 5.3 | Schocktypen | 118 | 7.5 | Lange Transportwege | 202 |
| 5.3.1 | Hypovolämischer Schock | 118 | 7.6 | Besondere Kenntnisse | 203 |
| 5.3.2 | Distributiver (vasogener) Schock | 120 | 7.6.1 | Schienungssysteme | 203 |
| 5.3.3 | Kardiogener Schock | 121 | 8 | Verbrennungen | 211 |
| 5.3.4 | Komplikationen des Schocks | 122 | 8.1 | Anatomie | 212 |
| 5.4 | Beurteilung | 123 | 8.2 | Charakteristika von Verbrennungen | 212 |
| 5.4.1 | Primary Survey | 123 | 8.2.1 | Verbrennungsgrade | 213 |
| 5.4.2 | Secondary Survey | 126 | | | |

| | | | | | |
|------------|---|------------|---------------|--|------------|
| 8.3 | Beurteilung und Behandlung von Verbrennungen | 215 | 10 | Pädiatrisches und geriatrisches Trauma | 267 |
| 8.3.1 | Primary Survey und Sofortmaßnahmen | 215 | 10.1 | Das Kind als Traumapatient | 268 |
| 8.3.2 | Secondary Survey | 216 | 10.1.1 | Pathophysiologie | 270 |
| 8.4 | Behandlung | 218 | 10.1.2 | Primary Survey | 271 |
| 8.4.1 | Erstversorgung von Verbrennungsofern | 218 | 10.1.3 | Secondary Survey – Detaillierte körperliche Untersuchung | 274 |
| 8.4.2 | Flüssigkeitssubstitution | 219 | 10.1.4 | Management | 275 |
| 8.5 | Spezielle Überlegungen | 219 | 10.1.5 | Spezifische Verletzungen | 276 |
| 8.5.1 | Verbrennungen durch elektrischen Strom | 219 | 10.1.6 | Misshandlung und Vernachlässigung | 278 |
| 8.5.2 | Umlaufende (zirkuläre) Verbrennungen | 220 | 10.1.7 | Lange Transportwege | 280 |
| 8.5.3 | Rauchgasinhalation/Inhalationstrauma | 220 | 10.2 | Geriatrisches Trauma | 281 |
| 8.5.4 | Kindesmisshandlung | 221 | 10.2.1 | Anatomie und Physiologie | 282 |
| 8.5.5 | Verätzungen | 222 | 10.2.2 | Beurteilung | 287 |
| 9 | Trauma durch Umwelteinflüsse und Notfallmedizin in der Wildnis | 225 | 10.2.3 | Management | 290 |
| 9.1 | Trauma durch Hitze und Kälte | 226 | 10.2.4 | Misshandlung und Vernachlässigung | 291 |
| 9.1.1 | Epidemiologie | 226 | 10.2.5 | Zielklinik | 293 |
| 9.1.2 | Anatomie | 226 | 10.2.6 | Lange Transportwege | 293 |
| 9.1.3 | Physiologie | 227 | 11 | Katastrophenmanagement und Massenvernichtungswaffen | 295 |
| 9.1.4 | Verletzungen durch Hitze | 228 | 11.1 | Katastrophenmanagement | 297 |
| 9.1.5 | Verletzungen durch Kälte | 232 | 11.1.1 | Der Katastrophenzyklus | 297 |
| 9.1.6 | Lange Transportwege | 237 | 11.1.2 | Bewältigung von Katastrophen und Großschadensereignissen | 299 |
| 9.1.7 | Schutz während der Arbeit | 238 | 11.1.3 | Katastrophenschutz in Deutschland | 300 |
| 9.2 | Ertrinken oder Beinahe-Ertrinken | 241 | 11.1.4 | Medizinisches Vorgehen im Katastrophenfall | 302 |
| 9.2.1 | Epidemiologie | 241 | 11.1.5 | Psychologisches Krisenmanagement | 307 |
| 9.2.2 | Unfallmechanismen | 241 | 11.1.6 | Aus- und Weiterbildung im Katastrophenschutz | 309 |
| 9.2.3 | Beurteilung | 242 | 11.1.7 | Problemfelder im Katastrophenschutz | 309 |
| 9.2.4 | Management | 242 | 11.2 | Massenvernichtungswaffen – CBRN(E) | 312 |
| 9.2.5 | Wasserrettung | 243 | 11.2.1 | Allgemeine Überlegungen | 313 |
| 9.2.6 | Längerer Transport nach Beinahe-Ertrinken | 243 | 11.2.2 | Spezifische Gefahren | 317 |
| 9.3 | Blitzschlag | 244 | 12 | Goldene Prinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten | 337 |
| 9.3.1 | Epidemiologie | 245 | 12.1 | Warum Traumapatienten sterben | 337 |
| 9.3.2 | Verletzungsmechanismen | 245 | 12.2 | Die goldenen Prinzipien der präklinischen Traumaversorgung | 338 |
| 9.3.3 | Verletzungen durch Blitzschlag | 246 | Anhang | | |
| 9.3.4 | Beurteilung | 247 | | Abkürzungsverzeichnis | 349 |
| 9.3.5 | Management | 247 | | Glossar | 352 |
| 9.3.6 | Längerer Transport | 248 | | Sachregister | 365 |
| 9.4 | Notfallmedizin in der Wildnis | 248 | | | |
| 9.4.1 | Richtige Patientenversorgung ist kontextabhängig | 249 | | | |
| 9.4.2 | Was ist Wildnis-(Notfall-)Medizin? | 250 | | | |
| 9.4.3 | Entscheidungsfindung: Abwägen von Risiko und Nutzen | 251 | | | |
| 9.4.4 | Patientenversorgung in der Wildnis | 253 | | | |
| 9.4.5 | Spezielle Notfallmedizin in der Wildnis | 256 | | | |
| 9.4.6 | Rahmenlage der Wildnis-Medizin | 262 | | | |

PHTLS – Einleitung

ATLS

Wie so oft im Leben, brachte eine persönliche Erfahrung die Änderungen im Bereich der notfallmedizinischen Versorgung hervor, die zur Entstehung des ATLS-Kurssystems – und letztlich auch des PHTLS-Kurssystems – führten. ATLS begann 1978, zwei Jahre nachdem ein Flugzeug in einer entlegenen Gegend Nebraskas abgestürzt war. ATLS entwickelte sich aus einer Masse zerquetschten Metalls heraus, aus Verletzung und Tod.

Der Pilot, ein Orthopäde aus Lincoln, Nebraska, seine Frau und seine vier Kinder waren in einem zweimotorigen Privatflugzeug unterwegs, als es zum Absturz kam. Die Frau starb dabei sofort, die Kinder wurden alle schwer verletzt. Sie warten eine Ewigkeit auf Hilfe, die nie erschien. Nach acht Stunden ging der Vater etwa einen Kilometer auf einer schmutzigen Straße bis zur Bundesstraße, wo er ein Auto anhalten konnte, nachdem zwei Lastwagen nicht gestoppt hatten. Sie fuhren zur Unfallstelle, luden die Kinder ins Fahrzeug und fuhren zum nächstgelegenen Krankenhaus, mehrere Kilometer südlich der Absturzstelle.

Als sie den Eingang zur Notaufnahme des ländlich gelegenen Krankenhauses erreichten, fanden sie diesen verschlossen vor und mussten klopfen, um hineinzugelangen. Etwas später erschienen die beiden Allgemeinmediziner der kleinen ländlichen Gemeinde. Einer der Ärzte schnappte sich eins der Kinder und trug es unter den Schultern und Knie zum Röntgen. Später kam er wieder und teilte mit, dass keine Schädelfraktur vorliege. Die Halswirbelsäule war nicht untersucht worden. Dann begann er, die Wunden zuzunähen. Die Geschichte endete so, dass der Orthopäde seinen Kollegen aus seiner Praxis über die Vorkommnisse informierte und dass sie so schnell wie möglich nach Lincoln kommen würden.

Die Ärzte und das weitere Personal in dem kleinen Krankenhaus waren kaum oder gar nicht auf derartige Situationen vorbereitet. Es bestand ein offensichtlicher Mangel an Übung in der Durchführung einer Triage und dem Einleiten geeigneter Maßnahmen.

Die Leute wurden es leid, Kritik an der Leistung der kleinen, ländlichen Klinik zu hören. Dabei richtete sich die Kritik gar nicht gegen eine spezielle Klinik, sondern vielmehr ganz allgemein an die Akutversorgungsqualität von Traumapatienten in ländlich gelegenen Kliniken. So kam es zu dem Entschluss, Ärzten in ländlichen Regionen eine systematische Herangehensweise an die Versorgung von Traumapatienten zu vermit-

teln. Es sollte ein ähnliches Kursformat wie der ACLS-Kurs (Advanced Cardiac Life Support) sein und dieses sollte ATLS genannt werden. Man entwickelte einen Lehrplan und brachte diesen in eine für die Versorgung von Traumapatienten sinnvolle Struktur. Weiterhin wurde die „Behandlung im Ablauf“-Methode entwickelt. Neu war auch das „ABC“ der Traumaversorgung, bei dem die Untersuchung und Behandlung nach Prioritäten unterteilt wurde. In Auburn, Nebraska, wurde 1978 mit der Unterstützung vieler Menschen ein „Pilotkurs“ durchgeführt, um das neue Kursformat zu testen. Der Kurs wurde der Universität von Nebraska vorgestellt und schließlich auch dem American College of Surgeons Committee on Trauma (Amerikanische Akademie für Chirurgie).

Seit diesem ersten Kurs in Auburn sind mehr als drei Jahrzehnte vergangen und ATLS wächst und gedeiht. Was einmal als Kurs für Ärzte in Nebraskas ländlichen Regionen gedacht war, wurde ein Kurs für die ganze Welt sowie für alle möglichen Traumaarten und diente als Fundament für das PHTLS-Kurskonzept.

PHTLS

Dr. Richard H. Carmona, ehemaliger United States Surgeon General (Der Surgeon General of the United States ist der Leiter des United States Public Health Services und gilt als die Person, die zu allen Angelegenheiten des öffentlichen Gesundheitsdienstes gegenüber der Regierung der Vereinigten Staaten Stellung nimmt, Anm. d. Übers.), schrieb in der 6. englischen Ausgabe des PHTLS-Anwenderbuches Folgendes: „Bei vielen offenkundigen Erfolgen können wir auf die Vorarbeit von bemerkenswerten Persönlichkeiten zurückgreifen – so auch bei PHTLS. Eine kleine Gruppe von Vorreitern entwickelte PHTLS vor über einem Vierteljahrhundert mit großen Visionen und Leidenschaft, hatte aber auch mit Ablehnung zu kämpfen.“

In den USA oft als „Vater der Notfallmedizin“ bezeichnet, veröffentlichte Dr. Joseph D. „Deke“ Farrington (FACS) (1909–1982) den Artikel „Tod im Straßengraben“, von dem viele sagen, er habe in den USA im modernen Rettungsdienst einen Wendepunkt eingeleitet. Im Jahre 1958 überzeugte er die Feuerwehr von Chicago davon, dass die Feuerwehrleute darin trainiert sein sollten, mit Notfallpatienten umzugehen. In Zusammenarbeit mit Dr. Sam Banks initiierte Deke in Chicago ein Trainingsprogramm zur Versorgung von Traumapatienten. Millionen von Menschen wurden nach den Leitlinien ausgebil-

det, die in diesem als Meilenstein zu bezeichnenden Programm festgelegt wurden. Deke setzte seine Arbeit auf jeder Ebene der Notfallmedizin fort, angefangen bei der Tätigkeit „auf der Straße“ über die Ausbildung bis hin zur Gesetzgebung. Somit stellte er sicher, dass sich die notfallmedizinische Versorgung zu dem weiterentwickeln konnte, was sie heute ist. Die Prinzipien und Werte, die Deke uns dargelegt hat, stellen einen Teil der Keimzelle von PHTLS dar und zählen zu den Grundlagen, auf die wir alle aufbauen.

Dr. Norman McSwain Jr., erster Vorsitzender des ATLS-ad-hoc-Komitees und Vorsitzender des Unterausschusses für die Präklinische Versorgung von Traumaopfern des American College of Surgeons, wusste, dass der Start des ATLS-Programms einen maßgeblichen Einfluss auf die Genesung von Traumapatienten haben würde. Darüber hinaus war ihm sehr wohl bewusst, dass dieser Effekt noch größer sein könnte, wenn diese Form des Trainings den Erstversorgenden vermittelte würde.

Dr. McSwain, Gründungsmitglied des Vorstands der National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT), gewann die Unterstützung des Vorstandsvorsitzenden, Gary Labeau, und begann mit der Planung einer präklinischen Version von ATLS. Labeau veranlasste Dr. McSwain und Robert Nelson, NREMT-P, die Realisierbarkeit eines ATLS-ähnlichen Programms für Ersthelfer zu ermitteln.

Als Professor der Chirurgie an der medizinischen Fakultät der Tulane University in New Orleans, Louisiana, konnte Dr. McSwain mit Unterstützung der Universität den Entwurf für den Lehrplan entwickeln, aus dem Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) hervorging. Infolgedessen wurde 1983 das PHTLS-Komitee gegründet. Es arbeitete daran, das Curriculum weiterzuentwickeln, sodass noch in demselben Jahr Pilotkurse in Lafayette und New Orleans, Louisiana, am Marian Health Center in Sioux City, Iowa, an der medizinischen Fakultät der Yale University, New Haven, Connecticut, und am Norwalk Hospital, Norwalk, Connecticut, gegeben werden konnten.

Richard W. „Rick“ Vomacka (1946–2001) war eines der Mitglieder der Arbeitsgruppe, die damit befasst war, auf der Grundlage des Advanced-Trauma-Life-Support-Programms des American College of Surgeons den PHTLS-Kurs zu entwickeln. PHTLS wurde zu seiner Leidenschaft, als das Kurskonzept fertiggestellt war, und er reiste in den frühen 1980er-Jahren durch das Land, wo er Pilotkurse durchführte und mit den regionalen Ausbildern Workshops veranstaltete. Er arbeitete mit Dr. McSwain und anderen ursprünglichen Arbeitsgruppenmitgliedern zusammen, um die Feinabstimmung innerhalb des Programms zu erreichen. Rick war außerdem der Schlüssel für die enge Zusammenarbeit, die sich zwischen PHTLS und dem US-Militär entwickelte, und war zudem an den ersten internationalen PHTLS-Veranstaltungsorten tätig. Rick spielte in der Anfangszeit von PHTLS eine sehr große Rolle und wir erinnern uns mit Dankbarkeit an seine harte Arbeit und sein Engagement zum Wohle der Traumapatienten.

Die landesweite Verbreitung begann mit drei intensiven Seminaren in Denver, Colorado, Bethesda, Maryland, und Orlando, Florida, die zwischen September 1984 und Februar 1985 abgehalten wurden. Die Absolventen dieser frühen Kurse fungierten gleichsam als „Wanderdarsteller“, die landauf, landab weitere Personen mit dem PHTLS-Programm bekannt machten und schulten.

Alex Butman und Rick Vomacka arbeiteten unablässig an der Fertigstellung der ersten beiden Auflagen des PHTLS-Anwenderhandbuchs und wendeten dabei oftmals Geld aus ihrer eigenen Tasche auf. Ohne ihre Hilfe und Mitarbeit hätte es PHTLS nie gegeben.

Zu Beginn konzentrierten sich die Kurse auf Advanced Life Support (ALS). Im Jahr 1986 wurde dann ein Kurs entwickelt, der auch Basic Life Support (BLS) umfasste. Dieser Kurs fand enorme Verbreitung: Zu Beginn waren es einige entusiastische Teilnehmer, dann einige Dutzend, schließlich Hunderte, und inzwischen sind es Tausende von Teilnehmern, die jährlich weltweit an PHTLS-Kursen teilnehmen.

Mit der zunehmenden Verbreitung wurde das PHTLS-Komitee ein Teil der NAEMT. Die Nachfrage nach den Kursen und die Notwendigkeit, Kontinuität und Qualität sicherzustellen, erforderte den Aufbau von Netzwerken aus Partnern und Mitgliedern sowohl regional als auch landesweit. Für jedes Land gibt es nationale Koordinatoren und innerhalb des Landes wiederum regionale Koordinatoren und Partner, die sicherstellen, dass die Kursinhalte deckungsgleich sind – gleichgültig, ob ein Teilnehmer ein Programm in Chicago Heights, Illinois, oder Buenos Aires, Argentinien, besucht.

Während der gesamten Entwicklung wurde die medizinische Aufsicht durch das American College of Surgeons, Committee on Trauma gewährleistet. Die fast 30 Jahre währende Partnerschaft zwischen dem American College of Surgeons und der NAEMT hat sichergestellt, dass Kursteilnehmer die Gelegenheit erhalten, Traumapatienten überall die beste Überlebenschance zu geben.

Zu Beginn war Dr. Scott B. Frame (FACS, FCCM) (1952–2001) stellvertretender medizinischer Direktor des PHTLS-Programms. Sein Schwerpunkt lag in der Entwicklung audiovisueller Medien für PHTLS und in seiner internationalen Verbreitung. Zum Zeitpunkt seines viel zu frühen Todes hatte er die Verantwortung für die Sammlung des Materials der fünften Ausgabe des PHTLS-Kurses übernommen. Dies beinhaltete nicht nur das Anwenderhandbuch, sondern auch das Instruktorenhandbuch und sämtliche damit zusammenhängenden Unterrichtsmaterialien. Er erklärte sich bereit, zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der fünften PHTLS-Auflage medizinischer Direktor für das Kurssystem zu werden. Er publizierte Beiträge über Notfallmedizin und Traumatologie in notfallmedizinischen Fachzeitschriften und schrieb Kapitel für maßgebliche Fachbücher.

Das PHTLS-Programm wuchs unter der Leitung von Scott in unermesslicher Weise. Die Fortsetzung dieser Erfolge in der Zukunft wird auch auf den Leistungen von Scott beruhen und auf der Zeit, die er PHTLS und seinen Patienten widmete.

Die vorgenannten Personen und viele weitere – es sind zu viele, um sie alle aufzählen zu können – haben dazu beigetragen, dass PHTLS wurde, was es heute ist, und dass das Kursformat weiterhin wächst.

PHTLS beim Militär

Seit 1988 bilden die US-Streitkräfte ihre Ärzte umfassend nach dem PHTLS-Konzept aus. Unter der Koordination des Defense Medical Readiness Training Institute (DMRT) in Fort Sam Houston, Texas, wird PHTLS in den USA, Europa und Asien an allen Stützpunkten der US Army gelehrt. Im Jahr 2001 standardisierte die Armee das Training von mehr als 58.000 Militärärzten unter Miteinbezug von PHTLS. In der vierten Ausgabe wurde ein entsprechendes militärisches Kapitel hinzugefügt. Nach der Veröffentlichung der fünften Ausgabe wurde ein starkes Bündnis zwischen der PHTLS-Organisation und dem neu eingeführten Committee on Tactical Combat Casualty Care geformt. Das umfassend überarbeitete militärische Kapitel der fünften Ausgabe war ein unmittelbares Ergebnis dieser Partnerschaft; eine eigene (englische) militärische Ausgabe wurde 2004 veröffentlicht. Diese Zusammenarbeit führte zur Neugestaltung mehrerer Kapitel für die sechste Ausgabe der Militärversion von PHTLS. PHTLS wurde bei zahlreichen Gelegenheiten im Ernstfall in den Kriegseinsätzen in Afghanistan und im Irak trainiert und führte zur niedrigsten Sterblichkeitsrate aller bewaffneten Konflikte in der Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika.

PHTLS international

Die vernünftigen Grundsätze des präklinischen Traumamanagements, die bei PHTLS betont werden, veranlassten Ersthelfer und Ärzte außerhalb der Vereinigten Staaten, die Einführung des Programms auch in ihren Ländern zu verlangen. Dozenten, die weltweit ATLS-Kurse halten, unterstützten dies. Dieses Netzwerk gewährleistet medizinische Leitung und Kontinuität der Kurse.

Durch die Verbreitung von PHTLS in den Vereinigten Staaten und weltweit waren wir von den Unterschieden in den Kulturen und im Klima ebenso beeindruckt wie von den Ähnlichkeiten der Menschen, die ihr Leben der Sorge um Kranke und Verletzte widmen. Diejenigen unter uns, welche die glückliche Gelegenheit hatten, im Ausland zu unterrichten, haben die Kammeradschaft mit unseren internationalen Kollegen erfahren und wissen, dass wir alle im Streben nach Hilfe für die Menschen vereint sind, die diese am dringendsten benötigen.

Die PHTLS-Familie wächst immer weiter und derzeit wurden annähernd eine Million Teilnehmer in 50 Ländern ausgebildet. Pro Jahr finden über 2.600 Kurse mit 34.000 Teilnehmern statt.

Zu den Ländern der sich immer weiter verbreitenden PHTLS-Familie (diese Ausgabe eingeschlossen) gehören Ar-

gentinen, Australien, Barbados, Belgien, Bolivien, Brasilien, Chile, China, Costa Rica, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Georgien, Granada, Griechenland, Großbritannien, Hongkong, Irland, Israel, Italien, Kanada, Kolumbien, Litauen, Luxemburg, Mexiko, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Panama, Peru, die Philippinen, Polen, Portugal, Saudi-Arabien, Schottland, Spanien, Schweden, Schweiz, Trinidad, Vereinigte Arabische Emirate, Vereinigte Staaten von Amerika, Uruguay, Venezuela und Zypern. Demonstrationskurse wurden in Bulgarien, Mazedonien und Kroatien in der Hoffnung durchgeführt, dort bald Mitglieder zu etablieren. Ecuador, Japan, Korea, Nigeria, Paraguay und Südafrika möchten in naher Zukunft der Gemeinschaft beitreten.

Übersetzungen

Die zunehmende internationale Verbreitung machte natürlich Übersetzungen notwendig. Derzeit sind die Texte auf Englisch, Spanisch, Griechisch, Portugiesisch, Französisch, Niederländisch, Georgisch, Deutsch, Chinesisch und Italienisch verfügbar. Es gibt Verhandlungen, die Texte in zusätzlichen Sprachen zu veröffentlichen.

Zukunftsvision

Die Zukunftsvision von PHTLS ist eine große Gemeinschaft. Der Vater von PHTLS, Dr. McSwain, ist der Ursprung dieser wachsenden Gemeinschaft, die grundlegende Ausbildung gewährleistet und Wissen und Erfahrung beisteuert. Das initiale internationale PHTLS-Trauma-Symposium wurde im Jahr 2000 bei Chicago, Illinois, abgehalten. Im Jahre 2010 fand das erste Treffen von PHTLS Europa statt. Diese Programme bringen die Arbeit von Forschern und Praktikern auf der ganzen Welt zusammen, um die Standards der Traumaversorgung im neuen Jahrtausend festzulegen.

Die Unterstützung der weltweiten PHTLS-Gemeinschaft, die freiwillig zahllose Stunden aufwendet, ermöglicht der Leitung von PHTLS erst das Wachstum. Die Leitung besteht aus folgenden Personen:

Geschäftsführender Vorstand PHTLS

Internationale PHTLS-Vorsitzende

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Will Chapleau, EMT-P, RN, TNS | seit 1996 |
| Elizabeth M. Wertz, RN, BSN, MPM | 1992–1996 |
| James L. Paturas | 1991–1992 |
| John Sinclair, EMT-P | 1990–1991 |
| David Wuertz, EMT-P | 1988–1990 |
| James L. Patura | 1985–1988 |
| Richard Vomacka, REMT-P | 1983–1985 |

Medizinischer Direktor von PHTLS International

Norman E. McSwain Jr., MD, FACS, NREMT-P seit 1983

Stellvertretende Direktoren

Jeffrey S. Guy, MD, FACS, EMT-P seit 2001

Peter T. Pons, MD, FACEP seit 2000

Lance Stuke, MD, MPH seit 2010

Um das Potenzial der PHTLS-Kurse und der weltweiten Gemeinschaft der Erstversorgenden weiterzuverfolgen, müssen wir uns an unsere Verpflichtung erinnern:

- schnelle und genaue Untersuchung
- Feststellung von Schock und Unterkühlung
- Ergreifen der richtigen Maßnahmen zur richtigen Zeit
- rechtzeitiger Transport an den richtigen Ort.

Es soll auch an unser Leitbild erinnert werden, das in einer Marathonsitzung bei der NAEMT-Konferenz im Jahr 1997 verfasst wurde. Wir halten daran fest, all denen die bestmögliche Schulung hinsichtlich der präklinischen Traumaversorgung anzubieten, die von dieser Gelegenheit Gebrauch machen wollen. PHTLS fördert auch das Erreichen der Botschaft von NAEMT. Das PHTLS-Programm fühlt sich der Qualität und der Verbesserung der Umsetzung verpflichtet. Daher verfolgt PHTLS immer aufmerksam technische und methodische Veränderungen in der prähospitalen Traumaversorgung, die dazu beitragen könnten, die medizinische und Servicequalität des Programms zu erhöhen.

National Association of Emergency Medical Technicians

Die NAEMT vertritt weltweit die Interessen von ErstversorgerInnen. Die Organisation wurde im Jahr 1975 mit Unterstützung des National Registry of EMTs (NREMT) gegründet. Von Beginn an setzte sie sich für die professionelle Etablierung aller an der präklinischen Versorgung Beteiligten ein. Die Trainingsprogramme sollten kontinuierlich bedeutsames Wissen für Praktiker jedes Kenntnisstandes vermitteln und sind diesbezüglich weltweit zum Standard geworden.

Die NAEMT pflegt wechselseitige Beziehungen mit Dutzenden von nationalen und internationalen behördlichen und privaten Institutionen, welche die verschiedensten Bereiche der präklinischen Versorgung beeinflussen. Die Beteiligung von NAEMT stellt sicher, dass die Stimme der präklinischen Versorgung bei der Festlegung der Zukunft des Fachgebiets gehört wird.

NAEMT-Mission

Der Auftrag der National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT) ist es, die Vertretung des Berufsstandes zu sein, welche die Ansichten und Meinungen der in der präklinischen Erstversorgung Tätigen wiedergibt, um die zukünftige Entwicklung von Rettungsdienstmitarbeitern als einheitlichem Gesundheitsberuf zu beeinflussen. NAEMT wird seinen Mitgliedern mit Fortbildungsmaßnahmen, Kontaktpflege, der Entwicklung nationaler Standards und Programme dienen, um die im Bereich der Erstversorgung Tätigen zu unterstützen.

Indem diese Mission klar definiert und leidenschaftlich verfolgt wird, wird NAEMT auch zukünftig die Führung in diesem Bereich der präklinischen Versorgung innehaben.

KAPITEL

1

Prehospital Trauma Life Support und Traumamanagement First Responder – Einführung

| | | | | | |
|------------|--|----------|------------|---|----------|
| 1.1 | VersorgungT raumatisierter im 21. Jahrhundert | 5 | 1.2 | Prinzipien, Strategien und kritisches Denken | 8 |
| 1.1.1 | Vorereignisphase | 6 | 1.2.1 | Prinzipien und Strategien | 9 |
| 1.1.2 | Ereignisphase | 7 | 1.2.2 | Kritisches Denken | 11 |
| 1.1.3 | Nachereignisphase | 7 | | | |

Unsere Patienten haben sich nicht uns ausgesucht, wir haben sie ausgesucht. Wir hätten einen anderen Beruf wählen können, aber das haben wir nicht. Wir haben die Verantwortung für die Patientenbehandlung in den schlimmsten Situationen übernommen: wenn wir erschöpft sind und frieren, wenn es regnet und dunkel ist und wir nicht wissen, was uns erwartet. Wir müssen diese Verantwortung entweder akzeptieren oder aber abgeben. Wir müssen unseren Patienten die bestmögliche Behandlung zukommen lassen – mit voller Aufmerksamkeit, nicht mit ungeprüfter Ausrüstung, unvollständigem Material oder mit veraltetem Fachwissen. Ohne jeden Tag zu lesen und dazuzulernen, können wir nicht sicher sein, dass unser Fachwissen aktuell ist, und somit können wir nicht behaupten, bereit zu sein, unsere Patienten bestmöglich versorgen zu können. Ein Trauma First Response- oder PHTLS-Kurs erweitert und festigt die Kenntnisse der First Responder, Rettungsassistenten sowie der Notärzte und – was noch wichtiger ist – er nutzt und dient dem Patienten. Am Ende eines jeden Einsatzes sollten wir uns sicher sein, dass der Patient nichts weniger als unser Bestes bekommen hat.

1.1 Versorgung Traumatisierter im 21. Jahrhundert

Trauma First Response und PHTLS lehrt auf einem grundlegenden Verständnis für Anatomie und Physiologie basierendes Fachwissen zur Patientenversorgung, Blutungskontrolle sowie der Begrenzung des Zeitverlustes, um der Notwendigkeit Rechnung zu tragen, den Patienten schnellstmöglich in den Operationssaal zu bringen.

Diese Philosophie erlaubt nicht nur, sie erfordert sogar ein kritisches Denken des Anwenders, Entscheidungen zu treffen und umzusetzen, welche die Überlebenschance des Traumapatienten verbessern. Trauma First Response bildet die Anwender nicht darin aus, Algorithmen in der Patientenversorgung anzuwenden. Algorithmen sind starre Ansätze, die es nicht er-

lauben, bessere Alternativen abzuwägen. Es lehrt vielmehr ein Verständnis für die medizinische Behandlung sowie einen kritischen Denkansatz, um diese Ziele zu erreichen. Jeder Patientenkontakt ist höchst individuell und die Kombination der Umstände einzigartig. Wenn der TFR-Anwender die Basis der medizinischen Versorgung beherrscht und die höchst individuellen Bedürfnisse des Patienten erkennt, kann er Entscheidungen treffen, welche eine Behandlung mit dem Ziel der größten Überlebenschance ermöglichen. TFR bildet keine Anwender aus, die von oben vorgegebene Instruktionen ausführen, sondern kritische Denker, die mit einer soliden Wissensbasis sowie entsprechenden Fähigkeiten zur Patientenversorgung ausgestattet sind. So haben sie alle Mittel zur Hand, um ein bestmögliches, individuelles Management des Traumapatienten zu erreichen.

Die Chancen, einem anderen zu helfen, stehen in der präklinischen Versorgung traumatisierter Patienten besser als bei anderen Patientengruppen. Traumapatienten sind die größte Patientengruppe, der wir begegnen. Ihre Überlebenswahrscheinlichkeit bei exzellenter Behandlung, in der präklinischen als auch der klinischen Phase, ist wahrscheinlich größer als die aller anderen kritisch erkrankten Patienten. First Responder und Rettungsfachpersonal im Allgemeinen können die Lebenserwartung eines traumatologischen Patienten und somit die Zahl seiner Erwerbstätigkeitsjahre erhöhen und dadurch auch der Gesellschaft insgesamt einen wertvollen Dienst leisten. Ähnliches gilt für die Arbeitsfähigkeit von Arbeitnehmern. 2009 war in Deutschland jeder achte krankheitsbedingte Ausfalltag durch Verletzungen verursacht. (► Abb. 1.1). Der First Responder kann somit auch in diesem Bereich durch Prävention von Verletzungen sowie ein erfolgreiches Management traumatologischer Patienten einen bedeutenden Einfluss ausüben. Die TFR und PHTLS-Prinzipien zu verstehen, zu erlernen und auszuführen, wirkt sich auf Traumapatienten positiver aus als jedes andere Ausbildungprogramm.

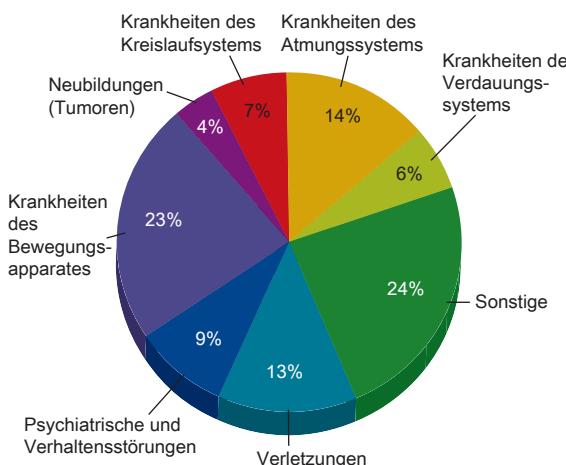


Abb. 1.1 Ursache von Arbeitsunfähigkeit in Deutschland 2009 (Quelle: Wissenschaftliches Institut der AOK)

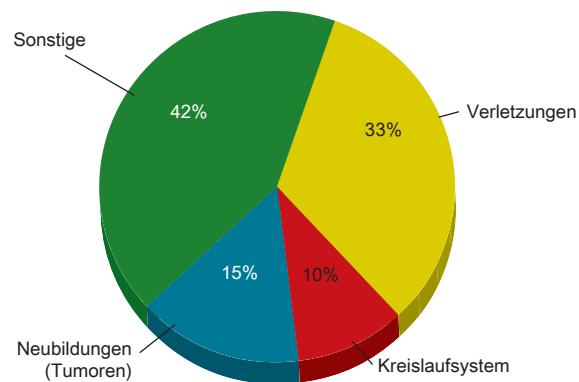


Abb. 1.2 Prozentualer Anteil der Todesursachen aller zwischen dem ersten und 40. Lebensjahr Verstorbenen in Deutschland im Jahre 2009 (Quelle: Statistisches Bundesamt)

1.1.1 Vorereignisphase

Trauma ist nicht gleich Unfall, obwohl die Begriffe oft im gleichen Sinne gebraucht werden. Ein **Unfall** ist entweder definiert als „ein Ereignis, das zufällig oder aufgrund unbekannter Ursachen auftritt“ oder als „ein unglückliches Ereignis, resultierend aus Unvorsichtigkeit, Unachtsamkeit oder Ignoranz“. Die meisten tödlich endenden Traumatisierungen entsprechen der zweiten Definition und sind somit vermeidbar. Traumatische Vorfälle lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: **beabsichtigt** und **unbeabsichtigt**.

Die Vorereignisphase beinhaltet die Umstände, die zu einer Verletzung führen. Die Bemühungen in dieser Phase konzentrieren sich hauptsächlich auf die Vermeidung von Verletzungen. Die Menschen müssen dazu gebracht werden, Gurtsysteme in Fahrzeugen zu nutzen, Wege zu finden, weniger Waffen bei kriminellen Handlungen einzusetzen, und Konflikte gewaltlos zu lösen. Zusätzlich zur Versorgung traumatisierter Patienten haben alle im Gesundheitswesen tätigen Personen die Verantwortung, die Zahl der Traumaopfer zu verringern. Derzeit führen bis zum 40. Lebensjahr in Deutschland Verletzungen zu mehr Todesfällen als Kreislauf- und Krebserkrankungen zusammen (➤ Abb. 1.2). Verkehrsunfälle und Stürze sind bei weit mehr als jedem dritten dieser Todesfälle die Ursache (➤ Abb. 1.3). Die meisten dieser Todesfälle wären vermeidbar.

Die Helmpflicht beim Motorradfahren ist ein Beispiel dafür, wie die Gesetzgebung die Prävention von Verletzungen beeinflussen kann. Im Jahre 1966 gab der US-Kongress dem Verkehrsministerium die Möglichkeit, dass die einzelnen Bundesstaaten eine Helmpflicht einführen. Anschließend stieg die Quote von Helmträgern auf nahezu 100%, und die Anzahl der Todesopfer bei Motorradunfällen nahm dramatisch ab. Im Jahre 1975 hob der Kongress diese Vollmacht wieder auf. Mehr als die Hälfte aller Staaten widerriefen oder modifizierten die gesetzliche Helmpflicht, was die Zahl der Todesopfer bei Mo-

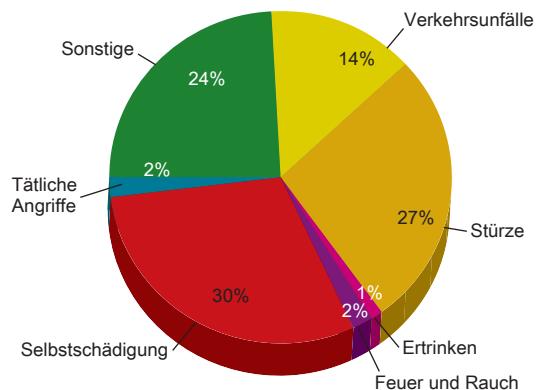


Abb. 1.3 Prozentualer Anteil der Ursachen verletzungsbedingter Todesfälle in Deutschland im Jahre 2009 (Quelle: Statistisches Bundesamt)

torradunfällen wieder ansteigen ließ. Nachdem einige US-Bundesstaaten die Helmpflicht anschließend erneut einführten, verringerte sich die Anzahl der Todesopfer abermals. Derzeit besteht in den Mehrzahl der Bundesstaaten keine Helmpflicht, sodass die Zahl der Todesopfer nach Motorradunfällen 2006 und 2007 zunahm.¹

Eine andere Ursache vermeidbarer Todesfälle durch Traumatisierung ist Trunkenheit am Steuer.² Aufgrund der Aufklärungsarbeit und des politischen Drucks von Organisationen wie „Mothers Against Drunk Drivers“ (MADD) auf die Gesetzgebung der US-Bundesstaaten, die Promillegrenze zu reduzieren, ist die Anzahl betrunkenener Fahrzeuglenker, die in tödliche Unfälle verwickelt sind, stetig gesunken.

Ein anderer Weg, Verletzungen zu vermeiden, ist der Einsatz von Kindersitzen. Viele Traumazentren, Polizei- und Rettungsdienstorganisationen führen Ausbildungsprogramme durch, in denen Eltern im richtigen Umgang mit Kindersitzen geschult werden.

Die andere Komponente der Vorereignisphase umfasst die Vorbereitung der First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter. Diese Vorbereitung beinhaltet eine gute und vollständige Ausbildung, die ständig an aktuelle Gegebenheiten ange-

passt wird, aber auch die Kontrolle des Materials zu Beginn jeder Dienstschicht sowie die Abstimmung und Aufgabenverteilung mit den jeweiligen Teampartnern im Vorfeld.

1.1.2 Ereignisphase

Die Ereignisphase ist der Moment des eigentlichen Traumas. Maßnahmen in der Vorrereignisphase können den Ausgang dieser Phase beeinflussen. Dies gilt nicht nur für unsere Patienten, sondern auch für uns selbst. Egal ob man einen privaten Pkw oder einen Einsatzfahrzeug fährt, First Responder müssen sich schützen und sollten anderen ein Vorbild sein. Es ist wichtig, sicher und umsichtig zu fahren, sich stets an die Verkehrsregeln zu halten und sich nicht vom Telefonieren mit Mobiltelefonen, Unterhaltungen o. Ä. ablenken zu lassen sowie die Sicherheitseinrichtungen in Einsatzfahrzeugen für sich selbst und für die zu versorgenden oder zu transportierenden Patienten konsequent zu nutzen.

1.1.3 Nachereignisphase

Donald Trunkey teilte Patienten, die durch ein Trauma verstarben, in drei Gruppen ein³:

- Die **1. Phase** tritt innerhalb der ersten Minuten nach dem Ereignis ein und dauert bis zu 60 Minuten. Diese Todesfälle würden wahrscheinlich auch bei sofortiger medizinischer Hilfe auftreten. Die besten Methoden, sie zu bekämpfen, sind Prävention und Sicherheitsstrategien.
- Die **2. Phase** betrifft Todesfälle, die wenige Stunden nach dem Ereignis eintreten. Diese Todesfälle lassen sich durch entsprechende präklinische und klinische Behandlung vermeiden.
- Die **3. Phase** umfasst Todesfälle, die mehrere Tage bis Wochen nach dem Ereignis eintreten. Diese werden gewöhnlich durch Multiorganversagen verursacht. Therapie und Prävention des Multiorganversagens müssen noch intensiver erforscht werden. Eine frühe und aggressive präklinische Therapie des Schocks hilft jedoch, einige dieser Todesfälle zu vermeiden (> Abb. 1.4).

R. Adams Cowley, Gründer eines der ersten Traumazentren im US-amerikanischen Maryland (MIEMS), beschrieb und definierte, was wir heute die „goldene Stunde“ nennen.⁴ Auf seinen Untersuchungen basierend, glaubte Cowley, dass Patienten, die gleich nach einer Verletzung entschlossen therapiert wurden, eine höhere Überlebensrate hatten als jene, die verzögert behandelt wurden. Ein Grund für diese Verbesserung der Überlebenschance liegt in der Erhaltung der Fähigkeit des Körpers, Energie zu produzieren und damit Organfunktionen aufrechtzuerhalten. Für die Einsatzkräfte heißt das, die Sauerstoffversorgung und Durchblutung des Patienten aufrechtzuerhalten, um den Patienten im Anschluss schnell in eine Einrichtung bringen zu lassen, die in der Lage ist, Blut- und Plasmatransfusionen zu verabreichen.

Wann Patienten nach einem Trauma sterben

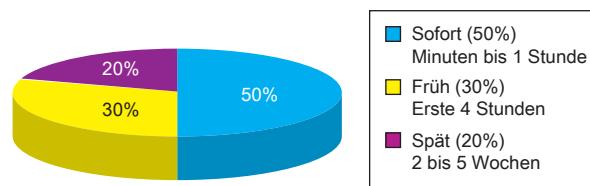


Abb. 1.4 Sofortiges Versterben an der Unfallstelle kann lediglich durch konsequente Prävention verhindert werden; die einzige Chance des Patienten liegt in der Verhinderung des Unfalls. Die Rate des frühzeitigen Ablebens lässt sich durch gute und zeitnahe präklinische Versorgung vermindern. Spät eintretende Todesfälle werden durch zeitnahe Transport in ein geeignetes Traumazentrum und eine gezielte klinische Versorgung unwahrscheinlicher.

In städtischer Umgebung beträgt die durchschnittliche **Hilfsfrist** (die Zeit vom Bekanntwerden des Unfallereignisses bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes an der Einsatzstelle) 6–8 Minuten. Der Transport zum aufnehmenden Krankenhaus dauert im Mittel 8–10 Minuten. 15–20 Minuten der „goldenen Stunde“ werden also für die Anfahrt zum Notfallort und den Abtransport des Patienten verbraucht. Ist die präklinische Versorgung am Notfallort ineffizient oder schlecht organisiert, gehen dort weitere 30–40 Minuten verloren. Schlechtestenfalls ist die „goldene Stunde“ also schon um, bevor der Patient ein Krankenhaus erreicht, in dem bessere Ressourcen und Versorgungsmöglichkeiten für ihn verfügbar wären. Wissenschaftliche Erhebungen stützen dieses Konzept. Einer Studie zufolge war die Sterberate schwer verletzter Patienten signifikant niedriger (17,9 vs. 28,2%), wenn diese statt mit einem Rettungswagen mit dem Privatwagen in die Klinik gebracht wurden. Dieses unerwartete Ergebnis beruht höchstwahrscheinlich auf einem Zeitverlust an der Einsatzstelle. Ein Traumazentrum dokumentierte durchschnittliche Behandlungszeiten am Notfallort von 23 Minuten im Falle von bei Verkehrsunfällen verletzten Patienten und 22 Minuten im Falle von Opfern mit einem penetrierenden Trauma. Dies wirft die Frage auf, die sich jeder First Responder, Rettungssanitäter und jeder Notarzt immer wieder stellen muss: „Werden meine Maßnahmen dem Patienten helfen? Überwiegt der Nutzen meiner Maßnahmen das Risiko, welches durch den verzögerten Transport entsteht?“ Eine Kernaufgabe der Einsatzkräfte besteht darin, die Aufenthaltsdauer am Notfallort zu minimieren. In den kostbaren ersten Minuten nach der Ankunft am Notfallort müssen sie den Patienten beurteilen, lebensrettende Maßnahmen durchführen und ihn für den Abtransport vorbereiten. Den Grundsätzen von TFR und PHTLS folgend, sanken in den Jahren seit 2000 die Versorgungszeiten am Einsatzort und die Überlebensraten von traumatisierten Patienten stiegen.

Eine weitere Zuständigkeit der Helfer des Rettungssystems umfasst den Transport des Patienten in eine geeignete Einrichtung. Der kritischste Faktor für das Überleben eines Patienten ist die Zeitspanne zwischen dem Ereignis und der endgültigen klinischen Behandlung. Bei einem Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand ist die endgültige Behandlung auf das Wiederer-

langen eines normalen Herzrhythmus und damit einer adäquaten Durchblutung ausgerichtet. Die kardiopulmonale Reanimation (CPR; Herz-Lungen-Wiederbelebung) ist dabei lediglich eine Zwischenstation. Bei einem Patienten mit verlegten Atemwegen zielt die Behandlung auf die Sicherung der Atemwege und das Wiedereinsetzen einer suffizienten Atmung ab. Die Wiederherstellung der Atmung oder eines normalen Herzrhythmus (z.B. durch Defibrillation) lässt sich meist außerhalb der Klinik schnell erreichen. Trotzdem ist im Rahmen von Herzinfarkt-Versorgungsprogrammen die Bedeutung der Zeitspanne bis zum Beginn der Eröffnung von Herzkranzgefäßen immer wichtiger geworden.

Die Behandlung von Traumatisierten unterscheidet sich hiervon, aber die Bedeutung der Zeit bleibt ausschlaggebend. Die endgültige Versorgung umfasst normalerweise die Kontrolle der Blutung und die Wiederherstellung einer adäquaten Durchblutung. Die Verabreichung von Blutkonzentraten im Verhältnis 1:1 zum Ausgleich eines Blutverlustes hat zu beeindruckenden Resultaten der US-Militärs im Irak und Afghanistan geführt. Die fehlende präklinische Verfügbarkeit dieser Blutprodukte im zivilen Rettungsdienst ist ein weiterer wichtiger Grund für einen schnellen Transport des Traumapatienten in ein Krankenhaus.

Eine endgültige Blutungskontrolle lässt sich oft weder am Notfallort noch im Schockraum erreichen, sondern gelingt häufig erst im Operationssaal. Daher müssen bei der Wahl einer geeigneten Einrichtung sowohl die Transportzeit zu einer Einrichtung als auch deren diagnostische und therapeutische Möglichkeiten kritisch überdacht werden.

Ein Traumazentrum mit eigenem Unfallchirurgen und erfahrenen, gut trainierten OP-Teams im Haus vermag einen Patienten mit lebensbedrohlichen Blutungen schon 10–15 Minuten nach seiner Ankunft im OP zu versorgen und stellt somit den Unterschied zwischen Leben und Tod dar. Ist solches Personal nicht vor Ort, muss die Ankunft des chirurgischen OP-Teams erst abgewartet werden, bis der Patient aus der Notaufnahme in den OP gebracht werden kann. Bis zur Blutungskontrolle kann in diesem Fall zusätzliche Zeit verloren gehen, die schließlich eine höhere Sterberate zur Folge hat (**> Abb. 1.5**).

Festzustellen ist ein deutlicher Anstieg der Überlebensraten, wenn nichtspezialisierte Krankenhäuser umgangen und alle schwer verletzten Patienten in ein Traumazentrum gebracht werden.^{5–12} Wichtig und entscheidend ist die Erfahrung der

Unfallchirurgen. Studien haben ein besseres Outcome festgestellt, wenn Patienten eine Versorgung in hochfrequentierten Traumazentren bekommen, als wenn sie durch weniger erfahrene Unfallchirurgen behandelt werden.

1.2 Prinzipien, Strategien und kritisches Denken

Es ist seit vielen Jahren anerkannt und akzeptiert, dass die Medizin keine exakte Wissenschaft ist, sondern dass es zu ihrer Ausführung einer gewissen Kunst bedarf. Dies umfasst alle Aspekte der Medizin und alle Beteiligten im medizinischen Versorgungssystem, vom First Responder über Pflege- und Rettungsfachpersonal bis zu den Ärzten. In den letzten Jahrzehnten haben sich Technologien wie zum Beispiel die Elektronik rasant weiterentwickelt; die Forschung in der Patientenversorgung erlaubt uns, diese immer besser zu verstehen. Die praktische Medizin wurde dadurch aber mehr und mehr zu einer Wissenschaft und rückte immer weiter von der Kunst ab. Doch Fertigkeiten und Geschick spielen nach wie vor eine wichtige Rolle und die Medizin hat noch einen weiten Weg bis zu einer exakten Wissenschaft wie der Mathematik oder der Physik.

Nach der Gründung der Tulane Medical School im Jahr 1834 wurden die Studenten in die erste medizinische Schulkasse im Januar 1835 immatrikuliert und beendeten im Juni 1836 die Schule. Damals stand nicht sehr viel Wissen zur Verfügung, welches vermittelt werden konnte, sodass ein sehr kurzes Curriculum für die medizinische Lehre in dieser Zeit nicht unüblich war. Viele Studenten gingen einfach einige Monate oder Jahre bei einem praktizierenden Arzt in die Lehre und zogen dann auf eigene Faust los.

Die Medizin hat sich seit dem berühmten Gemälde von Sir Luke Fildes aus dem Jahre 1891 stark verändert. Das Gemälde zeigt die Besorgnis und Frustration eines Arztes, der am Bett eines kranken Kindes sitzt. Damals gab es keine Antibiotika und nur geringe Kenntnisse über Erkrankungen und Krankheiten, geschweige denn von Kinderkrankheiten. Es gab nur eine rudimentäre Chirurgie und Medikamente waren meist pflanzliche Heilmittel. Wir gingen einen langen Weg hin zur wissenschaftlichen Seite der Medizin.

Nicht nur bis in die 1950er-Jahre wurde kein Gedanke daran verschwendet, Personal zu schulen, welches Patienten in der

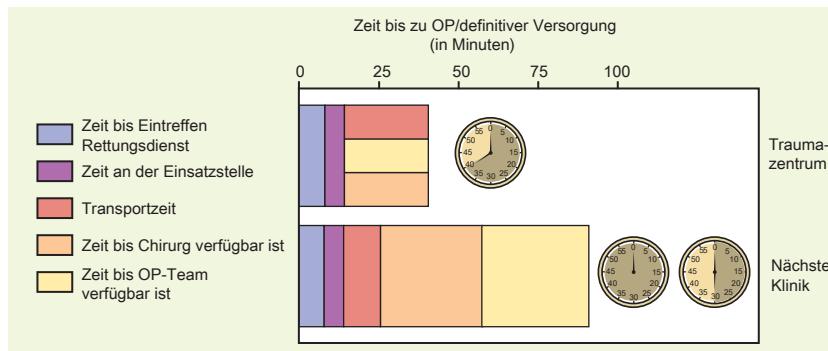


Abb. 1.5 In Gegenden, in denen Traumazentren zur Verfügung stehen, kann es die Versorgung von Traumapatienten signifikant verbessern. Kliniken, die sich nicht auf die Versorgung Schwerstverletzter spezialisiert haben, zu umgehen. Schwerstverletzte werden in der Regel im Operationssaal endgültig versorgt. Trotz einer um 10–20 Minuten längeren Transportzeit zum Traumazentrum ist die Zeit bis zur definitiven Versorgung im Operationssaal verkürzt. Blau: Hilfsfrist, lila: Zeit an der Einsatzstelle, rot: Transportzeit des Patienten, orange: Zeit bis zum Eintreffen des Chirurgen in der Klinik, gelb: Zeit bis zum Eintreffen des restlichen OP-Teams in der Klinik.

Notaufnahme aufnimmt. Die Notaufnahme war buchstäblich nur ein „Raum“ auf der Rückseite des Krankenhauses, der meist verschlossen war, bis jemand kam, um ihn aufzuschließen. Das Wissen, das heute dem Ersthelfer und dem Rettungsdienstpersonal zur Verfügung steht, hat sich in den letzten Jahren enorm erweitert. Die Bereicherung fordert aber auch eine große Verantwortung, sich immer auf dem aktuellen Stand bezüglich der neuesten Erkenntnisse zu halten und Fertigkeiten präzise zu beherrschen. Wissen kann durch Lesen durch Fortbildungen erlangt werden, Fertigkeiten werden durch Übung und Routine, wie die eines Chirurgen oder eines Piloten eines Flugzeuges, verbessert. So wie ein Pilot nach einem einzigen Flug nicht alleine fliegt, so wird ein First Responder, ein Rettungsassistent oder Notarzt eine Fertigkeit nicht nach einer Anwendung beherrschen.

Die Wissenschaft der präklinischen Versorgung und das Verständnis, um die richtigen Entscheidungen bei der Behandlung eines Patienten zu treffen, umfasst die fachlichen Kenntnisse der: 1. Anatomie – Knochen, Muskeln, Arterien, Nerven und Venen (vielleicht nicht alle mit Namen, aber sicherlich, wo sie im Körper verlaufen); 2. Physiologie – einschließlich der Kenntnisse, wie der Körper Wärme produziert und diese erhält und 3. Pharmakologie und physiologischen Reaktionen auf die verschiedenen Medikamente und deren Interaktion untereinander im Körper.

Doch bei all diesen Fortschritten ist es die Kunst der Medizin, sich auf die Gesundheitsberufe zu verlassen und deren Wissen und kritisches Denkvermögen zu nutzen, um entsprechende Entscheidungen zu treffen und das richtige Diagnose-Verfahren auszuwählen, das richtige Medikament oder die effektivste präklinische Behandlungsmethode anzuwenden, welche dem Patienten am besten hilft.^{13,14} Für First Responder ist dies die Einschätzung, welche Patienten möglicherweise ernsthaft verletzt sind, welches Vorgehen angewendet werden soll, um den nötigen Erfolg herbeizuführen, und welche Ausrüstung die beste für diese Situation ist. Dies alles ist die „Kunst der Medizin“ oder die angewendete Methode. Welche Technik, welches Verfahren oder Gerät, das der First Responder in seinem Rüstzeug vorhält, ist in seinen Händen das Geeignete, welches den Bedürfnissen des Patienten zu diesem Zeitpunkt am besten entspricht? Welches ist das bevorzugte Vorgehen?

1.2.1 Prinzipien und Strategien

Die Wissenschaft der Medizin stellt die *Prinzipien* der medizinischen Versorgung. Einfach gesagt, Prinzipien sind die Dinge, die vorhanden oder erreicht bzw. durch die Gesundheitsberufe gesichert sein müssen, um das Überleben und die Genesung der Patienten zu garantieren. Wie diese Prinzipien durch den Rettungsdienst implementiert werden können, um Patienten so effizient wie möglich zu versorgen, hängt von der gewählten *Strategie* ab, basierend auf der Situation in diesem Augenblick, dem klinischen Zustand des Patienten, der individuellen Ausbildung und Qualifizierung des Teams und dessen verfügbarer

Ausrüstung. So treffen die **Wissenschaft** der Medizin **und** die **Kunst** der Medizin für das Wohl der Patientenversorgung zusammen.

Die Bedeutung und der Unterschied zwischen *Prinzipien* und *Strategie* kann am Beispiel der Atemwegssicherung dargestellt werden. Das *Prinzip* ist, dass die Luft, die Sauerstoff enthält, durch die offenen Atemwege in die Lunge gelangen muss, damit die Erythrozyten den Sauerstoff in der Lunge aufnehmen und an die Zellen abgeben. Dieses Prinzip gilt für alle Patienten.

1.1 Prinzipien versus Strategie

Prinzipien Was für das Überleben oder die Verbesserung des Patientenzustandes notwendig ist.

Strategie Wie das Prinzip in der notwendigen Zeit von dem Ersthelfer und Rettungsdienst erreicht wird.

Die Strategie, um das Prinzip zu erreichen, hängt von vier Faktoren ab:

- gegebene *Situation*
- *Patientenzustand*
- Kenntnisse des First Responders und des Rettungsdienstpersonals
- verfügbare *Ausrüstung*.

Die Philosophie von TFR und PHTLS ist, dass jede Situation und jeder Patient anders ist.¹⁶ TFR und PHTLS lehren die Bedeutung des Verständnisses für diese Thematik und die erforderlichen Fähigkeiten, um die notwendigen Interventionen zu erreichen. Die Entscheidungen, die an der Einsatzstelle getroffen werden, müssen auf die Bedürfnisse dieses Patienten in diesem Augenblick und in dieser Situation zugeschnitten sein. Dabei sind Richtlinien nicht die ideale Lösung, da sie in den verschiedenen Situationen oft zu unflexibel sind. Die Rettungskräfte müssen die Einsatzstelle kennen, die Situation erfassen, die Kompetenzen der Kollegen einschätzen und wissen, welche Ausrüstung sie zur Verfügung haben. Das Verständnis, was für einen bestimmten Patienten getan werden kann und erreicht werden muss, basiert letztlich auf solchen Informationen. Wenn man die Prinzipien verstanden hat und **kritisch hinterfragt**, können entsprechende Entscheidungen getroffen werden. Die Strategie beschreibt die Art und Weise, wie ein First Responder und Retter die Prinzipien am besten erreicht. Das Prinzip wird nicht in der gleichen Art und Weise in jeder Situation und unter jeder Bedingung erreicht. Nicht alle Rettungskräfte besitzen die gleichen Kompetenzen. Die nötigen Hilfsmittel sind möglicherweise nicht an jeder Einsatzstelle vorhanden.¹⁵ Nur weil ein Instruktor, ein Dozent oder Arzt eine bestimmte Technik bevorzugt, bedeutet dies nicht, dass dies die beste Technik für jeden Kollegen in jeder Situation ist. Der entscheidende Punkt ist, das Prinzip zu erreichen. Wie das erreicht werden kann und wie die Versorgung nach den in ➤ Kasten 1.1 beschriebenen vier Faktoren ablaufen kann, wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

Situation

Die Situation umfasst alle Faktoren an der Einsatzstelle, die einen Einfluss auf die Patientenversorgung haben könnten. Dazu gehören unter anderem die folgenden: Gefahren an der Einsatzstelle, Anzahl der betroffenen Patienten, Positionen der Unfallfahrzeuge, Beteiligung von Kontaminationen oder Gefahrstoffen, Feuer (oder Brandgefahr), Wetter, Absicherung und Sicherheit an der Einsatzstelle, Zeit und Distanz zur nächsten medizinischen Einrichtung (inklusive Unterscheidung zwischen nächstem Krankenhaus versus Traumazentrum), Anzahl der Rettungskräfte, Ersthelfer, Transportkapazität an der Einsatzstelle, auch für weite Distanzen (zum Beispiel Hubschrauber, weitere Rettungswagen) sowie viele weitere Faktoren. Für militärische Einsatzkräfte beinhaltet die Situation natürlich auch, ob Gefechte im Gange sind, wo sich der Gegner befindet, wie sich die Gefechtslage entwickelt und wie die Sicherungs- und Schutzmaßnahmen während der Rettung der Verwundeten aussehen. All diese Faktoren können sich sowohl im zivilen als auch militärischen Umfeld jederzeit ändern. Diese und viele weitere Parameter werden Sie bei der notwendigen Behandlung am Patienten beeinflussen.

In dem einleitenden Fallbeispiel in diesem Kapitel wurde die folgende Situation beschrieben: Ein einzelnes Fahrzeug kollidierte mit einem Baum auf einer Landstraße in einem bewaldeten Gebiet. Das Wetter ist klar und dunkel (Zeit: 2:00 Uhr), die bodengebundene Transportzeit in das Traumazentrum beträgt 35 Minuten. Ein Rettungshubschrauber kann auf Anforderung der Rettungskräfte nachgefordert werden. Der Hubschrauber ist in 5 Minuten startbereit und die Flugzeit beträgt 15 Minuten; ein Krankenhaus der Regelversorgung ist 15 Minuten entfernt und besitzt einen Hubschrauberlandeplatz.

Einige Beispiele, wie solche Situationen Schritt für Schritt abgearbeitet werden können:

Situation 1

- Verkehrsunfall
- spinnennetzartig gesplittete Windschutzscheibe
- warmer, sonniger Tag
- kein Verkehr auf der Straße.

Management

- Patient wird im Fahrzeug untersucht.
- Eine Zervikalstütze wird angelegt.
- Der Patient wird auf dem Spineboard gesichert.
- Er wird aus dem Fahrzeug genommen und auf der Trage platziert.
- Die körperliche Untersuchung wird vervollständigt.
- Patient wird ins Krankenhaus transportiert.

Situation 2

- Gleisches Beispiel wie oben, nur jetzt tropft Benzin aus dem Tank.
- Es besteht Brandgefahr.

Management

- Durchführung einer schnellen Rettung
- Patient wird in eine sichere Umgebung gebracht.
- Die körperliche Untersuchung wird vervollständigt.
- Patient wird ins Krankenhaus transportiert.

Situation 3

- Haus im Vollbrand
- Patient ist nicht gehfähig.

Management

- keine Untersuchung
- Patient wird aus dem Feuer gerettet.
- Er wird auf einem Spineboard gelagert.
- Patient wird schnell in sichere Umgebung gebracht.
- Patient wird komplett untersucht.
- Patient wird schnell in ein geeignetes Zielkrankenhaus gebracht.

Situation 4

- Schusswechsel mit Täter oder Feind in nächster Nähe (polizeiliche oder militärische Operation)
- Polizist oder Soldat mit einer Knieschusswunde und erheblichen Blutungen

Management

- Beurteilung aus der Distanz (ggf. mit Fernglas)
- Abfrage nach weiteren Wunden/Verletzungen
- Waffe weiter einsatzbereit?
- Weisen Sie ihn an, ein Tourniquet proximal seiner Verletzung anzulegen.
- Sagen Sie ihm, er soll sich in eine geschützte Position bringen.
- Retten Sie ihn, wenn es die Umstände erlauben.

Der Patientenzustand

Diese Komponente der Entscheidungsfindung betrifft den medizinischen Zustand des Patienten. Die wichtigste Frage, welche diese Entscheidung beeinflusst, ist: „Wie krank ist der Patient?“ Dabei spielen zum Beispiel das Alter des Patienten, Vorerkrankungen und physiologische Faktoren, die Auswirkungen auf Blutdruck, Puls, Atemfrequenz und Hauttemperatur haben, eine Rolle, aber auch zum Beispiel die Ätiologie des Traumas, der Patientenzustand vor dem Notfall, Dauermedikationen, Drogen- und Alkoholkonsum und vieles andere mehr.

Die Kompetenz des Ersthelfers

Die **Kenntnisse und Kompetenzen** des First Responder und des notfallmedizinischen Personals stammen aus verschiedenen Quellen, wie die Ausbildung, kontinuierliche Fortbildungen, praktische Erfahrungen, Erfahrungen auch in speziellen Situationen und Fertigkeiten, die möglicherweise bei diesem Patienten erforderlich sind.

Verfügbares Wissen und verfügbare Ausrüstung

Das Ziel der Patientenversorgung ist es, die Prinzipien zu verstehen und umzusetzen. Wie dieses Ziel erreicht werden kann, wird entschieden durch die Art des Traumas und die Handlung des First Responders. Er muss sich auf die jeweilige Situation einstellen und über das erforderliche Know-how, das Können und die Ausrüstung verfügen, die zum jeweiligen Zeitpunkt notwendig sind.

Wird beispielsweise ein Patient mit Atemstillstand angekommen, ist das Prinzip, die Atemwege zu öffnen und die Lunge mit Sauerstoff zu versorgen. Die Art und der Umfang der Handlung hängt dabei vom Ausbildungsstand und dem Können des Einzelnen ab. Folgende Situationen geben ein Beispiel:

- Ein Ersthelfer auf der Straße mit einer Basisausbildung in der kardiopulmonalen Wiederbelebung führt eine Mund-zu-Mund- oder Mund-zu-Masken-Beatmung durch.
- Ein First Responder oder Sanitäter wählt einen Guedeltubus und eine Beutel-Masken-Beatmung.
- Ein Rettungsassistent wählt eine endotracheale Intubation, eine alternative Sicherung, z. B. einen Larynxtubus, oder er entscheidet, dass es vorteilhafter ist, ebenfalls mit Beutel-Maske zu beatmen und den Patienten schnellstens zu transportieren.
- Ein Rettungsassistent beim Militär während einer Kampfhandlung könnte eine Krikotomie wählen, da er ansonsten keine andere Möglichkeit hat aufgrund feindlichen Beschusses.
- Ein Arzt in der Notaufnahme entscheidet sich umgehend für die Narkoseeinleitung und die Beatmung über einen Endotrachealtubus.

Keine der Entscheidungen ist zu diesem Zeitpunkt für diesen bestimmten Patienten falsch. Zu beachten sind die Situation, der Zustand des Patienten, das vorhandene Wissen, die Erfahrung und das Können, die Beherrschung der Techniken, die vorhandene sowie die notwendige Ausrüstung. Es gibt also immer verschiedene Wege zur Erreichung eines Ziels.

1.2.2 Kritisches Denken

Um erfolgreich die Prinzipien für einen bestimmten Patienten anzuwenden und dabei die beste Strategie zu wählen, ist kritisches Denkvermögen ebenso wichtig, wenn nicht noch wichtiger, wie die manuellen Fertigkeiten zur Durchführung bestimmter Maßnahmen. In der Medizin ist kritisches Denken ein Prozess, in dem der Verantwortliche die Situation, den Patienten und seine verfügbaren Ressourcen einschätzt. Diese Einschätzung wird dann schnell analysiert und umgesetzt, um die beste Versorgung für den Patienten zu liefern.

1.2 Schritte des kritischen Denkens

Beurteilung

Was ist los? Was muss getan werden? Welche Ressourcen stehen zur Verfügung, um die Versorgung zu gewährleisten? Diese Analyse beinhaltet die Beurteilung der Einsatzstelle (Szene), das Erkennen von Gefahren für Patient, First Responder oder Rettungsdienst, Patientenzustand, Zeitbedarf zur Rettung, Versorgungsstrategie (am Einsatzort, auf dem Transport, im Krankenhaus), die Anzahl der Patienten an der Einsatzstelle, die Anzahl der verfügbaren Helfer und Rettungsmittel, die Anzahl der Luftrettungsmittel, das Transportziel für den Patienten in ein geeignetes Krankenhaus.

Analyse

Jede der oben beschriebenen Bedingungen muss individuell und schnell analysiert, mit den Kenntnissen der Rettungskräfte abgeglichen und die Prioritäten für die beste Versorgung definiert werden.

Zielsetzung

Die Zielsetzung, die beste Versorgung für den Patienten zu erreichen, muss stets neu entwickelt und kritisch überprüft werden. Sind alle Schritte richtig? Sind alle geplanten Schritte erreicht? Sind alle Ressourcen verfügbar, um das Ziel zu realisieren? Führt die Zielsetzung zum gewünschten Erfolg?

Umsetzung

Der Plan ist festgelegt und die Umsetzung beginnt. Dies muss mit aller Deutlichkeit und Klarheit geschehen, damit keine Fragen offenbleiben, sodass jeder Beteiligte weiß, was er zu tun hat, wer den Einsatz führt und wer in die Entscheidungen mit einbezogen ist. Wenn die Entscheidungen falsch oder unvollständig sind oder Schwierigkeiten auftreten, müssen diese korrigiert werden.

Neubeurteilung

Läuft der Prozess nach Plan? Hat sich die Situation an der Einsatzstelle verändert? Wie ist der Zustand des Patienten? Wie hat die Versorgung seinen Zustand beeinflusst? Muss irgendetwas im Ablauf geändert werden?

Veränderungen

Alle Veränderungen müssen wie oben beschrieben neu beurteilt und analysiert werden, um die bestmögliche Patientenversorgung zu gewährleisten. Entscheidungen und Neubeurteilungen des Patienten sind nie ein Zeichen von Schwäche oder schlechter Einsatzleitung. Solche Änderungen sind stets Zeichen von Stärke, nie von Schwäche. Sobald eine Entscheidung getroffen wurde, wie der Prozess fortgesetzt wird und wie sich entsprechend Patient und Situation verändern, muss der Prozess erneut überdacht und erforderliche Veränderungen eingeleitet werden, um die beste Versorgung für den Patienten zu erreichen.

Kritisches Denken darf nicht dogmatisch, sondern muss kritisch und offen sein. Auch der Rettungsdienst muss sich fragen, ob all diese Ansätze wissenschaftlich haltbar sind. Gerade dies ist der Grund, warum First Responder, Rettungsfachpersonal und Notärzte sehr gute Grundlagen und Kenntnisse benötigen, um entsprechende Entscheidungen treffen zu können. Es gibt jedoch auch hier Grenzen, und bereits Aristoteles erkannte, dass man nicht mehr Wissen verlangen kann, als vorhanden ist.

Mit anderen Worten: Zu kritischem Denken gehört, wie die Prinzipien der Patientenversorgung auf den jeweiligen Patienten und die Umstände übertragen werden können, unter denen der First Responder ihn antrifft. Dies ist die Grundlage ei-

ner angemessenen Versorgung, wie es TFR und PHTLS befürworten: „wissensbasierte Entscheidung“. Robert Carroll beschrieb kritisches Denken als Grundlage für Konzepte und Prinzipien und nicht als strenge und unabänderliche Regeln. Ein Schwerpunkt in den TFR und PHTLS-Kursen ist es, zu zeigen, dass starres Vorgehen für die Patientenversorgung keinen Vorteil ergibt. Leitlinien für die Patientenversorgung müssen flexibel sein und kritisches Denken erfordert diese Flexibilität. Protokolle sollten dabei nur als Leitlinie den First Responder und den Rettungsdienst unterstützen. Sie ist nicht die endgültige und einzige Wahrheit, sondern muss durch Untersuchung und Anwendung geeigneter Maßnahmen zur bestmöglichen Patientenversorgung angepasst werden.

Darüber hinaus besitzen alle eingesetzten Kräfte eine Vor- eingenommenheit, die Auswirkungen auf das kritische Denken und die Entscheidungen zur Behandlung des Patienten ausüben kann. Diese Vorurteile müssen erkannt werden und dürfen die Patientenversorgung nicht behindern. Vorurteile entstehen meist aus früheren Erfahrungen, welche entweder besonders gut oder besonders schlecht waren. Indem man sich diese Voreingenommenheit bewusst macht und alle Bedingungen berücksichtigt, kann man nach den Grundsätzen handeln: „Die schlimmste mögliche Verletzung annehmen und beweisen, dass diese nicht vorhanden ist“ sowie „keinen weiteren Schaden zufügen“. Der erste Eindruck, dass ein Fahrer betrunken ist, mag richtig sein, es könnte aber auch noch andere Ursachen geben. Nur weil der Patient betrunken ist, spricht das weder für noch gegen eine Verletzung. Ein geistig behinderter Patient kann nach Genuss von Alkohol ebenfalls ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten haben oder eine zerebrale Minderperfusion infolge eines Schocks aufweisen.

Häufig können solche Fragen erst im Krankenhaus (oder vielleicht erst nach Tagen) geklärt werden. Deshalb sollten das kritische Denken und das Verhalten des First Responder auf der schlimmsten Annahme basieren. Entscheidungen müssen auf den besten verfügbaren Informationen getroffen werden. Der „kritische Denker“ ist ständig auf der Suche nach weiteren Informationen. Er überdenkt stets seine Entscheidungen und plant immer zwei oder drei Schritte voraus.

Kritisches Denken an der Einsatzstelle muss schnell, gründlich, aber auch flexibel und objektiv sein. First Responder, Paramedizinisches Personal und Notärzte haben teils nur Sekunden, um die Situation, den Patientenzustand und die Ressourcen zu bewerten, Entscheidungen zu treffen und eine adäquate Patientenbehandlung einzuleiten. Dies umfasst die Entscheidungsfindung, die Analyse, Bewertung, die Beurteilung und Neubewertung, bis der Patient das Krankenhaus erreicht hat. Im Einsatz werden viele Kenntnisse gefordert und die Fähigkeit, die getroffenen Entscheidungen mit entsprechendem Nachdruck und Überzeugung zu kommunizieren, erwartet.

Wie im Kapitel Beurteilung beschrieben, werden Informationen über alle Sinne gesammelt: Sehen, Riechen, Tasten, Hören. Alle Eindrücke müssen dann bewertet werden und nach festgelegten Prioritäten des Primary Survey (Airway, Breathing und Circulation), der Versorgung und des raschen Transports ins geeignete Krankenhaus zur weiteren Versorgung anhand der individuellen Bedürfnisse des jeweiligen Patienten angepasst werden. Üblicherweise beginnt die Beurteilung von Traumapatienten nach den ABCDE-Prioritäten. Wenn ein Patient allerdings wegen einer stark blutenden Wunde im Schock ist, dann ist ein Druckverband (und ein Tourniquet, falls notwendig), um die Blutung zu stoppen, der geeignete erste Schritt. Kritisches Denken ist die Erkenntnis, dass nach dem Standard ABCDE zwar zunächst die Sicherung des Atemwegs anstünde, aber der Patient dann vielleicht verblutet wäre, und damit die Kontrolle der Blutung der angemessene erste Schritt ist. Kritisches Denken ist auch die Erkenntnis, dass mehr getan werden muss, wenn ein direkter Druck auf die Wunde oder ein Druckverband nicht ausreichen. Die Anlage eines Tourniquets ist dann der nächstbeste Schritt, um die Blutung zu stoppen. Wie der First Responder zu dieser Entscheidung kommt, ist *kritisches Denken*. Es basiert auf der Einschätzung der Situation, des Patientenzustandes, dem Wissen sowie den Fertigkeiten der Kollegen und deren Ausrüstung. „*Kritisches Denken ist eine weit verbreitete Fähigkeit, Informationen zu unterscheiden und zu beurteilen und die gewonnenen Informationen zu interpretieren, um Entscheidungen zu treffen und Informationen weiterzugeben.*“

Die Kunst und Wissenschaft der Medizin, die Kenntnisse von Prinzipien und den entsprechenden Versorgungsstrategien garantieren die beste Versorgung für den Patienten in den Situationen, in denen er Hilfe benötigt. Es gibt im Wesentlichen vier Schritte in der Versorgung von Patienten mit akuten Verletzungen: 1. die präklinische Phase, 2. die Schockraum-Phase, 3. die Phase der Stabilisierung und endgültigen Versorgung und 4. die langfristige Rehabilitation zur Wiedereingliederung in das Arbeitsleben. Alle Phasen haben die gleichen Prinzipien in der Patientenversorgung. Alle Beteiligten der Patientenversorgung müssen kritisch denken, und zwar vom Zeitpunkt der ersten Versorgung bis zum Zeitpunkt, wenn der Patient nach Hause geht. Dabei variiert jeder Denkschritt je nach verfügbaren Ressourcen, der Versorgung und dem Patientenzustand während jedes einzelnen Schrittes. Der First Responder ist in der Anfangsphase der Versorgung direkt beteiligt, muss sich aber den gesamten Ablauf bewusst machen, um eine nahtlose Patientenversorgung zu ermöglichen. Das Ziel ist es, Patienten so zu versorgen, dass sie genesen und in bestmöglichem Zustand aus dem Krankenhaus entlassen werden können.

Zusammenfassung

- Prinzipien oder Wissenschaft
 - was der Patient benötigt, um Genesung und Überleben zu optimieren
- Strategie oder „Kunst“
 - Methoden, um die Prinzipien zu erreichen
 - Überlegungen hinsichtlich der Auswahl der angewendeten Methode (Strategie)
 - aktuelle Lage
 - Patientenzustand
 - Kenntnisse und Erfahrungen
 - verfügbare Ausstattung
- Kritisches Denken
 - Einschätzung aller Bedenken und vorhandenen Komponenten des vorliegenden Traumas

- Einbeziehung aller Sinne zur Beurteilung
- Überprüfung des Bedarfs an weiterer Ausrüstung, weiterem Personal und zusätzlichen Informationen
- Identifizierung der umliegenden Krankenhäuser und deren Kapazitäten
- Entwicklung eines Handlungsplans
- Neubeurteilung der aktuellen Situation, des Patienten und der Reaktion auf durchgeführte Maßnahmen
- ggf. Einleitung von Korrekturen
- Ziel ist eine erfolgreiche Versorgung.
- Kritisches Hinterfragen heißt, NICHT stur Protokollen zu folgen.
- Kritisches Denken bedeutet, schnell, flexibel und objektiv zu sein.

QUELLENVERZEICHNIS

1. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration: Motorcycles. In NHTSA's National Center for Statistics and Analysis: Traffic safety facts, HS 810 990, Washington, DC, 2007.
2. Mothers Against Drunk Driving: Profile, Irving, TX, 2009, Center for Consumer Freedom. Quelle: www.activistcash.com/organization_overview.cfm/oid/17. Letzter Zugriff: 25.1.2010.
3. Trunkey DD: Trauma. Sci Am 249(2):28, 1983.
4. R Adams Cowley Shock Trauma Center: Tribute to R Adams Cowley, MD. Quelle: www.umm.edu/shocktrauma/history.htm. Letzter Zugriff: 27.3.2008.
5. Trauma victims' survival may depend on which trauma center treats them. October 2005. Quelle: <http://news.bio-medicine.org/medicine-news-3/Trauma-victims-survival-depend-on-which-traumacenter-treats-them-8343-1/>. Letzter Zugriff: 25.1.2010.
6. Peleg K, Aharonson-Daniel L, Stein M, et al.: Increased survival among severe trauma patients: the impact of a national trauma system. Arch Surg 139(11):1.231–1.236, 2004.
7. Edwards W: Emergency medical systems significantly increase patient survival rates. Part 2. Can Doct 48(12):20–24, 1982.
8. Haas B, Jurkovich GJ, Wang J, et al.: Survival advantage in trauma centers: expeditious intervention or experience? J Am Coll Surg 208(1):28–36, 2009.
9. Scheetz LJ: Differences in survival, length of stay, and discharge disposition of older trauma patients admitted to trauma centers and nontrauma center hospitals. J Nurs Scholarsh 37(4):361–366, 2005.
10. Norwood S, Fernandez L, England J: The early effects of implementing American College of Surgeons Level II criteria on transfer and survival rates at a rurally based community hospital. J Trauma 39(2):240–244; discussion 244–245, 1995.
11. Kane G, Wheeler NC, Cook S, et al.: Impact of the Los Angeles County trauma system on the survival of seriously injured patients. J Trauma 32(5):576–583, 1992.
12. Hedges JR, Adams AL, Gunnels MD: ATLS practices and survival at rural level III trauma hospitals, 1.995–1.999. Prehosp Emerg Care 6(3):299–305, 2002.
13. Hendrison WD, Andrieu SC, Chadwick DG, et al.: Educational strategies associated with development of problem-solving, critical thinking, and self-directed learning. J Dent Educ 70(9):925–36, 2006.
14. Cotter AJ: Developing critical thinking skills. EMS Mag 36(7):86, 2007
15. Banning M: Measures that can be used to instill critical thinking skills in nurse prescribers. Nurse Educ Pract 6(2):98–105, 2006.
16. Caroll RT: Becoming a Critical Thinker: A Guide for the New Millennium, ed 2, 2005, Pearson Custom Publishing.

KAPITEL

2

Verletzungsmechanismen und Kinematik des Traumas

| | | | | | |
|------------|---|----|------------|---|----|
| 2.1 | Allgemeine Prinzipien | 17 | 2.3.3 | Anatomie | 44 |
| 2.1.1 | Energie | 17 | 2.3.4 | Regionale Auswirkungen des penetrierenden Traumas | 44 |
| 2.1.2 | Energieaustausch zwischen einem festen Objekt und dem menschlichen Körper | 20 | 2.3.5 | Wunden durch Schrotflinten | 46 |
| 2.2 | Stumpfes Trauma | 22 | 2.4 | Explosionsverletzungen | 49 |
| 2.2.1 | Mechanische Grundlagen | 22 | 2.4.1 | Physik der Explosionen | 49 |
| 2.2.2 | Unfälle mit Fahrzeugen | 23 | 2.4.2 | Wechselwirkung zwischen Druckwellen und Körper | 50 |
| 2.2.3 | Unfälle mit Motorrädern | 31 | 2.4.3 | Explosionsverletzungen | 50 |
| 2.2.4 | Verletzungen bei Fußgängern | 33 | 2.4.4 | Verletzungen durch Splitter | 51 |
| 2.2.5 | Stürze | 35 | 2.4.5 | Verletzungen mit mehreren Ursachen | 51 |
| 2.2.6 | Sportverletzungen | 36 | 2.5 | Anwendung der Kinematik bei der Untersuchung des Patienten | 51 |
| 2.2.7 | Regionale Auswirkungen des stumpfen Traumas | 36 | | | |
| 2.3 | Penetrierendes Trauma | 40 | | | |
| 2.3.1 | Physikalische Grundlage penetrierender Traumata | 40 | | | |
| 2.3.2 | Schaden und Energieklassen | 42 | | | |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die Rolle der Energie im Kontext der Entstehung von Verletzungen zu definieren,
- die physikalischen Gesetze zur Bewegungsenergie mit der Traumakinematik in Verbindung zu bringen,
- zu erklären, wie Verletzungen und Energieübertragung mit der Geschwindigkeit zusammenhängen,
- die Begriffe Energieübertragung und Hohlraumbildung zu erklären,
- die Erkenntnisse der Traumakinematik anzuwenden, um auf der Basis eines beschriebenen Unfalls eines Kraftfahrzeugs vorherzusagen, welche typischen Verletzungsmuster ein nicht angeschnallter Insasse aufweist,
- die Prinzipien der Energieübertragung mit der Pathophysiologie von Kopf, Wirbelsäule, Thorax, Abdomen und Extremitäten in Beziehung zu setzen, die aus dieser Energieübertragung resultiert,

- die spezifischen Verletzungen und deren Ursachen mit den jeweiligen äußeren und inneren Fahrzeugschäden in Bezug zu setzen,
- die Funktion von Rückhaltesystemen für Fahrzeuginsassen zu beschreiben,
- andere Mechanismen als Verkehrsunfälle, etwa Explosionen und Stürze, anhand der physikalischen Gesetze der Bewegung und der Energie zu erklären,
- die fünf Phasen einer Explosion und die dabei jeweils resultierenden Verletzungen zu beschreiben,
- die Unterschiede bei der Erzeugung von Verletzungen durch Niedrig-, Mittel- und Hochenergiewaffen zu beschreiben,
- den Zusammenhang zwischen der frontalen Oberfläche eines aufschlagenden Objekts mit der Energieübertragung und dem Verletzungsvorgang zu diskutieren,
- die Prinzipien der Traumakinematik in die Patientenbeurteilung zu integrieren.

Fallbeispiel

An einem sonnigen und warmen Tag werden Sie zu einem Verkehrsunfall gerufen. Der Disponent informiert Sie und Ihren Partner, dass drei Fahrzeuge involviert sind und die Unfallstelle von der Polizei abgesichert ist.

Beim Eintreffen an der Unfallstelle bemerken Sie, dass nur zwei Fahrzeuge involviert sind. Das erste Fahrzeug liegt im rechten Straßengraben und ein Baum hat die Beifahrertür eingeklemmt. Es finden sich Einschusslöcher in der Fahrertür. Letztlich können Sie drei Löcher entdecken. Es befinden sich zwei Insassen in diesem Fahrzeug. Das andere Fahrzeug kam links von der Straße ab und prallte gegen einen Strom-

mast, der nun mittig zwischen den Frontscheinwerfern eingeklemmt ist. Auch hier sind zwei Personen im Wagen. Es handelt sich um ein altes Fahrzeug ohne Airbag. Das Lenkrad ist verbogen und die Windschutzscheibe zeigt auf der Fahrerseite spinnenwebartige Berstungslinien. Als Sie in den Innenraum auf der Beifahrerseite blicken, erkennen Sie eine Beschädigung des unteren Armaturenbretts. Keiner der Insassen in beiden Fahrzeugen war angeschnallt. Sie haben es mit insgesamt vier Verletzten zu tun, die sich alle noch in den Fahrzeugen befinden.

Unerwartete Traumata sind in den USA für jährlich mehr als 169.000 Todesfälle verantwortlich.¹ Fahrzeugkollisionen waren im Jahre 2008 Ursache von über 37.000 Todesfällen und über 4.000.000 Verletzten.^{2,3} Andere Staaten weisen ähnliche Zahlen in Verbindung mit Verkehrsunfällen auf, auch wenn sich die Fahrzeuge unterscheiden. Penetrierende Verletzungen durch Schusswaffen sind in den USA sehr häufig. Im Jahre 2006 starben 31.000 Menschen durch den Gebrauch von Feuerwaffen. Bei über 13.000 von diesen Todesfällen handelte es sich um Tötungsdelikte.¹ Im Jahr 2008 wurden über 78.000 leichte Verletzungen durch Feuerwaffen berichtet.² Verletzungen durch Explosionen sind aufgrund terroristischer Anschläge in verschiedenen Ländern ein zunehmendes Problem, wohingegen in anderen Ländern penetrierende Stichverletzungen beeindrucken. Die erfolgreiche Behandlung von Traumapatienten ist abhängig von der Identifizierung der Verletzungen oder möglicher Verletzungen und der Fähigkeit, die Betroffenen gut zu beurteilen.

Oft ist es schwierig, die tatsächlichen Verletzungen zu ermitteln, aber das Verständnis von möglichen Schäden und Blutverlust wird beim First Responder und Retter einen Denkprozess in Gang setzen, der es erlaubt, diese Möglichkeit zu erkennen und eine entsprechende Sichtung, ein notwendiges Management und eine Transportentscheidung zu realisieren.

Das Traumamanagement beginnt bei jedem Patienten (nach einer anfänglichen Rettung) mit der Geschichte der Verletzung. Im Falle des Traumas ist die Geschichte der Aufprall und die Energieübertragung, die aus dem Aufprall resultiert.⁴ Die Kenntnis von den Prozessen des Energieaustauschs wird dazu führen, 95 % der potenziellen Verletzungen erahnen zu können.

Wenn der First Responder oder Rettungsdienstmitarbeiter, ganz egal welcher Qualifikation, die Prinzipien der Kinematik und die jeweils zugrunde liegenden Mechanismen nicht versteht, können Verletzungen übersehen werden. Das Verständnis der physikalischen Grundlagen erleichtert das Erkennen möglicher Unfallmechanismen schon während der Beurteilung der Szene nach der Ankunft am Unfallort. Die richtigen Informationen und die vermuteten Verletzungen können helfen, die Schäden am Unfallort korrekt zu beurteilen, die dann

an Ärzte und Pflegepersonal in der Notaufnahme weitergegeben werden. An der Unfallstelle und während des Transports können diese Verletzungen so behandelt werden, dass der Patient die bestmögliche Therapie erfährt und keinen weiteren Schaden erleidet.

Schwere Verletzungen, die nicht offensichtlich sind, können fatale Folgen haben, wenn sie weder an der Unfallstelle noch auf dem Weg in die Klinik ausreichend behandelt werden oder weil der Patient nicht in eine geeignete Klinik gebracht wird. Zu wissen, wo genau nach Verletzungen zu suchen und wie der Patient zu untersuchen ist, ist genauso wichtig wie die Kenntnis der richtigen Behandlung der Verletzungen. Eine vollständige und genaue Erhebung der Umstände des Unfalls kann diese Informationen liefern. Die meisten Verletzungen lassen sich schon durch eine genaue Inspektion der Unfallstelle vorhersagen, noch bevor der Patient untersucht wird.

Dieses Kapitel erklärt die allgemeinen und mechanischen Grundlagen der Kinematik des Traumas. *Die beiden Abschnitte Regionale Auswirkungen des stumpfen Traumas und Regionale Auswirkungen des penetrierenden Traumas* behandeln die Pathophysiologie lokaler Verletzungen. Die allgemeinen Prinzipien sind die physikalischen Gesetze, die den Energieaustausch und die Auswirkungen des Energieaustauschs beschreiben. Mechanische Prinzipien beschreiben die Interaktion zwischen dem menschlichen Körper und den Überträgern oder Auslösern des stumpfen Traumas (z.B. Kraftfahrzeuge, 2- und 3-rädrige Fahrzeuge, Stürze), penetrierender Traumen und Verletzungen durch Explosionen. Ein Zusammenstoß geht damit einher, dass große Kräfte meist durch feste Körper auf den Menschen einwirken und dieser Körper große Mengen Energie auf den menschlichen Körper überträgt, mit zerstörerischen Folgen. Beispiele sind der Aufprall eines fahrenden Fahrzeugs oder einer fallenden Person auf den Boden, die Wirkung eines abgeschossenen Projektils auf die verschiedenen Körperteile und die Druckwelle und Splitterbildung bei einer Explosion. Bei all diesen Ereignissen wird Energie übertragen. Alle verursachten Verletzungen können die Betroffenen in lebensbedrohliche Zustände bringen. Alle erfordern ein korrektes Handeln des sachkundigen und einfühlsamen First Responders.

2.1 Allgemeine Prinzipien

Beurteilung und Versorgung des Verletzten hängen von den Bedingungen in den drei Phasen einer Kollision ab – den Phasen vor, unmittelbar beim und nach dem Aufprall. Der Begriff Aufprall beschreibt nicht zwangsläufig einen Autounfall. Die Kollision eines Fahrzeugs mit einem Fußgänger und das Auftreffen eines Geschosses auf den Bauchraum sind ebenso Aufprallsituationen wie der vom Gerüst gestürzte, auf den Asphalt aufschlagende Bauarbeiter. In allen Fällen wird Energie von einem sich relativ zum Verunfallten schnell bewegenden Objekt auf die Gewebe des menschlichen Körpers oder dem sich bewegenden menschlichen Körper auf ein stationäres Objekt übertragen.

Die **Phase vor dem Aufprall** umfasst alle Vorkommnisse vor dem Ereignis, wie die Einnahme von Drogen oder Alkohol. Solche Bedingungen schon vor dem Ereignis sind für die weitere Therapie des Patienten wichtig und werden im Rahmen der Anamnese erfasst. Dazu gehören vorbestehende Erkrankungen und ihre medikamentöse Behandlung, Einnahme von Rauschmitteln (illegal Drogen und verschreibungspflichtige Medikamente, Alkohol) und der geistige Zustand des Patienten. Normalerweise haben junge Traumapatienten keine chronischen Erkrankungen. Bei allen anderen Traumapatienten können jedoch Vorerkrankungen die Beurteilung und Therapie erschweren und zu einem schlechteren Ausgang führen. So kann ein älterer Autofahrer, der gegen einen Strommast gefahren ist, über Brustschmerzen und die Symptome eines Herzinfarkts klagen. Ist er nun gegen den Mast gefahren und hatte dann einen Herzinfarkt oder war es genau umgekehrt? Nimmt der Patient Medikamente (z.B. Betablocker), welche die Erhöhung der Herzfrequenz im Schockzustand verhindern? Die meisten dieser Umstände beeinflussen nicht nur die Strategien zur Untersuchung und Behandlung von Traumapatienten, die in diesem Kapitel und > Kap. 3 beschrieben werden, sondern auch in der allgemeinen Patientenversorgung, auch wenn sie nicht notwendigerweise die Kinematik des Traumas beeinflussen.

Die **Aufprallphase** beginnt im Moment der Kollision zweier sich relativ zueinander bewegender Objekte. Das 1. „Objekt“ ist der Patient, das 2. kann beweglich oder statisch sein, und es kann sich um ein Objekt oder eine 2. Person handeln. Bei den meisten Fahrzeugkollisionen kommt es insgesamt zu drei Aufschlägen:

1. der Aufschlag der beiden Fahrzeuge
2. der Aufschlag der Insassen innerhalb des Fahrzeugs
3. der Aufschlag der Organe im Innern der Insassen.

Fährt ein Auto gegen einen Baum, so ist der 1. Aufschlag der Zusammenstoß mit dem Baum. Der 2. Aufschlag ist die Kollision des Insassen mit dem Lenkrad oder der Windschutzscheibe. Falls der Patient angeschnallt ist, prallt er stattdessen gegen den Sicherheitsgurt. Beim 3. Aufschlag prallen die inneren Organe des Patienten an die Brust- und die Bauchwand oder den Schädel. Bei einem Sturz entfällt gewissermaßen der 1. Aufprall, und es ereignen sich nur der 2. und 3. Aufprall. Die Richtung, in welche die Energie abgegeben wird, die Menge der

übertragenen Energie und die Auswirkung der einwirkenden Kräfte auf den Patienten sind wichtige Einflussfaktoren zu Beginn der Untersuchung des Patienten.

In der **Phase nach dem Aufschlag** werden die Informationen aus den Phasen vor und beim Aufschlag genutzt, um den Patienten zu beurteilen und zu therapieren. Diese Phase beginnt, sobald die Energie des Aufpralls absorbiert ist. Die lebensbedrohlichen Komplikationen können langsam oder schnell eintreten; dies ist teilweise von der begonnenen Therapie am Notfallort und während des Transports abhängig. In der Phase nach dem Aufprall sind das Verständnis für die Kinematik des Traumas, das Registrieren der anzunehmenden Verletzungen und eine gute klinische Untersuchung entscheidend für den Patienten und dessen Prognose.

Einfach gesagt, ist die Phase vor dem Aufprall die Phase der Prävention. Die Aufprallphase ist der Teil des Unfallereignisses, welcher den Energieaustausch oder die Kinematik des Traumas enthält. Zuletzt ist die Phase nach dem Aufprall die Phase, in welcher der Patient versorgt wird.

Um die Effekte der Kräfte zu verstehen, welche die körperlichen Schäden verursachen, muss der First Responder zunächst zwei Komponenten verstehen – die Energieübertragung und die menschliche Anatomie. Zum Beispiel bei einem Autounfall: Wie sieht die Szenerie aus? Wer stieß gegen wen oder was und mit welcher Geschwindigkeit? Wie lange war die Verzögerungszeit? Benutzten die Insassen Rückhaltesysteme wie Sicherheitsgurte? Wurde der Airbag ausgelöst? Waren Kinder effektiv in ihren Kindersitzen angeschnallt oder waren sie nicht angeschnallt und wurden im Inneren des Fahrzeugs umhergeschleudert? Wurden Insassen herausgeschleudert? Trafen sie dabei auf andere Objekte? Wenn ja, wie viele Objekte und welcher Natur waren diese Gegenstände? Diese und viele weitere Fragen müssen beantwortet werden, falls der First Responder die aufgetretenen Kräfte verstehen und zur Voraussage der Verletzungen und der entsprechenden Versorgung nutzen möchte.

Den Prozess der Beurteilung der Szene, um zu bestimmen, welche Kräfte und Bewegungen involviert waren und welche Schädigungen daraus resultieren, nennt man Kinematik. Weil diese Kinematik auf fundamentalen Gesetzen der Physik aufbaut, ist deren Kenntnis notwendig, um sie verstehen zu können.

2.1.1 Energie

Der erste Schritt in der Rekonstruktion der Ereignisfolge ist die Evaluation dessen, was während des Aufpralls geschah (> Abb. 2.1).

Gesetze der Energie und Bewegung

Newton's 1. Gesetz der Bewegung, auch **Trägheitsprinzip** genannt, besagt, dass ein in Ruhe befindlicher Körper so lange in



Abb. 2.1 Das Bild eines Unfalls zu evaluieren, ist schwierig. Informationen wie Richtung des Aufpralls, Kompression der Fahrerzelle und Betrag des Energieaustauschs geben Hinweise auf mögliche Verletzungen der Insassen. Dieses Foto aus der amerikanischen Erstauflage dieses Buches zeigt zwar ein Fahrzeug älteren Baujahres, verdeutlicht aber gut das Konzept der Verletzungsmechanismen.



Abb. 2.3 Ein Fahrzeug wird plötzlich von einer unbefestigten Böschung gestoppt.



Abb. 2.2 Ein Skifahrer stand, bis ihn die Energie der Schwerkraft über die Anlaufspur nach unten bewegte. Einmal in Bewegung, bleibt er in Bewegung, auch wenn er vom Untergrund abhebt, bis zu dem Zeitpunkt, an dem er landet oder gegen etwas stößt.

Ruhe und ein sich bewegender Körper so lange in Bewegung bleibt, bis eine andere Kraft von außen auf diesen Körper einwirkt. Der Skispringer in > Abb. 2.2 ruhte, bis er durch die Energie der Schwerkraft über die Anlaufspur nach unten bewegt wurde. Einmal in Bewegung, bleibt er in Bewegung, auch wenn er vom Untergrund abhebt, bis zu dem Zeitpunkt, an dem er landet oder gegen etwas stößt.

Wie anfangs angemerkt, sind bei jeglichen Kollisionen, in denen sich der Körper des potenziellen Patienten in Bewegung befand, drei Phasen unterscheidbar: 1. Das Fahrzeug kollidiert mit einem bewegten oder festen Objekt; 2. der potenzielle Patient schlägt gegen die Innenseite des Fahrzeugs oder kracht gegen ein Objekt und 3. die inneren Organe interagieren mit den Begrenzungen ihrer Kompartimente oder werden von ihren unterstützenden Strukturen abgerissen. Als Beispiel dient eine Person auf dem Vordersitz eines Fahrzeugs. Wenn das Fahrzeug auf einen Baum trifft und abrupt gestoppt wird, so bewegt sich die nicht angegurtete Person mit gleicher Geschwindigkeit weiter, bis sie auf dem Lenkrad, Armaturenbrett oder der Windschutzscheibe aufschlägt. Der Aufschlag auf diese Gegenstände stoppt abrupt die Vorwärtsbewegung des Rumpfes oder des Kopfes. Die inneren Organe bleiben in

Bewegung, bis sie auf die Thorax- oder Bauchwand oder den Schädel aufprallen.

Das **Energieerhaltungsgesetz** beschreibt in der Verbindung mit Newtons **2. Gesetz der Bewegung**, dass Energie weder hergestellt noch zerstört, aber in verschiedene Formen umgewandelt werden kann. Die Bewegung eines Fahrzeugs ist eine Form der Energie. Wird ein Fahrzeug gestartet und beschleunigt, so verbrennt der Motor explosionsartig Benzin. Die freiwerdende chemische Energie setzt die Kolben mechanisch in Bewegung. Die kinetische oder Bewegungsenergie der Kolben wird über das Getriebe auf die Räder übertragen, die das Fahrzeug dank des Widerstands des Bodens nach vorne bewegen. Um das Fahrzeug zu bremsen und zu stoppen, muss seine Bewegungsenergie in eine andere Energieform umgewandelt werden, in das Aufheizen der Bremsen oder in Reibungs- und Verformungsenergie bei der Kollision mit einem anderen Objekt, das seinerseits den Rahmen des Fahrzeugs verbiegt. Bremst der Fahrer, so wird die Bewegungsenergie durch die Bremsbeläge und die Reifen in Reibungswärme (thermische Energie) umgewandelt.

So wie die mechanische Energie eines Fahrzeugs, das gegen eine Wand fährt, durch die Verbiegung des Rahmens oder anderer Fahrzeugteile umgewandelt wird (> Abb. 2.3), muss die Bewegungsenergie der Organe und der inneren Körperstrukturen umgewandelt werden, wenn deren Vorwärtsbewegung gestoppt wird. Die gleichen Zusammenhänge erscheinen, wenn der menschliche Körper ruht und von einem sich bewegenden Objekt getroffen wird; zum Beispiel von einem Messer, einem Geschoss oder einem Baseball-Schläger.

Die kinetische Energie eines Körpers ist eine Funktion seiner Masse und seiner Geschwindigkeit. Obwohl sie nicht exakt gleich sind, repräsentiert das Gewicht eines Opfers dessen Masse. Ebenso benutzt man den Begriff der Geschwindigkeit als richtungsunabhängige Größe, obwohl diese in Form eines Vektors vorliegt.

Bei der Berechnung der kinetischen Energie E_{kin} stehen Masse und Geschwindigkeit in folgendem Verhältnis zueinander:

Kinetische Energie = die Hälfte der Masse mal dem Quadrat der Geschwindigkeit

oder

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times \text{Masse} \times \text{Geschwindigkeit}^2$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

Daher berechnet sich die kinetische Energie einer 68 kg schweren Person, die mit 48 km/h unterwegs ist, wie folgt:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 72 \times 48^2 = 82.944 \text{ „kinetische Einheiten“}$$

Zum leichteren Verständnis werden hier keine exakten physikalischen Maßeinheiten angegeben. Die „kinetischen Einheiten“ dienen hier nur Vergleichszwecken. Die 78.336 Einheiten der 68 kg schweren und 48 km/h schnellen Person werden beim Aufprall in eine andere Energieform umgewandelt. Dies zeigt sich in Form von Beschädigungen am Fahrzeug und/oder Verletzungen der Person; es sei denn, die Bewegungsenergie wird in weniger gefährliche Formen umgewandelt, wie durch den bremsenden Sicherheitsgurt oder den Airbag.

Welcher Faktor hat eine größere Auswirkung auf den Betrag der kinetischen Energie: Masse oder Geschwindigkeit? Nehmen wir an, eine 72 kg schwere Person ist mit 48 km/h unterwegs.

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 72 \times 48^2 = 82.944 \text{ „kinetische Einheiten“}$$

Kehren wir zum vorigen Beispiel einer 68 kg schweren Person zurück und erhöhen die Geschwindigkeit von 48 auf 64 km/h, so berechnet sich die kinetische Energie wie folgt:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 68 \times 64^2 = 139.264 \text{ „kinetische Einheiten“}$$

Diese Rechnungen verdeutlichen, dass eine Zunahme der Geschwindigkeit, also eine Beschleunigung, die kinetische Energie viel stärker vergrößert als eine Zunahme der Masse. Bei einem Unfall mit hoher Geschwindigkeit wird entsprechend viel mehr Energie freigesetzt als bei einem Unfall mit niedriger Geschwindigkeit, was dementsprechend zu größeren Fahrzeugschäden und schwereren Verletzungen führt.

Obwohl die Geschwindigkeit exponentiell und die Masse linear in die Formel einfließen, kann es kritisch sein, wenn zwischen zwei kollidierenden Objekten eine große Massendifferenz besteht. Bei einem Unfall zwischen einem Kleinwagen und einem Lastwagen oder einem Fußgänger und einem Pkw liegt der Vorteil bei dem Gefährt mit der größeren Masse.

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung} = \text{Masse} \times \text{Entschleunigung}$$

Kraft (Energie) ist erforderlich, um ein Objekt in Bewegung zu setzen. Diese Kraft wird benötigt, um eine gewisse Geschwindigkeit zu generieren. Die so erlangte Geschwindigkeit ist abhängig von dem Gewicht (Masse) des Objekts. Sobald diese Energie an den Körper abgegeben und er damit in Bewegung gebracht wurde, bleibt der Körper in Bewegung, bis die Energie gestoppt wird (Newtons 1. Gesetz der Bewegung). Der Energieverlust wird andere Komponenten in Bewegung bringen oder

als Wärme verloren gehen (abgeleitet in die Bremsbeläge der Räder). Ein Beispiel für diesen Prozess bieten das Gewehr und der Patient. In der Kammer eines Gewehrs befindet sich eine Patrone mit Schießpulver. Falls dieses Schießpulver gezündet wird, verbrennt es rapide und entwickelt eine Energie, die das Geschoss mit hoher Geschwindigkeit aus dem Lauf schleudert. Diese Geschwindigkeit ist äquivalent zum Gewicht des Geschosses und der Energiemenge, die durch das Verbrennen des Schießpulvers erzeugt wurde. Um die Geschwindigkeit zu verringern, muss die Kugel ihre Energie an die Struktur abgeben, auf die sie trifft. Dabei entsteht eine Explosion innerhalb des Gewebes, die der Explosion in der Kammer des Gewehres gleichkommt und die das Geschoss beschleunigte. Das gleiche Phänomen taucht beim fahrenden Auto, beim Sturz aus großer Höhe oder bei einer Explosion auf.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei einem Aufprall ist der **Bremsweg**. Je kürzer der Bremsweg und je abrupter der Bremsvorgang, umso mehr Energie wird auf den Patienten übertragen und umso schwerwiegender sind die Schäden und die Verletzungen des Patienten. Fährt ein Auto mit einer bestimmten Geschwindigkeit gegen eine massive Wand oder wird es durch den Einsatz der Bremse abgebremst („entschleunigt“), so wird beide Male die gleiche Menge Energie umgewandelt, nur unterschiedlich rasch und in verschiedener Form. Im 1. Fall wird sie in Verformungsenergie umgewandelt, die den Rahmen des Fahrzeugs verbiegt. Im 2. Fall wird sie durch die Bremsen in Wärmeenergie umgewandelt. Im 1. Fall wird die Bewegungsenergie von den Weichteilen und Knochen der Insassen absorbiert.

Dieses umgekehrte Verhältnis zwischen Bremsweg und Verletzungen ist auch bei Stürzen anwendbar. Eine Person hat größere Chancen, einen freien Fall zu überleben, wenn sie z. B. mit ausgestreckten Armen auf einen komprimierbaren Untergrund wie z. B. tiefen Pulverschnee fällt. Derselbe freie Fall auf einen harten Untergrund, z. B. einen Betonboden, kann schwerere Verletzungen hervorrufen. Der komprimierbare Untergrund verlängert den Bremsweg und kann somit einen Teil der Energie absorbieren; es wirkt nicht die volle Energie auf den Körper ein. Als Ergebnis kommt es zu weniger schwerwiegenden Verletzungen. Dieses Prinzip gilt auch für andere Arten von Verletzungen. Ein nicht angeschnallter Autofahrer wird bei einer Kollision meist schwerwiegender verletzt als ein angeschnallter, da das Gurtssystem einen Teil der Energie absorbiert.

Folglich muss ein bewegter Körper, der zum Stillstand kommen soll, sämtliche Energie in eine andere Energieform umwandeln oder sie auf ein anderes Objekt übertragen. Wird z. B. ein Fußgänger von einem Fahrzeug erfasst, so wird er von diesem weggeschleudert (**> Abb. 2.4**). Obwohl das Fahrzeug dabei geringfügig abgebremst wird, überträgt sich wegen seiner größeren Masse mehr Energie auf den Fußgänger.

Die Energie, die auf den erfassten Fußgänger übertragen wird und die diesen beschleunigt, ist viel größer als die vom Fußgänger auf das Fahrzeug übertragene Energie. Die weichen Körperteile des Fußgängers gegenüber der harten Karosserie

des Fahrzeugs lassen gleichsam auf die Entstehung größerer Schäden am Fußgänger als am Blech des Fahrzeugs schließen.

2.1.2 Energieaustausch zwischen einem festen Objekt und dem menschlichen Körper

Kollidiert der menschliche Körper mit einem festen Objekt oder umgekehrt, so wird die Menge des Energieaustauschs durch die Anzahl der Körperpartikel bestimmt, die durch den festen Körper getroffen werden. Dies bestimmt auch das Ausmaß des Schadens, genauer das Ausmaß der Verletzung. Die Menge der betroffenen Körperpartikel wird bestimmt durch:

- die Dichte (Partikel pro Volumeneinheit)
- die Größe der Kontaktfläche während des Aufschlags.

Dichte

Je dichter ein Gewebe, desto größer die Anzahl an Partikeln, die von einem sich bewegenden Objekt getroffen werden, und demzufolge die gesamte Menge der Energieübertragung. Schlägt man mit der Faust in ein Federkissen und mit der gleichen Kraft gegen eine solide Mauer, so wird dies verschiedene Auswirkungen auf die Hand haben. Bei dem Aufschlag auf die Wand absorbiert die Faust mehr Energie als bei dem Aufschlag auf das weiche Kissen (> Abb. 2.5).

Vereinfacht weisen die verschiedenen Körpermassen drei Arten von Dichten auf: **Luftdichte** (große Teile der Lunge und des Darms), **Wasserdichte** (Muskeln und die meisten festen Organe wie Leber und Milz) und **Festkörperdichte** (Knochen). Aus diesem Grund ist die Menge des Energieaustauschs (und

somit das Ausmaß der Verletzung) davon abhängig, welcher Organtyp bei einer Kollision betroffen ist.

Kontaktfläche

Streckt man die Hand aus dem fahrenden Auto, so übt der Fahrtwind eine bestimmte Kraft auf die Hand aus. Richtet man die Hand horizontal aus, wird diese Kraft geringer; dreht man sie um 90° in eine senkrechte Position, wirkt eine größere Kraft auf die Hand ein, folglich treffen mehr Luftpartikel auf die Hand. Die Fläche kann durch die Größe des Objekts, seine Bewegung innerhalb des Körpers und Zersplitterung modifiziert werden. Als Beispiele für diese Unterschiede seien die Motorhaube eines Autos, ein Baseballschläger und ein Projektil genannt. Die Fronthaube hätte Kontakt mit einer großen Oberfläche des Opfers, der Baseballschläger mit einer kleineren und das abgeschossene Projektil nur mit einer sehr kleinen Fläche. Die Menge des Energieaustauschs, die Schaden anrichtet, ist abhängig von der Energie des Objekts und der Dichte des Gewebes entlang der Bahn des Energieaustauschs.

Falls die gesamte Aufprallenergie auf eine kleine Fläche trifft und die Kraft den Widerstand der Haut übersteigt, dringt das Objekt durch die Haut. Dies ist die Definition des **penetrierenden Traumas**. Wird die Kraft über ein größeres Areal verteilt und die Haut wird nicht durchdrungen, spricht man vom **stumpfen Trauma**. In jedem Fall löst die Kraft des auftreffenden Objektes eine Kavitation (Höhlenbildung) aus. Selbst bei einer Kugel kann die Aufprallfläche variieren; sie ist abhängig von der Größe, der Bewegung des Projektils (Taumeln) innerhalb des Körpers und dessen Verformung (Aufpilzung) und Fragmentierung.



Abb. 2.4 Die Energieübertragung zwischen einem sich bewegenden Fahrzeug und einem Fußgänger verletzt dessen Gewebe und überträgt sowohl Geschwindigkeit als auch Energie auf den Fußgänger, der vom Fahrzeug weggeschleudert wird. Seine Verletzungen entstehen an den Stellen, wo er mit dem Fahrzeug zusammenstößt und wo er auf den Boden oder gegen ein weiteres Fahrzeug trifft.

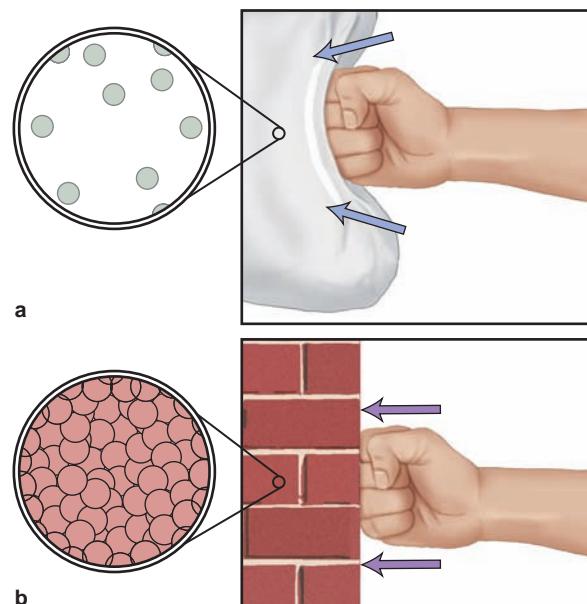


Abb. 2.5 Die Faust absorbiert mehr Energie, wenn sie mit der soliden Mauer hoher Dichte kollidiert, als wenn sie auf das Federkissen mit geringerer Dichte trifft.

Kavitation

Die Grundmechanismen des Energieaustauschs sind relativ einfach. Der Aufprall eines Objekts auf Gewebepartikel beschleunigt diese vom Punkt des Aufpralls weg. Die Gewebepartikel werden dann selbst zu beweglichen Objekten, schlagen auf andere Partikel auf und führen zu einem „Dominoeffekt“. Man kann sich dies ähnlich wie beim Eröffnungsstoß im Billard vorstellen: Die weiße Kugel wird durch die Kraft der Muskeln des Armes über den Tisch bewegt. Dann trifft sie auf die anderen Kugeln. Die vom Arm des Spielers erzeugte Energie wird auf alle anderen Billardkugeln übertragen (**> Abb. 2.6**). Die weiße Kugel überträgt die Energie auf die anderen Kugeln. Die anderen Kugeln übernehmen die Energie und bewegen sich vom Punkt der Kollision weg, während die weiße Kugel an Energie verliert, langsamer wird und dann liegen bleibt. Eine Höhlung hat sich dort gebildet, wo die Kugeln einst lagen. Ein vergleichbarer Energieaustausch findet statt, wenn eine Bowlingkugel auf die Kegel trifft. Das Resultat der Energieübertragung ist eine Kavitation. Diese Art der Energieübertragung erscheint sowohl beim penetrierenden als auch beim stumpfen Trauma.

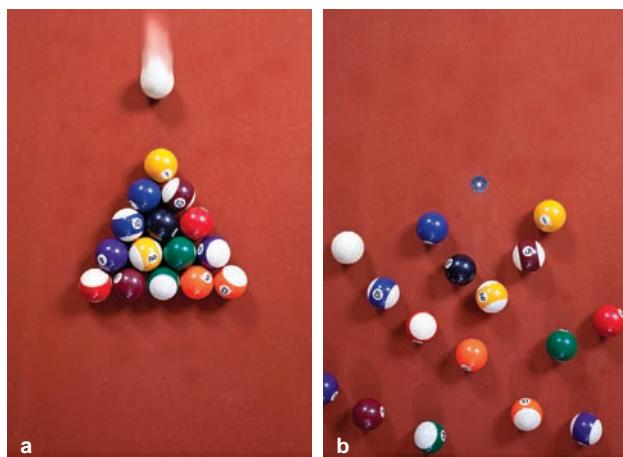


Abb. 2.6 a: Die Energie der weißen Kugel wird auf die anderen Kugeln übertragen. b: Aufgrund des Energieaustauschs werden alle Kugeln weggestoßen und zurück bleibt ein leerer Raum (dreidimensional ein Hohlraum).

Ähnlich verhält es sich auch, wenn ein festes Objekt auf den menschlichen Körper trifft oder wenn ein bewegter menschlicher Körper mit einem unbewegten Objekt zusammenstößt; die Gewebepartikel des Körpers werden aus ihrer normalen Position geschleudert, was zur Bildung eines Hohlraums führt. Dieser Prozess wird **Kavitation** genannt.

Zwei Typen von Hohlräumen werden erzeugt:⁸

1. Eine temporäre Höhle bildet sich durch Dehnung des Gewebes zum Zeitpunkt des Aufpralls; wegen der Elastizität des Gewebes nimmt anschließend ein Teil oder auch der gesamte Inhalt der Höhle wieder seine ursprüngliche Position ein. Die Größe, Gestalt und der Umfang der Höhlung, die zu einem bleibenden Schaden führt, sind abhängig vom Gewebetyp, der Elastizität des Gewebes und inwieweit sich das Gewebe zurückbewegt. Das Ausmaß der Höhle ist bei der Untersuchung durch präklinisches oder klinisches Personal möglicherweise nicht zu erkennen, selbst Sekunden nach dem Aufprall.
2. Eine permanente oder dauerhafte Höhle bleibt, nachdem sich die temporäre Höhlung wieder zurückgebildet hat, und ist der sichtbare Teil des Gewebsschadens. Hinzu kommt eine Höhlung durch Quetschung, welche sich durch den direkten Aufprall des Objektes auf das Gewebe bildet. Beide Schäden sind bei der Untersuchung des Patienten sichtbar (**> Abb. 2.7**).

Wie viel von einer temporären Höhle als permanente Höhle zurückbleibt, ist von der **Elastizität** des betroffenen Gewebes abhängig. Schlägt man z. B. mit einem Baseballschläger in ein Stahlfass, so hinterlässt dies eine Vertiefung oder einen Hohlraum. Schlägt man auf die gleiche Weise in Schaumstoff, so wird dies keinen Hohlraum hinterlassen, sobald der Schläger weggezogen wurde (**> Abb. 2.8**).

Der Unterschied beruht auf der Elastizität. Der Schaumstoff ist elastischer als das Stahlfass. Der menschliche Körper gleicht mehr der Schaumstoffrolle als dem Stahlfass. Schlägt eine Person ihre Faust in den Bauch einer anderen Person, so wird sie spüren, wie der Bauch der anderen Person nachgibt. Wird die Faust zurückgezogen, so bleibt keine Eindellung zurück. Ebenso wird ein Baseballschläger keine Vertiefung in der Thoraxwand hinterlassen, aber er wird Schäden durch den direkten Aufprall und den Energieaustausch verursachen (**> Abb. 2.8 b**). Der Ab-

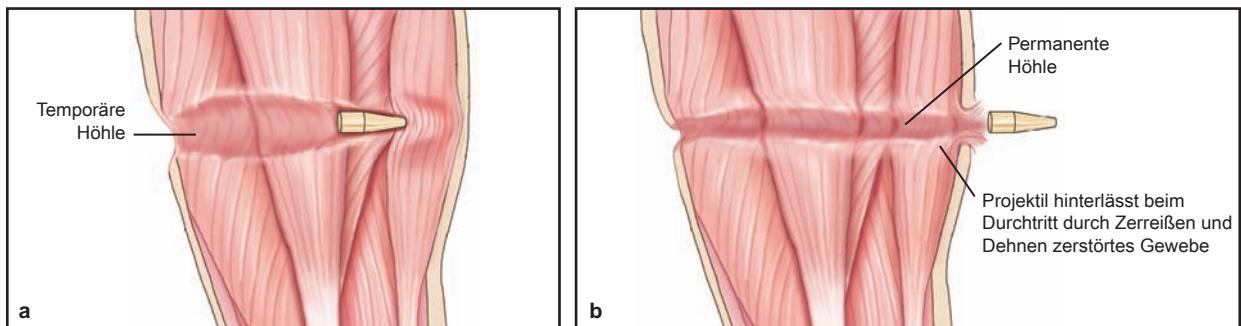


Abb. 2.7 Die Schädigung des Gewebes ist größer als die permanente Höhle, die nach der Verletzung durch ein Geschoss verbleibt. Je schneller oder schwerer ein Geschoss, desto größer sind die temporäre Höhle und der Gewebeschaden.

lauf des Ereignisses und dessen Interpretation sind wichtige Informationen zur Abschätzung der potenziellen Größe der Höhle während des Aufschlags und der eventuellen Verletzungen.

Wird der Abzug einer geladenen Pistole betätigt, so schlägt der Bolzen auf die Kapsel, und dies führt zu einer Explosion in der Patrone. Die Explosionsenergie wird auf das Projektil übertragen, das aus dem Lauf der Pistole schießt. Dieses ist extrem energiegeladen ($\text{Kraft} = \text{Beschleunigung} \times \text{Masse}$). Ist diese Energie einmal übertragen, kann das Projektil nicht mehr verlangsamt werden, bis eine andere Kraft auf sie einwirkt (Trägheitsprinzip, Newtons 1. Gesetz der Bewegung).

Soll das Geschoss nun innerhalb des Körpers gestoppt werden, so muss eine Art Explosion im Körper des Opfers erfolgen, die mit der beim Abfeuern der Waffe vergleichbar ist ($\text{Kraft} = \text{Beschleunigung} \times \text{Masse} = \text{Masse} \times \text{Entschleunigung}$) (> Abb. 2.9). Diese Explosion ist der Vorgang des Energieaus-

tauschs, bei dem die Partikel aus ihrer normalen Position heraus beschleunigt werden und der zur Kavitation führt.

Stumpfe und penetrierende Verletzungen

Traumen werden generell in stumpf und penetrierend unterteilt. Der Energieaustausch und die entstehenden Verletzungen sind aber in beiden Gruppen vergleichbar. Eine Höhlung erscheint in beiden Fällen; nur die Art und die Richtung sind unterschiedlich. Der einzige wirkliche Unterschied betrifft das Durchdringen der Haut. Ist die komplette Energie eines Objekts auf einen kleinen Punkt der Haut konzentriert, wird die Haut wahrscheinlich reißen und das Objekt in den Körper eindringen, was zu einem konzentrierten Energieaustausch führt. Dies kann zu einer größeren, destruktiveren punktuellen Gewalteinwirkung führen. Ein größeres Objekt, dessen Energie über eine größere Fläche verteilt wird, kann die Haut ggf. nicht durchdringen. Der Schaden wird über eine größere Körperoberfläche verteilt und das Verletzungsmuster ist weniger konzentriert. Ein Beispiel für diese Differenz ist der Aufprall eines großen Lastwagens gegen einen Fußgänger versus dem Aufprall eines Projektils (> Abb. 2.10).

Die Höhlung ist bei einem stumpfen Trauma in der Regel vorübergehend und führt vom Ort des Aufpralls weg. Ein penetrierendes Trauma produziert beides, eine temporäre und ein permanenter Kavitation. Die temporäre Höhlung wird vom Pfad des Projektils sowohl in seitliche Richtung als auch nach vorne wegführen.



Abb. 2.8 a: Schlägt man einen Baseballschläger gegen ein Stahlfass, so bildet sich an dessen Seite eine Vertiefung oder Höhlung. **b:** Schlägt man den Baseballschläger gegen eine Person, bleibt in der Regel keine sichtbare Höhle, weil die Elastizität des Rumpfes den Körper wieder in die normale Form zurückbringt.

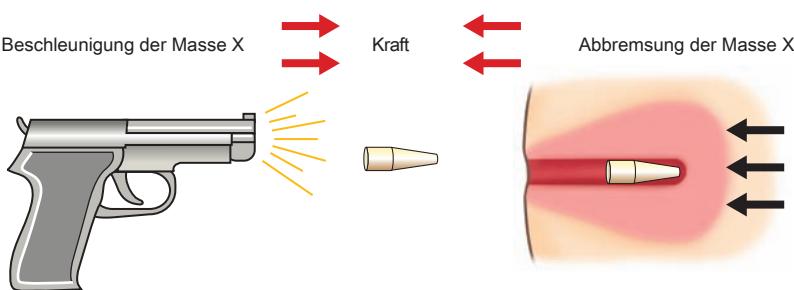


Abb. 2.9 Während das Projektil das Gewebe durchdringt, überträgt es seine Energie auf das Gewebe, das dadurch explosionsartig von ihm weg beschleunigt wird.

gende Parameter erlauben bei einem stumpfen Trauma Rückschlüsse auf die möglichen Verletzungsmuster:

- Richtung des Aufschlags
- Art und Schweregrad äußerer Schäden am Fahrzeug
- innere Schäden am Fahrzeug wie Zustand der Fahrgastzelle, Verformung des Lenkrads, Schaden am Innenspiegel, Spuren am Armaturenbrett.

Bei stumpfen Traumen spielen zwei Kräfte eine Rolle: Scherkräfte (Einreiß- bzw. Abreißverletzungen) und Kompressionskräfte: **Scherkräfte** entstehen, wenn ein Organ, ein Gewebe oder eine Struktur seine Geschwindigkeit schneller ändert als ein anderes Organ, Gewebe oder eine andere Struktur. Diese Unterschiede in der Beschleunigung (oder Verlangsamung) verursachen das Reißen dieser Anteile. **Kompressionskräfte** treten auf, wenn ein Organ oder eine Struktur direkt zwischen anderen Organen oder Strukturen eingeklemmt wird. Verletzungen können bei jeder Art von Aufprall entstehen (Fahrzeuge, Kollisionen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen, Stürze, Sportverletzungen und Explosionen). Alle diese Ereignisse werden separat besprochen, gefolgt von den Auswirkungen des Energieaustausches auf die anatomischen Strukturen der einzelnen Körperregionen.

Wie zuvor dargestellt, gibt es bei einem Unfall drei Kollisionen. Die erste ist der Aufprall des Fahrzeugs gegen das Hindernis.

Die zweite tritt ein, wenn der vermeintliche Patient gegen das Innere der Fahrgastzelle geschleudert wird oder am Ende eines Sturzes auf den Boden schlägt. Die dritte entsteht, wenn die Strukturen innerhalb des Körpers gegen die innere Körperhülle prallen oder die Elemente reißen, an denen sie befestigt sind. Die erste dieser Kollisionen wird betrachtet, wenn sie sich auf Verkehrsunfälle, Stürze oder Explosionen bezieht. Die beiden Letzteren werden bei den einzelnen involvierten Regionen erörtert werden.

2.2.2 Unfälle mit Fahrzeugen

Die durch Fahrzeugunfälle hervorgerufenen stumpfen Traumen sind die häufigsten. Im Jahr 2008 waren 86 % der Getöteten Fahrzeuginsassen. Die restlichen 14 % waren Fußgänger, Radfahrer und andere Nichtfahrzeuginsassen.² Fahrzeugunfälle können in fünf Typen unterteilt werden:⁵

- Frontalaufprall
- Heckaufprall
- Seitenaufprall
- Rotationsaufprall
- Überschlag.

Obwohl jedes Unfallmuster Variationen aufzeigt, liefert eine exakte Identifizierung dieser fünf Muster eine tiefere Einsicht in ähnliche Zusammenstöße. Eine Methode, um das Potenzial einer Verletzung der Fahrzeuginsassen einzuschätzen, ist der Blick auf das Fahrzeug und die Festlegung auf einen der fünf Unfalltypen, die Betrachtung des Energieaustauschs und der Richtung des Aufpralls.

Auf den Insassen wirkt dieselbe Kraft aus derselben Richtung. Die Höhe wird durch Absorption von Energie durch das Fahrzeug reduziert. Der Austausch von Energie wird ähnlich sein und findet in ähnlicher Richtung statt.

Frontalaufprall

In > Abb. 2.11 hat das Fahrzeug mittig einen Strommast erfasst. Das Fahrzeug wurde durch den Mast gestoppt, der Rest des Fahrzeugs bewegte sich aber noch weiter nach vorne, bis die Bewegungsenergie durch Verformung der Karosserie absorbiert war. Die gleiche Art von Verletzung erleidet der Fahrer, wenn die Lenksäule die Mitte des Sternums trifft. Das Auto bewegte sich weiter nach vorne und verformte sich; mit dem Brustkorb des Fahrers passiert das Gleiche. Wenn die Vorrückbewegung durch den Aufprall des Sternum auf das Armaturenbrett gestoppt wird, bewegt sich der hintere Thorax weiterhin, bis die Energie durch die Deformierung oder die Frakturierung der Rippen absorbiert wurde. Dieser Prozess wird in gleicher Weise das Herz und die Lungen quetschen, weil sie zwischen Sternum und Wirbelsäule respektive hinterer Thoraxwand komprimiert werden.

Das Ausmaß des Schadens lässt Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit beim Aufprall zu. Je größer die Deformation am

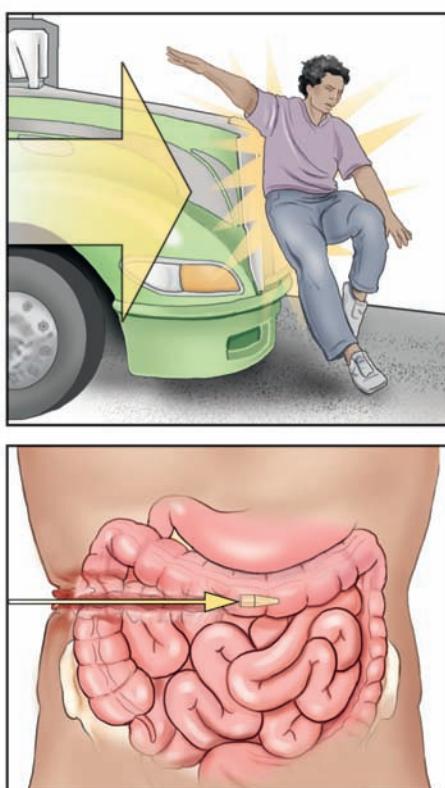


Abb. 2.10 Die Energie aus der Kollision eines Fahrzeugs mit einer Person wird über eine größere Fläche verteilt, während die Energie aus dem Aufprall eines Projektils auf einen Körper auf eine sehr kleine Fläche beschränkt wird und eine Penetration des Körpers und der unter der Haut liegenden Strukturen bewirkt.



Abb. 2.11 Kollidiert ein Fahrzeug mit einem Leitungsmast, stoppt zwar die Front des Fahrzeugs, das Heck bleibt aber weiter in einer Vorwärtsbewegung und verursacht die Deformation des Fahrzeugs.

Fahrzeug, desto höher seine Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des Aufpralls. Je höher die Geschwindigkeit, desto größer der Energieaustausch und damit die Wahrscheinlichkeit, dass die Insassen verletzt wurden.

Obwohl das Fahrzeug bei einer Frontalkollision plötzlich stillsteht, bewegt sich der Insasse weiter nach vorne und beschreibt dann einen von zwei möglichen Wegen: entweder nach oben über das Lenkrad oder nach unten unter das Lenkrad. Sicherheitsgurte und Airbags absorbieren einen Teil oder die gesamte Energie und reduzieren damit die Verletzungen des Opfers. Der Gebrauch eines Sicherheitsgurtes und der Einsatz des Airbags oder eines anderen Rückhaltesystems werden einen Teil oder sogar die gesamte Energie absorbieren und so die Verletzungen des Unfallopfers reduzieren. Der Einfachheit halber wird in den folgenden Beispielen angenommen, der Insasse sei nicht angeschnallt gewesen.

Bewegung über das Lenkrad

In dieser Situation drückt die Vorwärtsbewegung den Körper über das Lenkrad (**> Abb. 2.12**). Normalerweise trifft zuerst der Kopf auf die Windschutzscheibe, den Rahmen der Scheibe oder gegen die Fahrzeugdecke. Dabei stoppt er seine Vorwärtsbewegung. Der Rumpf bleibt in Bewegung, bis seine Energie entlang der Wirbelsäule absorbiert wird. Die Halswirbelsäule ist der am wenigsten geschützte Teil der Wirbelsäule. Je nach Position des Körpers kollidieren dann Brust oder Abdomen mit der Lenksäule. Der Aufschlag der Brust auf die Lenksäule führt zu Verletzungen des Brustkorbs, des Herzens, der Lungen und der Aorta (siehe auch Abschnitt Regionale Auswirkungen des stumpfen Traumas). Der Aufschlag des Abdomens auf die Lenksäule kann Organe komprimieren oder quetschen, zu Überdruckverletzungen (speziell beim Zwerchfell) und zu Rupturen von Hohlorganen führen. Nieren, Milz und Leber können ebenfalls durch Scherverletzungen betroffen sein. Organe können aus ihrer normalen anatomischen Verankerung gerissen werden (**> Abb. 2.13**). Bewegen sich etwa die Nieren bei einem Frontalaufprall weiter nach vorne, so wirken hohe Scher-



Abb. 2.12 Die Einstellung des Sitzes und die Position des Insassen beeinflussen die Kräfte, die auf den Oberkörper und den Kopf als Schwerpunkt wirken.

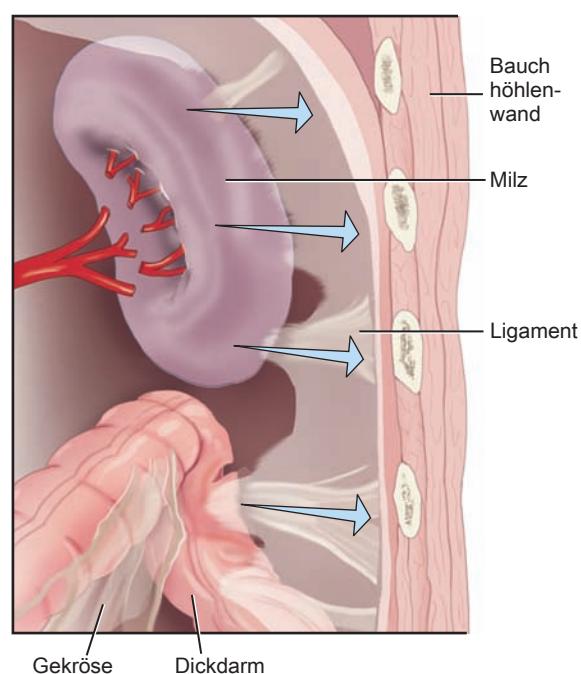


Abb. 2.13 Organe können von ihrem Ankerpunkt an der Abdominalwand weggerissen werden. Die Milz, die Nieren und der Dünndarm sind diesen Scherkräften gegenüber besonders anfällig.

kräfte auf die sie versorgenden Blutgefäße. Diese sind eng mit der Wirbelsäule und der hinteren Bauchwand verbunden. Aorta und Vena cava sind ebenfalls fest mit der hinteren Thoraxwand und der Wirbelsäule verbunden. Die abrupte Vorwärtsbewegung der Nieren kann zu Überdehnungen und Rupturen der Nierengefäße führen. Auf ähnliche Weise kann die Aorta am Übergang vom Aortenbogen zur absteigenden Aorta zerreißen (**> Abb. 2.14**).

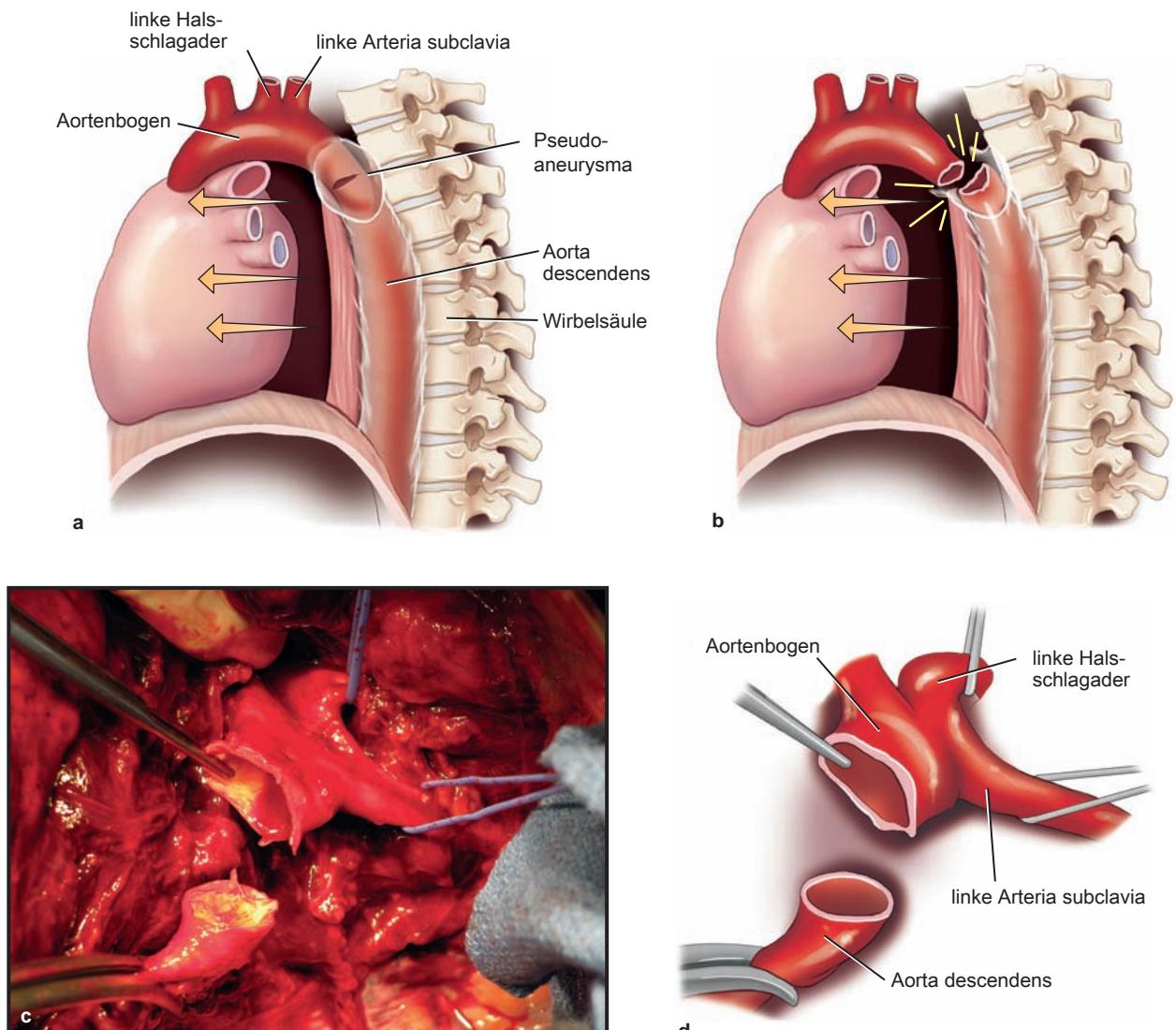


Abb. 2.14 a: Die absteigende Aorta ist eine feste Struktur, die mit der Brustwirbelsäule verläuft. Der Aortenbogen und das Herz sind frei beweglich. Eine Beschleunigung des Rumpfes bei einem Seitenanprall oder eine abrupte Verzögerung des Rumpfes bei einem Frontalanprall produzieren unterschiedliche Bewegungen zwischen dem Herz-Aorten-Komplex und der absteigenden Aorta. Diese Bewegung kann den Einriss der inneren Schicht der Aorta und somit ein Pseudo-Aneurysma verursachen. **b:** Zugkräfte an der Bindungsstelle zwischen Aortenbogen und absteigender Aorta können auch einen kompletten Abriss der Aorta mit anschließender Blutleere in der Brust auslösen. **c und d:** Foto eines Aorten-Risses bei der OP und als Zeichnung.
(a: Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl., St. Louis, 2001, Mosby)

Bewegung unter das Lenkrad

Der Insasse bewegt sich unter das Lenkrad und in Richtung Armaturenbrett (**> Abb. 2.15**). Die Bedeutung der Kinematik zeigt sich hier in der Interpretation der Verletzungen, die durch diese Bewegung entstehen können. Viele dieser Verletzungen sind schwer zu identifizieren, falls sie nicht schon aufgrund des Unfallmechanismus vermutet werden. Der Fuß, der bei gestrecktem Knie auf dem Boden oder dem Bremspedal steht, kann sich infolge der Körperbewegung im Sprunggelenk abwinkeln und frakturieren. Häufiger jedoch sind die Knie gebeugt, und die Kraft wird nicht in Richtung der Knöchel übertragen. Stattdessen krachen die Knie ins Armaturenbrett.

Das Knie hat zwei mögliche Aufschlagpunkte gegen das Armaturenbrett, die Tibia und das Femur (**> Abb. 2.16 a**). Stößt die Tibia zuerst gegen das Armaturenbrett und stoppt, bleibt das Femur in Bewegung und schiebt sich über die Tibia hinweg. Die Folge ist eine Kniestreckung mit gerissenen Bändern, Sehnen und anderen Geweben. Da die Arteria poplitea nahe dem Gelenk liegt, sind Luxationen des Gelenks oftmals mit Verletzungen dieser Arterie verbunden. Sie kann komplett zerreißen oder es wird nur die Gefäßintima verletzt (**> Abb. 2.16 b**). In jedem Fall kann sich in dem verletzten Gefäß ein Blutgefässrinnsel bilden, was zu einem reduzierten Blutfluss in die Gewebe unterhalb des Knies führen kann. Das frühe Erkennen mög-

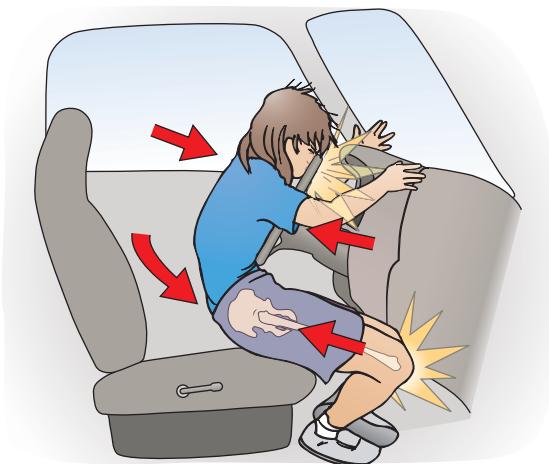


Abb. 2.15 Insasse und Fahrzeug bewegen sich zunächst mit gleicher Geschwindigkeit vorwärts. Dann wird das Fahrzeug abrupt gestoppt. Der nicht angeschnallte Insasse setzt seine Vorwärtsbewegung fort, bis diese beim Aufprall auf Lenkrad und Armaturenbrett ebenfalls gestoppt wird.

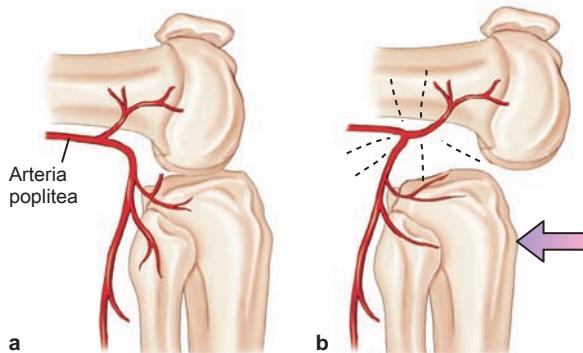


Abb. 2.16 a: Bei einem Autounfall hat das Knie zwei mögliche Kollisionspunkte: das Femur und die Tibia. b: Die Arteria poplitea liegt nah am Gelenk, fest verbunden mit dem Femur und der darunter liegenden Tibia. Eine Auseinanderbewegung der beiden Knochen führt zur Dehnung, Verdrehung oder sogar zum Zerreißen der Arterie.

licher Gefäßverletzungen am Notfallort wird die Ärzte in der Klinik gezielt nach solchen Verletzungen suchen lassen.

Das frühe Erkennen und die frühe Therapie solcher Verletzungen der Arteria poplitea können das Auftreten distaler Durchblutungsstörungen deutlich verringern. Die Durchblutung solcher Gebiete muss innerhalb von 6 Stunden wiederhergestellt werden. Wird der Unfallmechanismus durch den Rettungsdienstmitarbeiter nicht richtig interpretiert oder werden Hinweise in dieser Richtung übersehen, so kann es hier zu Verzögerungen kommen. Obwohl die meisten dieser Unfallopfer offensichtliche Verletzungen aufweisen, ist eine Schädigung des Armaturenbretts auf Kniehöhe ein Schlüsselindikator dafür, dass eine erhebliche Energie auf das Gelenk und angrenzende Strukturen eingewirkt hat (► Abb. 2.17).

Findet der Aufprall im Bereich des Femur statt, so wird Energie auf den Oberschenkelknochen übertragen und dieser kann



Abb. 2.17 Der Kollisionspunkt des Knies am Armaturenbrett weist auf zweierlei hin: eine Bewegung unter das Lenkrad und die Absorption der Energie entlang der unteren Extremität.

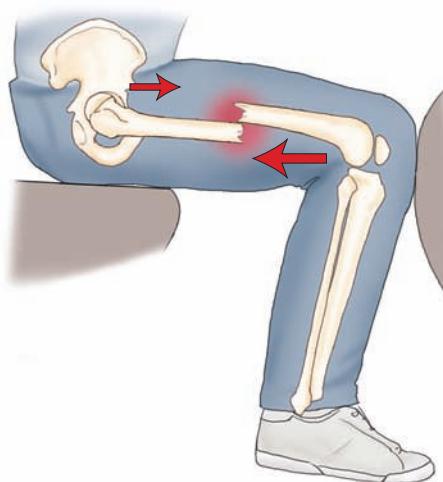


Abb. 2.18 Erfolgt die Kollision am Femur, wird die Energie vom Knochenschaft absorbiert, und er kann brechen.

dadurch brechen (► Abb. 2.18). Die weitere Vorwärtsbewegung des Beckens bei intaktem Femur kann dazu führen, dass der Femurkopf aus dem Hüftgelenk luxiert (► Abb. 2.19).

Nachdem die Knie und Beine ihre Vorwärtsbewegung beendet haben, prallt der Oberkörper gegen die Lenksäule oder das Armaturenbrett. Das nicht angeschnallte Opfer kann dann vielleicht schon zuvor bei der Bewegung über das Lenkrad erwähnten Schädigungen erleiden. Diese möglichen Verletzungen schon an der Unfallstelle zu erkennen und sie dem übernehmenden Rettungsfachpersonal oder Arzt zu berichten, kann die weitere Genesung des Patienten entscheidend beeinflussen.

Heckaufprall

Beim Heckaufprall wird ein langsam fahrendes oder stehendes Fahrzeug von einem Fahrzeug mit höherer Geschwindigkeit von hinten getroffen.⁶ Zur besseren Darstellung nennen wir



Abb. 2.19 Die kontinuierliche Vorwärtsbewegung des Beckens gegen das Femur kann zur Luxation des Femurkopfes führen.

das schnellere Fahrzeug „Projektil-Fahrzeug“ und das langsamere oder stehende Fahrzeug das „Ziel-Fahrzeug“. Bei solchen Kollisionen wird die Energie des Projektil-Fahrzeugs beim Aufprall an beiden Fahrzeugen in Verformungsenergie (sichtbare Schäden) und am Ziel-Fahrzeug in Beschleunigungsenergie umgewandelt. Je größer der Geschwindigkeitsunterschied beider Fahrzeuge, desto größer ist die Kraft des initialen Aufschlags und die schädigende und beschleunigende Energie.

Beim Aufprall von hinten wird das Ziel-Fahrzeug nach vorne beschleunigt. Alles, was am Rahmen des Fahrzeugs befestigt ist, wird mit derselben Geschwindigkeit nach vorne bewegt. Das inkludiert auch die Sitze, auf denen sich die Insassen befinden. Objekte im Fahrzeug, die nicht am Rahmen befestigt sind, inklusive der Passagiere, werden sich erst dann nach vorne bewegen, wenn sie mit etwas Kontakt haben, das am Rahmen befestigt ist. So wird z. B. der Rumpf des Patienten durch die Rückenlehne des Sitzes beschleunigt, nachdem die Sitzpolster einige Energie absorbiert haben. Ist die Kopfstütze hinter und unter dem Hinterhaupt positioniert, wird der Kopf nach dem Kontakt mit der Kopfstütze erst nach dem Torso in eine Vorwärtsbewegung übergehen. Dies kann zu einer Überdehnung des Nackens führen. Das Dehnen und Reißen von Bändern und anderen Strukturen speziell im vorderen Teil der Halswirbelsäule kann zu weiteren Verletzungen führen (> Abb. 2.20 a). Ist die Kopfstütze korrekt eingestellt, bewegt sich der Kopf etwa gleichzeitig mit dem Torso, ohne eine Hyperextension (> Abb. 2.20 b).

Kann sich das beschleunigte Ziel-Fahrzeug ungehindert nach vorne bewegen und wird es nicht von einem Hindernis gestoppt, so bleibt der Fahrer womöglich unverletzt, da der größte Teil der Bewegung des beschleunigten Körpers vom Sitz unterstützt wird, ähnlich wie bei einem Astronauten beim Raketenstart (> Kasten 2.1).

Prallt das Fahrzeug jedoch auf ein anderes Objekt oder steigt der Fahrer schreckhaft auf die Bremse und stoppt so das Fahr-

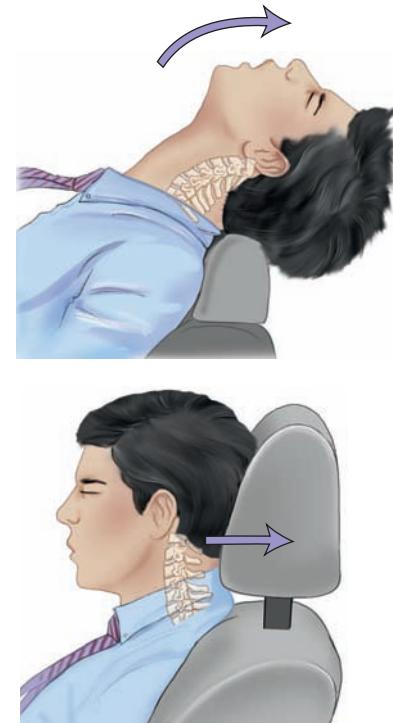


Abb. 2.20 a: Eine Heckkollision schleudert den Rumpf vorwärts. Ist die Kopfstütze falsch eingestellt, wird der Kopf über deren Kante nach hinten überstreckt. b: Ist die Kopfstütze korrekt eingestellt, bewegt sich der Kopf gleichförmig mit dem Rumpf, sodass Halsverletzungen verhindert werden.

zeug, dann bewegen sich die Insassen weiter nach vorne, und es wiederholt sich das Geschehen wie bei einer Frontalkollision. Die Kollision umfasst dann zwei Aufschläge, einen von hinten und anschließend einen von vorne. Dieser doppelte Aufschlag erhöht die Verletzungswahrscheinlichkeit.

2.1 Kopfstützen

Falls festgestellt werden kann, dass die Kopfstütze des Opfers nicht korrekt positioniert war und daraus eine Nackenverletzung resultierte, erwägen einige Gerichte, die Haftung der unfallverursachenden Partei zu reduzieren, mit der Begründung, dass das Verhalten des Opfers zu den Verletzungen beigetragen hat. Ähnliche Überlegungen gibt es in Fällen, bei denen die Insassen keine Rückhaltesysteme angelegt hatten. Ältere Patienten tragen in diesem Zusammenhang häufig Verletzungen davon.⁷

Seitenauftprall

Hierbei handelt es sich um eine Kollision, wie sie an Kreuzungen vorkommt oder wenn ein Fahrzeug von der Straße abkommt und seitlich z. B. gegen einen Strommast oder Baum prallt. Findet die Kollision an einer Kreuzung statt, so wird sich das Ziel-Fahrzeug in Fahrtrichtung des Projektil-Fahrzeugs vom Aufprall weg bewegen. Die Seite des Fahrzeugs oder die Tür, die getroffen wurde, wird gegen die Insassen gepresst.

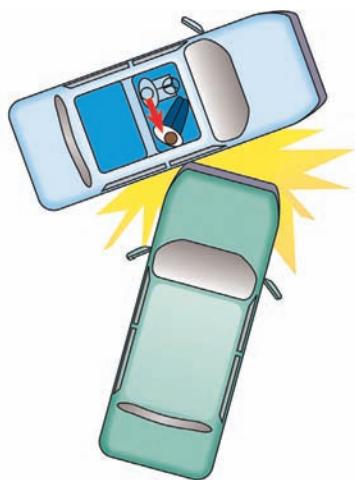


Abb. 2.21 Bei einem seitlichen Anprall des Fahrzeugs schiebt sich dieses gegen den nicht angeschnallten Insassen. Ein angeschnallter Insasse wird mit dem seitlich ausweichenden Fahrzeug mitbewegt.⁸

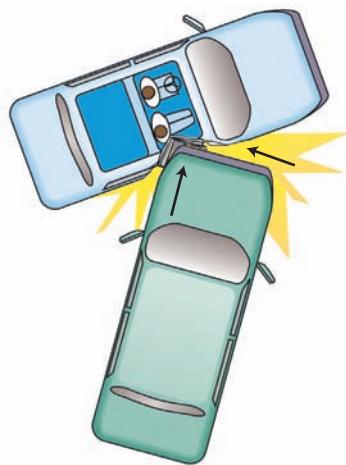
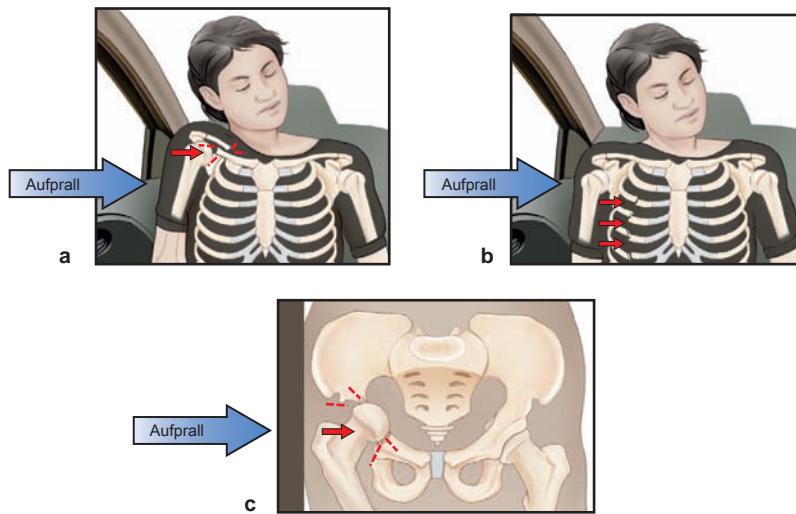


Abb. 2.22 Das Eindringen von Seitenteilen in die Fahrgastzelle stellt eine weitere Verletzungsquelle dar.

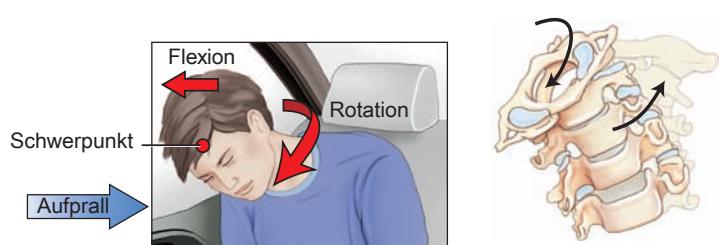


Diese können sich durch die abrupte seitliche Beschleunigung (**> Abb. 2.21**) oder durch nach innen gedrückte Teile des Fahrzeugs verletzen (**> Abb. 2.22**). Die Verletzungen sind geringer, wenn der Insasse angeschnallt ist und der initialen Bewegung des Fahrzeugs folgt.

- Folgende fünf Körperregionen können Schaden nehmen:
- **Schlüsselbein** Die Klavikula kann komprimiert werden und frakturieren, wenn sich die Kräfte gegen die Schulter richten (**> Abb. 2.23 a**).
 - **Brustkorb** Die Kompression der Thoraxwand nach innen kann zu Rippenbrüchen, Lungenkontusionen, Kompression von Organen nahe des Brustkorbes und Überdruckverletzungen führen (z. B. Pneumothorax) (**> Abb. 2.23 b**). Scherverletzungen der Aorta können durch seitliche Beschleunigung entstehen (25 % der Scherverletzungen der Aorta treten bei seitlichen Kollisionen auf).^{9–11}
 - **Abdomen und Becken** Der Aufprall staucht und frakturiert das Becken und drückt den Femurkopf durch die Gelenkpfanne (**> Abb. 2.23 c**). Insassen auf der Fahrerseite sind besonders anfällig für Milzverletzungen, da sich die Milz auf der linken Seite befindet. Insassen auf der Beifahrerseite dagegen erleiden eher Leerverletzungen.
 - **Halswirbelsäule** Wie bei den Heckkollisionen kann sich der Rumpf bei seitlichen Kollisionen unter dem Kopf weg bewegen. Der „Befestigungspunkt“ des Kopfes (an der Wirbelsäule) liegt hinter und unter dem Schwerpunkt des Kopfes. Aus diesem Grund ist die Bewegung des Kopfes im Vergleich zur Halswirbelsäule eine laterale Flexion und Rotation. Die kontralaterale Seite der Wirbelsäule wird aus- einandergenommen, während die ipsilaterale Seite komprimiert wird. Dies kann zu Frakturen der Halswirbelsäule oder ausgerenkten Facettengelenken führen (**> Abb. 2.24**).
 - **Kopf** Der Kopf kann gegen den Rahmen der Tür schlagen. Ein Aufprall auf der gleichen Fahrzeugseite verursacht beim Insassen stärkere Verletzungen als ein Aufprall auf der gegenüberliegenden Seite.

Abb. 2.23 **a:** Wird die Schulter gegen die Klavikula komprimiert, kann es zu einer Mittelschaftfraktur kommen. **b:** Eine Kompression der seitlichen Wände von Thorax und Abdomen kann Rippenfrakturen und Verletzungen von Leber, Milz und Nieren hervorrufen. **c:** Ein seitlicher Anprall des Oberschenkels drückt den Femurkopf durch die Gelenkpfanne oder frakturiert das Becken.

Abb. 2.24 Der Schwerpunkt des Schädels liegt vor und oberhalb des Drehpunkts zwischen Schädel und Halswirbelsäule. Während der Rumpf beim Seitenanprall unter dem Kopf weggeschoben wird, dreht sich der Kopf gleichzeitig in beiden Achsen dem Aufprall entgegen. Solche Bewegungen trennen die Wirbelkörper voneinander und verdrehen sie. Daraus resultieren luxierte Faccettengelenke, lädierte Bänder und seitliche Kompressionsfrakturen.



Rotationsaufprall

Kollisionen dieser Art treten auf, wenn eine Ecke des Fahrzeugs ein unbewegliches Objekt, die Ecke eines anderen Fahrzeugs oder ein Fahrzeug trifft, das langsamer oder in die andere Richtung fährt. Nach Newtons 1. Gesetz wird diese Ecke des Fahrzeugs gestoppt, während der Rest des Fahrzeugs seine Vorwärtsbewegung weiterführt, bis seine Energie vollständig umgewandelt ist. Die hierbei entstehenden Verletzungen sind Kombinationen aus Verletzungen, wie sie bei Frontalkollisionen und seitlichen Kollisionen zu sehen sind. Das Opfer bewegt sich weiter vorwärts und wird dann von der Seite des Fahrzeugs getroffen (wie bei einem seitlichen Aufprall), wenn sich das Fahrzeug um den Aufschlagpunkt dreht (**> Abb. 2.25**). **Die schwersten Verletzungen werden bei den Opfern festgestellt, die in der Nähe des Aufschlagpunkts sitzen.**

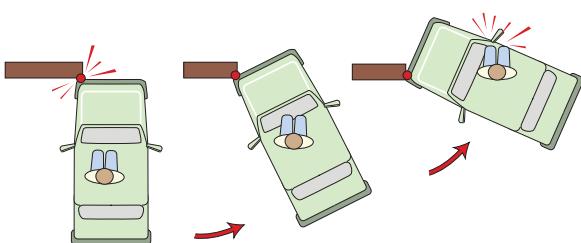


Abb. 2.25 Bei einem Rotationsaufprall bewegt sich das Opfer zunächst vorwärts und dann seitlich, wenn sich das Fahrzeug um den Aufprallpunkt dreht.



Abb. 2.26 Während eines Überschlags kann der nicht angeschnallte Insasse teilweise oder komplett herausgeschleudert oder im Fahrzeug umhergeschleudert werden. Diese Aktionen produzieren multiple und nicht voraussehbare Verletzungen, die in der Regel schwerwiegend sind.

Überschlag

Während eines Überschlags kann ein Fahrzeug mehrere Male in verschiedenen Winkeln aufschlagen. Ebenso ergeht es den Insassen und ihren inneren Organen (**> Abb. 2.26**). Mit jedem Aufschlag kann es zu Verletzungen kommen. Bei Überschlägen erleiden angeschnallte Patienten oft Scherverletzungen, da hier sehr hohe Kräfte freigesetzt werden. Obwohl die Insassen durch den Sicherheitsgurt in ihren Sitzen fixiert werden, bewegen sich doch die inneren Organe und können aus ihrem Verankerungsgewebe herausreißen. Ist der Insasse nicht angeschnallt, so kommt es zu noch schwereren Verletzungen. In diesem Falle werden die Passagiere meist aus dem Fahrzeug geschleudert und gequetscht, wenn das Fahrzeug über sie rollt, oder erleiden Verletzungen, wenn sie auf dem Boden aufprallen. Schleuderten Insassen auf die Straße, so werden sie möglicherweise vom nachfolgenden Verkehr erfasst. Die Wahrscheinlichkeit einer tödlichen Verletzung beträgt bei herausgeschleuderten Insassen 77%.¹²

Inkompatibilität von Fahrzeugen

Die Art der Fahrzeuge, die in einen Unfall verwickelt sind, spielt eine entscheidende Rolle in der Entstehung von Verletzungen oder Todesfällen. Treffen z. B. Fahrzeuge ohne Airbags seitlich aufeinander, so ist das Risiko, bei diesem Aufprall zu sterben, für die Insassen des seitlich getroffenen Fahrzeugs um den Faktor 5,6 höher. Dies ist durch das Fehlen einer seitlichen Knautschzone im Vergleich zu den aufgetretenen Kräften unmittelbar vor der Kollision erklärbar. Handelt es sich bei dem seitlich getroffenen Fahrzeug jedoch um eine Geländelimousine (sport utility vehicle – SUV), einen Lastwagen oder einen Van, so ist das Risiko eines tödlichen Ausgangs für alle Beteiligten etwa gleich. Da die Insassen bei diesen Fahrzeugen höher sitzen, sind sie bei einer seitlichen Kollision mit einem normalen Fahrzeug besser geschützt und entgehen der direkten seitlichen Krafteinwirkung.

Ernstere Verletzungen und ein stark erhöhtes Risiko, getötet zu werden, liegen dann vor, wenn ein normaler Pkw seitlich mit einem Geländewagen, einem Van oder einem Lastwagen kollidiert. Bei einer Kollision zwischen einem Van und einem normalen Auto ist das Risiko zu sterben für die Insassen des normalen Autos 13-mal höher als für die Insassen des Vans.

Handelt es sich bei dem auffahrenden Fahrzeug um einen Lastwagen oder Geländewagen, so ist das Risiko zu sterben für die Insassen des seitlich getroffenen Pkw 25- bis 30-mal höher. Dieser enorme Unterschied resultiert aus der höheren Masse und dem höheren Schwerpunkt von Lastwagen und Geländewagen. Die Information, in welchem Typ von Fahrzeug der Verletzte während des Unfalls saß, kann dem First Responder bei der Beurteilung von schwerwiegenden Verletzungen sehr hilfreich sein.

Insassen-Schutz- und Rückhaltesysteme

Sicherheitsgurte

Bei den zuvor beschriebenen Verletzungsmustern wurde angenommen, dass die meisten Insassen nicht angeschnallt waren. Nach einem Bericht der US-amerikanischen National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) aus dem Jahre 2008 sind nur noch 17 % der Insassen nicht angeschnallt. Im Jahre 1999 waren es im Vergleich dazu noch 67 %.¹² Etwa 25 % der getöteten Insassen wurden aus dem Fahrzeug geschleudert (2002). Etwa 77 % der aus dem Fahrzeug geschleuderten Insassen starben.¹² Einer von 13 Patienten, die aus dem Auto geschleudert wurden, hatte Verletzungen an der Wirbelsäule. Diese Insassen erleiden einen 2. Aufschlag, wenn sie nach dem Hinausschleudern auf dem Boden oder ein anderes Hindernis treffen. Dabei kann es zu schwereren Verletzungen kommen als bei der initialen Kollision. Das Risiko zu sterben ist bei Personen, die aus dem Auto geschleudert werden, 6-fach erhöht. Es ist definitiv erwiesen, dass Sicherheitsgurte Menschenleben retten.⁵

Gemäß NHTSA-Report haben 49 US-Bundesstaaten Gesetze zum Gebrauch von Sicherheitsgurten erlassen. Von 2004 bis 2008 konnten durch Sicherheitsgurte mehr als 75.000 Menschenleben gerettet werden.¹³ Seit 1975 sind es mehr als 255.000 Menschenleben. Die NHTSA berichtet außerdem, dass in den USA allein im Jahr 2008 13.000 Menschenleben durch den Gebrauch von Sicherheitsgurten gerettet werden konnten. Würden alle Insassen Sicherheitsgurte anlegen, so wären in den USA über 17.000 Todesopfer bei oder nach Verkehrsunfällen weniger zu verzeichnen gewesen.

Was passiert, wenn die Opfer angeschnallt sind? Sind die Sicherheitsgurte richtig angelegt, wird der Druck des Aufpralls durch Becken und Brustkorb aufgefangen und es kommt zu geringen oder gar keinen Verletzungen (**> Abb. 2.27**). Richtig angelegte Sicherheitsgurte verteilen die Kraft vom Körper des Opfers auf den Gurt und das Gurtsystem. Mit diesen Systemen ist die Wahrscheinlichkeit schwerer Verletzungen deutlich vermindert.

Sicherheitsgurte müssen richtig angelegt sein, um zu funktionieren. Ein nicht korrekt angelegter Sicherheitsgurt wird im Falle eines Unfalls nicht schützen und ggf. sogar Schaden anrichten. Falls Beckengurte nicht fest angezogen oder oberhalb des Beckens angelegt werden, können sie die weichen Bauchorgane

verletzen. Kompressionsverletzungen weicher, innerer Organe wie Milz, Leber oder Pankreas resultieren aus der Kompression zwischen Gurt und hinterer Bauchwand (**> Abb. 2.28**). Ein erhöhter intraabdomineller Druck kann zu Zwerchfellrupturen und der Herniation von Bauchorganen in den Brustkorb führen (z. B. Enterothorax). Beckengurte sollten ebenfalls nicht alleine, sondern nur in Kombination mit dem Schultergurt verwandt werden. Vordere Kompressionsfrakturen der Lendenwirbelsäule entstehen, wenn der obere und untere Teil des Rumpfes über den zurückgehaltenen 12. thorakalen bzw. 1. oder 2. lumbalen Wirbelkörper gebeugt werden. Aus diesem Grund sind Zweipunkt- oder Beckengurte kein geeigneter Schutz. Viele Insassen, die den Diagonalgurt unter dem Arm und nicht über die Schulter führen, riskieren ernsthafte Verletzungen. Wird die gesetzliche Gurtpflicht beachtet, nimmt die Schwere von Verletzungen ab und die Anzahl der Todesopfer sinkt deutlich.^{5,14,15}



Abb. 2.27 Ein gut sitzender Sicherheitsgurt liegt straff beidseits vor dem oberen Anteil der Beckenschaufel und oberhalb des Femur. Das Becken schützt dabei die abdominalen Weichteile.

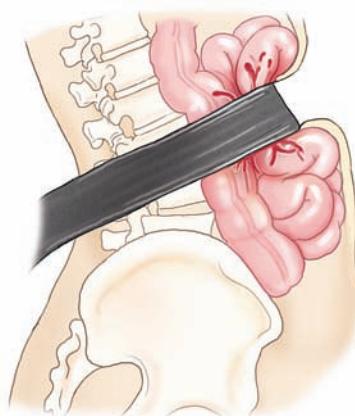


Abb. 2.28 Ein falsch angelegter, oberhalb der Beckenschaufel liegender Sicherheitsgurt kann dazu führen, dass die inneren Organe zwischen dem Gurt und der sich bewegenden hinteren Wand eingeklemmt werden. Es kommt zu Verletzungen des Pankreas oder anderer retroperitonealer Organe sowie zu Rupturen von Dünnd- und Dickdarm.

Airbags

Airbags bieten zusammen mit dem Sicherheitsgurt zusätzlichen Schutz. Ursprünglich wurden sie nur zum Schutz von Fahrer und Beifahrer entwickelt, indem sie die Vorwärtsbewegungen auffangen. Sie absorbieren die Energie, indem sie die Zeit bis zum Aufschlag des Opfers verlängern. Bei Frontalkollisionen und Beinah-Frontalkollisionen (65–70 % der Unfälle, die in einem Winkel von 30° zu den Frontscheinwerfern passieren) sind sie extrem effektiv. Airbags entleeren sich sofort nach dem ersten Aufprall und sind deswegen bei mehrmaligen Aufschlägen oder bei Heckkollisionen nicht effektiv. Ein Airbag entfaltet und entleert sich innerhalb von 0,5 Sekunden. Bewegt sich ein Fahrzeug nach einer Kollision weiter auf ein anderes Fahrzeug oder einen Baum zu, so ist der Airbag nicht mehr nützlich. Seitenairbags ergänzen den Schutz der Insassen.



Abb. 2.29 Beim Auslösen des Airbags sind Abschürfungen am Unterarm entstanden, da die Hände das Lenkrad umklammten. (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)



Abb. 2.30 Das Auslösen des Airbags gegen die Brille hat hier ebenfalls Abschürfungen verursacht. (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)

Wenn Airbags auslösen, können sie geringe, aber sichtbare Verletzungen hervorrufen, die der First Responder versorgen muss (► Kasten 2.2). Dazu gehören Abschürfungen an den Armen, der Brust und im Gesicht (► Abb. 2.29), Fremdkörper im Gesicht und den Augen sowie Verletzungen durch die Brille des Insassen (► Abb. 2.30). Nicht ausgelöste Airbags können für das Unfallopfer, aber auch für den First Responder eine Gefahr darstellen. Sie können durch einen Spezialisten korrekt und sicher deaktiviert werden. Eine solche Deaktivierung darf jedoch nicht die Rettung von Schwerverletzten verzögern. Airbags stellen eine erhebliche Gefahr für Säuglinge und Kinder dar, falls diese entweder nicht angeschnallt sind oder sich in einem nach hinten gerichteten Kindersitz auf dem Beifahrersitz befinden. Von den über 290 Todesfällen durch Airbag-Einsatz waren fast 70 % Passagiere auf den Vordersitzen, davon waren 90 % Säuglinge oder Kinder.

2.2 Airbags

Frontairbags können für Kinder und kleinere Erwachsene gefährlich werden, besonders wenn Kinder in nicht korrekter Weise auf dem Vordersitz oder auf einem nicht richtig installierten Kindersitz sitzen. Kinder bis 12 Jahre sollten immer auf den Rücksitzen mitfahren und in einem an ihre Körpergröße angepassten Sitz angeschnallt sein. Fahrer sollten immer mindestens 25 cm und Beifahrer 45 cm vom Airbag entfernt sein. In den meisten Fällen sind Airbag-Verletzungen auf einfache Abschürfungen begrenzt, wenn die richtigen Sitzeinstellungen und Entfernungen eingehalten wurden. Inzwischen sind für viele Fahrzeuge auch Seitenairbags und Türenairbags erhältlich.

2.2.3 Unfälle mit Motorrädern

Motorradunfälle führen jedes Jahr zu einer hohen Zahl von Verkehrstoten. Während die Gesetze der Physik dieselben sind, unterscheiden sich dennoch die Unfallmechanismen von denen bei Unfällen mit Autos oder Lastwagen. Diese Differenzen erscheinen in jedem der nachfolgenden Unfalltypen: dem frontalen und schrägen Aufprall und dem Hochschleudern.

Frontaler Aufprall

Eine Frontalkollision auf einen festen Gegenstand stoppt die Vorwärtsbewegung des Motorrads (► Abb. 2.31), da der Schwerpunkt des Motorrads hinter der Frontachse liegt, die in diesem Falle den Drehpunkt darstellt. Das Motorrad wird sich vorne absenken und der Fahrer gegen den Lenker prallen. Abhängig von der Körperregion, die den Lenker trifft, wird der Fahrer Kopf-, Brust-, Bauch- oder Beckenverletzungen erleiden. Bleiben die Füße auf den Fußrasten und treffen die Oberschenkel auf den Lenker, resultieren daraus in der Regel bilaterale Femurfrakturen (► Abb. 2.32). „Open-book“-Beckenfrakturen sind ebenso ein häufiges Resultat der gegenseitigen Einwirkung von Becken und Lenker.



Abb. 2.31 Die Position des Fahrers liegt während des Frontalzusammenstoßes des Motorrades oberhalb des Drehpunkts der Vorderachse.

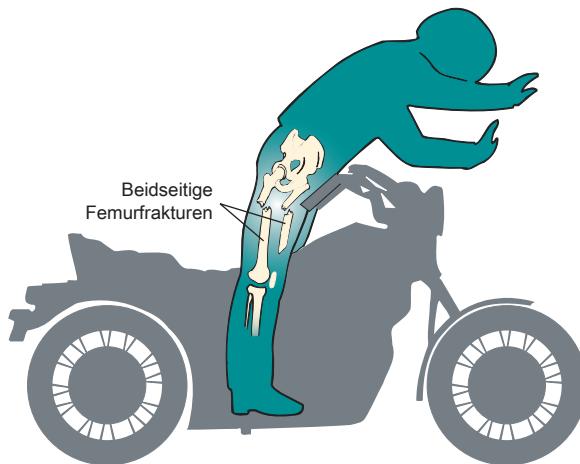
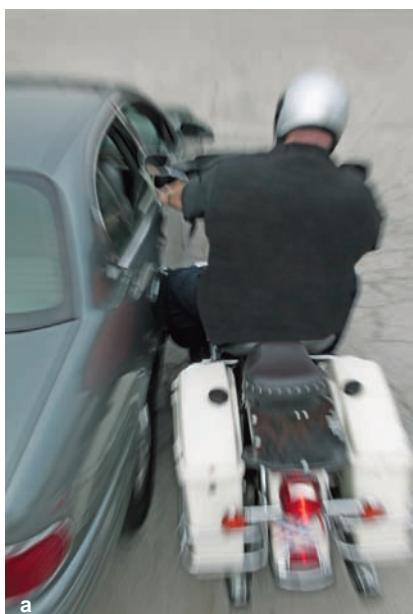


Abb. 2.32 Der Körper bewegt sich nach vorne über das Motorrad, sodass die Schenkel gegen den Lenker prallen. Der Fahrer kann aber auch weggeschleudert werden.



Schräger Aufprall

Hierbei trifft das Motorrad in einem bestimmten Winkel auf einen Gegenstand. Dabei wird das Motorrad auf den Fahrer fallen oder ihn zwischen Gegenstand und Motorrad eingeklemmen. Es kann zu Frakturen oder Weichteilverletzungen der oberen und unteren Extremitäten kommen (► Abb. 2.33). Durch den Energieaustausch entstehen unter Umständen auch Verletzungen von Organen innerhalb der Bauchhöhle.

Hochschleudern

Da der Motorradfahrer nicht angeschnallt ist, läuft er Gefahr, bei einem Unfall in die Luft geschleudert zu werden. Der Fahrer wird seinen Flug fortsetzen, bis seine Arme, sein Kopf, die Brust, das Abdomen oder die Beine auf einen anderen Gegenstand, z. B. ein Auto, einen Telefomasten oder die Straße, treffen. Die Läsionen entstehen am Ort des Aufpralls und verbreiten sich über den ganzen Körper, bis die Energie abgebaut wurde.⁵

Prävention von Verletzungen

Viele Motorradfahrer tragen keine richtige Schutzkleidung. Schutzkleidung für Motorradfahrer beinhaltet Stiefel, Lederkleidung und Helm. Von diesen bietet der Helm den besten Schutz. Er ist ähnlich dem Schädel aufgebaut: außen mit einer harten Schale und innen mit einem weichen, energieabsorbierenden Material ausgekleidet. So können Verletzungen an Gesicht, Schädel und Gehirn reduziert werden. Es konnte gezeigt werden, dass das Nichttragen eines Helmes die Wahrscheinlichkeit

Abb. 2.33 a: Handelt es sich nicht um einen Frontalzusammenstoß, werden die unteren Extremitäten des Motorradfahrers wie durch eine Zange zwischen dem Fahrzeug und seinem Motorrad eingeklemmt. **b:** Der Zusammenprall quetscht die unteren Extremitäten zwischen dem angefahrenen Fahrzeug und dem Motorrad.

lichkeit einer Kopfverletzung um 300 % erhöht. Er bietet aber nur minimalen Schutz für die Halswirbelsäule, andererseits verursacht er aber auch keine Schädigung. Die Helmpflicht erfüllt ihren Zweck. Im US-Bundesstaat Louisiana ging die Zahl der Kopfverletzungen sechs Jahre nach Einführung der Helmpflicht um 60 % zurück. Die meisten Bundesstaaten können nach Einführung der Helmpflicht mit ähnlichen Ergebnissen aufwarten.

Das Motorrad „hinzulegen“, ist ein Manöver, mit dem Motorradfahrer ihre Maschine bei einem Unfall schnell loswerden wollen (► Abb. 2.34). Der Fahrer drückt das Motorrad seitwärts zu Boden und schleift das untere Bein über den Untergrund. Diese Aktion bremst ihn mehr als seine Maschine, sodass sich das Motorrad unter dem Fahrer weg bewegt. Dabei rutscht er über die Straße, wird jedoch nicht zwischen dem Objekt und seinem Motorrad eingeklemmt. Die Biker erleiden dabei oft Schürfwunden und kleinere Frakturen, vermeiden aber schwere Verletzungen, die im Kontakt mit dem Zweirad bei einem Aufprall verursacht würden (► Abb. 2.35).

2.2.4 Verletzungen bei Fußgängern

Unfälle zwischen Fußgängern und Fahrzeugen bestehen aus drei Phasen, jede mit ihrem eigenen Muster:

1. Der erste Aufprall betrifft die Beine und manchmal die Hüfte (► Abb. 2.36 a).
2. Der Rumpf dreht sich über die Motorhaube (► Abb. 2.36 b).
3. Das Opfer schleudert vom Fahrzeug auf den Boden, meist mit dem Kopf voran, mit möglicher Verletzung der Halswirbelsäule (► Abb. 2.36 c).

Die dabei entstehenden Verletzungen sind von der Größe des Opfers und der Höhe des Fahrzeugs abhängig (► Abb. 2.37). Die Aufprallpunkte eines Kindes und eines Erwachsenen präsentieren unterschiedliche anatomische Strukturen, wenn sie vor einem Auto stehen. Kinder werden in der Regel zuerst höher am Körper getroffen als Erwachsene (► Abb. 2.38 a). Der 1. Aufprall findet normalerweise statt, wenn die Stoßstange die Beine (oberhalb des Knie) oder das Becken des Kindes trifft. Dies führt zu Verletzungen des Femur oder des Beckengürtels. Beim unmittelbar folgenden 2. Aufprall stößt der Brustkorb des Kindes gegen die Motorhaube. Dann schlagen der Kopf und das Gesicht auf die Motorhaube (► Abb. 2.38 b). Wegen der geringeren Größe und des geringeren Gewichts des Kindes wird es möglicherweise nicht wie ein Erwachsener vom Fahrzeug weggeschleudert, sondern unter die Vorderseite des Fahrzeugs gedrückt und mitgeschleift (► Abb. 2.38 c).

Fällt das Kind zur Seite, werden die unteren Extremitäten möglicherweise von einem Vorderrad überrollt. Fällt es nach hinten und gerät vollständig unter das Auto, kann fast jede Verletzung entstehen. Bleibt der Fuß während des Aufpralls auf dem Boden, wird der Energieaustausch am Oberschenkel, der Hüfte und dem Abdomen stattfinden. Dies treibt Hüfte und Bauch weg vom Aufprall. Der Oberkörper wird wie die Füße am Boden spä-



2

Abb. 2.34 Um das Einklemmen zwischen dem Fahrzeug und dem eigenen Motorrad zu verhindern, legt der Biker sein Motorrad hin, um Verletzungen zu minimieren. Während der Abbremsung auf dem Asphalt erleidet er oft Abschürfungen.



Abb. 2.35 Schürfwunden nach einem Motorradunfall ohne Schutzkleidung (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)

ter folgen. Die starke Beugung während des Aufpralls kann zu Frakturen des Beckens, der Wirbelsäule und des Femurs führen.

Um das Ganze noch zu verkomplizieren, wird sich das Kind aus Neugier eher dem an kommenden Fahrzeug zuwenden und sich deshalb häufiger an der Körpervorderseite und im Gesicht verletzen, während ein Erwachsener eher versuchen wird auszuweichen und daher meist im Rücken oder seitlich getroffen wird.

Erwachsene werden normalerweise zuerst von der Stoßstange am Unterschenkel getroffen. Hierbei kommt es zu Frakturen von Tibia und Fibula, die unter dem Becken und Rumpf hervorgesleudert werden. Wenn sich das Opfer nach vorne neigt, werden proximales Femur und Becken von der Motorhaube getroffen. Wenn nun Thorax und Abdomen nach vorne fallen, werden sie ebenfalls von der Motorhaube oder der Windschutzscheibe getroffen. Dieser 2. Aufprall kann zu Frakturen des proximalen Femur, des Beckens, der Rippen und der Wirbelsäule führen und schwere intraabdo-

minelle und intrathorakale Verletzungen verursachen. Falls der Kopf des Opfers gegen die Motorhaube schlägt oder entlang der Motorhaube hochrutscht und gegen die Windschutzscheibe schlägt, können Verletzungen des Kopfes und der Halswirbelsäule entstehen. Handelt es sich bei dem Fahrzeug um einen Gelände- oder Lastwagen mit einer großen Front, wird der gesamte potenzielle Patient simultan getroffen.

2

Beim 3. Aufschlag fällt der erwachsene Fußgänger vom Fahrzeug und trifft auf den Boden. Das Opfer kann einen erheblichen Schlag auf eine Seite des Körpers erhalten, was Becken-, Schulter- und Kopfverletzungen nach sich ziehen kann. Kopfverletzungen treten häufig auf, wenn das Opfer gegen das Fahrzeug oder den Boden schlägt. Da alle drei Aufschläge eine plötzliche und heftige Bewegung des Rumpfes, des Nackens und des Kopfes darstellen, muss immer von einer instabilen



Abb. 2.36

a: Phase 1 – Wird ein Fußgänger von einem Fahrzeug erfasst, erfolgt der 1. Kontakt im Bereich der Beine oder der Hüften.

b: Phase 2 – Der Rumpf des Fußgängers rollt anschließend über die Motorhaube des Fahrzeugs.

c: Phase 3 – Danach stürzt der Fußgänger vom Fahrzeug auf den Boden.

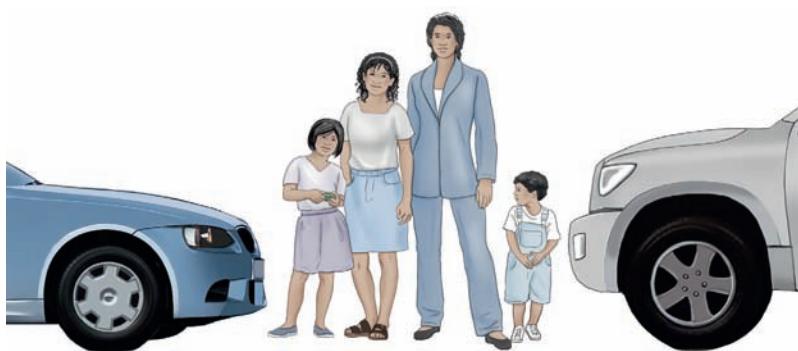


Abb. 2.37 Die Verletzungen, welche aus einem Zusammenstoß zwischen Fahrzeugen und Fußgänger resultieren, hängen von der Größe sowohl des Opfers als auch der des Fahrzeugs ab.

Wirbelsäule ausgegangen werden. Nach dem Sturz kann das Opfer von einem entgegenkommenden oder nachfolgenden Fahrzeug erfasst werden.

Wie die Erwachsenen können auch Kinder, die von einem Fahrzeug angefahren werden, eine Kopfverletzung erleiden. Wegen der plötzlichen und heftigen Krafteinwirkung auf Kopf, Nacken und Rumpf stehen Verletzungen der Halswirbelsäule ganz oben auf der Liste der möglichen Verletzungen.

Die Kenntnis der Abläufe mehrerer Aufschläge bei Unfällen zwischen Fußgängern und Fahrzeugen gegenüber der Kollision von mehreren Fahrzeugen und das Verstehen der zugrunde liegenden Verletzungen sind entscheidend in der ersten Abschätzung und Festlegung der Therapie.

2.2.5 Stürze

Opfer von Stürzen können ebenfalls Verletzungen durch multiple Aufschläge erleiden. Eine Abschätzung der Sturzhöhe, die Oberfläche, auf die der Patient traf, und die Klärung, welcher Teil des Körpers zuerst aufschlug, sind Bestandteile der kinetischen Beurteilung des Sturzes. Opfer, die aus großen Höhen stürzen, haben eine größere Verletzungswahrscheinlichkeit, da ihre Geschwindigkeit mit zunehmender Höhe steigt. Stürze aus 3-facher Körperhöhe sind oftmals schwer. Die Art der Oberfläche, auf der das Opfer landete, speziell ihre Komprimierbarkeit, hat ebenfalls eine Auswirkung auf die Abbremsstrecke.

Die Art von Stürzen, bei denen das Opfer mit den Füßen voraus aufgeschlägt, werden als Don-Juan-Syndrom bezeichnet. Aber nur in Filmen kann Don Juan von einem Balkon springen, auf seinen Füßen landen und ohne Schmerzen davonlaufen. Im richtigen Leben kommt es in Verbindung mit diesem Syndrom oftmals zu bilateralen Frakturen des Kalkaneus (Fersenbeins), der Fußgelenke und der distalen Tibia oder Fibula. Nachdem die Füße auf dem Boden aufgeschlagen sind, sind die Beine die nächsten Teile des Körpers, welche die Energie absorbieren. Kniestrukturen, Frakturen der langen Röhrenknochen und Hüfffrakturen sind häufig das Resultat. Der Körper wird durch das Gewicht des Kopfes und des Rumpfes, die sich noch immer bewegen, komprimiert und dies kann zu Kompressionsfrakturen in allen Bereichen der Wirbelsäule führen. Hyperflexion kann in jedem konkaven Abschnitt der S-förmigen Wirbelsäule entstehen. Dies führt zu Kompressionsverletzungen in den konkaven und Distraktionsverletzungen in den konvexen Abschnitten der Wirbelsäule.

Fällt ein Opfer vorwärts auf die ausgestreckten Hände, so resultieren oft beidseitige Colles-Frakturen der Handgelenke. Ist das Opfer nicht auf seinen Füßen gelandet, so wird der First Responder zunächst die Körperregion untersuchen, mit der das Opfer zuerst aufgeschlagen ist. Dann wird er einschätzen, welchen Weg die Energie genommen hat, und das Verletzungsmuster bestimmen.

Fällt das Opfer in einer geraden Linie auf den Kopf, wie es oft bei Verletzungen im flachen Wasser passiert, so komprimiert das gesamte Gewicht von Rumpf, Becken und den Beinen den Kopf und die Halswirbelsäule. Daraus kann eine Fraktur der Halswirbelsäule resultieren, vergleichbar mit der Bewegung über das Lenkrad bei einem Frontalaufprall.

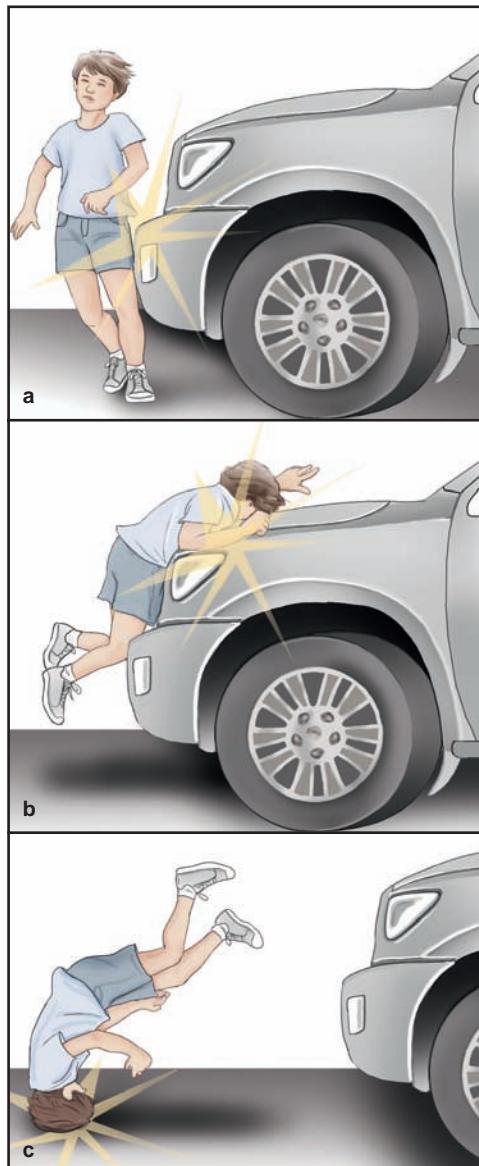


Abb. 2.38

a: Der 1. Anprall eines Kindes geschieht, wenn das Fahrzeug die Oberschenkel oder das Becken des Kindes trifft.

b: Beim 2. Kontakt schlägt der Kopf oder das Gesicht des Kindes auf die Frontpartie bzw. die Motorhaube des Fahrzeugs.

c: Unter Umständen wird das Kind nicht vom Fahrzeug weggeschleudert, sondern gerät darunter und wird überrollt.

2.2.6 Sportverletzungen

Schwere Verletzungen können bei vielen Sport- und Freizeitaktivitäten wie Skilaufen, Tauchen, Baseball und Fußball entstehen. Diese Verletzungen werden durch plötzliche Abbremsungen, exzessive Kompression, Verdrehen, Hyperextension oder Hyperflexion verursacht. Viele verschiedene Freizeitaktivitäten werden von Gelegenheits- und Freizeitsportlern betrieben, denen oft das nötige Training, die Kondition oder die richtige Ausrüstung fehlen. Freizeitsport betrifft Personen aller Altersgruppen. Sportarten wie Skifahren, Wasserskilaufen, Radfahren und Skateboarding sind Hochgeschwindigkeitssportarten. Andere Sportarten, wie Motocross, Trail-Biking und Schneemobilfahren, können Abbremsstraumata, Kollisionen und Aufpralle verursachen, die denen von Motorrad- oder Autounfällen ähneln.

Die möglichen Schäden von Sportlern bei einem Hochgeschwindigkeitsunfall, welche dann vom Skateboard, Schneemobil oder Fahrrad stürzen, entsprechen jenen von Personen, die bei einem Verkehrsunfall nicht angeschnallt waren und bei gleicher Geschwindigkeit herausgeschleudert wurden, weil der Betrag der Energie derselbe ist. Die spezifischen Mechanismen von Motorrad- und Autounfällen wurden weiter oben schon dargestellt.

Die spezifischen Unfall- oder Verletzungsmechanismen der verschiedenen Sportarten sind zu zahlreich, um sie hier aufzulisten. Die allgemeinen Prinzipien entsprechen aber denen von Fahrzeugunfällen. Während der First Responder oder Rettungsdienstmitarbeiter die Verletzungsmechanismen untersucht, stellt er sich folgende Fragen:

- Welche Kräfte wirkten wie auf das Opfer?
- Was sind die offensichtlichen Verletzungen?
- Auf welchen Gegenstand oder Teil des Körpers wurde die Energie übertragen?
- Welche anderen Verletzungen könnten durch diese Art des Energietransfers entstanden sein?
- Wurde Schutzkleidung getragen?
- Kam es zu plötzlicher Kompression, Ent- oder Beschleunigung?
- Welche traumatisierenden Bewegungen sind zu verzeichnen (z. B. Hyperextension, Hyperflexion oder seitliche Biegung)?

Beinhaltet der Unfallmechanismus eine Kollision bei hoher Geschwindigkeit, z. B. die Kollision zweier Skifahrer, so ist die Befragung von Zeugen zur Festlegung der genauen Abfolge oftmals schwierig. Bei solchen Unfällen leiten die Verletzungen des einen Skifahrers oftmals den Weg zur Untersuchung des zweiten Skifahrers. Ganz allgemein ist wichtig zu wissen, welcher Teil was getroffen hat und welche Verletzung aus der Energieübertragung resultiert. Hat z. B. einer der beiden Skifahrer durch die Kollision mit dem anderen Skifahrer eine Fraktur seiner Hüfte erlitten, muss auf den anderen Skifahrer eine ähnlich große Energie eingewirkt haben und demzufolge eine vergleichbare Impressionsverletzung vorliegen. Prallte der Kopf des zweiten Skifahrers auf die Hüfte des ersten, so sind

schwerwiegende Kopfverletzungen und eine instabile Halswirbelsäule zu erwarten.

Beschädigte oder zerstörte Ausrüstung ist ebenso ein wichtiger Indikator für Verletzungen und muss in die Beurteilung des Verletzungsmechanismus aufgenommen werden. Ein zerbrochener Helm ist der Beweis, dass eine große Energie auf ihn eingewirkt hat. Da Skier aus sehr stabilen Materialien bestehen, zeigt ein zerbrochener Ski eine extrem hohe Krafteinwirkung an, auch wenn der Unfallvorgang wenig eindrucksvoll ist. Ein Schneemobil mit einer stark verformten Front kann die Energie anzeigen, mit der es gegen einen Baum gefahren wurde. Bei der Anwesenheit eines gebrochenen Hockeyschlägers stellen sich die Fragen, auf wessen Körper er auf welche Weise zerschlagen wurde und welche Region er traf.

Opfer von schweren Unfällen, die angeben, keine ernsthafte Verletzungen davongetragen zu haben, müssen so eingeschätzt werden, als ob schwere Verletzungen vorhanden wären. Folgende Schritte werden durchgeführt:

1. Untersuchen Sie den Patienten auf lebensbedrohliche Verletzungen.
2. Untersuchen Sie den Patienten auf Unfallmechanismen. (Was passierte und wie genau passierte es?)
3. Ermitteln Sie, wie die Kräfte, die eine Person verletzt haben, sich auf eine andere Person ausgewirkt haben.
4. Ermitteln Sie, ob Schutzkleidung getragen wurde (vielleicht wurde sie schon entfernt).
5. Beurteilen Sie Schäden an der Ausrüstung. (Können daraus Rückschlüsse auf mögliche Verletzungen des Patienten gezogen werden?)
6. Untersuchen Sie den Patienten auf begleitende Verletzungen. Stürze bei hoher Geschwindigkeit, Kollisionen und Stürze aus großer Höhe ohne schwere Verletzungen sind bei vielen Kontaktssportarten nicht unüblich. Manchmal ist es unverständlich, wie Athleten solche Kollisionen und Stürze ohne schwere Verletzungen überstehen. Meist ist dies jedoch ein Verdienst der guten energieabsorbierenden Schutzkleidung. Dies kann aber auch dazu führen, dass die Möglichkeit von Verletzungen hier schnell übersehen wird. Die Prinzipien der Kinematik und die Berücksichtigung der exakten Abfolge und Mechanismen der Schädigung können hier helfen, Einblicke in Sportarten zu bekommen, in denen größere Kräfte als gewöhnlich zum Tragen kommen. Die Kinematik ist ein wichtiges Werkzeug, um versteckte Verletzungen zu identifizieren und die Patienten herauszufiltern, die man sich genauer ansehen muss.

2.2.7 Regionale Auswirkungen des stumpfen Traumas

Der Körper kann in unterschiedliche Regionen unterteilt werden: Kopf, Hals, Thorax, Abdomen, Becken und die Extremitäten. Jede dieser Regionen wird in einen äußeren Teil (Haut, Knochen, Weichteile, Gefäße und Nerven) und einen inneren Teil (normalerweise die inneren Organe) unterteilt. Die Verlet-



Abb. 2.39 Eine spinnwebartige Berstung der Windschutzscheibe ist das Hauptindiz für einen Aufprall des Schädel und somit eine Energieübertragung sowohl auf den Schädel als auch die Halswirbelsäule.

zungen, die in jeder dieser Regionen durch Scherkräfte, Kavitation und Kompression entstehen können, werden nachfolgend genauer betrachtet.

Kopf

Die einzigen Anzeichen für Kompressions- oder Scherverletzungen können Weichteilschäden an der Kopfhaut, eine Prelung der Kopfhaut oder eine gerissene Windschutzscheibe sein (**> Abb. 2.39**).

Kompression

Bewegt sich der Körper mit dem Kopf voran, wie bei einem Frontalaufprall oder einem Kopfüber-Fall, so ist der Kopf die erste Struktur, die aufschlägt und auf welche die Energie übertragen wird. Die Bewegungsenergie des Rumpfes komprimiert dann den Kopf. Der initiale Energieaustausch findet im Bereich der Kopfhaut und des Schädeldachs statt. Das Schädeldach kann komprimiert werden und brechen; dabei können Knochenfragmente in das Gehirn eindringen (**> Abb. 2.40**).

Scherverletzungen

Nachdem der Kopf seine Vorwärtsbewegung beendet hat, bewegt sich das Gehirn noch weiter nach vorne gegen die intakte oder gebrochene innere Schädeldecke. Dies führt zu Gehirnerschütterung, Prellungen oder Risswunden. Das Gehirn ist weich und komprimierbar, aus diesem Grund wird es gestaucht. Der hintere Teil des Gehirns bewegt sich weiter nach vorne und von der Schädeldecke des Hinterkopfes weg. Daher entfernt sich das Gehirn von der Schädeldecke und verursacht in diesem Bereich Dehnungen oder Zerreißungen von Gefäßen (**> Abb. 2.41**). Dabei können Blutungen im Epidural-, Subdural- und Subarachnoidalraum entstehen. Vergleichbare Relativbewegungen des Gehirns weg vom Rückenmark erfolgen am ehesten im Bereich des Hirnstamms.

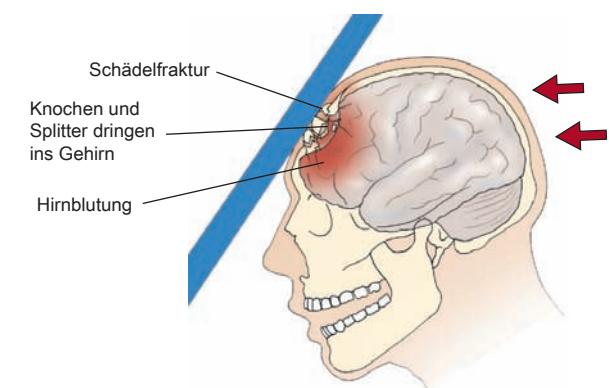


Abb. 2.40 Prallt der Schädel gegen ein Objekt, können Knochensplitter in das Hirngewebe eindringen.

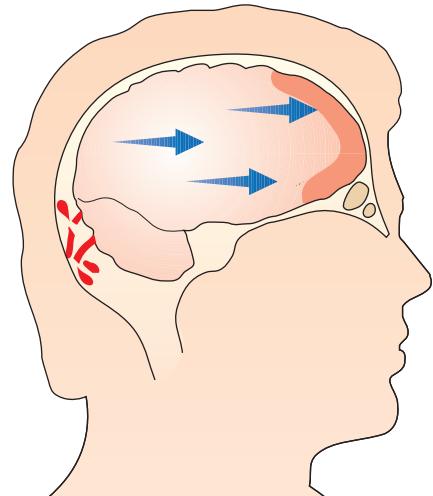


Abb. 2.41 Wenn der Schädel die Vorwärtsbewegung stoppt, setzt das Gehirn seine Bewegung fort. Der Teil des Gehirns in der Nähe des Kollisionspunkts wird komprimiert, gequetscht und evtl. zerrissen. Der gegenüberliegende Teil wird von der inneren Schädelwand weggerissen. Zerreißungen und Zerstörungen der dortigen Blutgefäße sind die Folge.

Hals

Kompression

Die Schädelkalotte ist recht stark und kann den Aufschlag einer Kollision absorbieren, die Halswirbelsäule ist jedoch viel flexibler. Der weiter bestehende Druck vom Schwung des Rumpfes gegen den fixierten Schädel erzeugt Beugung und Kompression (**> Abb. 2.42**). Hyperextension (Überstreckung) oder Hyperflexion (Überbeugung) des Nackens resultieren oft in Bruch oder Dislokation von einem oder mehreren Wirbelkörpern und Verletzungen des Rückenmarks. Das Resultat können dislozierte Bandscheiben, potenzielle Frakturen, Kompression des Spinalstrangs und instabile Halswirbelfrakturen sein (**> Abb. 2.43**).



Abb. 2.42 Der Schädel stoppt seine Vorwärtsbewegung, der Rumpf jedoch noch nicht. Während das Gehirn im Schädel komprimiert wird, bewegt sich der Rumpf weiterhin nach vorne, bis seine Energie absorbiert wird. Die Schwachstelle bei dieser Vorwärtsbewegung ist die Halswirbelsäule.

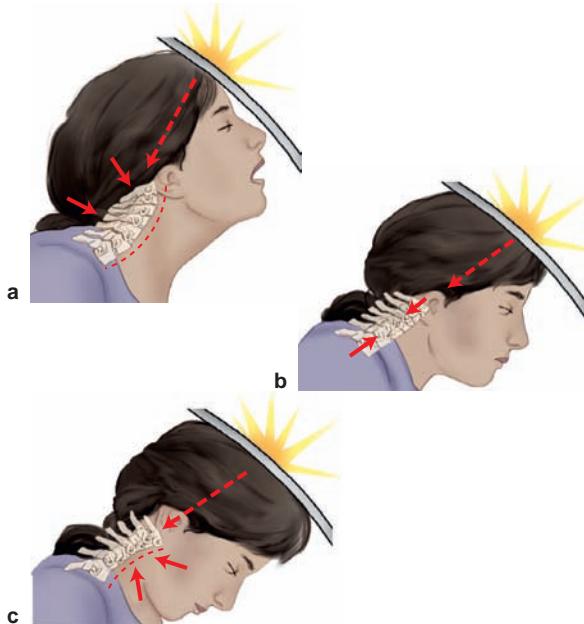


Abb. 2.43 Die Wirbelsäule kann in Längsrichtung (axial) oder abgewinkelt im Sinne einer Hyperextension oder einer Hyperflexion gestaucht werden.

Direkte axiale Kompression quetscht die Wirbelkörper. So-wohl Biegung als auch axiale Kompression können zu einer instabilen Wirbelsäule führen.

Scherverletzungen

Der Schwerpunkt des Schädels liegt weiter vorne und höher als der Punkt, an dem der Schädel an der Wirbelsäule fixiert ist. Aus diesem Grund wird bei einem seitlichen Aufprall auf den Rumpf der Nacken seitlich überdehnt und gedreht (**> Abb. 2.24**). Extreme Dehnung und Überstreckung kann zu Dehnungsverletzungen der Halsweichteile führen.

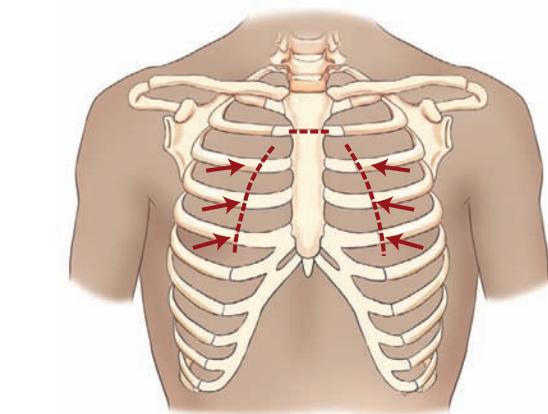
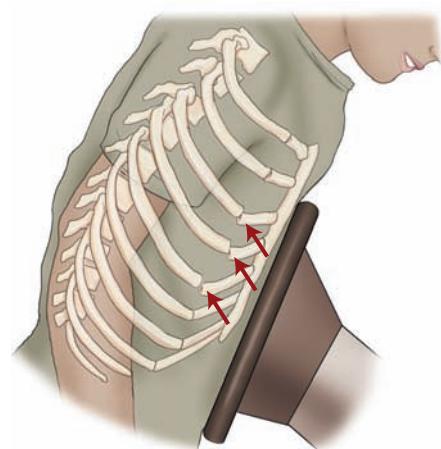


Abb. 2.44 Kommt es durch äußere Gewalteinwirkung auf den Thorax zu einer Höhlenbildung der Rippen, führt dies oft zu multiplen Frakturen, die das klinische Bild des instabilen Thorax hervorbringen.

Thorax

Kompression

Wenn der Aufprall bei der Kollision auf den vorderen Teil der Brust konzentriert ist, so wird das Sternum (Brustbein) den initialen Energieaustausch aufnehmen. Ist das Sternum gestoppt, so werden sich die hintere Thoraxwand und die Organe in der Brusthöhle weiter nach vorne bewegen, bis sie an die vordere Brustwand gepresst werden.

Die weitere Vorwärtsbewegung der hinteren Thoraxwand wird die Rippen so lange biegen, bis ihre Dehnbarkeit überschritten ist und sie brechen. Rippenfrakturen und ein instabiler Thorax können die Folge sein (**> Abb. 2.44**). Dies ist ähnlich einem Fahrzeug, das in die Böschung fährt (**> Abb. 2.3**). Der Rahmen des Fahrzeugs verbiegt sich, was einen Teil der Energie absorbiert. Das Heck des Fahrzeugs bewegt sich weiter nach vorne, bis der Rahmen alle Energie umgewandelt hat. In derselben Art und Weise bewegt sich die hintere Thoraxwand nach vorne, bis die Rippen die Energie umgewandelt haben.

Eine Kompression der Brustwand kommt bei frontalen und seitlichen Aufprallsituationen häufig vor und erzeugt den soge-

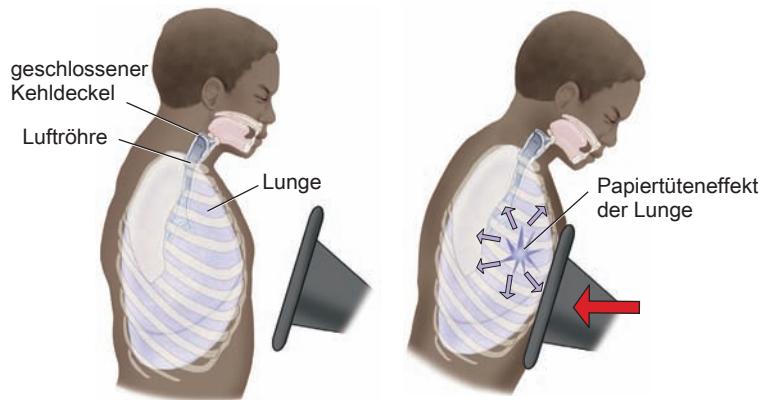


Abb. 2.45 Die durch einen Anprall der vorderen oder seitlichen Thoraxwand ausgelöste Kompression der Lungen gegen eine verschlossene Glottis verursacht einen Effekt, der zu beobachten ist, wenn man eine aufgeblasene und anschließend verschlossene Papiertüte schlagartig komprimiert. Genauso zerreißen die Lungen.

nennten Papiertüten-Effekt, der zu einem Pneumothorax führen kann. Ein Opfer hält kurz vor einem Aufprall instinktiv die Luft an. Dies führt zu einem Glottisschluss, der die Luftwege verschließt. Bei einem Aufprall mit signifikant hohem Energieaustausch wird der Thorax derart komprimiert, dass die Lungen wie eine Papiertüte platzen können (**> Abb. 2.45**). Auch Lungenprellungen oder -kontusionen sind möglich, welche die Atmung beeinträchtigen.

Kontusionen (Prellungen) der Organe im Brustkorb können auch das Herz betreffen. Herzkontusionen entstehen, wenn das Herz zwischen Sternum und Wirbelsäule eingeklemmt wird. Dies kann zu Herzrhythmusstörungen führen. Eine häufiger entstehende Verletzung ist die Kompression (Quetschungen) der Lungen mit deren Kontusion. Obwohl sich die klinischen Konsequenzen vielleicht erst über einen gewissen Zeitraum entwickeln, wird eine sofortige Einschränkung der regelrechten Ventilation sichtbar. Eine Lungenkontusion kann sowohl für die Prälklinik als auch für die Situation in der Notaufnahme Konsequenzen haben.¹⁶ In den Situationen, in denen sich längere Transportzeiten ergeben, können diese Umstände eine Rolle während des Transports spielen.

Scherverletzungen

Herz, aufsteigende Aorta und Aortenbogen liegen relativ unfixiert im Brustkorb. Die absteigende Aorta ist fest mit der hinteren Thoraxwand und der Wirbelsäule verbunden. Die Bewegung ähnelt der eines Stethoskops, wenn man den starren und dem Ohr zugewandten Teil mit der eigenen Hand fixiert und die Membran am flexiblen Schlauch schwingen lässt. Stoppt nun der knöcherne Rahmen des Brustkorbs abrupt bei einer Kollision, so bewegen sich das Herz und der proximale Teil der Aorta weiter nach vorne. Die entstehenden Scherkräfte können die Aorta am Übergang vom freien zum fixierten Anteil abreißen (**> Abb. 2.14**).

Aus einem Riss in der Aorta kann ein vollständiger Abriss und demzufolge eine schnelle Blutleere entstehen. Häufiger reißt die Wand der Aorta nur inkomplett und eine oder mehrere Gewebeschichten bleiben intakt. Die verbleibenden Schichten stehen jedoch unter großem Druck und oft entwickelt sich ein traumatisches Aneurysma (Aussackung), ähnlich einer Bla-

se, die sich an einem ausgedünnten Abschnitt eines Reifens bilden kann. Das Aneurysma wird möglicherweise innerhalb von Minuten, Stunden oder auch erst nach einigen Tagen platzen. Etwa 80 % der Patienten sterben an der Unfallstelle während des Aufpralls. Von den übrigen 20 % stirbt ein Drittel innerhalb von 6 Stunden; ein Drittel wird innerhalb von 24 Stunden sterben und ein Drittel wird drei Tage oder länger überleben. Es ist wichtig, dass sich First Responder der Möglichkeit solch einer Verletzung bewusst sind und entsprechende Informationen an das Rettungsdienstpersonal weitergeben.

Abdomen

Kompression

Innere Organe können rupturieren, wenn sie von der Wirbelsäule gegen das Lenkrad oder das Armaturenbrett gepresst werden. Die Auswirkungen sind etwa dieselben, als würde man das Organ auf einen Amboss legen und mit einem Hammer drauf schlagen. In dieser Art werden häufig Pankreas, Milz, Leber und Nieren geschädigt.

Verletzungen können auch durch den erhöhten Druck in der Bauchhöhle entstehen. Das Zwerchfell ist ein 5 mm dicker Muskel, der quer durch das Abdomen gespannt ist und den Brustkorb von der Bauchhöhle trennt. Seine Kontraktion verursacht eine Vergrößerung der Brusthöhle zur Atmung. Die vordere Bauchwand besteht aus zwei Lagen Faszien und einem starken Muskel. Drei seitliche Muskelgruppen mit dazugehörigen Faszien, die lumbale Wirbelsäule und ihre zugehörigen Muskeln geben der hinteren Bauchwand Stärke. Das Zwerchfell ist die schwächste dieser die Bauchhöhle umgebenden Strukturen. Es kann bei Erhöhung des intraabdominellen Drucks rupturieren (**> Abb. 2.46**). Diese Verletzung hat vier Folgen:

- Die „Blasebalg-Funktion“ des Zwerchfells geht normalerweise verloren und die Atmung ist behindert.
- Bauchorgane können in die Thoraxhöhle eintreten und so den Raum für die Lungenentfaltung reduzieren (Enterothorax).

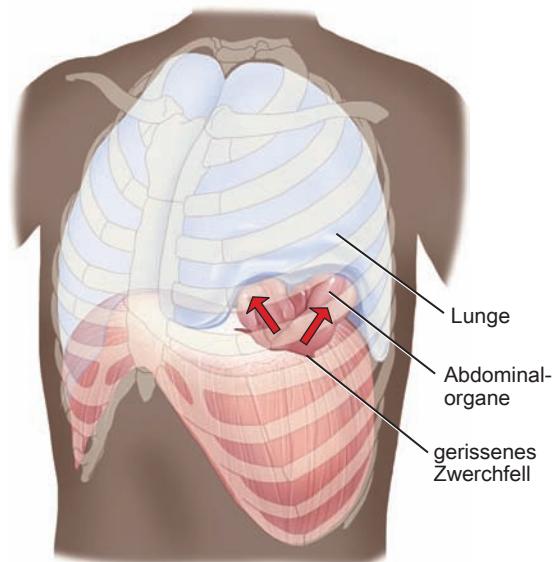


Abb. 2.46 Mit zunehmender intraabdomineller Druckerhöhung kann das Zwerchfell einreißen.

- Die verlagerten Organe können durch Abschnürung der Blutzufuhr ischämisch werden.
- Falls intraabdominelle Blutungen vorliegen, können diese dann zu einem Hämatothorax führen.

Scherverletzungen

Verletzungen der abdominellen Organe entstehen an ihren Befestigungspunkten am Mesenterium. Bei einer Kollision stoppt die Vorrätsbewegung des Körpers, die Organe aber bewegen sich weiter nach vorne. Dies führt zu Einrissen an den Befestigungspunkten der Organe an der Bauchwand. Ist das Organ über eine Gewebebrücke fixiert, so kann der Einriss an der Stelle entstehen, wo das Organ an der Bauchwand fixiert ist (► Abb. 2.13). Organe, die auf diese Weise verletzt werden können, sind die Nieren, der Dünndarm, der Dickdarm und die Milz.

Eine weitere Art der Verletzung, die häufig bei extremen Abbremsungen auftritt, ist die Zerreißung der Leber durch ihren Anprall auf das Ligamentum teres hepatis. Die Leber ist am Zwerchfell aufgehängt, jedoch nur minimal an der hinteren Bauchwand in der Nähe der Lendenwirbelsäule befestigt. Das Ligamentum teres hepatis verbindet den linken Leberlappen mit der vorderen Bauchwand in der Nähe des Bauchnabels. Kommt es nun bei einem Aufprall oder einem Sturz, der auf den Füßen landet, zu einer Abwärtsbewegung der Leber gegen das an der Bauchwand fixierte Ligamentum teres, so schneidet dieses durch die Leber, ähnlich wie ein Käsemesser durch den Käse (► Abb. 2.47).

Beckenfrakturen sind das Resultat von Verletzungen des äußeren Abdomens und können zu Läsionen der Harnblase oder von Blutgefäßen im Bereich des Beckens führen. Etwa 10 % der Patienten mit einer Beckenfraktur weisen auch Verletzungen des Urogenitalbereichs auf.

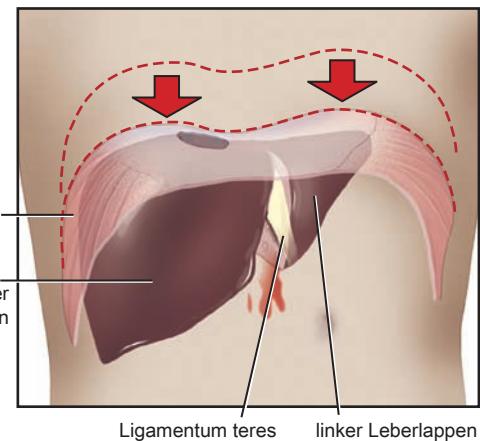


Abb. 2.47 Die Leber wird nicht durch feste Strukturen umgrenzt und gestützt. Ihre Hauptstützstruktur ist das frei bewegliche Diaphragma. Befindet sich der Körper in einer Abwärtsbewegung (unter das Lenkrad), so gilt das auch für die Leber. Stoppt der Rumpf die Abwärtsbewegung, bewegt sich die Leber weiter gegen das Ligamentum teres hepatis, das sie zerschneidet. Der Vorgang ist vergleichbar mit einem Draht, der durch einen Käseblock schneidet.

Beckenfrakturen, die durch eine laterale Kompression, meist nach Seitenanprall zustande kommen, weisen zwei Komponenten auf. Eine besteht aus der Kompression des proximalen Femurs gegen das Becken, was wiederum zum Eindringen des Femurkopfes durch das Azetabulum führt. Dieses hat meist ausstrahlende Frakturen des gesamten Gelenkes zur Folge. Außerdem verursachen die Kompressionen des Femurs oder der seitlichen Beckenwände Kompressionsfrakturen der Beckenknochen oder des Beckenrings. Weil ein Ring generell nicht nur an einer Seite brechen kann, heißt das in der Regel zwei Frakturen, obgleich einige dieser Frakturen auch das Azetabulum involvieren.

Scherfrakturen schließen gewöhnlich auch Schädigungen des Darmbeines und des Sakralbereiches mit ein. Die Scherkräfte ziehen das Gelenk auseinander. Weil die Gelenke in einem Ring, so wie beim Becken, immer an zwei Stellen frakturieren, erzeugt eine Fraktur auch immer eine zweite entlang des Beckenrings.

Der andere Typ einer Kompressionsfraktur erscheint, wenn die Kompressionskräfte direkt über der Symphyse wirken. Dieses führt entweder zu einem Bruch der Symphyse und die beiden Seiten driften auseinander oder die Fuge bricht seitlich und schiebt sich nach hinten zum Sakralgelenk. Dies öffnet das Gelenk und erzeugt das sogenannte „Open book“.

2.3 Penetrierendes Trauma

2.3.1 Physikalische Grundlage penetrierender Traumata

Die bereits besprochenen Grundlagen der Physik sind auch bei der Behandlung penetrierender Verletzungen wichtig.

Energie kann weder neu entstehen noch vernichtet werden, aber sie kann in eine andere Form umgewandelt werden. Dies ist wichtig zu wissen, will man penetrierende Verletzungen verstehen.

hen. Zum Beispiel hat eine Kugel im Lauf einer Pistole keine Bewegungsenergie, obwohl die Patrone mit Pulver gefüllt ist. Zündet jedoch der Anzündsatz und wird dadurch das Treibladungspulver entzündet, breiten sich Gase aus, die in Rückstoßkräfte umgewandelt werden. Die Kugel verlässt den Lauf und bewegt sich mit hoher Geschwindigkeit auf ihr Ziel zu. Gemäß dem ersten Gesetz von Newton wird ein ballistisches Geschoss seine Geschwindigkeit beibehalten, bis es von einer anderen Kraft abgebremst wird. Im menschlichen Körper trifft es auf einzelne Gewebezellen. Die von Geschwindigkeit und Masse des Projektils abhängige kinetische oder Bewegungsenergie wandelt sich in Verformungs- und Wärmeenergie um, die diese Zellen zerstört und unter Hohlraumbildung aus dem Weg räumt.

Einflussfaktoren auf die Größe der Frontfläche

Je größer die Frontfläche des Projektils, desto größer ist die Anzahl der getroffenen Partikel, desto größer ist die übertragene Energie und die sich bildende Höhle. Die Frontfläche eines Projektils wird von drei Faktoren beeinflusst: der Form, dem Tauemeln des Projektils und seiner Zersplitterung. Der potenzielle Energieaustausch kann, basierend auf diesen Faktoren, analysiert werden.

Form

Die Form des Projektils beschreibt seine ursprüngliche Größe und seine Größe zum Zeitpunkt des Einschlags. Die Form bzw. Frontfläche eines Eispickels ist viel kleiner als die eines Baseballschlägers, die wiederum kleiner ist als die Frontfläche eines Lastwagens. Ein Hohlspitzgeschoß verflacht und spreizt sich beim Auftreffen ($>$ Kasten 2.3). Diese Änderung vergrößert die Frontfläche, sodass mehr Partikel getroffen werden und somit mehr Energie ausgetauscht wird. Eine größere Höhle entsteht, und es kommt zu schwereren Verletzungen.

2.3 Ausdehnungsgeschosse

Eine Munitionsfabrik im indischen Ort Dum Dum stellte ein expandierendes Projektil her, das sich beim Auftreffen auf die Haut ausdehnt. Ballistik-Experten erkannten, dass solche Geschosse mehr Schaden verursachen als für kriegerische Auseinandersetzungen notwendig; daher wurden sie in militärischen Konflikten verboten. Die Deklaration von St. Petersburg (1899) bestätigte diese Prinzipien, indem es „Dum-Dum-Projektile“ und andere Ausdehnungsgeschosse verurteilte.

Ein abgeschossenes Projektil prallt auf seinem Flug gegen umso weniger Luftpunkte und behält seine Bewegungsenergie umso länger, je kleiner seine Frontfläche und je stromlinienförmiger seine konische Form ist. Trifft dieses Projektil auf die Haut und wird dabei verformt, vergrößert sich die Eintrittsfläche und ein größerer Energieaustausch wird stattfinden, als wenn es seine Form nicht verändert. Folglich behält das ideale Projektil seine Form, solange es in der Luft ist, und verformt sich erst beim Auftreffen.

Taumeln

Taumeln beschreibt die permanente Drehbewegung des Geschosses, die zu einer andauernden Änderung des Winkels im Vergleich zur Geschossbahn führt. Der Schwerpunkt eines keilförmigen Geschosses liegt näher an seiner Basis als an der Spitze. Wenn die Projektilspitze auf Gewebe trifft, wird sie rapide abgebremst. Der Impuls des Geschosses treibt es weiter voran, während ihr Schwerpunkt versucht, die Führung zu übernehmen. Dies führt zu einer Taumelbewegung. Wenn das Projektil taumelt, werden viel mehr Partikel getroffen, als wenn es stabil mit der Spitze voran fliegen würde ($>$ Abb. 2.48). Es kommt zu einem stärkeren Energieaustausch und damit zu schwereren Gewebeschäden.

Fragmentierung

Fragmentierung bedeutet, dass ein Objekt in Teile zerfällt und damit einen höheren Betrag an Energieaustausch entwickelt, wenn es in den Körper eindringt. Es gibt zwei unterschiedliche Typen von fragmentierenden Schüssen: 1. Fragmentierung

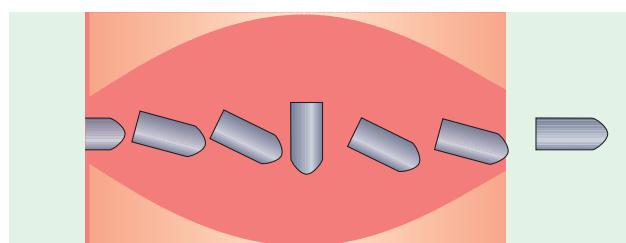


Abb. 2.48 Taumelnde Bewegung eines Geschosses. Bei einem Winkel von 90° zur Flugbahn ist seine Zerstörungskraft maximal.

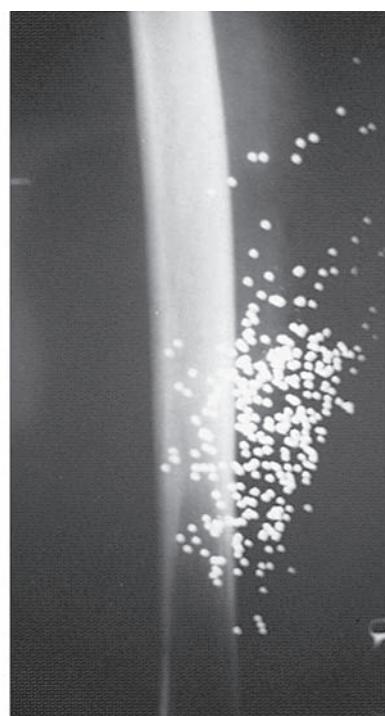


Abb. 2.49 Maximale Fragmentierungsschädigung durch einen Schrotschuss.

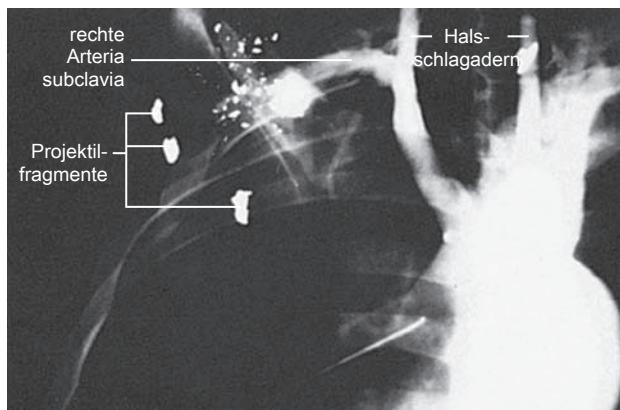


Abb. 2.50 Zerschellt das Projektil in mehrere kleine Partikel, vergrößern sich die Aufprallfläche und die Zerstörungsergie. (Aus: McSwain NE Jr: Pulmonary chest trauma. In: Moylan JA, Hrsg.: *Principles of trauma*, New York, 1992, Gower)

des Geschosses nach dem Verlassen des Laufs (z. B. Schrotflinte) (► Abb. 2.49) und 2. Fragmentierung nach Kontakt mit dem Körper. Dabei kann es sich um eine aktive oder passive Fragmentierung handeln. Aktive Fragmentierung liegt vor, wenn das Geschoss einen explosiven Inhalt aufweist, der in der Haut zündet. Projektil mit weichen Spitzen oder senkrechten Einkerbungen an der Spitze oder Sicherheitsmunition, die viele kleine Fragmente enthält, vergrößern die Schädigung des Körpers, da sie beim Eintritt auseinanderbrechen und sind Beispiele für passive Fragmentierung. Die daraus entstehenden Fragmente ergeben eine größere Frontfläche als ein einzelnes massives Projektil und die Energie wird schnell auf große Gewebeteile verteilt. Zerschellt das Geschoss, wird es sich über eine größere Fläche verteilen. Dies führt zu zweierlei: Durch die größere Frontfläche werden erstens mehr Gewebepartikel getroffen. Zweitens werden die Verletzungen über einen größeren Teil des Körpers verteilt und mehr Organe sind betroffen (► Abb. 2.50). Die vielen Teilchen eines Schusses aus einer Schrotflinte haben einen ähnlichen Effekt.

2.3.2 Schaden und Energieklassen

Der Schaden durch penetrierende Verletzungen lässt sich abschätzen, indem die penetrierenden Objekte entsprechend ihrer Energie in drei Klassen eingeteilt werden: Niedrig-, Mittel- und Hochenergiewaffen.

Niedrigenergiewaffen

Zu ihnen gehören handgeführte Waffen wie Messer und Eispeckel. Sie produzieren Verletzungen mit ihren scharfen Spitzen oder ihren scharfen Kanten. Da es sich hier um Niedriggeschwindigkeitsverletzungen handelt, sind sie normalerweise mit weniger Sekundärtraumen (weniger Kavitation) verbunden.



Abb. 2.51 Das Geschlecht des Angreifers bestimmt bei einer Messerstecherei oft den Wundkanal. Männer neigen dazu, nach oben zu stechen (a), während Frauen das Messer eher nach unten stoßen (b).

Verletzungen mit diesen Waffen können vorhergesagt werden, wenn man den Weg der Waffe im Körper verfolgt. Wurde die Waffe schon entfernt, so sollte der Retter versuchen, die Art der Waffe zu identifizieren. Das Geschlecht des Angreifers ist ein wichtiger Faktor, um den Weg des Messers zu bestimmen. Männer tendieren dazu, die Klinge daumenwärts zu fixieren, und geben so dem Messer eine Stichrichtung nach oben und nach innen gedreht vor. Frauen halten das Messer eher so, dass der kleine Finger zur Klinge zeigt und vollführen so eine Stichrichtung nach unten (► Abb. 2.51).

Ein Angreifer kann das im Körper steckende Messer hin- und herbewegen. Eine einfach erscheinende Einstichwunde kann einen falschen Eindruck der Sicherheit vermitteln. Eine eher kleine Einstichwunde lässt also die Ausdehnung der inneren Verletzung nicht erkennen. Die maximale Reichweite eines Messers im Körperinneren entspricht dem Gebiet des möglichen Schadens (► Abb. 2.52).

Die genaue Untersuchung des Patienten auf weitere Verletzungen ist sehr wichtig. So kann sich z.B. das Zwerchfell bei tiefer Inspiration bis auf Höhe der Brustwarzen absenken. So mit kann ein Stich in den unteren Teil des Brustkorbs sowohl intrathorakale als auch intraabdominelle Strukturen verletzen,

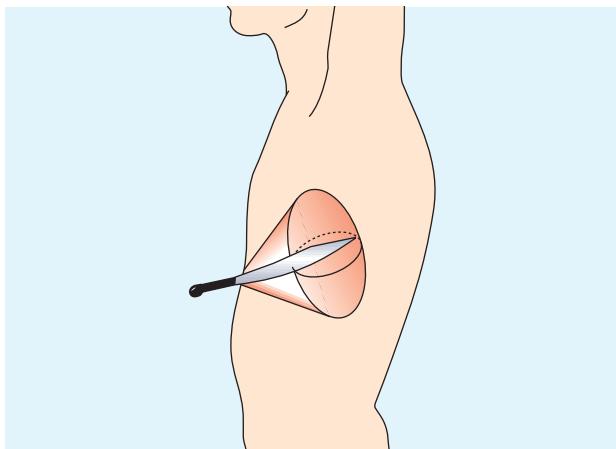


Abb. 2.52 Die Schädigung durch ein Messer ist abhängig von der Bewegung der Messerklinge im Körper des Opfers.

ein Stich in den oberen Abdominalraum entsprechend den unteren Brustkorb-Bereich. Penetrierende Verletzungen können auch durch aufspießende Objekte wie einen Zaunpfahl oder Verkehrsschilder bei Verkehrsunfällen, Pistenpfosten im Skisport und den Lenker bei Fahrradunfällen entstehen.

Waffen mit mittlerer und hoher Energie

Schusswaffen werden in zwei Gruppen unterteilt. Zu den Waffen mittlerer Energie gehören Pistolen und einige Gewehre, deren Mündungsgeschwindigkeit 300 m/s beträgt. Die durch diese Waffen entstehende temporäre Höhlung ist 3- bis 5-mal größer als das Kaliber des Geschosses. Hochenergiewaffen entwickeln eine Mündungsgeschwindigkeit von mehr als 600 m/s und die verursachte temporäre Höhlung ist 25-mal größer als das Kaliber des verwendeten Projektils. Es ist offensichtlich, dass je mehr Schießpulver die Patrone enthält und je größer die Kugel ist, desto höher die Geschwindigkeit und desto größer die Masse und damit die kinetische Energie des Projektils sind (► Abb. 2.53). Die Geschossmasse ist eine wichtige, wenn auch kleinere Komponente ($KIN = \frac{1}{2} mv^2$). Aber die Masse des Projektils ist nicht zu unterschätzen und wird dann deutlich, wenn man sich die Zerstörung vorstellt, die durch den Schuss eines 12 Gauge Schrotgewehrs aus geringerer Distanz verursacht wird. Zusätzliche Informationen sind der militärischen Ausgabe von PHTLS zu entnehmen.

Im Allgemeinen verletzen diese Waffen nicht nur das Gewebe direkt in der Flugbahn des Projektils, sondern auch das der temporären Höhlung beidseits des Schusskanals. Die Unterschiede bezüglich Form, Taumeln und Fragmentierung beeinflussen den Energieaustausch und somit Ausmaß und Richtung der Verletzung. Der Druck auf Gewebepartikel, die aus der Bahn des Projektils bewegt werden, komprimiert und dehnt das umgebende Gewebe (► Abb. 2.54). Hochenergiewaffen entladen Hochenergieprojektile (► Abb. 2.55). Die daraus resultierende Gewebszerstörung ist deutlich größer als die mit mittlerer Energie. Der Sog, der durch das Eindrin-



Abb. 2.53 a: Waffen mittlerer Energie sind gewöhnlich Schusswaffen mit kurzem Lauf und mit Patronen, die wenig Energie entwickeln. b: Hochenergiewaffen (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001, Mosby.)

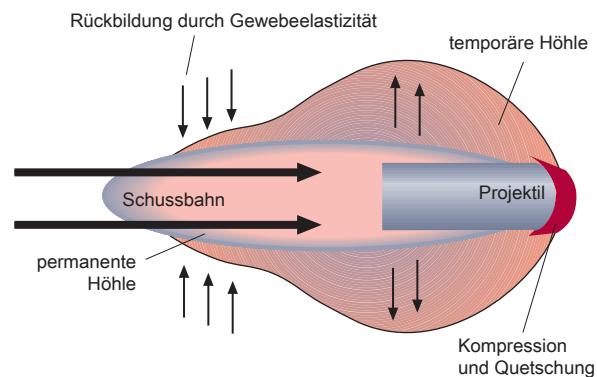


Abb. 2.54 Ein Projektil prallt auf das Gewebe. In seiner Schussbahn bildet sich eine temporäre Höhle. Diese vorübergehende Ausdehnung kann auch Verletzungen setzen.

gen des Projektils mit hoher Energie entsteht, kann Kleidung, Bakterien und anderen Schmutz mit in die Wunde ziehen.

Auch die Entfernung, aus der die Waffe abgefeuert wurde, spielt eine große Rolle bei der Vorhersage der Verletzungsfolgen. Der Luftwiderstand bremst die Kugel, Schüsse aus größerer Entfernung führen deshalb tendenziell zu geringeren Verletzungen. Bei den meisten Schießereien werden Handfeuerwaffen auf kurze Distanz benutzt, sodass die Wahrscheinlichkeit einer schweren Verletzung von der betroffenen Anatomie und der Energie der Waffe und weniger vom Verlust an kinetischer Energie abhängt.



a



b

Abb. 2.55 a: Schusswunde durch eine Hochenergiewaffe im Bereich der Kopfhaut. Die Schädelkalotte ist nicht frakturiert. b: Beinwunde durch eine Hochenergiewaffe mit großer permanenter Höhlenbildung.

2.3.3 Anatomie

Eintritts- und Austrittswunden

Gewebeschäden entstehen an der Eintrittsstelle, entlang der Geschossbahn im Körper und an der möglichen Austrittsstelle. Die Kenntnis der Position des Opfers, des Schützen und der Waffe sind hilfreich, um diesen Weg zu bestimmen. Verbindet man die Eintritts- und Austrittswunden miteinander, sind die anatomischen Strukturen auf dem Weg annäherungsweise zu bestimmen.

Die Begutachtung solcher Wunden liefert wertvolle Informationen für die weitere Therapie und den weiteren Verlauf der Patientenversorgung. Zeigen zwei Löcher an, dass eine Kugel eingedrungen ist und den Körper wieder verlassen hat oder dass sich noch zwei Projekteile im Innern des Körpers befinden? Haben die Projekteile die Mittellinie des Körpers überschritten und damit üblicherweise mehr Schaden angerichtet oder blieben sie auf derselben Seite? Welche inneren Organe liegen in der Bahn des Geschosses?

Eintritts- und Austrittswunden erzeugen normalerweise gut erkennbare Verletzungsmuster der Weichteile. Die Einschätzung der offensichtlichen Flugbahn eines eingedrungenen Projektils ist für den Kliniker sehr hilfreich. Diese Informationen sollten dem Rettungsdienstpersonal und dem aufnehmenden Arzt in



Abb. 2.56 Die Umrisse der Eintrittswunde sind rund oder oval, die der Austrittswunde sternförmig oder linear. (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)

der Klinik übermittelt werden. Andererseits hat der First Responder und das Rettungsdienstpersonal nicht die Erfahrung und Expertise eines forensischen Pathologen; daher ist die Beurteilung, bei welcher Wunde es sich um eine Eintritts- und bei welcher um eine Austrittswunde handelt, voller Ungewissheit. Diese Informationen dienen ausschließlich der Patientenversorgung mit dem Versuch, die Flugbahn des Geschosses abzuschätzen, und sie sind nicht dazu geeignet, eine Festlegung der Vorfälle vorzunehmen. Diese beiden Aussagen sollten nicht verwechselt werden. Der First Responder muss so viele Informationen wie möglich haben, um die potenziellen Verletzungen des Patienten bestimmen und sich für das adäquate Management entscheiden zu können. Die rechtlichen Fragen im Zusammenhang mit Ein- und Austrittswunden überlässt man am besten anderen.

Eine Eintrittswunde stützt sich gegen das darunterliegende Gewebe ab, bei einer Austrittswunde ist dies nicht der Fall. Erstere ist rund oder oval, je nach Eintrittswinkel. Die Austrittswunde ist eine **sternförmige** Wunde (► Abb. 2.56). Da sich das Projektil während des Flugs und beim Eintritt in die Haut um die eigene Achse dreht, hinterlässt es eine ca. 1–2 mm breite, kranzförmige, rosafarbene Schürfwunde, den sogenannten Abstreifring (► Abb. 2.57). Dieser fehlt an der Austrittsstelle. Wurde der Lauf direkt gegen die Haut gehalten, so dringen Gase aus der dem Lauf entweichenden Pulverschmauchwolke in das Gewebe ein und produzieren bei der Untersuchung ein Knirschen oder Knistern (Krepitation) wie bei einem Hautemphysem (► Abb. 2.58). Im Abstand von 5–7 cm verbrennen die austretenden heißen Gase die Haut, im Abstand von 5–15 cm lagern sich Schmauchpartikel auf der Haut ab und innerhalb von 25 cm „tätowieren“ winzige brennende Schmauchpartikel 1–2 mm große Hautgebiete (► Abb. 2.59).

2.3.4 Regionale Auswirkungen des penetrierenden Traumas

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den Auswirkungen penetrierender Verletzungen auf die verschiedenen Regionen des Körpers.



Abb. 2.57 Wie die Schürfwunde zeigt, ist das Projektil von rechts oben nach links unten in das Gewebe eingedrungen.



Abb. 2.58 Wird die Mündung des Laufs nah an die Haut gehalten, treten beim Schuss heiße Gase aus und produzieren mehr oder weniger geschwollene Hautverbrennungen.

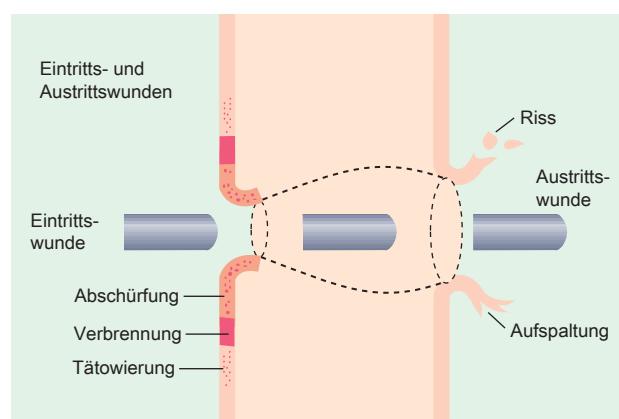


Abb. 2.59 Drall und Druck des Geschosses produzieren an der Eintrittsstelle runde oder ovale Löcher. Die Austrittswunde ist aufgerissen.



Abb. 2.60 Nachdem ein Geschoß den Schädelknochen durchdrungen hat, wird seine Energie im geschlossenen Raum verteilt. Es ist so, als bringe man einen Feuerwerkskörper in einen abgeschlossenen Container. Falls die Energie groß genug ist, explodiert der Container von innen nach außen.

Kopf

Nachdem das Projektil den Schädel durchschlagen hat, wird seine Energie in einem geschlossenen Raum verteilt. Partikel, die vom Projektil beschleunigt werden, stoßen gegen die Schädeldecke, die sich nicht wie die Haut, die Muskulatur oder auch das Abdomen ausdehnen kann. Aus diesem Grund wird das Hirngewebe gegen die Innenseite des Schädels gepresst, und es kommt zu schwereren Verletzungen, als man es erwarten würde, wenn es sich frei ausdehnen könnte. Es ist genau so, als ob man einen Feuerwerkskörper in einen Apfel stecken und diesen in eine Metalldose platzieren würde. Wenn der Knallkörper dann explodiert, wird der Apfel an der Wand zerstört werden. Sind die Kräfte stark genug, so kann der Schädel von innen nach außen explodieren (**> Abb. 2.60**).

Eine Patrone kann auch dem Verlauf des inneren Schädeldaches folgen, wenn sie in einem bestimmten Winkel eintritt und nicht genug Energie hat, den Schädelknochen ein zweites Mal zu durchschlagen. Dieser Weg kann schwerwiegende Schäden mit sich bringen (**> Abb. 2.61**). Wegen dieser Eigenschaften werden Waffen mit kleinem Kaliber und mittlerer Energie, z. B. Kaliber 0,22 oder 0,25, auch Attentatswaffen genannt. Sie dringen in den Schädel ein und verwandeln all ihre Energie im Gehirn.

Thorax

Drei Gruppen von Strukturen befinden sich in der Brusthöhle: Lungen, Herz und Gefäßsystem sowie Teile des Gastrointestinal-

trakts. Die Knochen und Muskeln der Brustwand und der Wirbelsäule sind nicht inkludiert. Eine oder mehrere Strukturen dieses Systems können durch ein eingedrungenes Objekt verletzt sein.

Lunge

Das Lungengewebe ist weniger dicht als Blut, andere feste Organe oder Knochen; aus diesem Grund trifft ein penetrierendes Projektil im Lungengewebe auf weniger Teilchen, wird weniger Energie austauschen und somit weniger Schaden anrichten. Verletzungen der Lunge können jedoch klinisch bedeutsam sein (> Abb. 2.62), allerdings bedürfen weniger als 15 % der Patienten einer chirurgischen Behandlung.

Gefäßsystem

Kleinere Gefäße, die nicht mit der Thoraxwand verbunden sind, werden ohne größeren Schaden zur Seite gedrängt. Grö-

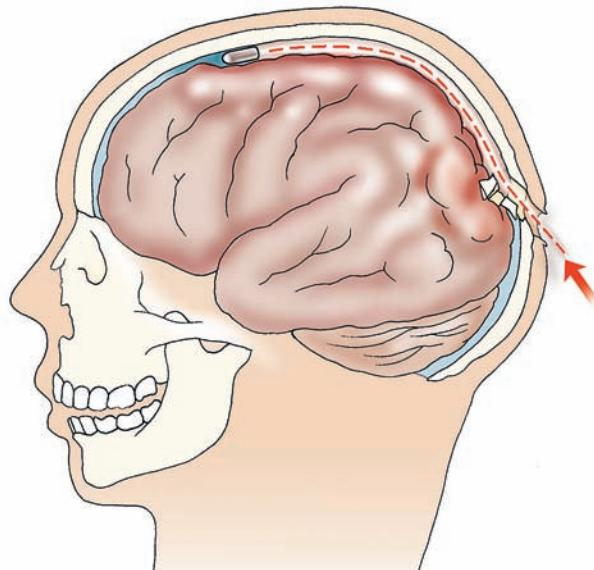


Abb. 2.61 Das Projektil folgt der inneren Krümmung der Schädelknochens. (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)

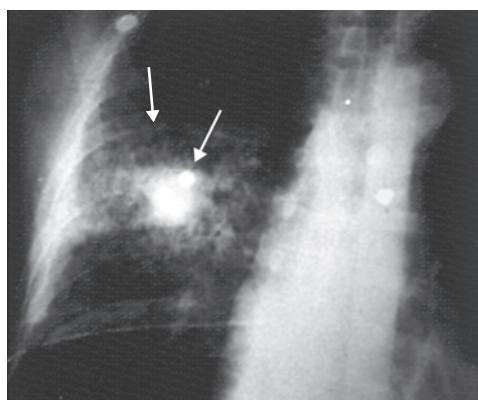


Abb. 2.62 Lungenschädigung durch einen Hohlraum abseits des Eintrittspunkts des Geschosses

ßere Gefäße jedoch, wie die Aorta oder die Vena cava, sind weniger beweglich, weil sie am Herz oder an der Wirbelsäule fixiert sind. So können sie nicht leicht ausweichen und laufen damit Gefahr, beschädigt zu werden.

Wenn das Myokard (fast ausschließlich Muskulatur) vom Projektil getroffen wird, dehnt es sich und zieht sich nach der Passage des Projektils wieder zusammen. Somit bleibt nur ein kleiner Defekt. Die Dicke des Myokards könnte möglicherweise Waffen mit niedriger Energie, z. B. ein Messer oder ein Projektil Kaliber 0,22, aufhalten und somit ein sofortiges Verbluten vermeiden. Das schafft Zeit für einen schnellen Transport in die angemessene Klinik.

Gastrointestinaltrakt

Die Speiseröhre, der Teil des Gastrointestinaltrakts, der die Brusthöhle durchquert, kann verletzt werden und ihren Inhalt in die Brusthöhle abgeben. Die Zeichen und Symptome einer solchen Verletzung können mehrere Stunden oder gar Tage verspätet auftreten.

Abdomen

Das Abdomen enthält drei Arten von Strukturen: luftgefüllte, feste und knöcherne. Penetration durch ein Projektil mit niedriger Energie richtet möglicherweise nur geringen Schaden an; nur etwa 30 % der Messerstichverletzungen, welche die Bauchhöhle betreffen, benötigen ein operatives Eingreifen. Bei Verletzungen mit Waffen aus der Gruppe mit mittlerer Energie sind es schon 85–95 %. Aber auch Verletzungen mit diesen Waffen bedeuten nicht, dass regelmäßige Schädigung von festen Organen und vaskulären Strukturen zu einem sofortigen Verbluten führt.

Extremitäten

Penetrierende Verletzungen der Extremitäten können Knochen, Muskeln, Nerven oder Gefäße betreffen. Werden Knochen getroffen, so entstehen aus Knochenfragmenten sekundäre Projektile, die das umliegende Gewebe schädigen (> Abb. 2.63). Muskeln werden oftmals aus dem direkten Weg des Geschosses verdrängt, was zu Blutungen führen kann. Das Projektil kann Blutgefäße durchdringen oder ein Beinahe-Treffer verletzt ggf. die direkte Nachbarschaft von Blutgefäßen, was zur Bildung von Blutgerinnseln und dem Verschluss von Blutgefäßen führen kann.

2.3.5 Wunden durch Schrotflinten

Obwohl sie nicht zu den Hochgeschwindigkeitswaffen zählen, richten aus naher Distanz abgefeuerte Schrotflinten tödlichere Verletzungen an als so manches Hochgeschwindigkeitsgeschoss. Pistolen und Gewehre haben in der Regel Riefen im

Lauf, die das Projektil in Rotation um die eigene Achse versetzen. Dagegen haben Schrotflinten einen glatten Lauf, der eine Ladung Projektil in Richtung Ziel lenkt. Mit Vorsätzen auf dem Lauf der Schrotflinte ist es möglich, die Ausbreitung der Ladung zu beeinflussen. Wird eine Schrotflinte abgefeuert, bewegt sich eine große Anzahl von Projektilen mit einer bestimmten Streuung auf das Ziel zu. Wird der Lauf gekürzt, so verstärkt sich der Streugrad.

Obwohl für Schrotflinten verschiedene Sorten Munition verwendet werden, so ist doch die Struktur der Patronen ähnlich. Eine typische Flintenpatrone besteht aus einer Hülse, Schießpulver, Füllmaterial und den Projektilen. Wird sie abgefeuert, schießen alle diese individuellen Bestandteile aus dem Lauf und können dem Opfer Verletzungen zufügen. Bestimmte Schießpulversorten führen zu einem Bild ähnlich einer Täto-

wierung, wenn die Patronen aus kurzer Entfernung abgefeuert werden. Das Füllmaterial, das normalerweise aus geschmiertem Papier, Fasern oder Plastik besteht, wird dazu benutzt, das Schießpulver vom Projektil zu trennen. Gelangt es in die Wunde und wird nicht entfernt, stellt es eine weitere Quelle für Infektionen dar. Die Projektil variieren bezüglich Größe, Gewicht und Zusammensetzung. Die Bandbreite reicht von Metallpulver (gegen kleine Vögel) über Stahlkugeln bis zu Gummikugeln. Die durchschnittliche Patrone ist mit 30–45 g Kugeln gefüllt. Füllmaterial innerhalb des Geschosses kann ebenfalls in die oberen Hautschichten eindringen.

Patronen zur Vogeljagd enthalten 200–2.000 Kugelchen, bei „Bockschuss“-Munition sind es nur 6–20 Projektil (► Abb. 2.64). Es ist wichtig zu wissen, dass je größer die Schrotpatronen, desto mehr ähnelt der erzeugte Einschuss dem eines 0,22-Kaliber-Projektils. Noch größere Magnum-Patronen enthalten entweder mehr Schießpulver und mehr Projektil oder nur mehr Schießpulver, um die Projektgeschwindigkeit zu erhöhen.

Zur Beurteilung von Schussverletzungen ist die Kenntnis der Munition wichtig, die bedeutendste Variable bei der Evaluierung von Schussverletzten ist jedoch die **Distanz**, aus der auf das Opfer geschossen wurde. Schrotflinten setzen eine große Zahl von Projektilen frei, von denen die meisten kugelförmig sind. Diese Projektil sind gegenüber Luftwiderstand sehr empfindlich und werden deshalb schnell abgebremst (► Abb. 2.65). Die Auswirkungen des Luftwiderstands vermindern die Reichweite der Waffe und ändern das Bild der verursachten Verletzungen. Aus diesem Grund unterteilt man durch Schrotflinten verursachte Wunden in vier Hauptkategorien: Kontakt (aufgesetzt), Kurzdistanz, Mittel- und Langdistanz (► Tab. 2.1).

Kontaktwunden entstehen, wenn der Lauf das Opfer zum Zeitpunkt des Schusses berührt, also bei aufgesetzter Waffe. Dies führt zu einer typischen runden Eintrittswunde, die möglicherweise Fußablagerungen oder einen Abdruck des Laufes aufweist (► Abb. 2.58). Häufig treten an den Rändern Brandwunden auf, die durch hohe Temperaturen und Expansion hei-

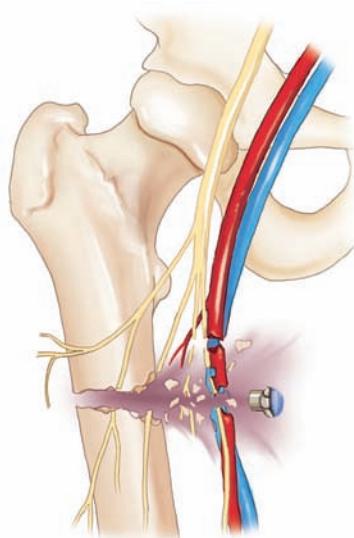


Abb. 2.63 Knochensplitter werden ihrerseits zu sekundären Geschossen, die durch die gleichen Mechanismen wie das Primärgeschoss Schäden hervorrufen.

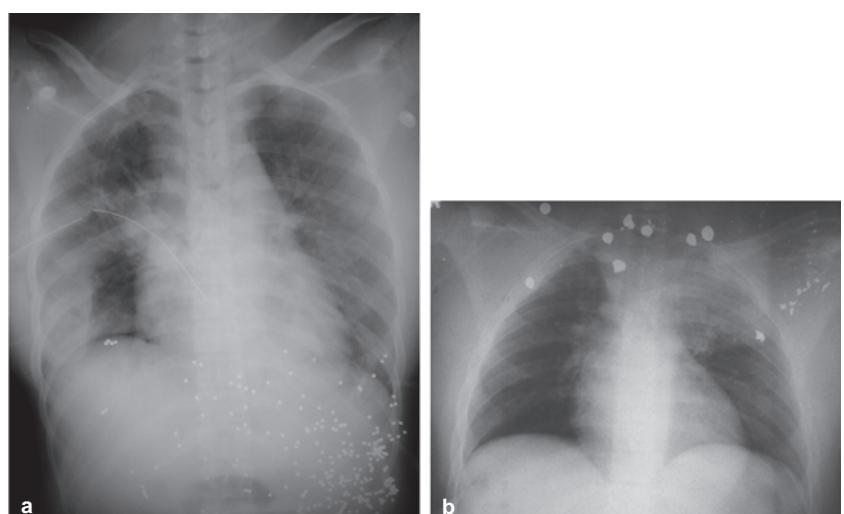


Abb. 2.64 a: Eine durchschnittliche Vogelschuss-Patrone kann 200–2.000 Kugelchen enthalten. **b:** Eine Bockschuss-Patrone enthält nur 6 bis 20 Kugelchen.

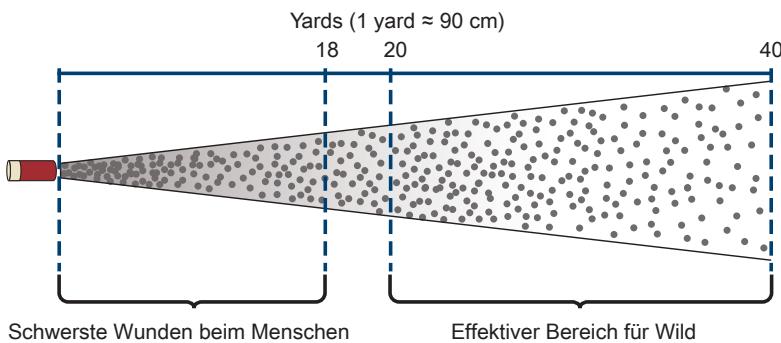


Abb. 2.65 Der Durchmesser der Geschossbahn vergrößert sich mit zunehmender Reichweite. (Aus: DeMuth WE: The mechanism of gunshot wounds, *J Trauma* 11: 219, 1971)

Tab. 2.1 Verletzungsmuster von Schrotschüssen

| Wundtyp | Wundbild | Verletzung | Mortalität (%) |
|---------------|----------|---|----------------|
| Kontakt | | ausgedehnte Gewebeschädigung | 85–90 |
| Kurzdistanz | | Eindringen jenseits tiefer Faszien | 15–20 |
| Mitteldistanz | | Eindringen in subkutanes Gewebe und Faszien | 0–5 |
| Langdistanz | | Eindringen in oberflächliche Hautschichten | 0 |

(Modifiziert nach: Sherman RT, Parrish RA: Management of shotgun injuries: a review of 152 cases, *J Trauma* 18: 236, 1978.)

ber Gase entstehen, wenn die Projekteile den Lauf verlassen. Einige Kontaktwunden sind eher sternförmig. Dies röhrt von den heißen Gasen aus dem Lauf, die in den Körper gelangen und dann wieder aus dem Gewebe austreten. Kontaktwunden führen normalerweise zu ausgedehnten Gewebeschäden und sind mit einer hohen Todesrate verbunden. Die Länge des Laufes erschwert die Durchführung eines Suizids, da es schwierig ist, den Abzug zu erreichen. Solche Versuche enden oft mit der Spaltung des Gesichts, ohne das Gehirn zu erreichen.

Wunden durch Schüsse aus kurzer Distanz: Obwohl auch sie die typischen runden Eintrittswunden haben, so wird man hier mehr Schmauchspuren oder eine Tüpfelung durch das Füllmaterial finden. Zusätzlich sind manchmal Spuren des Aufpralls von Füllmaterial und Abschürfungen zu sehen. Sie führen auch zu erheblichen Verletzungen des Opfers, da sie noch immer genügend Energie haben, auch in tiefere Strukturen vorzudringen, und erzeugen eine größere Streuung. Dies vergrößert die Ausdehnung von Verletzungen, wenn die Projekteile durch das Gewebe fliegen.

Wunden durch Schüsse aus mittlerer Distanz: Sie sind charakterisiert durch kleine Löcher, die durch „Satelliten-Kügelchen“ entstehen und an der Grenze zur zentralen Wunde auftauchen. Dieses Verletzungsmuster ist das Resultat einzelner Kügelchen, die sich aus dem Hauptverbund der Projekteile herauslösen und üblicherweise bei einer Entfernung von 1,8–

5,5 m auftreten. Diese Verletzungen sind eine Mischung aus tiefen, penetrierenden Verletzungen, oberflächlichen Wunden und Abschürfungen. Wegen der tief penetrierenden Komponenten dieser Verletzung haben die Opfer jedoch eine relativ hohe Sterberate.

Wunden durch Schüsse aus großer Distanz sind selten tödlich. Sie sind charakterisiert durch das typische Bild der gestreuten Kügelchen und einer Distanz von mehr als 5,5 m. Aber auch niedrige Geschwindigkeiten können bei empfindlichen Geweben schwere Verletzungen verursachen (z. B. Augen). Zusätzlich können größere Kugeln noch genügend Geschwindigkeit besitzen, um auch auf große Distanz Schäden an tiefer liegenden Strukturen anzurichten. Der Retter muss außerdem den kumulativen Effekt und die Lokalisation vieler kleiner Verletzungen und deren Lokalisation mit dem Fokus auf empfindliches Gewebe beachten. Eine adäquate Entkleidung ist der Schlüssel zur Untersuchung eines jeden Traumapatienten, und Verletzungen durch Schrotflinten machen hier keine Ausnahme.

Diese unterschiedlichen Eigenschaften müssen bei der Beurteilung von Patienten mit Schussverletzungen durch Schrot berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann eine einzelne runde Schusswunde durch eine aufgesetzte oder aus geringer Entfernung abgefeuerte Schrotladung entstanden sein, sodass die Geschosse einen engen Kanal hinterlassen. Umgekehrt kann auch eine Verletzung vorliegen, die durch eine Kugel oder ein einzel-



Abb. 2.66 Patient mit multiplen Fragmentwunden nach einer Bombenexplosion

nes Geschoss aus Halbdistanz oder großer Entfernung verursacht wurde. Nur die genaue Untersuchung der Wunde wird, trotz auffallend unterschiedlicher Geschosscharakteristika, eine Differenzierung dieser Verletzungen zulassen, die wahrscheinlich einen signifikanten Schaden der inneren Strukturen mit verursachen. Aufgesetzte Schüsse oder solche aus naher Distanz auf die Brust können zu visuell sehr beeindruckenden Wunden führen, welche wiederum einen offenen Pneumothorax auszulösen vermögen; bei einem Schuss in das Abdomen treten die Eingeweide heraus. Gelegentlich wird ein einzelnes Kügelchen tief genug vordringen und den Darm verletzen, was dann im weiteren Verlauf zu einer Peritonitis führen wird. Oder es trifft eine große Arterie und führt zu Durchblutungsstörungen in der betroffenen Extremität. Andererseits kann ein Patient eine Vielzahl von kleinen Wunden aufweisen; jedoch hatte keines der Projekte ausreichend kinetische Energie, um durch die Faszien zu dringen, geschweige denn, schwerwiegende Schäden an inneren Strukturen zu verursachen.

Obwohl die schnelle Versorgung des Patienten immer noch an erster Stelle steht, ist jede Information (Art der Patrone, Distanz zwischen Waffe und Opfer, Anzahl der abgefeuerten Schüsse) wichtig für das Klinikpersonal, damit dieses sofort die richtige Diagnostik und Therapie einleiten kann. Zusätzlich kann das Erkennen verschiedener Typen von Wunden einen wichtigen Hinweis auf weitere innere Verletzungen geben.

2.4 Explosionsverletzungen

Explosionswaffen sind die am meisten benutzten Waffen in kriegerischen Auseinandersetzungen und von Terroristen. Explosionswaffen richten bei Menschen Verletzungen an, die auf vielfachen Mechanismen beruhen, welche zum Teil äußerst komplex sind. Die größte Herausforderung für Kliniker jeden Niveaus in der Versorgung der Nachwirkungen einer Explosion sind die Vielzahl von Abhängigkeiten und die multiplen, penetrierenden Verletzungen (**> Abb. 2.66**).¹⁷

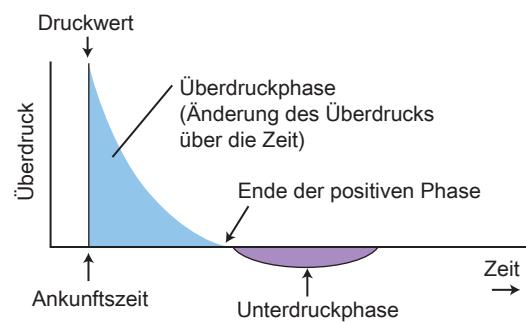


Abb. 2.67 Druck-Zeit-Verlauf einer Explosionswelle. Diese Kurve zeigt den plötzlichen Druckanstieg (Explosionsüberdruck), gefolgt vom Druckabfall und der Unterdruckphase. (Quelle: Blast injuries. Idealized graph of blast pressure wave over time. Mit freundlicher Genehmigung aus: Bowen TE, Bellamy RF, Hrsg.: *Emergency war surgery*, Washington, DC, 1988, United States Government Printing Office)

2.4.1 Physik der Explosions

Explosionen sind physikalische, chemische oder nukleare Reaktionen, die zu einer momentanen Freisetzung und schnellen Ausdehnung großer Mengen von Energie führen. Die Energie wird in Form von Hitze und hoch komprimiertem Gas frei, welches in der Lage ist, Fragmente mit hoher Geschwindigkeit zu transportieren. Die Energie, die mit solchen Explosionen verbunden ist, kann multiple Formen haben: Bewegungs- und Wärmeenergie in der „Explosionswelle“, Bewegungsenergie der Fragmente, die durch das Zerbersten der Explosionswaffe entstanden, die umherfliegende Trümmer beschleunigt, und aus elektromagnetischer Energie.

Explosionswellen können sich mit einer Geschwindigkeit von mehr als 5.000 m/s fortpflanzen und sind aus statischen und dynamischen Komponenten zusammengesetzt. Die statische Komponente („Explosionsüberdruck“) erfasst Objekte im Umfeld der Explosion und lässt sie von allen Seiten mit unterbrochenem Druckanstieg, der sogenannten „Schockfront“ oder „Schockwelle“, bis zu einem Überdruckspitzenwert. Im Anschluss an diese Schockfront fällt der Überdruck auf den normalen Umgebungsdruck ab und es bildet sich oft ein partieller Unterdruck, der dazu führt, dass Luft zurückgesogen wird (**> Abb. 2.67**).

Die dynamische Komponente („dynamischer Druck“) ist gerichtet und wird als Explosionswind empfunden. Die primäre Bedeutung des Explosionswindes ist, dass Fragmente mit einer Geschwindigkeit von mehreren tausend Metern pro Sekunde (schneller als ein Standardgeschoss) bewegt werden. Während die effektive Reichweite von beiden, dem statischen und dynamischen Druck, in Metern gemessen wird, beschleunigen sich die Fragmente durch den dynamischen Druck, sodass sie binnen kurzer Zeit die Explosionswelle überholen und die vorherrschende Ursache für Verletzungen im Bereich von weit über 500 Metern sind.

| Kategorie | Definition | Typische Verletzungen |
|-----------|---|--|
| Primär | entstanden durch den Kontakt zwischen Schockwelle und Körper Spannung und Scherung erscheinen im Gewebe Wellen werden an den Grenzflächen verschieden dichter Gewebe reflektiert/verstärkt Gasgefüllte Organe (Ohren, etc.) sind besonders gefährdet | Trommelfellruptur Explosionslunge Augenverletzungen Gehirnerschütterung |
| Sekundär | ballistische Wunden, hervorgerufen durch: <ul style="list-style-type: none">• primäre Fragmente (Teile der Explosionswaffe)• sekundäre Fragmente (Teile der Umgebung, z. B. Glas) Die drohenden Verletzungen durch Fragmente reichen weiter als die der Druckwelle | penetrierende Verletzungen traumatische Amputationen Platzwunden |
| Tertiär | Explosionwind schleudert Menschen auf Objekte oder Objekte auf Menschen | stumpfe Verletzungen Crush-Syndrom Kompartmentsyndrom |
| Quartär | andere explosionsbedingte Verletzungen und Erkrankungen | Verbrennungen Inhalationstrauma Kontaminationen |
| Quintär | Verletzungen, die von spezifischen Zusätzen, wie Bakterien und Strahlung, resultieren („schmutzige Bomben“) | |

(Centers for Disease Control and Prevention: Explosions and blast injuries: a primer for clinicians. www.bt.cdc.gov/masscasualties/explosions.asp. Letzter Zugriff 13.3.2012)

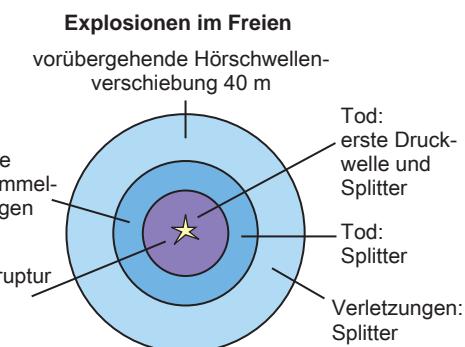


Abb. 2.68 Morbidität und Mortalität als Funktion der Entfernung zu einer freien Detonation von 100 kg Sprengstoff

nen explodierender Gegenstände lösen eine Kette von Wechselwirkungen mit Objekten und Menschen in ihrer Umgebung aus.¹⁷ Falls ein Individuum nahe genug ist, wird die Explosionswelle den Druck im Körper immens erhöhen und zu Spannungs- und Scherkräften besonders in gasgefüllten Organen wie Ohren, Lungen und (selten) Darm führen (► Abb. 2.68).

Diese Explosionsverletzungen sind vorherrschend, wenn die Explosion in einem geschlossenen Raum stattfindet, weil die Druckwelle an der Oberfläche abprallt und dadurch das zerstörende Potenzial der Druckwelle vergrößert.¹⁹ Der sofortige Tod durch ein Barotrauma der Lunge (Drucklunge) kommt viel häufiger bei Detonationen in geschlossenen als in offenen Räumen vor.²⁰⁻²² Die meisten (95 %) der Explosionsverletzungen im Irak und in Afghanistan fanden in offenen Räumen statt. Die häufigste Form der primären Explosionsverletzung ist die Ruptur des Trommelfells.^{23,24} Eine Trommelfellruptur, die bei einem so niedrigen Druck wie 0,3 bar entsteht,^{25,26} ist häufig die einzige zu beobachtende signifikante Überdruckverletzung. Die nächste bedeutende Verletzung erscheint bei weniger als 2,8 bar, einer Schwelle, die bekanntermaßen mit Lungenverletzungen inklusiv Pneumothorax, Luftembolie, interstitiellen und subkutanen Emphysemen und Pneumomediastinum vergesellschaftet ist.²⁷

Die Schockfront einer Druckwelle verflüchtigt sich schnell; ihr folgt der Explosionwind, der Fragmente umherwirbelt und damit multiple penetrierende Verletzungen verursacht. Obwohl diese als sekundäre Verletzungen bezeichnet werden, sind sie in der Regel die vorherrschende Verwundung.¹⁷ Der Explosionwind schleudert ebenso große Objekte in Menschen und Menschen auf harte Oberflächen, die wiederum tertiäre Explosionsverletzungen hervorrufen; diese Kategorie von Verletzungen inkludiert außerdem Quetschungen, ausgelöst durch Verschüttung.²⁷ Hitze, Flammen, Gas und Rauch, die während der Explosion entstanden sind, verursachen quartäre Verletzungen, wie Verbrennungen, Inhalationstraumen und Asphyxie.¹⁴ Quintäre Verletzungen entstehen, wenn Bakterien, Chemikalien oder radioaktives Material dem Sprengmaterial hinzugefügt wurden und durch die Detonation freigesetzt werden.

2.4.2 Wechselwirkung zwischen Druckwellen und Körper

Explosionswellen interagieren mit dem Körper und anderen Strukturen, indem sie die Energie der Druckwelle auf die Struktur übertragen. Diese Energie bewirkt, dass die Struktur, abhängig von der Stärke und der natürlichen Schwingung der Struktur, in einer gewissen Weise deformiert wird. Unterschiede wechselnder Dichte innerhalb einer Struktur führen zu komplexen Konvergenzen und weiteren Beeinflussungen der Druckwelle. Dieses tritt insbesondere bei großen Unterschieden in der Dichte auf, wie bei festem Gewebe und Luft oder Flüssigkeit (z. B. Lunge, Herz, Leber und Darm).

2.4.3 Explosionsverletzungen

Explosionsverletzungen werden nach der Verletzungssystematik grundsätzlich als primär, sekundär, tertiär, quartär und quintär klassifiziert (► Tab. 2.2, ► Kap. 9.2.1).¹⁸ Detonatio-

2.4.4 Verletzungen durch Splitter

Konventionelle Explosionswaffen sind so gestaltet, dass sie durch Zersplitterung einen größtmöglichen Schaden verursachen. Mit Anfangsgeschwindigkeiten von Tausenden von Metern pro Sekunde werden die Splitter bei der Detonation einer 23-kg-Bombe über 300 m verstreut, wohingegen der tödliche Radius des Explosionsüberdrucks ungefähr 15 m beträgt. Deshalb erbauen die Entwickler von militärischen und terroristischen Waffen diese mit dem Ziel, die Splitterverletzungen zu maximieren und den zerstörerischen Radius einer Explosion in freiem Feld zu vergrößern.

Einige wenige explosive Vorrichtungen verursachen Verletzungen lediglich durch den Explosionsüberdruck und ernsthafte primäre Druckverletzungen sind relativ selten im Vergleich zur überwiegenden Zahl von sekundären und tertiären Verletzungen. So haben einige Patienten Verletzungen, die von primären Druckeffekten herrühren. Die gesamte Palette explosionsbedingter Verletzungen wird oft als Explosionsverletzung bezeichnet, was aber zu großer Verwirrung darüber führt, was eine Explosionsverletzung darstellt. Weil die Energie der Druckwelle schnell verebbt, sind die meisten Bomben so konstruiert, dass der größte Schaden von der Fragmentierung verursacht wird. Dieses mögen Splitter von der Umhüllung der Explosionsvorrichtung sein oder Trümmer, die aus der Umgebung mitgerissen wurden. Unabhängig davon, ob die Fragmente von der Umhüllung der Bombe, von Trümmern oder anderen Objekten, die häufig von Terroristen in die selbstgebauten Bomben gepackt werden, stammen, vergrößern sie die Reichweite und die tödliche Wirkung der Explosivkörper exponentiell und sind die wichtigste Ursache für explosionsbedingte Verletzungen.

2.4.5 Verletzungen mit mehreren Ursachen

Zusätzlich zu den direkten Effekten einer Explosion muss der First Responder an andere Gründe für Verletzungen aufgrund von Angriffen mit explosiven Waffen denken. Zum Beispiel mag eine improvisierte Explosionswaffe, mit der auf ein Fahrzeug gezielt wird, den Insassen nur einen geringen initialen Schaden zufügen. Jedoch kann das Fahrzeug selbst vertikal beschleunigt werden oder vom Kurs abkommen, was zu stump-

fen Verletzungen der Insassen führen kann, ausgelöst durch die Auf- und Abbewegung innerhalb der vertikalen Beschleunigung oder von einem Überschlag, z. B. einen Abhang hinunter oder in einen Graben. Unter diesen Umständen erleiden die Insassen Verletzungen, deren Mechanismen weiter oben unter „stumpfes Trauma“ beschrieben wurden. In militärischen Situationen können die Insassen eines Fahrzeugs durch den Vorteil ihres Körperpanzers vor einer stumpfen Verletzung geschützt sein. Außerdem können sie durch die Explosionswaffe kampfunfähig geworden sein und durch Gewehrfeuer angegriffen werden, wenn sie das Fahrzeug verlassen, und so penetrierende Verletzungen erleiden.

2.5 Anwendung der Kinematik bei der Untersuchung des Patienten

Die Untersuchung und Einschätzung des Traumapatienten muss die Kenntnisse der Kinematik einbeziehen. Ein Fahrer, der z. B. auf das Lenkrad aufschlägt (stumpfes Trauma), hat beim Aufschlag eine große Höhlung in der vorderen Brusthöhle, aber die Brust zieht sich sehr schnell wieder in ihre ursprüngliche Form zurück, wenn der Fahrer vom Lenkrad zurückprallt. Schauen sich nun zwei First Responder oder Retter diesen Patienten getrennt an – einer davon ist mit den Prinzipien der Kinematik vertraut, der andere nicht –, so wird derjenige ohne Kenntnis der Kinematik nur wegen der Blutergüsse am Brustkorb des Patienten besorgt sein. Der First Responder, der mit der Kinematik vertraut ist, wird erkennen, dass der Brustkorb stark eingedrückt worden ist, sich die Rippen dabei sehr stark verbiegen mussten und Herz, Lungen sowie große Gefäße dadurch komprimiert wurden. Aus diesem Grund wird er Verletzungen an Herz, Lunge und großen Gefäßen vermuten. Der andere First Responder wird diese Gefahren nicht einmal erwägen.

Der sachkundige Mitarbeiter wird diese möglichen Verletzungen einbeziehen, den Patienten behandeln und schneller den Transport veranlassen, da er schwere intrathorakale Verletzungen vermutet. Hätte er diese Kenntnis nicht, würde er von einer geringfügigen Verletzung ausgehen. Schnelle Identifikation, richtiges Verstehen und angepasste Behandlung der zugrunde liegenden Verletzungen tragen entscheidend dazu bei, ob ein Patient überlebt oder stirbt.

Zusammenfassung

- Die Einbeziehung der Prinzipien der Traumakinematik in die Beurteilung des Traumapatienten ist der Schlüssel zur Entdeckung schwerer oder lebensgefährlicher Verletzungen.
- Bis zu 95 % der Verletzungen können vorausgesagt werden, wenn man den Energieaustausch, der zur Zeit der Kollision auf den menschlichen Körper wirkt, versteht. Kenntnisse der Kinematik erlauben, Verletzungen, die nicht sofort ersichtlich sind, zu erkennen und sachgemäß zu behandeln. Bleiben diese unentdeckt und deshalb unbehandelt, tragen sie wesentlich zu traumabedingter Morbidität und Sterblichkeit bei.
- Energie kann nicht neu gebildet oder vernichtet, sie kann nur in ihrer Form verändert werden. Die Bewegungsenergie eines Objekts als Funktion seiner Geschwindigkeit und Masse wird beim Aufprall auf ein anderes Objekt übertragen.
- Die Schäden am Objekt oder am getroffenen Körperteil sind nicht nur eine Funktion der Menge an Bewegungsenergie, die auf sie einwirken, sondern auch eine Funktion der Fähigkeit, den einwirkenden Kräften standzuhalten oder sie zu tolerieren.

Stumpfes Trauma

- Die Richtung des Anpralls definiert das Verletzungsmuster und das Potenzial der Verletzung: frontal, seitlich, von hinten, Rotation, Überschlag oder schräg.
- Herausschleudern aus einem Fahrzeug reduziert den Schutz bei einem Aufprall.
- Energieabsorbierende Schutzeinrichtungen sind sehr wichtig. Diese beinhalten Sicherheitsgurte, Airbags, Motoren, die im Falle eines Aufpralls nach unten gezogen werden, und energieabsorbierende Fahrzeugteile, wie Stoßfänger, nachgebende Lenkräder, Armaturenbretter und Helme. Beim Eintreffen werden die Beschädigung des Fahrzeugs und die Richtung des Anpralls Aufschluss darüber geben, welche Opfer wahrscheinlich die schwersten Verletzungen haben.
- Verletzungen von Fußgängern variieren je nach Körpergröße und Körperteil, der direkten Kontakt mit dem Fahrzeug hatte.

Stürze

- Die Distanz, die vor dem Aufprall überwunden wurde, beeinflusst die Schwere der Verletzung nachhaltig.
- Die energieabsorbierende Fähigkeit des Untergrundes am Ende des Sturzes (Beton versus weichem Schnee) beeinflusst die Verletzungsschwere.
- Die Körperteile, die als Erstes aufschlugen, und der Verlauf des Energieaustausches durch den Körper des Opfers sind wichtig.

Penetrierende Verletzungen

- Die Energie variiert abhängig vom primären Verletzungsinstrument:
 - Niedrigenergie – Messer
 - Mittlerenergie – die meisten Handfeuerwaffen
 - Hochenergie – Gewehre, Angriffswaffen etc.
- Die Entfernung des Opfers zum Täter und die Objekte, welche die Kugel getroffen haben könnte, beeinflussen die Energiemenge zur Zeit des Aufpralls auf den Körper und somit die verfügbare Energie, die im Patienten abgegeben werden kann und die Schädigung der Körperteile verursacht.
- Organe in der Nähe des Weges der penetrierenden Objekte bestimmen das Potenzial des lebensgefährlichen Zustandes.
- Der Weg der penetrierenden Verletzung wird durch Eintritts- und Austrittswunde bestimmt.

Explosionen

- Es gibt fünf Verletzungstypen bei einer Explosion:
 - primär – Über- und Unterdruck
 - sekundär – Projektil (die häufigste Quelle explosionsbedingter Verletzungen)
 - tertiär – Schleudern des Körpers auf ein anderes Objekt
 - quartär – Hitze und Flammen
 - quintär – Strahlung, Chemikalien, Bakterien

Lösung Fallbeispiel

Patient 1: Fahrer des Fahrzeugs mit Seitenanprall. Zwei Projektile durchschlugen die Fahrzeugtür. Der Patient hat linksseitig zwei Schusswunden, eine unterhalb und eine im Bereich der Rippen. Der Blutdruck des Patienten war niedrig, daher sind Brustverletzungen wahrscheinlich und beinhaltet Pneumothorax, Hämatothorax, Herzpenetration und vielleicht große Gefäße. Der Schuss unter den Rippen penetrierte die Bauchhöhle und damit jedes der Bauchorgane, verbunden mit einer Hämorrhagie.

Patient 2: Beifahrerseite mit einem Seitenanprall. Weil der Energieaustausch zwischen der Tür und dem Insassen stattfand, muss mit der Verletzung aller vier Anprallzonen gerechnet werden – die Schultern (Klavikula), Brustwand mit der Brusthöhle, die Bauchhöhle und das Becken. Die potenziellen Verletzungen dieser Areale umfassen: 1. Klavikulafraktur; 2. Rippenfrakturen (evtl. instabiler Thorax); 3. Lungenkontusion; 4. Scherkräfte bezogen auf die Aorta; 5. Pneumothorax; 6. Abdomen (Leber- oder Milzruptur);

7. Verzögerungsverletzung der Nieren; 8. Beckenfraktur; 9. Rotationsverletzungen der Halswirbelsäule.

Patient 3: Fahrer des Fahrzeugs. Wegen des verbogenen Lenkrades vermuten Sie eine Bewegung über das Lenkrad während der Kollision mit dem Masten, mit einem frontalen Aufprall der Brust auf das Lenkrad und des Kopfes an die Windschutzscheibe. Die potenziellen Verletzungen umfassen: 1. Myokardkontusion; 2. Pneumothorax; 3. instabiler Thorax; 4. Lungenkontusion; 5. Barotrauma des Abdomens; 6. Leber- und Milzruptur; 7. HWS-Fraktur; 8. SHT.

Patient 4: Sie erwarten eine Bewegung unter das Armaturenrett: 1. Fraktur der unteren Extremitäten (Sprunggelenk, Femurschaft, Hüftluxation); 2. Gesichtsverletzungen; 3. HWS-Trauma.

Eine andere, zusätzlich wichtige Beurteilung zur Beachtung: Wie kamen die Einschusslöcher in das erste Auto? Haben Sie die Insassen nach Waffen untersucht?

QUELLENVERZEICHNIS

1. National Center for Injury Prevention and Control: WISQARS injury mortality reports, 1999–2007. Quelle: http://webappa.cdc.gov/sasweb/ncipc/mortrate10_sy.html. Letzter Zugriff: 4.12.2009.
2. National Highway Traffic Safety Administration. National statistics. Quelle: www.fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx. Letzter Zugriff: 4.12.2009.
3. National Center for Injury Prevention and Control: WISQARS nonfatal injury reports. Quelle: <http://webappa.cdc.gov/sasweb/ncipc/nfirates2001.html>. Letzter Zugriff: 4.12.2009.
4. Rogers CD, Pagliarello G, McLellan BA, Nelson WR: Mechanism of injury influences the pattern of injuries sustained by patients involved in vehicular trauma. *Can J Surg* 34(3):283–286, 1991.
5. Simon BJ, Legere P, Emhoff T, et al.: Vehicular trauma triage by mechanism: avoidance of the unproductive evaluation. *J Trauma* 37(4):645–649, 1994.
6. Hernandez IA, Fyfe KR, Heo G, Major PW: Kinematics of head movement in simulated low velocity rear-end impacts. *Clin Biomech* 20(10):1.011–1.018, 2005.
7. Parenteau C: Far-side occupant kinematics in low speed lateralsled. *Traffic Inj Prev* 7(2):164–170, 2006.
8. Kumaresan S, Sances A, Carlin F, et al.: Biomechanics of side impact injuries: evaluation of seat belt restraint system, occupant kinematics and injury potential. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 1:87–90, 2006.
9. Siegel JH, Yang KH, Smith JA, et al.: Computer simulation and validation of the Archimedes Lever hypothesis as a mechanism for aortic isthmus disruption in a case of lateral impact motor vehicle crash: a Crash Injury Research Engineering Network (CIREN) study. *J Trauma* 60(5):1.072–1.082, 2006.
10. Horton TG, Cohn SM, Heid MP, et al.: Identification of trauma patients at risk of thoracic aortic tear by mechanism of injury. *J Trauma* 48(6):1.008–1.013; discussion 1.013–1.014, 2000.
11. Dyer DS, Moore EE, Ilke DN, et al.: Thoracic aortic injury: how predictive is mechanism and is chest computed tomography a reliable screening tool? A prospective study of 1.561 patients. *J Trauma* 48(4):673–682; discussion 682–683, 2000.
12. National Highway Traffic Safety Administration: Traffic safety facts 2008. Quelle: www.nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811160.pdf. PDF. Letzter Zugriff: 4.12.2009.
13. National Highway Traffic Safety Administration: Traffic safety facts crash stats. Quelle: www.nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811153.pdf. PDF. Letzter Zugriff: 5.12.2009.
14. Lindquist MO, Hall AR, Bjornstig UL: Kinematics of belted fatalities in frontal collisions: a new approach in deep studies of injury mechanism. *J Trauma* 61(6):1.506–1.516, 2006.
15. Siegel AW: Automobile collisions, kinematics and related injury patterns. *Calif Med* 116(2):16–22, 1972.
16. American College of Surgeons (ACS) Committee on Trauma: Advanced trauma life support course, Chicago, 2002, ACS.
17. Wade CE, Ritenour AE, Eastridge BJ, et al.: Explosion injuries treated at combat support hospitals in the Global War on Terrorism. In Elsayed N, Atkins J, eds: *Explosion and blast related injuries*, Philadelphia, Elsevier, 2008.
18. Champion HR, Baskin T, Holcomb JB: Injuries from explosives. In McSwain NE et al., editors: *National Association of Emergency Medical Technicians: PHTLS basic and advanced prehospital trauma life support: military edition*, ed 2, St Louis, 2006, Mosby.
19. Department of Defense Directive: Medical research for prevention, mitigation, and treatment of blast injuries, Number 6025.21E, July 5, 2006. Quelle: www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&docname=GetTRDoc.pdf&GetTRDocId=GetTRDocId&docid=602521.htm. Letzter Zugriff: 15.4.2008.
20. Gutierrez de Ceballos JP, Turégano-Fuentes F, Perez-Diaz D, et al.: 11 March 2004: The terrorist bomb explosions in Madrid, Spain – an analysis of the logistics, injuries sustained and clinical management of casualties treated at the closest hospital. *Crit Care* 9:104–111, 2005.
21. Gutierrez de Ceballos JP, Turégano Fuentes F, et al: Casualties treated at the closest hospital in the Madrid, March 11, terrorist bombings. *Crit Care Med* 2005;33(1 Suppl):S107–112.
22. Avidan V, Hersch M, Armon Y, et al.: Blast lung injury: clinical manifestations, treatment, and outcome. *Am J Surg* 2005;190:927–931.
23. Leibovici D, Gofrit ON, Stein M, et al.: Blast injuries: bus versus open-air bombings – a comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. *J Trauma* 1996;41:1.030–1.035.
24. Ritenour AE, Wickley A, Ritenour JS, et al.: Tympanic membrane perforation and hearing loss from blast overpressure in Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom wounded. *J Trauma* 64:S174–178, 2008.
25. Zalewski T: Experimentelle Untersuchungen über die Resistenzfähigkeit des Trommelfells. *Z Ohrenheilkunde* 52:109, 1906.
26. Helling ER: Otologic blast injuries due to the Kenya embassy bombing. *Mil Med* 169:872–876, 2004.
27. Nixon RG, Stewart C: When things go boom: blast injuries. *Fire engineering*, May 1, 2004. Quelle: www.fireengineering.com/articles/article_display.html?id=204602. Letzter Zugriff: 15.4.2008

KAPITEL

3

Beurteilung von Patient und Einsatzstelle

| | | | | | |
|------------|--|----|-------------|--|----|
| 3.1 | Bewertung der Einsatzstelle | 56 | 3.5.3 | Kopf | 82 |
| 3.1.1 | Belange der Sicherheit | 57 | 3.5.4 | Hals | 83 |
| 3.1.2 | Belange der Situation | 64 | 3.5.5 | Thorax | 83 |
| 3.1.3 | Patienteneinschätzung | 70 | 3.5.6 | Abdomen | 84 |
| | | | 3.5.7 | Becken | 84 |
| 3.2 | Prioritätenfest legen | 72 | 3.5.8 | Rücken | 84 |
| | | | 3.5.9 | Extremitäten | 84 |
| 3.3 | Initiale Beurteilung des Patienten (Primary Survey) | 73 | 3.5.10 | Neurologische Untersuchung | 84 |
| 3.3.1 | Erster Eindruck (General Impression) | 73 | 3.6 | Definitive Behandlung vor Ort | 85 |
| 3.3.2 | Schritt A – Airway Management & Cervical Spine Stabilization (Atemwegsmanagement & HWS-Stabilisierung) | 74 | 3.6.1 | Rettung | 85 |
| 3.3.3 | Schritt B – Breathing/Ventilation (Belüftung der Lungen/Beatmung [Ventilation]) | 75 | 3.6.2 | Transport | 85 |
| 3.3.4 | Schritt C – Circulation (Hemorrhage & Perfusion) (Kreislauf [Blutungskontrolle & Perfusion]) | 75 | 3.6.3 | Triageschema | 85 |
| 3.3.5 | Schritt D – Disability (Defizite der neurologischen Funktionen) | 77 | 3.6.4 | Transportdauer | 87 |
| 3.3.6 | Schritt E – Expose/Environment (Entkleideten Patienten untersuchen/Erhalt von Körperwärme) | 78 | 3.6.5 | Transportmethode | 87 |
| 3.4 | Reanimation | 79 | 3.7 | Monitoring und Neubeurteilung des Patienten | 87 |
| 3.4.1 | Limitierte Interventionen an der Einsatzstelle | 79 | 3.8 | Kommunikation | 87 |
| 3.4.2 | Transport | 79 | 3.9 | SpezielleÜb erlegungen | 88 |
| | | | 3.9.1 | Misshandlung | 88 |
| | | | 3.9.2 | Traumatischer Herz-Kreislauf-Stillstand | 88 |
| 3.5 | Erweiterte Beurteilung (Secondary Survey) des Patienten | 80 | 3.10 | LängererT ransport | 89 |
| 3.5.1 | Vitalzeichen | 81 | 3.10.1 | Belange des Patienten | 90 |
| 3.5.2 | Anamnese nach dem SAMPLE-Schema | 82 | 3.10.2 | Besatzung | 90 |
| | | | 3.10.3 | Material | 90 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- potenzielle Gefahren für die Sicherheit von Patienten, Umstehenden und First Respondern, die an allen Einsatzstellen auftreten können, zu benennen,
- potenzielle Gefahren zu benennen, die an speziellen Einsatzstellen immer auftreten können, z. B. bei einem Verkehrsunfall (VU),
- Sicherheitsaspekte an der Einsatzstelle, der vorliegenden Situation und der auf den Traumapatienten einwirkenden

Kinematik einzubeziehen, um Entscheidungen hinsichtlich des Vorgehens zu treffen,

- ein angemessenes Vorgehen zu beschreiben, um potenzielle Gefahren zu entschärfen,
- bei einer Vielzahl von Verletzten bis hin zum Massenanfall von Verletzten (MANV) unter Einbeziehung der Situationen „Gefahrstoffunfall“ und „Massenvernichtungswaffen“ Triage-Entscheidungen auf der Basis von Patientenbeurteilungen zu treffen.

Fallbeispiel 1

Sie werden zu einem Unfall mit einem Tanklastwagen alarmiert. Als Sie ausrücken, bemerken Sie, dass es gerade zu schneien begonnen hat. Der Leitstellendisponent teilt Ihnen mit, dass der Tankerfahrer bewusstlos sein soll und aus einer Kopfwunde stark blutet. Darüber hinaus hat ein Zeuge ge-

meldet, dass Flüssigkeit aus dem Fahrzeug auf die Straße läuft. Was haben Sie bei Ankunft am Einsatzort zu berücksichtigen, bevor Sie den Patienten untersuchen?

Welche Gedanken machen Sie sich hinsichtlich der Einsatzstelle?

Fallbeispiel 2

Sie werden in einer Samstagnacht um 4:00 Uhr geweckt, um zu einem „Sturz vom Balkon aus dem 3. Stock“ auszurücken. Auf dem Weg zum Einsatzort registrieren Sie, dass die Außentemperatur 10 °C beträgt. Die Leitstelle teilt Ihnen mit, dass die Person Zeugen zufolge zunächst bewusstlos war, jetzt aber wieder wach ist. Bei der Ankunft stellen Sie bei der Einschätzung der Einsatzstelle keine Gefahren fest. Anwesende berichten, dass der Mann „oben“ bei einer Party gefeiert und etwas Alkohol zu sich genommen habe. Die Leute berichten, dass der Patient scheinbar mit den Füßen zuerst aufgekommen sei und er für „mehrere Minuten“ das Bewusstsein verloren habe. Bei Annäherung an den Patienten, einem jungen Mann, positionieren Sie sich an seinem Kopf und stellen fest, dass er wach ist. Sie führen eine manuelle

Inline-Stabilisierung der HWS durch. Durch Befragen stellen Sie fest, dass der Patient in erster Linie über Schmerzen in den Füßen und im Rücken klagt. Neben der Feststellung der Beschwerden dienen die Fragen auch dem Zweck, die Atemtätigkeit des Patienten einzuschätzen. Da keine Atemnot besteht, führen Sie die Befragung fort, während Ihr Kollege die Vitalwerte des Patienten ermittelt. Der Patient kann die Fragen angemessen beantworten und zeigt damit, dass er zur Person, dem Ort und den Ereignissen orientiert ist.

Welche Probleme würden Sie bei diesem Patienten besonders erwarten, wenn Sie die Kinematik eines Unfalls „Sturz aus großer Höhe“ einbeziehen? Welches sind Ihre nächsten Schritte? Wie werden Sie diesen Patienten weiter behandeln?

Für First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte gelten die folgenden drei Prioritäten bei Ankunft an einer Einsatzstelle:

1. Die oberste Priorität für jeden, der es mit einem Unfallgeschehen zu tun bekommt, ist die Beurteilung der Einsatzstelle. Diese beinhaltet die eigene Sicherheit und die Beurteilung dessen, was dort genau passiert ist. Aus der aktuellen Situation ergeben sich die Maßnahmen zur Sicherheit des Rettungsteams und des Patienten sowie zur Behandlung des Patienten. Die Bewertung von Sicherheitsaspekten und der Situation kann, basierend auf Informationen des Leitstellendisponenten, bereits auf der Anfahrt begonnen werden. Eine weitere Einschätzung erfolgt beim Erreichen der Einsatzstelle und des Patienten durch den First Responder und den Rettungsdienst. Die noch offenen Fragen, die zum jetzigen Zeitpunkt der Einschätzung der Einsatzstelle bestehen, müssen erst kommuniziert werden, bevor mit der individuellen Beurteilung der Patienten begonnen wird. In manchen Situationen, zum Beispiel bei gewaltsamen Auseinandersetzungen oder in taktischen Situationen (z. B. bei Polizeieinsätzen, Amoklagen), wird dies noch bedeutsamer und kann die Art und Weise, wie der Patient versorgt werden kann, grundsätzlich verändern.

2. Nachdem die Beurteilung der Einsatzstelle durchgeführt wurde, kann die Aufmerksamkeit auf die individuelle Patientenbeurteilung gelenkt werden. Die Bewertung der Einsatzstelle beinhaltet eine verkürzte Form der Triage, sodass die am schwersten verletzten Patienten als Erstes beurteilt werden. Die Prioritäten werden in der folgenden Reihenfolge gesetzt: 1. Bedingungen, die möglicherweise den Verlust des Lebens zur Folge haben, 2. Bedingungen, die möglicher-

weise den Verlust von Gliedmaßen zur Folge haben, und 3. alle anderen Bedingungen, die weder das Leben noch Gliedmaßen gefährden.

3. Wenn in den Unfall mehr als ein Patient verwickelt ist, wird er entweder als Unfall mit mehreren Patienten oder als ein Massenanfall von Verletzten (MANV) klassifiziert. Bei einem MANV (oder z. B. in Schleswig-Holstein GröNo, größeres Notfallereignis) verschiebt sich die Priorität von der Konzentration auf den am schwersten verletzten Patienten hin zur Rettung der größtmöglichen Anzahl von Patienten; das heißt, es geht darum, einen größtmöglichen Nutzen für eine größtmögliche Anzahl von Patienten zu erzielen. Die Triage wird im letzten Abschnitt dieses Kapitels behandelt.

3.1 Bewertung der Einsatzstelle

Die Patientenbeurteilung beginnt lange, bevor der First Responder oder das Rettungsteam beim Patienten eintrifft. Die Leitstelle startet den Prozess durch die Beschaffung der ersten Auskünfte über den Notfall und den Patienten, basierend auf Augenzeugenberichten oder Informationen, die andere Rettungsteams oder die Polizei, die zuerst am Unfallort waren, gesammelt haben. Der Prozess der Informationssammlung beginnt sofort mit der Ankunft am Notfallort. Bevor der First Responder Kontakt zu den Patienten aufnimmt, kann er den Vorfall abschätzen, indem er

1. sich einen Überblick über die Einsatzstelle mit Fokus auf die Sicherheit verschafft,
2. nach Ursachen und Auswirkungen des Unfalls schaut und

3. auf Familienangehörige und Schaulustige achtet. Ein Großteil der Verletzungen der Patienten kann, beruhend auf dem Verständnis der Kinematik und deren Auswirkungen, vorhergesagt werden.

Wenn man sich die Zeit nimmt, sich mental auf eine Alarmierung vorzubereiten, und die grundlegende Kommunikation zwischen den Teampartnern einübt, kann dies den Unterschied zwischen einer gut organisierten Einsatzstelle oder einer feindseligen Konfrontation (u.U. mit körperlichen Übergriffen) ausmachen. Gute Beobachtungs-, Wahrnehmungs- und Kommunikationsfähigkeiten sind dafür die besten Werkzeuge.

Der äußere Schein einer Einsatzstelle bewirkt einen Eindruck, der die gesamte Einschätzung beeinflusst; dafür ist eine korrekte Auswertung ausschlaggebend. Eine Fülle an Informationen ist durch einfaches Sehen, Hören und Katalogisieren so vieler Informationen wie möglich zu erfassen, einschließlich des Verletzungsmechanismus, der gegenwärtigen Situation und dem besonders wichtigen Aspekt der Sicherheit.

Ebenso wie sich die Verfassung des Patienten verändert, kann sich auch die Notfalllage vor Ort verbessern oder verschlechtern. Den Einsatz erstmals zu bewerten, sodann aber die weitere Entwicklung nicht neu einzuschätzen, kann zu erheblichen Konsequenzen für das Team und den oder die Patienten führen.

Die Bewertung der Einsatzstelle beinhaltet die folgenden zwei Hauptaspekte:

1. Sicherheit Der wichtigste Aspekt beim Erreichen der Einsatzstelle ist stets die Sicherheit des eingesetzten Personals und der sonstigen Einsatzkräfte. Rettungsversuche sollten nicht von Personen vorgenommen werden, die in den Arbeitstechniken ungeübt sind. Wenn Einsatzkräfte selber zum Opfer werden, sind sie nicht mehr in der Lage, anderen verletzten Personen zu helfen. Somit wird die Anzahl der Patienten vergrößert und die Zahl der Helfer entsprechend vermindert. Die Patientenbehandlung darf erst nach der Absicherung der Einsatzstelle begonnen werden. Die Sicherheit an der Einsatzstelle bezieht sich nicht nur auf die First Responder, sondern auch auf die Patienten. Im Allgemeinen sollten Patienten aus gefährlichen Situationen in sichere Bereiche verbracht werden, bevor mit der Beurteilung und Behandlung begonnen wird. Bedrohlich für die Sicherheit der Patienten und des First Responders sind Feuer, Strom, explosive oder sonstige gefährliche Stoffe, einschließlich Blut oder Körperflüssigkeiten, Straßenverkehr, Flutwasser, Waffen (z. B. Pistolen, Messer) und andere Umgebungsbedingungen. Es kann sich auch noch ein Angreifer am Notfallort aufhalten und den Patienten, das eingesetzte Personal oder Dritte schädigen. Die Art und Weise, wie der Patient behandelt werden sollte, kann sich durch die Bedingungen an der Einsatzstelle drastisch verändern. So kann etwa eine Explosion in der Industrie oder die Freisetzung von Chemikalien die Einsatzstelle extrem gefährlich machen. Rettungskräfte müssen dann die Art der Patientenversorgung stark anpassen (**> Kap. 1**).

2. Situation Die Einschätzung der Situation folgt auf die Einschätzung der Sicherheit. Was ist wirklich an der Einsatzstelle passiert? Warum wurde Hilfe gerufen? Was war der Verletzungsmechanismus (Kinematik) und welche Belastungen und Kräfte führten zu den Verletzungen des Opfers (**> Kap. 2**)? Wie viele Personen sind betroffen und wie alt sind sie? Werden weitere Rettungskräfte zur Behandlung und zum Transport benötigt? Ist die Feuerwehr erforderlich? Werden anderes Personal oder andere Mittel benötigt (z. B. die Polizei, Energieunternehmen)? Bedarf es speziellen Befreiungs- oder Rettungsequipments? Ist ein Hub-schraubertransport notwendig? Wird ein Notarzt benötigt? Könnte ein medizinisches Problem der initiiierende Faktor sein, der zum Trauma geführt hat (z. B. ein Verkehrsunfall, der durch den Herzinfarkt eines Fahrers verursacht wurde)? Die Ergebnisse bezüglich Sicherheit und der Situationsanalyse haben signifikante Überschneidungen; viele Themenfelder rund um die Sicherheit stehen in enger Verbindung zu bestimmten Situationen, und bestimmte Situationen werfen erhebliche Sicherheitsrisiken auf. Diese Aspekte werden in den folgenden Abschnitten im Detail behandelt.

3.1.1 Belange der Sicherheit

Verkehrssicherheit

Die meisten Ersthelfer und Rettungsdienstmitarbeiter, die jedes Jahr verletzt oder getötet werden, sind in Verkehrsunfälle verwickelt.¹ Obwohl der Großteil dieser Fälle durch direkte Kollisionen mit Einsatzfahrzeugen während der Anfahrt zur Einsatzstelle geschieht, ereignet sich doch ein Teil dieser Verletzungen und Todesfälle während der Arbeit bei Verkehrsunfällen. In den Vereinigten Staaten verursachten Verkehrsunfälle im Jahr 2003 mehr als 1,9 Millionen Rettungseinsätze.² Im Jahr 2009 gab es in Deutschland bei Verkehrsunfällen



Abb. 3.1 Viele Faktoren, z. B. die Wetterlage, können bei einem Verkehrsunfall für die Verletzung oder Tötung einer Einsatzkraft eine Rolle spielen. First Responder sollten diese Bedingungen erkennen und angemessen reagieren. (Foto: Stefan Dönitz)

68.567 schwerverletzte Personen und 329.104 Leichtverletzte (Quelle: Bundesamt für Statistik; www.destatis.de).

Viele Faktoren können bei einem Verkehrsunfall für die Verletzung oder Tötung einer Einsatzkraft verantwortlich sein (► Abb. 3.1). Manche Faktoren, wie beispielsweise die Wetterlage (z. B. Schnee, Eis, Regen, Nebel) und Straßenbeschaffenheit (z. B. Landstraßen, Feldwege), können nicht beeinflusst werden. Dennoch können die First Responder diese Bedingungen erkennen und angemessen reagieren, um die Situationen zu entschärfen.³

3 Wetter- und Lichtbedingungen

Viele Rettungseinsätze aufgrund von Verkehrsunfällen finden bei ungünstigen Wetterverhältnissen und bei Nacht statt. Diese Wetterbedingungen variieren je nach geografischer Lage und Jahreszeit. In vielen Gegenden muss in den Wintermonaten mit Eis und Schnee gerechnet werden, dagegen in Küsten- und Berggebieten mit Nebel. Starke Regenfälle kommen fast überall vor und die Auswirkungen von Sandstürmen wiederum nur in speziellen Regionen. Nahender Verkehr kann möglicherweise nicht rechtzeitig stoppen, um geparkten Einsatzfahrzeugen oder Ersthelfern am Unfallort auszuweichen, oder sieht diese möglicherweise nicht rechtzeitig.

Straßenbeschaffenheit

Autobahnen und Schnellstraßen haben in städtischen Gebieten zu großem Verkehrsaufkommen geführt. Wenn ein Unfall passiert, bringen der entstehende Umleitungsverkehr und „Gaffer“ gefährliche Situationen für die Helfer mit sich. Die Behörden sperren Autobahnen oftmals nur zögerlich und bemühen sich, den Verkehrsfluss aufrechtzuerhalten. Obwohl es den Anschein haben mag, dass weitere Gefahren für die Einsatzkräfte entstehen, kann dies möglicherweise zusätzliche Auffahrunfälle durch die folgenden Fahrzeuge verhindern.

Landstraßen weisen andere Probleme auf. Obwohl das Verkehrsaufkommen hier viel geringer ist als auf städtischen Straßen, bringt eine windige, schmale und bergige Beschaffenheit einer Landstraße bei der Annäherung an den Unfallort kurze Sichtdistanzen für die Fahrer mit sich. Landstraßen werden oft weniger gut instand gehalten als Stadtstraßen. Dies führt zu rutschigeren Verhältnissen, auch lange nachdem Unwetter bereits vorübergezogen sind. Nichtsahnende Fahrer werden dadurch überrascht. In abgelegenen Gebieten können Schnee, Eis oder Nebel, welche die ursprünglichen Verkehrsunfälle verursacht haben, die Anfahrt der Rettungskräfte behindern und zu schlechten Bedingungen für andere nahende Fahrer führen.

Vorbeugende Maßnahmen

Es wäre am sichersten, Verkehrsunfälle nur bei Tageslicht und an heiteren Tagen anzufahren, doch leider müssen Rettungsdienste zu jeder Tageszeit und bei allen Witterungsverhältnissen ausrücken. Allerdings können Schritte unternommen wer-

den, um das Risiko zu vermindern, während der Arbeit bei einem Verkehrsunfall selbst zum Opfer zu werden. Das Sicherste ist es, sich erst gar nicht auf der Straße aufzuhalten, besonders nicht auf Schnellstraßen. Die Anzahl der Personen am Unfallort sollte zu jeder Zeit nur so hoch sein wie zur Erledigung der Aufgaben unbedingt notwendig. Wenn sich zur Versorgung eines einzelnen Patienten drei Rettungsmittel und ein Führungsfahrzeug am Unfallort aufhalten, erhöht sich die Gefahr dramatisch, dass ein Helfer durch ein vorbeifahrendes Fahrzeug verletzt wird. **Auch wenn viele Alarm- und Ausrückeordnungen bei Einsätzen auf Bundesstraßen/Autobahnen mehrere Rettungsmittel vorsehen, sollten alle, bis auf das ersteintreffende Fahrzeug, in gewissem Abstand abgestellt werden, sofern sie nicht sofort benötigt werden.**

Der Platz des Equipments im Einsatzfahrzeug spielt ebenfalls eine Rolle für die Sicherheit. Das Material sollte so platziert sein, dass es entnommen werden kann, ohne in den fließenden Verkehr treten zu müssen. Die Tür zum Patientenraum des Rettungswagens ist üblicherweise auf die Leitplanken ausgerichtet. Dadurch, dass das Material, das typischerweise bei Verkehrsunfällen benötigt wird, in Fächern auf dieser Fahrzeugseite bevoorraet wird, können die Helfer aus dem fließenden Verkehr herausgehalten werden.

Reflektierende Kleidung

In den meisten Fällen, in denen Helfer von herannahenden Fahrzeugen erfasst wurden, sagten die Fahrer aus, dass sie die Rettungskräfte auf der Straße nicht gesehen hätten. Zu diesem Zwecke hat der Bundesverband der Unfallkassen in Deutschland eine verbindliche Regelung zur persönlichen Schutzausrüstung im Rettungsdienst erlassen (GUV-R 2106, siehe <http://regelwerk.unfallkassen.de/regelwerk/index.jsp>). Im Falle eines Schadens und möglicher Forderungen an die Berufsgenossenschaften wird zur Beurteilung auf diese Regelwerk zurückgegriffen. Es ist somit keine „Kann“-, sondern eine „Muss“-Vorschrift und unbedingt einzuhalten [Anm. d. Übers.].

Fahrzeugpositionierung und Warnvorrichtungen

Die Parkposition der Einsatzfahrzeuge an der Einsatzstelle ist von größter Wichtigkeit. Die für die Ordnung des Raumes zuständige Einsatzkraft sollte sicherstellen, dass die nachfolgenden Fahrzeuge so geparkt werden, dass die Helfer bestmöglich geschützt sind. Für das zuerst eintreffende Fahrzeug ist es entscheidend, sich an die „Unfall-Linie“ zu halten (► Abb. 3.2). Die Platzierung des Rettungswagens hinter der Unfallstelle wird zwar das Einladen des Patienten nicht erleichtern, die Rettungskräfte und die Patienten werden aber somit vor dem restlichen nahenden Verkehr geschützt. Wenn weitere Rettungsfahrzeuge hinzukommen, sollten sie generell auf der Straßenseite des Unfallgeschehens platziert werden. Sie sollten weiter entfernt vom Unfallort geparkt werden, um den ankommenden Fahrzeugen eine höhere Warnzeit zu gewähren.



Abb. 3.2 Die korrekte Position des Rettungsfahrzeugs (Aus: McSwain N, Paturas J: *The basic EMT*, 2. Aufl., St. Louis, 2003, Mosby)



Abb. 3.3 Platzierung von Pylonen zur Verkehrsumleitung (Aus: Henry M, Stapleton E: *EMT prehospital care*, 3. Aufl., St. Louis, 2004, Mosby)

Scheinwerfer, besonders das Fernlicht, sollten ausgeschaltet werden, damit entgegenkommende Fahrer nicht geblendet werden, es sei denn, die Strahler werden zum Ausleuchten der Unfallstelle genutzt. Die Anzahl der Warnlichter sollte gut abgeschätzt werden; zu viele Lichter führen nur zur Verwirrung der entgegenkommenden Fahrer. In vielen Gebieten werden Warnzeichen mit der Aussage „Unfall voraus“ verwendet, um den Fahrern eine großzügige Warnzeit zu gewähren. Reflexionspylonen sind eine gute Möglichkeit, den unmittelbaren Verkehrsfluss von der Fahrspur abzuleiten, die von den Einsatzdiensten eingenommen wird (► Abb. 3.3).

Wenn der Verkehr umgeleitet werden muss, sollte dies von den Polizeibehörden oder von speziellen Fachkräften für den Straßenverkehr vorgenommen werden. Wenn verwirrende oder widersprüchliche Anweisungen an die Fahrer gegeben werden, führt dies nur zu weiteren Verkehrsrisiken. Am besten ist es, wenn der Verkehr nicht behindert wird und der normale

Verkehrsfluss um die Einsatzfahrzeuge herum beibehalten werden kann. Baustellen bieten ein Beispiel für funktionierenden Verkehrsfluss um eine Behinderung herum. Diese Verkehrsbelange können meistens auf die gleiche Art und Weise behandelt werden; First Responder sollten Baustellen beobachten, um zu verinnerlichen, wie der Verkehrsfluss an Unfallstellen besser funktionieren kann.

Gewalttätigkeit

First Responder, Rettungssanitäter, Rettungsassistenten und Notärzte müssen daran denken, dass jeder Notruf potenziell geeignet ist, sie in ein emotional geladenes Umfeld zu führen. Manche Einsatz- und Rettungsdienste haben Vorschriften, denen zufolge die Rettungskräfte erst eine (potenziell) gewalttätige Einsatzstelle betreten dürfen, wenn die Polizei vor Ort ist. Auch eine Einsatzstelle, die harmlos erscheint, birgt das Potenzial, sich in eine gefährliche Situation zu verwandeln. Daher muss man stets aufmerksam sein, um eine Änderung der Situation wahrzunehmen. Der Patient, die Familie oder auch Augenzeugen des Vorfalls sind möglicherweise nicht in der Lage, die Situation rational zu begreifen. Diese Personen können den Eindruck haben, dass die Anfahrtszeit zu lange war, sie können auf Wörter oder Handlungen überempfindlich reagieren oder die „übliche“ Methode der Patientenversorgung miss verstehen. Es ist wichtig, ein sicheres und professionelles Auftreten zu wahren und dabei Respekt und Interesse zu demonstrieren, um das Vertrauen des Patienten zu gewinnen und die Kontrolle über den Einsatz zu erlangen.

Es ist weiterhin wichtig, dass das Einsatzpersonal sich selbst darin übt, einen Einsatz zu „überwachen“ und nicht einfach nur zu betrachten. Es sollte die Fähigkeit erlernen, die Anzahl der Personen und deren jeweiligen Standort bei Eintreffen am Notfallort, die Bewegungen von Passanten zum Notfallort hin oder von diesem weg, Zeichen für Stress oder Anspannung, unerwartete oder abnormale Reaktionen auf die Präsenz des Rettungsteams oder andere „Bauchgefühle“ zu registrieren. Auf die Hände muss besonders geachtet werden, außerdem insbesondere auf ausgebeulte Hosentaschen oder weite Kleidung, in denen sich leicht Waffen verstecken lassen. Auch unangepasste Kleidung, wie etwa das Tragen eines Mantels bei warmem Wetter, sollte Aufmerksamkeit erregen.

Wenn eine sich entwickelnde Gefahr erkannt wird, ist sofort das Verlassen des Notfallorts vorzubereiten. Die Sicherheit der Rettungskräfte hat oberste Priorität. Stellen Sie sich folgende Situation vor: Sie und Ihr Kollege befinden sich im Wohnzimmer der Wohnung Ihres Patienten. Während Ihr Kollege den Blutdruck des Patienten misst, erscheint eine anscheinend betrunzte Person aus dem hinteren Bereich der Wohnung. Sie wirkt verärgert und aus ihrem Hosenbund ragt etwas heraus, das wie ein Pistolengriff aussieht. Ihr Partner bemerkt die Person nicht, da seine Aufmerksamkeit auf den Patienten gerichtet ist. Die verdächtige Person fragt Sie zu dem Grund Ihrer Anwesenheit und ist offenbar über Ihre Einsatzbekleidung und

die Abzeichen verärgert. Ihre Hand gleitet zum Hosenbund hin und wieder weg. Sie beginnt umherzugehen und etwas zu murmeln. Wie können Sie und Ihr Kollege sich auf derartige Situationen vorbereiten?

Umgang mit aggressiven Situationen

Bevor das Tagesgeschäft beginnt und man zu Einsätzen ausrückt, ist es erforderlich, dass die First Responder sich darüber austauschen, wie sie mit aggressiven oder unruhigen Patienten umgehen wollen. Ungeeignet ist, wenn man sich erst Gedanken über das Vorgehen macht, während die Situation bereits anläuft. Die Kollegen können ihre Tätigkeit in direkte Arbeit am Patienten und Arbeiten im Hintergrund unterteilen, genauso gut können auch verabredete Schlüsselwörter oder Handsignale für kritische Situationen vereinbart werden.

Die **Aufgabe der Einsatzkraft am Patienten** ist es, die Patienteneinschätzung zu leiten. Der andere Kollege hält sich im Hintergrund, bis er gebraucht wird, und beobachtet das Geschehen, wirkt auf die Familie oder Passanten ein, sammelt wichtige Informationen und bereitet eine bessere Zugangs- und Rückzugsmöglichkeit vor. Im Wesentlichen überwacht er das Umfeld und „hält seinem Partner den Rücken frei“.

Ein verabredetes **Schlüsselwort** oder **Handsignal** erlaubt den Partnern, Bedrohungen mitzuteilen, ohne dass andere etwas davon mitbekommen. In vielen Situationen werden Anspannung und Angst sofort vermindert, wenn der aufmerksame Mitarbeiter damit beginnt, auf den Patienten einzuwirken und ihn einzuschätzen.

Wenn jedoch beide Helfer all ihre Aufmerksamkeit auf den Patienten konzentrieren, kann das Notfallszenario schnell gefährlich werden und frühe Hinweise (oder auch Möglichkeiten, sich zurückzuziehen) können übersehen werden. Es gibt verschiedene Vorgehensweisen in einem Szenario, das gefährlich geworden ist, wie z. B. folgende:

1. „Nicht da sein“ Wenn ein Notfall in einem bekanntmaßen gewalttätigen Umfeld angefahren wird, sollte man an einem sicheren Ort verweilen, bis der Einsatzort durch die Polizei gesichert und die Freigabe zum Anrücken gegeben wurde.

2. Rückzug Wenn sich beim Eintreffen am Notfallort Gefahren zeigen, sollte man sich auf angemessene Art und Weise zum Fahrzeug zurückziehen und den Notfallort verlassen. Man sollte dann an einem sicheren Ort abwarten und beispielsweise die Polizei benachrichtigen.

3. Zerstreuung Wenn ein Notfallgeschehen während der Patientenversorgung gefährlich wird, sollten durch geschickte verbale Zerstreuung die Anspannung und Aggression reduziert werden (während der Vorbereitung des Rückzugs).

4. Verteidigung Als **letzten Ausweg** können es der First Responder, Rettungsassistent oder Notarzt für erforderlich halten, sich zu verteidigen. Es ist entscheidend, dass solches Vorgehen nur zur „Befreiung oder Flucht“ zulässig ist. Man sollte nicht versuchen, eine aggressive Partei zu verfolgen oder außer Gefecht zu setzen. Man sollte sicherstellen, dass

die Polizei informiert wurde und unterwegs ist. Noch einmal: Die Sicherheit aller Mitglieder des Rettungsteams hat oberste Priorität.

Durch Blutkontakt übertragbare Erreger

Bevor AIDS in den frühen 1980er-Jahren bekannt wurde, schenkten Arbeitnehmer im Gesundheitswesen dem Austritt von Blut oder anderen Körperflüssigkeiten wenig Beachtung. Trotz der Kenntnis, dass über Blut bestimmte Hepatitis-Viren übertragen werden konnten, sahen First Responder, Rettungsdienstmitarbeiter und andere in der medizinischen Versorgung Beschäftigte oft im Kontakt mit Patientenblut eher eine Belästigung als ein berufliches Risiko. Wegen der hohen Todesraten unter den HIV-Infizierten, der Identifizierung des HI-Virus (humanes Immundefizienzvirus) als Ursache von AIDS und dem Bewusstsein, dass das HI-Virus über Blut übertragen wird, nahm man unter den Arbeitnehmern im Gesundheitswesen den Patienten deutlich mehr als potenziellen Überträger von Krankheiten wahr. Die TRBA 250 (Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 250) wurde entwickelt, um Richtlinien und Verhaltensregeln für Arbeitnehmer im Gesundheitswesen vorzugeben. Ein Ziel ist, die Auswirkungen von Krankheiten, die durch Blutkontakt übertragen werden, einschließlich HIV und Hepatitis, zu minimieren. Die primären Infektionen, die durch Blut übertragen werden, sind Hepatitis B (HBV), Hepatitis C (HCV) sowie HIV. Obwohl insbesondere durch das HI-Virus die Besorgnis in Bezug auf Infektionen zunahm, sollte man sich unbedingt vergegenwärtigen, dass eine Hepatitis-Infektion viel einfacher erworben werden kann und man deutlich weniger infektiöses Material zu einer Infektion benötigt als bei HIV. Darüber hinaus beinhaltet die Hepatitis eine hohe Mortalitätsrate und es existiert keine spezifische Therapie.

Epidemiologische Daten zeigen, dass sich Arbeitnehmer im Gesundheitswesen viel leichter mit über Blutkontakt übertragbaren Krankheiten anstecken als die Patienten vom medizinischen Personal. Blutkontakte finden typischerweise über die Haut oder die Schleimhäute statt. Eine **Exposition durch die Haut** hindurch findet statt, wenn jemand eine Stichwunde durch einen kontaminierten scharfen Gegenstand, z. B. eine Nadel oder ein Skalpell, erleidet. Dies beinhaltet das Risiko einer Übertragung sowohl durch die kontaminierte Nadel als auch durch darin befindliches infiziertes Blut, das in die Verletzung gelangt. Eine Exposition über die **Schleimhaut** ist typischerweise weniger das Ergebnis einer Übertragung, sondern resultiert aus einer Einwirkung von Blut auf verletzte Haut, etwa bei einer leichten Gewebsverletzung (z. B. Abschürfung, oberflächliche Kratzwunde) oder auf Haut in einem bestimmten Zustand (z. B. Akne) bzw. findet z. B. über die Bindegewebe des Auges statt.

Hepatitis-Virus

Hepatitis kann durch Nadelstiche oder über die Schleimhäute übertragen werden.

Obgleich mehrere Hepatitis-Viren bekannt sind, spielen das Hepatitis-B-Virus (HBV) und das Hepatitis-C-Virus (HCV) bei den Blutkontakte unter den Beschäftigten im Gesundheitswesen eine entscheidende Rolle. Das Hepatitis-Virus verursacht eine akute Leberentzündung (**> Kasten 3.1**). Die Inkubationszeit, das ist die Zeit zwischen Ansteckung und dem Auftreten der Symptome, beträgt in der Regel 60 bis 90 Tage. Bis zu 30 % der HBV-Infizierten können einen asymptomatischen Verlauf zeigen.

Eine Immunisierung gegen HBV ist mit einem Impfstoff, der vom Hepatitis-B-Oberflächenantigen (HbsAg) stammt, möglich.⁴ Vor der Entwicklung dieses Impfstoffs wurden jährlich über 10.000 Beschäftigte im Gesundheitswesen mit HBV infiziert und mehrere Hundert starben jedes Jahr, entweder an schwerer Hepatitis oder an Komplikationen einer chronischen HBV-Infektion. Die OSHA (Occupational Safety & Health Administration) verlangt von den Arbeitgebern, dass sie den Angestellten, die in einem gefährdeten Umfeld tätig sind, den HBV-Impfstoff zur Verfügung stellen. In Deutschland gibt es die Empfehlungen der Ständigen Impfkommission am Robert Koch-Institut (STIKO) sowie die einschlägigen Vorschriften der Berufsgenossenschaft. Es besteht aufseiten der Mitarbeiter keine Pflicht, sich impfen zu lassen, aber eine Angebotspflicht durch den Arbeitgeber. Lässt sich ein Mitarbeiter allerdings nicht impfen, kann es sein, dass sein Einsatz in einem gefährdeten Bereich, also z. B. dem Rettungsdienst, nicht mehr möglich ist. Jeder Rettungsdienstmitarbeiter aber auch First Responder sollte also gegen HBV geimpft sein. Beinahe jeder, der die drei vorgeschriebenen Impfungen bekommen hat, bildet Antikörper gegen das HbsAg. Die Immunität kann durch einen Nachweis dieser Antikörper im Blut belegt werden. Wenn ein Beschäftigter im Gesundheitswesen vor Erreichen einer Immunität mit möglicherweise HBV-infiziertem Blut in Kontakt kommt (z. B. wenn noch nicht alle drei Impfungen vorgenommen wurden), kann ein passiver Schutz vor HBV mittels Hepatitis-B-Immunglobulin (HBIG) mit der Verwaltung abgestimmt werden. Im Moment ist kein Globulin oder Impfstoff zum Schutz der Angestellten im Gesundheitswesen gegen das HCV verfügbar; dies unterstreicht die Wichtigkeit der Einhaltung von Vorsichtsmaßnahmen.

3.1 Hepatitis

Die klinischen Anzeichen einer Hepatitis sind Schmerzen im rechten Oberbauch, Ermüdung, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen und Veränderungen der Leberfunktionen.

Ein Ikterus, eine gelbliche Färbung der Haut, entsteht durch einen erhöhten Bilirubinwert im Blut. Obwohl sich die meisten Menschen ohne ernsthafte Probleme von der Hepatitis erholen, entwickelt ein kleiner Prozentsatz fulminante akute hepatische (d. h. von der Leber herrührende) Fehlfunktionen, die sogar zum Tod führen können. Eine signifikante Anzahl derer, die sich erholen, wird zu permanenten Trägern des Virus, wodurch ihr Blut das Virus übertragen kann. Wie beim HBV reichen die Folgen einer Infektion mit dem HCV von einem milden asymptomatischen Verlauf bis hin zu Leberversagen und Tod. Die Inkubationszeit des HCV ist etwas kürzer als beim HBV, in der Regel 6 bis 9 Wochen. Chronische HCV-Infektionen sind viel häufiger als bei HBV und ca. 80–85 % derer, die sich mit HCV infizieren, entwickeln anhaltende abnormalen Leberfunktionen, was sie für Leberkrebs

anfällig macht. Hepatitis C wird primär durch Blut übertragen, während die Übertragung bei HBV durch Blut und Sexualverkehr erfolgt. Ungefähr zwei Drittel der Drogenabhängigen, die sich ihre Drogen intravenös injizieren, sind bereits HCV-infiziert. Bevor Blutspenden regelmäßig auf HBV und HCV getestet wurden (in Deutschland wird seit 1970 ein HbsAg-Screening durchgeführt), waren Bluttransfusionen die Hauptursache für eine Infektion mit dem Hepatitis-Virus.

Humanes Immundefizienzvirus – HIV

Nach einer Infektion richtet sich das HIV gegen das Immunsystem seines neuen Wirts. Nach einer Weile sinkt die Anzahl bestimmter Arten von weißen Blutkörperchen dramatisch. Dadurch entsteht eine individuelle Anfälligkeit, die zu ungewöhnlichen Infektionen oder Krebs führt (**> Kasten 3.2**).

Nur ca. 0,3 % (etwa 1 von 300) der Nadelstichverletzungen mit HIV-kontaminiertem Blut führen zu einer Infektion, verglichen mit einem Anteil von 23 bis 62 % (1 von 4 bis etwa 1 von 2) bei Kontakt mit HBV-infizierten Nadeln. Der Anteil von HCV-Infektionen liegt mit 1,8 % (1 von 50) dazwischen. Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Anteile ist die relative Konzentration der Viruspartikel, die sich im infizierten Blut befinden. Allgemein enthält HBV-positives Blut 100 Millionen bis 1 Milliarde Viruspartikel pro Milliliter, wohingegen HCV-positives und HIV-positives Blut 1 Million bzw. 100 bis 10.000 Partikel pro Milliliter enthält. Das Risiko einer Infektion erscheint höher bei einer größeren Menge an Blut, bei Kontakt mit Blut von Patienten in einem weiter fortgeschrittenen Stadium der Krankheit, bei tiefen perkutanen Verletzungen oder durch eine mit Blut gefüllte Kanüle. HIV wird in erster Linie durch infiziertes Blut oder Sperma übertragen, aber auch Scheidensekret, Pleura-, Herzbeutel- und Bauchfellflüssigkeiten sowie Liquor gelten als potenziell infektiös. Sofern kein Blut beigegeben ist, werden Tränen, Urin, Schweiß, Fäkalien und Speichel generell als nichtinfektiös angesehen.

3.2 Humanes Immundefizienzvirus

Die humanen Immundefizienzviren sind Retroviren [Anm. d. Übers.]. Zwei Serotypen des HIV wurden identifiziert. HIV-1 ist für nahezu alle AIDS-Fälle in den Vereinigten Staaten und Äquatorialafrika verantwortlich, während HIV-2 fast nur in Westafrika gefunden wurde. Obgleich die ersten Opfer von AIDS männliche Homosexuelle, Drogensüchtige und Hämophiliikerne („Bluter“) waren, ist HIV heute bei vielen jugendlichen und erwachsenen Heterosexuellen zu finden. Am schnellsten wächst die Zahl der Erkrankten in gesellschaftlichen Randgruppen. Der Screening-Test für HIV ist sehr empfindlich und falsch positive Ergebnisse kommen gelegentlich vor. Jeder positive Screening-Test sollte durch ein spezifischeres Verfahren bestätigt werden (z. B. Elektrophorese mit anschließendem Western Blot, ein Verfahren zum Nachweis von spezifischen Proteinen).

Wenn die Patienten eine dieser opportunistischen Infektionen oder Krebsgeschwüre bekommen, wird aus dem HIV-Positiven ein AIDS-Erkrankter. Im letzten Jahrzehnt wurden viele Fortschritte bei der Behandlung der HIV-Krankheit gemacht, in erster Linie durch die Entwicklung neuer Arzneimittel, die ihre Auswirkungen bekämpfen. Durch können viele HIV-Infizierte ein relativ normales Leben führen, weil das Fortschreiten der Krankheit drastisch verlangsamt wurde.

Obwohl Beschäftigte im Gesundheitswesen üblicherweise mehr auf mögliche HIV-Infektionen achten, da deren Prognose generell tödlich ausfällt, sind sie einem höheren Risiko einer Infektion mit HBV oder HCV ausgesetzt. Seit 2001 wird das Risiko, sich bei einer Bluttransfusion mit HIV, HBV oder HIV zu infizieren, mit ca. eins zu einer Million eingeschätzt. Nach Schätzungen von UNAIDS lebten 2010 weltweit 33,3 Millionen Menschen mit einer HIV-Infektion oder AIDS (Quelle: Deutsche Aids-Hilfe, Anm. d. Übers.). Zwei Millionen mit dem HI-Virus lebende Teenager (10–19 Jahre) waren im Jahr 2010 erfasst (Quelle: UNAIDS).

Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen

3

Nicht alle Patienten, die für die Beschäftigten im Gesundheitswesen eine potentielle Gefahr darstellen, können durch klinische Untersuchungen identifiziert werden. Daher wurden allgemeine Vorsichtsmaßnahmen entwickelt, um die Beschäftigten im Gesundheitswesen vor direktem Kontakt mit Blut oder Körperflüssigkeiten (z. B. Speichel, Erbrochenes) zu schützen. Es existieren verbindliche Regelwerke für Arbeitgeber und ihre Beschäftigten, welche allgemeine Vorsichtsmaßnahmen für den Arbeitsplatz enthalten. In Deutschland sind dies die Unfallverhützungsvorschriften (UVV) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) oder die BGV der Berufsgenossenschaften. Diese Vorsichtsmaßnahmen beinhalten physikalischen Schutz vor Blut und anderen Körperflüssigkeiten wie auch sichere Arbeitsweisen mit Kanülen und anderen scharfen Gegenständen. Da Traumapatienten häufig auch äußere Blutungen aufweisen und Blut eine hochinfektiöse Körperflüssigkeit ist, muss eine persönliche Schutzausrüstung während der Patientenversorgung getragen werden.

Physikalische Schutzmaßnahmen

Handschuhe

Handschuhe sollten generell getragen werden, vor allem wenn verletzte Haut, Schleimhäute oder Regionen berührt werden müssen, die mit größeren Mengen Blut oder Körperflüssigkeiten kontaminiert sind. Da Handschuhe während der Patientenversorgung leicht beschädigt werden können, sollten sie regelmäßig inspiziert und bei einem Problem sofort gewechselt werden (> Abb. 3.4). Bei großem Infektionsrisiko können auch zwei Paar übereinander getragen werden.

Mundschutz und Gesichtsschutz

Ein Mundschutz schützt die Mundschleimhaut der Beschäftigten im Gesundheitswesen vor infektiösen Stoffen. Mundschutz bzw. Gesichtsschutz sollten umgehend gewechselt werden, sobald sie feucht oder verschmutzt sind.

Augenschutz

Ein Augenschutz muss in Situationen getragen werden, in denen Tröpfchen infektiöser Flüssigkeiten umherspritzen können, z. B. im Rahmen des Atemwegsmanagements bei einem Patienten mit Blut im Oropharynx. Normale Brillen werden als unzureichend angesehen, da ihnen der seitliche Schutz fehlt.



Abb. 3.4 Die persönliche Schutzausrüstung für First Responder und Rettungsdienstpersonal sollte mindestens aus Handschuhen, Mundschutz und einem Augenschutz bestehen. (Aus: Chapleau W: Emergency first responder, St. Louis, 2004, Mosby)

Schutzkittel

Schutzkittel aus Plastik, die als Einmalartikel verfügbar sind, bieten den besten Schutz. Sie können allerdings im rettungsdienstlichen Umfeld unbequem und unpraktisch sein. Ein Schutzkittel oder sonstige Schutzkleidung sollten umgehend gewechselt werden, sobald sie deutlich verschmutzt sind.

Wiederbelebungsmaterial

Beschäftigte im Gesundheitswesen sollten Zugang zu Beatmungsbeuteln mit Maske oder anderen entsprechenden Hilfsmitteln haben, um einen direkten Kontakt mit Speichel, Blut oder Erbrochenem des Patienten zu vermeiden.

Waschen der Hände

Das Waschen der Hände ist ein fundamentales Prinzip bei der Einschränkung von Infektionen. Die Hände sollten bei Kontamination mit Blut oder Körperflüssigkeiten mit Seife und fließendem Wasser gereinigt werden. Alkoholische Hautdesinfektionsmittel sind nützlich, um die Übertragung von Infektionen zu vermeiden. Bei deutlichen Verschmutzungen sind sie allerdings nicht empfehlenswert, obwohl sie einen gewissen Reinigungseffekt und Schutz in Situationen gewähren, in denen kein Zugriff auf Seife und fließendes Wasser besteht. Nach dem Ausziehen von Schutzhandschuhen sollten die Hände entweder mit Wasser und Seife gereinigt oder einem alkoholischen Hautdesinfektionsmittel desinfiziert werden.

Schutz vor Stichverletzungen

Wie bereits zuvor angemerkt, führt ein perkutaner Kontakt mit Patientenblut oder anderen Körperflüssigkeiten zu einem hohen Infektionsrisiko für die Beschäftigten im Gesundheitswesen. Häufig werden perkutane Kontakte durch Stichverletzungen durch kontaminierte Injektionsnadeln oder andere scharfe/spitze Gegenstände verursacht. Versuchen Sie, unnötige scharfe oder spitze Gegenstände zu beseitigen. Versuchen Sie niemals, eine benutzte Kanüle wieder in die Schutzkappe zu-

rückzustecken („Recapping“), und etablieren Sie Sicherheitsprodukte (► Kasten 3.3).

3.3 Schutz vor Stichverletzungen

Mitarbeiter als First Responder oder solche im Rettungsdienst unterliegen einem hohen Infektionsrisiko durch Verletzungen mit Injektionsnadeln oder anderen scharfen Gegenständen. Folgende Strategien zielen auf eine Verminderung dieses Risikos ab:

- Benutzen Sie Sicherheitsprodukte wie Sicherheitskanülen (mit Kanülenschutzschild), Sicherheitsskalpelle mit integriertem Klingenschutzschild oder Lanzetten, die sich nach der Punktation sofort durch den integrierten Autoretraktionsmechanismus in das Gehäuse zurückziehen.
- Benutzen Sie „nadelfreie“ i. v. Zugangssysteme, die sich nach der Medikamentenverabreichung automatisch schließen.
- Stecken Sie Kanülen oder andere scharfe Gegenstände nicht in die Schutzkappe zurück.
- Stecken Sie kontaminierte Kanülen nach Gebrauch umgehend in durchstichfeste Kanülenentsorgungsboxen, statt sie erst abzulegen.
- Bevorzugen Sie, wo möglich, industriell vorgefüllte Medikamentenspritzen, anstatt die Medikamente aus einer Ampulle aufzuziehen.
- Stellen Sie einen schriftlichen Plan für den Fall einer Exposition auf und stellen Sie sicher, dass alle Mitarbeiter ihn kennen.
- Führen Sie ein Verbandbuch gemäß BG-Vorschrift ein.

Umgang mit dem beruflichen Risiko

In den Vereinigten Staaten wird von der OSHA verlangt, dass jeder Betrieb im Gesundheitswesen für die Angestellten einen Plan erstellt, wie mit dem beruflichen Risiko einer Exposition mit Blut oder Körperflüssigkeiten umzugehen ist. In Deutschland gibt es dafür Richtlinien der Berufsgenossenschaften. Jede Exposition sollte gründlich dokumentiert werden, dies beinhaltet auch die Verletzungsart und die Beurteilung eines ausreichenden Impfschutzes. Falls ein Beschäftigter im Gesundheitswesen einen perkutanen bzw. Schleimhautkontakt mit Blut oder eine Verletzung mit einem scharfen kontaminierten Gegenstand erlitt, zielen die Bemühungen darauf ab, eine bakterielle Infektion (inklusive Tetanus) sowie HBV und HCV zu verhindern. Derzeit ist für HCV keine prophylaktische Behandlung empfohlen oder erhältlich. In ► Kasten 3.4 wird eine typische Postexpositionsprophylaxe (PEP) nach einer Exposition mit Blut oder anderen Körperflüssigkeiten beschrieben.

3.4 Postexpositionsprophylaxe

Nach einem perkutanen bzw. Schleimhautkontakt mit Blut oder anderen potenziell infektiösen Körperflüssigkeiten sind folgende Maßnahmen einer Postexpositionsprophylaxe (PEP) angebracht (in Deutschland: Empfehlungen vom Robert Koch-Institut [RKI], www.rki.de/):

1. Schutz vor bakterieller Infektion
 - a. Reinigen Sie die verschmutzten Stellen mit einer antibakteriellen Seife und Wasser. Betroffene Schleimhäute (Augen, Mund) sollten sehr großzügig mit Wasser gespült werden.
 - b. Verabreichen Sie eine Tetanusimpfung, falls diese länger als fünf Jahre zurückliegt.

2. Bestimmte Laboruntersuchungen werden sowohl beim betroffenen Mitarbeiter als auch bei dem „verursachenden“ Patienten (sofern bekannt) durchgeführt.

- a. Mitarbeiter: Tests auf Hepatitis-B-Virus-Antikörper (HbsAb), Hepatitis-C-Virus (HCV) und humanes Immundefizienzvirus (HIV)
- b. Patient: Hepatitis-B- und Hepatitis-C-Serologie sowie HIV-Test
- 3. Prävention einer Hepatitis-B-Infektion
 - a. Falls Sie noch nicht gegen Hepatitis B geimpft wurden, erfolgt eine simultane Hepatitis-B-Impfung und Verabreichung von Hepatitis-B-Immunglobulin (HBIG).
 - b. Falls die HBV-Impfserie bereits begonnen, aber noch nicht abgeschlossen wurde oder die HBV-Immunisierung bereits komplett ist, wird Hepatitis-B-Immunglobulin (HBIG) dann verabreicht, wenn der HbsAb-Test keinen Antikörperfurnachweis erbringt und die Testung des Patienten eine Infektion mit HBV anzeigen. Eine Verabreichung von HBIG innerhalb von bis zu sieben Tagen nach Exposition mit HBV wird noch als effektiv angesehen.
- 4. Prävention einer HIV-Infektion

Die Notwendigkeit einer Postexpositionsprophylaxe hängt davon ab, auf welchem Weg die Exposition stattfand (perkutan oder über die Schleimhaut), und von der Art und Schwere der HIV-Infektion beim Patienten. Ist der Patient HIV-negativ, ist eine PEP nicht gerechtfertigt, egal auf welchem Weg die Exposition erfolgte. In der Vergangenheit wurde eine PEP, sofern sie empfohlen wurde, auf der Basis zweier Medikamente durchgeführt. Mit der Entwicklung mehrerer antiretroviraler Medikamente hat sich auch die Möglichkeit an Medikamentenkombinationen vervielfältigt. Beinhaltet die Exposition darüber hinaus ein erhöhtes Übertragungsrisiko, ist eine Behandlung mit drei Medikamenten gerechtfertigt. Daher wird empfohlen, dass die Mitarbeiter im Gesundheitswesen sich einem Experten vorstellen, damit dieser festlegen kann, welches Behandlungsregime unter den konkreten Rahmenbedingungen das am besten geeignete ist.

Gefahrgut

Für das Rettungsteam besteht eine Abschätzung des Risikos, einem Gefahrstoff ausgesetzt zu werden, nicht nur darin, ein Umfeld zu bewerten, in dem das Potenzial für eine solche Exposition ganz offensichtlich ist. Gefahrstoffe sind in der modernen Welt weit verbreitet: Fahrzeuge, Gebäude und auch Wohnungseinrichtungen besitzen Gefahrstoffpotenzial. Aus diesem Grund benötigen alle Einsatzkräfte eine Schulung, um einen minimalen Kenntnisstand darüber zu erlangen.

In den USA gibt es vier verschiedene Ausbildungsstufen in Hinblick auf den Umgang mit Gefahrgut.

- **Bewusst machen** ist die erste von vier Trainingsstufen für die Mitarbeiter in den USA. Diese erste Stufe stellt den Mindestkenntnisstand dar.
- Die nächste Stufe umfasst den **Einsatz**; diese Helfer sind für die Festlegung von Begrenzungen und Sicherheitszonen ausgebildet, um die Ausbreitung des Ereignisses einzudämmen. Das Einsatz-Training ist für alle Mitarbeiter ein nützliches Hilfsmittel, wie eine Kontrolle des Ereignisses erreicht werden kann.

- Die nächste Stufe ist die des **Technikers**. Techniker sind darin ausgebildet, in der gefährdeten Umgebung tätig zu werden und die Freisetzung von Gefahrstoffen zu stoppen.
- Die höchste Stufe ist die des **Spezialisten**. Dieser fortgeschrittene Level vermittelt dem Mitarbeiter die Fähigkeiten, bei Gefahrgutunfällen Anweisungen zu geben und andere Kräfte zu beraten („hazmat“, HazMat). Diese Aufgabe übernimmt in den meisten europäischen Ländern die Feuerwehr, unterstützt durch entsprechende Fachberater.

Die Sicherheit am Einsatzort ist der erste Teil des Herangehens an jeden Patienten und jeden Notfallort. Ein wichtiger Schritt zur Bestimmung der Sicherheitslage am Einsatzort ist das Abschätzen, ob ein potenzielles Risiko durch einen Gefahrstoff besteht. Die Einschätzung der potenziellen Gefahren sollte mit der Einsatzmeldung beginnen. Die Informationen, die durch die Einsatzmeldung gegeben werden, können starke Verdachtshinweise geben. Zusätzliche Informationen können auf der Anfahrt erfragt werden.

Sobald am Einsatzort gefährliche Stoffe festgestellt wurden, muss die Hauptkonzentration darauf gerichtet werden, den Einsatzort zu sichern und Hilfe anzufordern, um den Einsatzort sicher zu isolieren und die Patienten zu dekontaminieren. Die allgemeine einfache Regel ist: „Wenn der Einsatzort nicht sicher ist, dann mache ihn sicher.“ Wenn man den Einsatzort nicht sichern kann, muss man Hilfe anfordern. Das Emergency Response Guidebook (ERG), herausgegeben vom U.S. Department of Transportation, kann zur Identifizierung von potenziellen Gefahren genutzt werden. Dieses Buch nutzt ein einfaches System, das die Identifikation eines Stoffes durch seinen Namen oder eine Warntafel (orangegefärbte Warntafel) regelt. Das Handbuch verweist den Leser dann auf eine Anleitungsseite, die grundlegende Informationen über Sicherheitsabstände für die eingesetzten Kräfte, Lebens- und Brandgefahren sowie die wahrscheinlichen Beschwerden der Patienten beinhaltet. Im deutschsprachigen Raum erfüllen Systeme wie die Kemmler-Zahl diese Funktion. Die Warntafeln sollten mit Ferngläsern gelesen werden. Können die Tafeln ohne Sehhilfen gelesen werden, kann der First Responder bereits kontaminiert sein.

Bei einem Gefahrgutunfall muss für Sicherheit gesorgt werden: „Niemand rein, niemand raus.“ Der Behandlungsbereich sollte entgegen der Windrichtung, höher gelegen und in sicherer Distanz von der Gefahr errichtet werden. Das Betreten und das Entfernen von der Unfallstelle sollten bis zur Ankunft von Gefahrgutspezialisten verweigert werden. In den meisten Fällen beginnt die Patientenbehandlung dann, wenn der dekontaminierte Patient den eingesetzten Mitarbeitern übergeben wurde.

Für den First Responder ist es wichtig, das Kommandosystem und die Struktur der Arbeitsbereiche bei Gefahrguteinsätzen zu verstehen. Bei der Abarbeitung von Gefahrguteinsätzen wird der Bereich in Zonen eingeteilt.

- **Heiß** Die „heiße“ Zone ist der Bereich der höchsten Kontamination. Diesen Bereich dürfen nur speziell ausgebildete und geschützte Einsatzkräfte betreten. Falls sich Patienten

in diesem Bereich befinden, werden sie von dem Gefahrgutteam herausgebracht.

- **Warm** Durch die nächste, die sogenannte „warme“ Zone, läuft ein Korridor zur Reduktion der Kontamination in die „kalte Zone“, in der die Patienten von dem Gefahrgutteam dekontaminiert werden. Dann werden sie außerhalb der „kalten“ Zone an die Rettungsdienstkräfte übergeben.
- **Kalt** Die Einsatzleitung, der Behandlungs- und der Triage-Bereich befinden sich außerhalb der „kalten“ Zone. (Siehe für weitere Aspekte zum Thema Gefahrgut auch „Masenvernichtungswaffen“, ➤ Kap. 11.)

3.1.2 Belange der Situation

Einsätze in einem kriminellen Umfeld

Leider ist ein beträchtlicher Prozentsatz der Traumapatienten, denen Einsatzkräfte überwiegend in Amerika, Südafrika usw. begegnen, absichtlich verletzt worden, vor allem in städtischer Umgebung. Außer durch Schießereien und Messerstechereien können Patienten auch Opfer von anderen Arten krimineller Delikte geworden sein, wie etwa Schläge mit der Faust oder stumpfen Gegenständen oder einem versuchten Erwürgen. Manchmal wurden die Opfer absichtlich angefahren oder irgendwo heruntergestoßen, was dann zu einem erheblichen Sturz führte. Auch ein Verkehrsunfall kann einen kriminellen Hintergrund haben, wenn etwa einer der Fahrer unter Drogeneinfluss stand, rücksichtslos oder zu schnell fuhr (➤ Abb. 3.5).

Bei der Behandlung solcher Patienten muss mit der Polizei zusammengearbeitet werden. Auch wenn sowohl die First Responder, die Rettungsdienste als auch die Polizei das Ziel verfolgen, Leben zu erhalten, kommen ihre verschiedenen Dienstpflichten bei einem Einsatz mit kriminellem Hintergrund gelegentlich miteinander in Konflikt. First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte konzentrieren sich auf die dringende Notwendigkeit der Kontrolle von Lebenszeichen beim Opfer,



Abb. 3.5 First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte müssen auch Patienten am Ort eines Verbrechens behandeln. Dabei besteht die Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit der Polizei, um Beweise zu sichern. (Aus: McSwain N, Paturas J: The basic EMT, ed 2, St. Louis, 2003, Mosby)

während die Polizei Beweisstücke am Einsatzort sichert oder den Täter an die Justiz übergibt. Die Rettungsteams können bei Kenntnis der Herangehensweise der Polizei an einen Notfall mit kriminellem Hintergrund nicht nur dem Patienten helfen; sie können dabei auch besser mit der Polizei kooperieren, was letztlich zur Festnahme des Angreifers ihres Patienten führen kann.

An Tatorten schwerer Kriminalität (Mord, verdächtige Todesfälle, Raub, Vergewaltigung, Verkehrstote) wird die Polizei meist Beweisstücke sammeln und sichern. Die Beamten erledigen typischerweise folgende Aufgaben:

- eingehende Prüfung des Einsatzortes, um dabei alle Beweismittel zu identifizieren, inklusive Waffen und Patronenhülsen
- Fotografieren des Einsatzortes
- Skizzieren des Einsatzortes
- Erstellen einer Liste von jedem, der den Einsatzort betreten hat
- Einleitung einer gründlicheren Inspektion des gesamten Einsatzortes, um nach potenziellen Beweismitteln Ausschau zu halten
- Suchen und Sammeln von Beweismitteln, die von Fingerabdrücken bis zu Gegenständen mit fraglichen DNA-Spuren (z. B. Zigarettenstummel, Haarsträhnen, Fasern) reichen.

Polizeiermittler glauben, dass jeder, der den Einsatzort betritt, irgendeine Art von Beweismittel mitbringt und möglicherweise unwissentlich etwas vom Einsatzort mitnimmt. Um kriminelle Delikte aufzuklären, ist das Ziel eines Kriminalbeamten, die Beweisstücke zu identifizieren, die durch den Täter hinterlassen oder weggenommen wurden. Um dies zu erreichen, müssen die Ermittler jedes Hinterlassen oder Wegnehmen von Beweisstücken durch andere Polizeibeamte, First Responder, Rettungsdienstpersonal oder andere Personen, die den Einsatzort betreten haben, dokumentieren. Wenn sich First Responder an einem Einsatzort mit kriminellem Hintergrund nachlässig verhalten, kann dies wichtigste Beweisketten unterbrechen, Beweise zerstören oder kontaminieren, wodurch eine kriminalistische Untersuchung behindert wird.

Gelegentlich können First Responder schon vor den Polizeibeamten an einem Einsatzort mit potenziell kriminellem Hintergrund eintreffen. Wenn das Opfer offensichtlich verstorben ist, können die First Responder die Einsatzstelle vorsichtig verlassen, ohne irgendwelche Gegenstände zu berühren, und auf die Beamten warten. Obwohl diese einen unangetasteten Tatort bevorzugen, sehen es die Ermittler ein, dass die First Responder, Rettungsassistenten bzw. Notärzte unter Umständen am Tatort den Körper drehen oder Gegenstände bewegen müssen, um das Opfer zu erreichen und Lebenszeichen festzustellen. Wenn die Einsatzkräfte vor dem Eintreffen der Polizeibeamten einen Patienten transportieren, eine Leiche oder Gegenstände bewegen mussten, überprüfen die Ermittler in der Regel Folgendes:

- Wann wurden die Veränderungen des Tatorts vorgenommen?
- Was war der Zweck des Bewegens?
- Wer hat die Veränderungen vorgenommen?
- Zu welcher Zeit wurde der Tod der Person durch das Rettungsdienstpersonal festgestellt?

Wenn First Responder oder Rettungsdienstbesatzungen einen Tatort vor den Polizeibeamten betreten haben, wollen die Ermittler die Mitarbeiter eventuell befragen und formell eine Erklärung der Einsatzkraft bezüglich ihrer Handlungen und Beobachtungen aufnehmen. Die Helfer sollten aufgrund solcher Nachfragen nie beunruhigt oder ängstlich sein. Es ist nicht Zweck einer solchen Befragung, ihre Handlungen zu kritisieren, sondern Informationen einzuholen, die sich für die Ermittler zur Aufklärung des Falles als hilfreich herausstellen können. Die Ermittler erbitten manchmal auch die Abnahme von Fingerabdrücken des Einsatzpersonals, wenn Gegenstände am Tatort vom Team ohne Handschuhe berührt oder benutzt wurden.

Eine geeignete Behandlung der Patientenkleidung kann wertvolle Beweise liefern. Wenn die Patientenkleidung entfernt werden muss, ist es den Polizeibeamten und Rechtsmedizinern lieber, wenn nicht durch ein von einem Projektil oder einem Messerstich hervorgerufenes Loch geschnitten wird. Wenn die Kleidung durchschnitten wurde, werden die Ermittler fragen, welche Veränderungen an der Kleidung vorgenommen wurden, wer diese vorgenommen hat und was der Grund dafür war. Jedes Kleidungsstück, das entfernt wurde, sollte in eine Papiertüte (kein Plastik) gesteckt und den Ermittlern übergeben werden.

Ein letzter wichtiger Punkt bezüglich der Opfer einer Gewalttat ist der Wert sämtlicher Aussagen, die der Patient während der Behandlung gegenüber dem First Responder macht. Manche Patienten, die erkennen, wie schwer sie verletzt sind, erzählen, wer ihnen diese Verletzungen zugefügt hat. Diese Informationen sollten dokumentiert und an die Ermittler weitergegeben werden.

Massenvernichtungswaffen

Die Reaktion auf einen Gefahrguteinsatz, wie er bereits dargestellt wurde, umfasst ähnliche Sicherheitsvorkehrungen wie bei einem Einsatz, der mit Massenvernichtungswaffen (MVW) in Verbindung steht.

Jeder Einsatz, bei dem es viele Opfer gibt oder bei dem gemeldet wurde, dass eine Explosion vorangegangen, sollte zwei Fragen aufwerfen:

- 1. Hat der Einsatz mit Massenvernichtungswaffen zu tun?**
- 2. Könnte es eine Sekundärwaffe geben, um möglichst viele Einsatzkräfte zu schädigen?**

Besonders wenn sich viele Opfer über ähnliche Symptome beklagen oder ähnliche Befunde zeigen, sollte über Massenvernichtungswaffen nachgedacht werden (für weitere Einzelheiten).

Die First Responder müssen beim Eintreffen an solchen Einsatzorten extrem vorsichtig vorgehen und dem Drang widerstehen, sich auf die Behandlung der krächtesten Patienten zu konzentrieren.⁵ Dieses natürliche Verhalten der Helfer führt nur zu einem Anstieg der Opferzahlen. Stattdessen können sich die Rettungsteams dem Einsatzort von einer dem Wind

abgewandten Position aus nähern, einen Moment abwarten und schauen bzw. hören, ob sie Anzeichen für einen Vorfall mit Massenvernichtungswaffen erkennen können. Offensichtlichem Austritt an nassem oder trockenem Material sowie sichtbaren Dämpfen oder Rauch sollte ausgewichen werden, bis die Eigenschaften des Materials festgestellt wurden. Eingeschlossene oder umschlossene Räume sollten niemals ohne geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) betreten werden.

Sobald ein Einsatz von Massenvernichtungswaffen in Betracht gezogen wird, müssen die First Responder alle Schritte des Eigenschutzes vornehmen. Dazu gehört die Nutzung der PSA, welche der Funktion der jeweiligen Einsatzkraft entsprechen muss. Die Information, dass es sich um einen Unfall mit Massenvernichtungswaffen handeln könnte, sollte zur Leitstelle weitergegeben werden, um alle sich auf der Anfahrt befindenden Einheiten zu warnen. Bereiche für zusätzliches Material, Sanitäter und Hubschrauber sollten auf der vom Wind abgewandten Seite und in sicherer Entfernung vom Unfallort errichtet werden.

Wenn möglich, sollten der Einsatzort abgesichert und Kontrollzonen (heiß, warm und kalt) festgelegt werden. Außerdem sollte ein Dekontaminationsbereich eingerichtet werden. Sobald die Wirkungsweise des Stoffes festgestellt wurde (chemisch, biologisch oder radioaktiv), kann ggf. das spezifische Antidot oder Antibiotikum angefordert werden.

Einsatzkontrollbereiche

Um die Ausbreitung von Gefahrgut oder Massenvernichtungswaffen zu begrenzen, empfiehlt in Deutschland die Innemi-

nisterkonferenz mit ihren Fachausschüssen die Einrichtung von Kontrollzonen. Das Ziel dieses Konzepts ist es, spezielle Arbeiten in speziellen Bereichen vorzunehmen. Das Festhalten an solchen Prinzipien verringert die Wahrscheinlichkeit der Ausbreitung von Kontaminationen und der Verletzung von Einsatzkräften und Umstehenden.

Die Zonen bestehen in den USA aus drei konzentrischen Kreisen (**> Abb. 3.6**). Die innerste Zone, die **heisse Zone**, umfasst den direkt an den Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfall angrenzenden Bereich. Die Aufgabe der Rettungsdienstmitarbeiter in diesem Bereich ist es, die kontaminierten und verletzten Patienten zu evakuieren, ohne eine Patientenbehandlung durchzuführen. Die nächste Zone, die **warme Zone**, bildet den Bereich, in dem die Dekontamination der Opfer, der Einsatzkräfte und des Materials vorgenommen wird. In dieser Zone besteht die einzige vorzunehmende Patientenbehandlung aus Ersteinschätzung und Immobilisation der Wirbelsäule. Die äußerste Zone, die **kalte Zone**, umfasst den Bereich, in dem die Rettungskräfte und das Equipment vorgehalten werden. Sobald der Patient in die kalte Zone gebracht wird, können die First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter mit der definitiven Behandlung beginnen. In **> Tab. 3.1** sind die sicheren Distanzen für Evakuierungen bei Bombendrohungen aufgelistet. Wenn ein Patient eines Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfalls in ein Krankenhaus oder einen Behandlungsplatz eingeliefert wird, ist es meistens sinnvoll, erneut abzuschätzen, ob der Patient dekontaminiert wurde, und das Konzept dieser Zonen zu übernehmen.

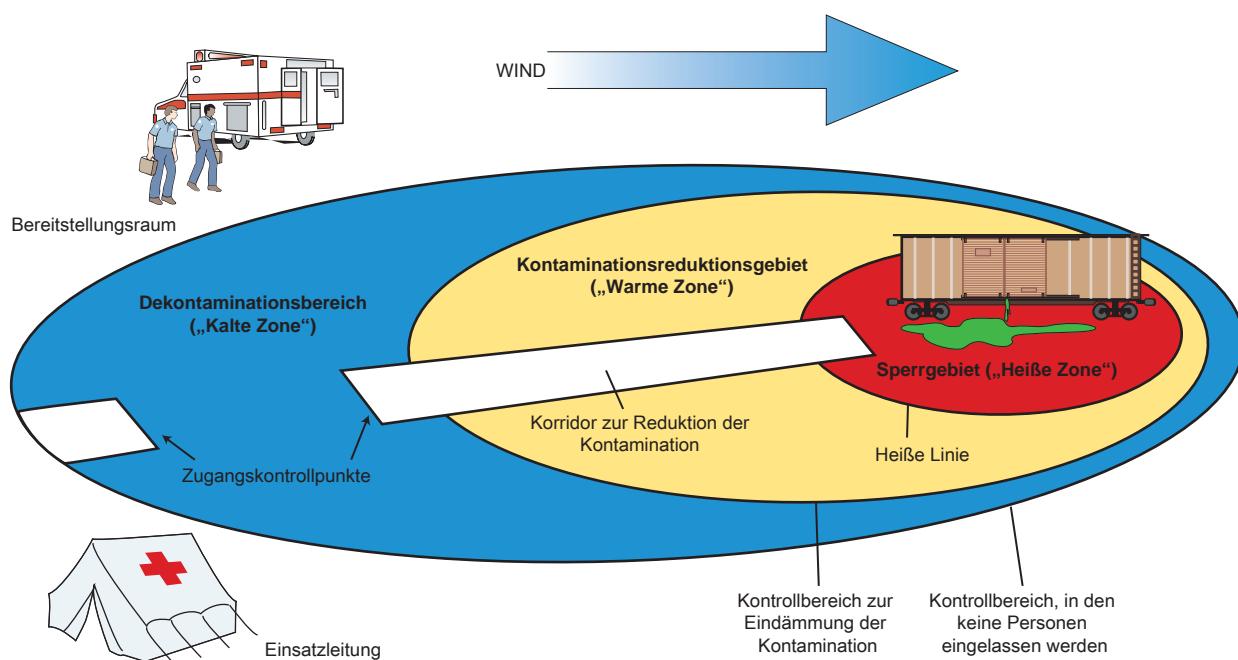


Abb. 3.6 Die Einsatzstelle eines Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfalls wird normalerweise in eine heiße, eine warme und eine kalte Zone eingeteilt. (Aus: Chapleau W: *Emergency first responder*, St. Louis, 2004, Mosby)

Dekontamination

Wenn ein Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfall vorliegt, wird häufig eine Dekontamination der beteiligten Personen erforderlich sein. Unter **Dekontamination** versteht man die Reduktion oder Entfernung gefährlicher chemischer, biologischer oder radioaktiver Substanzen. Die höchste Priorität bei der Behandlung eines kontaminierten Patienten gilt, wie in jedem Notfall, der persönlichen Sicherheit und der an der Einsatzstelle. Wenn in irgendeiner Form fraglich sein sollte, ob weiterhin die Gefahr einer Exposition mit gefährlichen Stoffen existiert, steht die persönliche Sicherheit an allererster Stelle. Hierbei Fehler zu machen, erzeugt nur ein zusätzliches Opfer und entzieht den bereits Verletzten die Kompetenz des Helfers. An zweiter Stelle folgt die Dekontamination des Patienten. Diese minimiert das Expositionsrisiko der Einsatzkräfte während der Untersuchung und Behandlung des Patienten und beugt einer Kontamination des Equipments vor. Dadurch wiederum wird dem Risiko einer weiteren Kontamination anderer Personen durch das kontaminierte Equipment oder kontaminierte Fahrzeuge vorgebeugt.

In den USA bietet die OSHA Richtlinien für die persönliche Schutzausrüstung (PSA) an, die von Rettungskräften während der Notfallbehandlung von Opfern in einer potenziell gefährlichen Umgebung verwendet wird (Deutschland: z.B. berufsge nossenschaftliche Vorschriften oder GUV-Regel 2106 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen im Rettungsdienst“. Download von: www.unfallkasse-berlin.de/res.php?id=10241, letzter Zugriff 13.3.2012). Die einzelne Einsatzkraft, die in einer Umgebung mit unbekannter Gefährdung medizinische Hilfe leistet, muss in einem Mindestmaß trainiert sein, über Level-B-Schutz verfügen und darin geübt sein. Level-B-Schutz beinhaltet Spritzschutz, eine gegen Chemika-

lien resistente Kleidung und ein von der Außenluft unabhängiges Atemschutzgerät.

Wenn die Patienten bei Bewusstsein sind und mithelfen können, ist es angezeigt, ihre Mithilfe zu nutzen und sie einen möglichst großen Teil der Dekontamination selbst durchführen zu lassen, um damit die Wahrscheinlichkeit einer Kontamination der Helfer zu verringern. Kleidung und Schmuck der Patienten sollten so vorsichtig wie möglich entfernt und in Plastiksäcke gesteckt werden. Weiterhin sollte die Kleidung so behutsam transportiert werden, dass Partikel nicht weiter verbreitet werden und keine Flüssigkeiten auf nicht kontaminiertes Personal oder Oberflächen spritzen. Alle Partikel sollten vom Patienten abgewischt werden; danach sollte die Stelle mit reichlich Wasser abgespült werden. Eine Spülung mit Wasser verdünnt die Konzentration des potenziell gefährlichen Materials und wäscht alle restlichen Partikel ab. Ein allgemeiner Grundsatz lautet: „Die Lösung der Verunreinigung ist Verdunung“ („The solution to pollution is dilution“). Für eine erfolgreiche Dekontamination bedarf es einer großen Menge an Wasser. Ein häufiger Fehler von unerfahrenen Einsatzkräften ist, dass sie den Patienten nur so lange mit Wasser abspülen, bis es auf den Fußboden läuft, was normalerweise bereits nach ein oder zwei Litern der Fall ist. Diese Praxis bereitet zwei Probleme: Der Bereich des Körpers, der kontaminiert ist, wurde vergrößert und der gesundheitsschädliche Stoff wurde nicht ausreichend verdünnt, damit keine Gefahr mehr von ihm ausgeht. Die Unterlassung, einen adäquaten Abfluss und die Ableitung der Flüssigkeit einzurichten, kann Verletzungen an vorher unkontaminierten Bereichen des Körpers hervorrufen, wenn sich kontaminierte Spülösung ansammelt.

Neutralisierende Substanzen für chemische Verbrennungen werden üblicherweise gemieden. Oftmals geben die Stoffe im Neutralisationsprozess aufgrund einer exothermen Reaktion

Tab. 3.1 Bombendrohungen: sichere Evakuierungsdistanzen

| | Gefahrenpotenzial | Explosionswirkung (TNT in Kilogramm) | Evakuierungsdistanz für Gebäude (Meter) | Evakuierungsdistanz im Freien (Meter) |
|--|-------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Rohrbombe | 2,25 | 20 | 250 |
| | Aktentasche/Kofferbombe | 22 | 45 | 550 |
| | Kleinwagen | 220 | 100 | 450 |
| | Limousine | 450 | 120 | 520 |
| | Kleintransporter | 1.800 | 200 | 820 |
| | Transporter | 4.500 | 250 | 1.100 |
| | Lkw | 13.500 | 350 | 1.950 |
| | Sattelanhänger | 27.000 | 470 | 2.100 |

(Modifiziert nach: Messier DM: Explosive Prospects: terrorist bombings present multifaceted response challenge, *Homeland response 2* [1], 2004)
Die Angaben sind durch die Umrechnung der amerikanischen Pfund in Kilogramm bzw. Fuß in Meter gerundet.

Hitze ab. Folglich bereitet der wohlwollende First Responder eine thermische Verbrennung zusätzlich zur chemischen Verbrennung. Die meisten käuflich erhältlichen Dekontaminationslösungen sind für die Dekontamination von Material entwickelt worden, nicht aber für Personen.

Sekundärmechanismen

In den Monaten nach dem Bombenattentat bei den Olympischen Sommerspielen 1996 in Atlanta wurden im Bereich der Hauptstadt Atlanta zwei weitere Bombenattentate verübt. Bei diesen Attentaten (an einer Abtreibungsklinik und einem Nachtclub) wurden in den USA erstmals nach 17 Jahren Sekundärbomben gelegt, die vermutlich Rettungskräfte töten sollten, die sich bereits am Notfallort der ersten Explosion befanden. Glücklicherweise wurden die Sekundärmechanismen in beiden Situationen noch vor der Detonation erkannt und es kam zu keinen weiteren Verletzten. Dennoch sollten alle am Rettungseinsatz Beteiligten auf das potenzielle Vorhandensein von Sekundärmechanismen achten. Nach diesen Vorfällen entwickelte die Georgia Emergency Management Agency die folgenden Leitlinien für Einsatzkräfte und die Rettungsdienste, die sich am Einsatzort eines Bombenattentats befinden, an dem möglicherweise Sekundärbomben gelegt wurden⁶:

1. Vermeidung der Nutzung elektronischer Geräte

Schallwellen von Handys oder Radios können eine Sekundärbombe zur Detonation bringen, besonders bei einer Benutzung nahe der Bombe. Auch das Equipment, das Nachrichtensender verwenden, kann eine Detonation auslösen.

2. Garantieren von ausreichenden Abgrenzungen

Die potenzielle Gefahrenzone (heiße Zone) sollte sich auf 300 Meter in alle Richtungen – einschließlich der vertikalen – vom Explosionsort ausdehnen. Solange stärkere Bomben entwickelt werden, wird auch ihr Wirkungskreis immer größer. Die erste Bombenexplosion kann Infrastruktur beschädigen, wie etwa Gas- und Stromleitungen, wodurch die Sicherheit der First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter gefährdet wird. Sowohl der Zutritt wie auch das Verlassen der heißen Zone sollte sorgfältig überwacht werden.

3. Auf eine schnelle Evakuierung der Opfer vom Ort des Geschehens und der heißen Zone hinarbeiten

Da der Ort einer Bombenexplosion für unsicher gehalten wird, sollte die Triage der Opfer nicht in der heißen Zone stattfinden. Die Einsatzleitung (oder der Triagebereich) sollte ca. 600–1.300 Meter vom Ort der ersten Detonation entfernt eingerichtet werden. Die Rettungskräfte können die Opfer schnell mit minimaler Behandlung aus dem Gebiet der Explosion evakuieren, bis sich Opfer und eingesetzte Helfer außerhalb der heißen Zone befinden.

4. Mit den Polizeibehörden bei der Sicherung und Wiederherlangung von Beweisstücken zusammenarbeiten

Die Gebiete von Bombenattentaten stellen Tatorte dar und die First Responder sollten diese nur soweit verändern, wie zur Evakuierung der Opfer nötig. Jedes potenzielle Beweisstück, das unabsichtlich mit einem Opfer vom Tatort entfernt

wurde, sollte dokumentiert und dem Personal der Polizeibehörden übergeben werden, um eine Beweiskette zu sichern. First Responder können exakt dokumentieren, wo sie am Einsatzort waren und welche Gegenstände sie befürchtet haben.

Führungsstruktur

Bei allen Unfällen mit Gefahrgut oder Massenvernichtungswaffen ist unbedingt ein Einsatzkommandosystem einzuhalten, ob formalisiert oder nicht. Wenn das First Responder Team oder das eines Rettungswagens einen Notfall abarbeitet, ist üblicherweise eine Person die Verantwortliche (der Einsatzleiter) und die andere Person die nach einer elementaren Befehlsstruktur Unterstützende. Wenn ein Unfall größer wird und mehr Helfer von verschiedenen öffentlichen Notfall- und anderen Sicherheitsdiensten an einem Einsatzort tätig sind, wird die Notwendigkeit eines formellen Systems und einer formellen Struktur zur Überwachung und Kontrolle eines Einsatzes immer wichtiger.

Incident Command System = Technische Einsatzleitung

Den Begriff „Incident Command System = ICS“ könnte man in Deutschland mit „Technische Einsatzleitung“ oder „Örtliche Einsatzleitung“ übersetzen. Das ICS wurde über Jahre in den USA als Folge eines Planungssystems entwickelt, das genutzt wurde, wenn mehrere Feuerwehren bei Großbränden zusammenarbeiteten.

Der Umgang mit jedem Vorfall, groß oder klein, wird durch genaue Kommandostrukturen verbessert, die das ICS bietet. Im Kern besteht das ICS in der Etablierung von Einsatzleitungen am Notfallort und der anschließenden Zuweisung von Zuständigkeiten. Das zuerst eintreffende Fahrzeug richtet die Einsatzleitung ein und erteilt Weisungen zum Aufbau des Hilfeleistungssystems. Die fünf Schlüsselemente des Hilfeleistungssystems sind:

1. Einsatzleitungen bieten Gesamtkontrolle, sowohl über den Fall als auch über die Kommunikation. Sie koordinieren die Bewegungen der Ressourcen und die Bewegungen der Patienten vom Geschehen weg.
2. Ein sinnvoller Ablauf beinhaltet die Zuweisung von Aufgaben gemäß den taktischen Erfordernissen der jeweiligen Lage. Brandbekämpfung und Rettungsdienst sind Beispiele für Arbeitsteilung.
3. Die Planung ist ein kontinuierlicher Prozess des Abschätzens unmittelbarer und potenzieller Bedürfnisse sowie des weiteren Vorgehens, die sich aus der Lage ergeben. Den ganzen Einsatz hindurch wird dieses Element verwendet, um die Effektivität der Maßnahmen zu bewerten und bei der Abarbeitung der Lage aktuelle Erkenntnisse einfließen zu lassen.

4. Die Logistik hat die Aufgabe, sich Ressourcen anzueignen und diese gemäß den Erfordernissen einzusetzen. Dazu gehören Personal, Unterkünfte, Fahrzeuge und Material.
5. Das Finanzwesen kontrolliert die Gelder. Vertragspartner, Personal und Lieferanten, die ihre Leistungen bei dem Unglücksfall erbringen, werden kontrolliert, sodass die Kosten des Ereignisses festgestellt und die Dienstleister für ihre Waren, Lieferungen, Ausrüstung und Dienstleistungen bezahlt werden können.

Das National Incident Management System

In der Folge der Anschläge vom 11. September 2001 gab es in den USA zahlreiche Entwicklungen. So wurde z. B. das Heimat- schutzministerium (Homeland Security) im Jahre 2002 neu geschaffen. Die Hauptaufgabe ist der Schutz vor terroristischen Bedrohungen. Am 28. Februar 2003 wies George W. Bush das Secretary of Homeland Security durch die Richtlinie HSPD-5 an, ein National Incident Management System (NIMS) zu entwerfen. Dadurch sollte eine einheitliche, für die ganze Nation geltende Herangehensweise auf Bundes-, Länder- und Regionalebene etabliert werden. Ziel war eine effiziente Zusammenarbeit, um sich auf innerstaatliche Vorfälle ungeachtet ihrer Ursache, Größe und Komplexität vorzubereiten, diese abzuarbeiten und sich davon zu erholen. Das Department of Homeland Security setzte das NIMS am 1. März 2004 in Kraft, nachdem sich Arbeitsgruppen, bestehend aus Beamten der Staats- und Regionalregierungen und Abgeordneten der National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT), der Fraternal Order of Police (FOP, der größte Berufsverband US-amerikanischer Polizisten), der International Association of Fire Chiefs (IAFC) und der International Association of Emergency Managers (IAEM) sowie einer großen Auswahl anderer öffentlichen Sicherheitsorganisationen, eingehend mit der Thematik befasst hatten.

Diese Strukturen sind aber auf die Verhältnisse im deutschsprachigen Raum schwer übertragbar. Daher sind die Einzelheiten der speziellen US-amerikanischen Regelungen in dieser Übersetzung des Manuals ausgelassen worden. Für Deutschland sei an dieser Stelle beispielhaft auf die sogenannte DV 100 (Dienstvorschrift 100, „Führung und Leitung im Einsatz“) verwiesen. Diese ist z. B. im Internet verfügbar.

Patienteneinschätzung und Triage

Sobald alle vorrangigen Probleme angegangen wurden, kann der eigentliche Prozess des Einschätzens und Behandelns der Patienten beginnen. Die größte Herausforderung stellt sich einem First Responder, wenn er mit mehreren Opfern konfrontiert wird.

Massenanfälle von Verletzten (MANV) kommen in unterschiedlichem Umfang vor. Die meisten Rettungsassistenten und Notärzte haben schon einmal mit einem Einsatz mit mehr als einem Patienten zu tun gehabt, aber Großschadensereignissen mit Hunderten oder Tausenden von Verletzten begegnet

man zum Glück selten. Triage ist ein französisches Wort und bedeutet „sortieren“. Im präklinischen Bereich wird Triage in zwei verschiedenen Kontexten angewandt:

- 1. Ausreichende Mittel sind zur Behandlung aller Patienten verfügbar.** In dieser Triage-Situation werden die am schwersten verletzten Patienten zuerst behandelt und transportiert, während die weniger schwer verletzten später behandelt und transportiert werden.
- 2. Die Triage wird primär angewendet, wenn es um einen Massenanfall von Verletzten/ein größeres Notfallereignis geht, bei dem die Anzahl der Patienten die sofortige Verfügbarkeit von Ressourcen an der Einsatzstelle übersteigt.** Die Zielsetzung bei einer solchen Triage ist es, das Überleben einer größtmöglichen Zahl von verletzten Personen sicherzustellen. Die Patienten werden in Kategorien bezüglich der Behandlungspriorität eingeteilt. Bei einem Massenanfall von Verletzten muss die Patientenbehandlung zugeteilt werden, weil die Anzahl der Patienten die verfügbaren Ressourcen übersteigt. Relativ wenige First Responder oder gar Rettungsdienstmitarbeiter haben Erfahrungen mit einem Massenanfall von Verletzten mit 80–120 gleichzeitig verletzten Personen gesammelt; einige jedoch mit Vorfällen mit 10–20 Patienten. Die meisten erfahrenen Einsatzkräfte haben Einsätze mit 2–10 Patienten erlebt.

Einsätze, bei denen ausreichend Rettungskräfte und medizinisches Material zur Verfügung stehen, erlauben die vorrangige Behandlung und den Transport der am schwersten verletzten Patienten. Bei einem Massenanfall von Verletzten erfordern die begrenzten Mittel, dass sowohl Patientenbehandlung wie auch -transport an erster Stelle denjenigen zugute kommen, welche die höchste Überlebenschance haben (> Abb. 11.6).

Das Ziel bei einem MANV ist es, der größtmöglichen Patientenzahl den größtmöglichen Nutzen zu gewähren. Es liegt in der Verantwortung des First Responder und Rettungsdienstmitarbeiters, Entscheidungen darüber zu treffen, wer als Erstes zu behandeln ist. Die üblichen Vorgehensweisen zur Lebensrettung sind bei einem Massenanfall von Verletzten nicht anwendbar. Das Vorgehen zielt immer darauf ab, möglichst viele Leben zu retten. Falls jedoch die verfügbaren Mittel nicht für die Bedürfnisse aller gegenwärtig verletzten Patienten ausreichen, sollten diese für die Patienten mit der besten Überlebenschance verwendet werden. Muss man sich bei der Behandlung entscheiden, ob man einen Patienten mit einer lebensgefährlichen Verletzung, wie etwa einem schweren Schädel-Hirn-Trauma, vorzieht oder aber einen Patienten mit einer akuten intraabdominellen Blutung, ist es bei einem MANV der richtige Handlungsweg, vorrangig den Patienten mit der besseren Prognose zu behandeln – das Opfer mit der intraabdominellen Blutung. Den Patienten mit dem schweren Schädel-Hirn-Trauma zuerst zu behandeln, würde voraussichtlich zum Verlust beider Leben führen; der Patient mit dem Schädel-Hirn-Trauma stirbt wahrscheinlich, weil er nicht zu retten ist, und der Patient mit der intraabdominellen Blutung stirbt wahrscheinlich, weil ihm aufgrund der falschen Entscheidung keine Hilfe zur Überbrückung bis zur definitiven chirurgischen Versorgung zuteil wurde.

In einer Triage-Situation bei einem Massenanfall von Verletzten müssen die lebensgefährlich verletzten Patienten mit geringerer Priorität eingestuft werden; die Behandlung wird verzögert, bis mehr Helfer und Mittel verfügbar werden. Das sind schwierige Umstände, aber ein First Responder muss schnell und korrekt agieren. Ein Behandlungsteam sollte keine Bemühungen unternehmen, einen Patienten mit traumatisch bedingtem Herzstillstand wiederzubeleben, da nur eine geringe oder keine Chance zum Überleben besteht, während drei andere Patienten aufgrund von Atemwegsverlegungen oder äußereren Blutungen sterben. Das am häufigsten verwendete Triage-Schema unterteilt die Patienten in fünf Kategorien, basierend auf der benötigten Behandlung und der Überlebenschance. Es stellt sich folgendermaßen dar:

- 1. „Sofortige Behandlung“** Patienten, deren Verletzungen kritisch sind, die aber nur minimal Zeit und Mittel zur Behandlung in Anspruch nehmen und eine gute Überlebenschance haben. Ein Beispiel dafür ist ein Patient mit einer Atemwegsverlegung oder einer massiven externen Blutung.
 - 2. „Verzögerte Behandlung“** Patienten, deren Verletzungen schwächend wirken, aber keine sofortige Behandlung zur Rettung von Leben oder Gliedmaßen benötigen. Ein Beispiel hierfür ist ein Patient mit einer Röhrenknochenfraktur.
 - 3. „Geringverletzt“** Häufig „die laufenden Verletzten“ genannt: Patienten, die geringere Verletzungen haben und deren Behandlung warten kann oder die sogar noch unterstützend tätig werden können, indem sie andere Patienten beruhigen oder beim Tragen helfen.
 - 4. „Abwartende Behandlung“** Patienten, deren Verletzungen so schwer sind, dass sie nur eine minimale Überlebenschance haben. Ein Beispiel hierfür ist ein Patient mit einer 90-prozentigen schweren Verbrennung und einer thermischen Lungenverletzung.
 - 5. „Verstorben“** Patienten, die nicht ansprechbar, ohne Atmung und pulslos sind. Bei einem Massenanfall von Verletzten erlauben die Mittel selten den Versuch einer Reanimation von Personen mit Herzstillstand.
- In ➤ Kasten 3.5 wird das Triage-Schema START vorgestellt, das nur vier Kategorien benutzt: „sofortige Behandlung“, „verzögerte Behandlung“, „gering verletzt“ und „verstorben“.

3.5 START-Triage

Im Jahre 1983 entwickelte Personal des Hoag Memorial Hospitals gemeinsam mit Feuerwehrrettungsassistenten des Newport Beach Fire Departments einen Triage-Ablauf für Ersthelfer: einfache Triage und schnelle Behandlung (**simple triage and rapid treatment – START; ➤ Abb. 3.7**). Dieser Triage-Ablauf wurde entworfen, um kritisch verletzte Patienten rasch und einfach zu erkennen. START führt zu keiner medizinischen Diagnose, aber es beinhaltet eine schnelle und einfach anzuwendende Methode der Patientensichtung.

START benutzt drei einfache Untersuchungsschritte, um diejenigen Opfer zu erkennen, die das größte Risiko aufweisen, an ihren Verletzungen zu versterben. Üblicherweise dauert die

Anwendung 30–60 Sekunden pro Patient. Für START werden keine Hilfsmittel, spezielles medizinisches Equipment oder besondere Kenntnisse benötigt.

Wie funktioniert es? Der erste Schritt besteht darin, alle gehfähigen Patienten in einen ausgewiesenen, sicheren Bereich zu leiten. Falls die Betroffenen gehen und Aufforderungen befolgen können, werden sie als „gering verletzt“ eingestuft. Eine weitergehende Zuordnung zu einer Sichtungskategorie erhalten diese Patienten, sobald weitere Einsatzkräfte eingetroffen sind. Dadurch wird erreicht, dass eine kleinere Anzahl von Opfern verbleibt, die noch von den Einsatzkräften gesichtet werden muss. Die Eselsbrücke „30–2-can-do“ („30–2-kann-machen“; ➤ Abb. 3.8) wird sofort zu Beginn von START angewendet. Die „30“ bezieht sich auf die Atemfrequenz des Patienten, die „2“ auf die Rekapillarisierungszeit und das „kann machen“ bezieht sich auf die Fähigkeit des Patienten, Aufforderungen Folge zu leisten. Jeder gehfähige Patient mit einer Atemfrequenz < 30/min, einer Rekapillarisierungszeit < 2 Sekunden und der Fähigkeit, verbalen Aufforderungen nachzukommen, wird als „gering verletzt“ eingestuft.

Wenn Patienten diese Merkmale zeigen, aber nicht gehfähig sind, werden sie in die Kategorie „verzögerte Behandlung“ eingestuft. Patienten, die bewusstlos sind, eine sehr rasche Atemfrequenz, eine verlangsamte Rekapillarisierungszeit oder einen fehlenden Radialispuls aufweisen, werden der Kategorie „sofortige Behandlung“ zugeordnet. Alle diese Symptome können Ausdruck ernsthafter Verletzungen sein.

An der Seite des Patienten können zwei lebensrettende Maßnahmen durchgeführt werden: Öffnen der Atemwege und die Kontrolle von äußeren Blutungen. Umherstehende oder die „laufenden Verletzten“ können von den First Responder angehalten werden, diese einfachen Maßnahmen durchzuführen. Bei denjenigen Opfern, die nicht atmen, sollte der First Responder den Atemweg öffnen und, falls die Atmung dann einsetzt, den Patienten der Kategorie „sofortige Behandlung“ zuordnen. Eine kardiopulmonale Reanimation sollte nicht angewendet werden. Falls die Atmung bei dem Patienten nicht wieder einsetzt, wird er als „verstorben“ eingestuft.

Eine erneute Triage wird auch dann erforderlich, wenn die Transportkapazitäten an der Einsatzstelle nicht ausreichen, sodass die Patienten dort längere Zeit verweilen müssen. Durch die Anwendung der START-Kriterien werden schwer verletzte Patienten eventuell der Kategorie „verzögerte Behandlung“ zugeordnet. Je länger diese Patienten ohne Behandlung bleiben, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich ihr Zustand verschlechtert. Aus diesem Grunde sind erneute Untersuchung und Triage im zeitlichen Verlauf sinnvoll.

3.1.3 Patienteneinschätzung

Die Beurteilung des Patienten ist der Grundpfeiler für eine hervorragende Behandlung. Sowohl bei Traumapatienten als auch bei anderen kritisch erkrankten Personen bildet die Beurteilung die Grundlage für alle Entscheidungen bezüglich Behand-

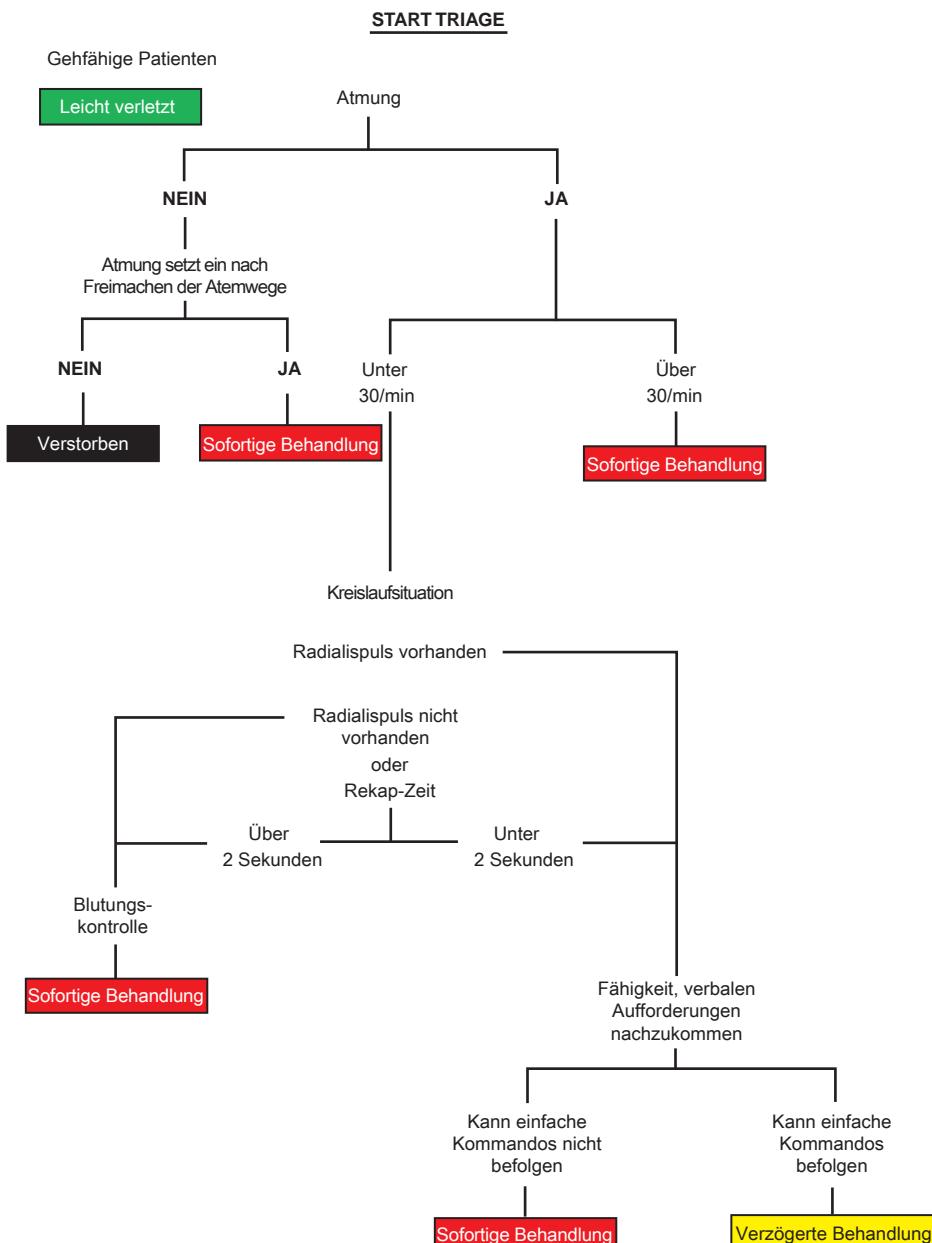


Abb. 3.7 Algorithmus START-Triage (Mit freundlicher Genehmigung des Newport Beach Fire Department, Newport Beach, Calif.)

| | |
|--------------------------|----|
| Atemfrequenz | 30 |
| Rekapillarisierungszeit | 2 |
| Mentaler Status „CAN DO“ | |

Abb. 3.8 Algorithmus START-Triage „30–2-can-do“ (Mit freundlicher Genehmigung des Newport Beach Fire Department, Newport Beach, Calif.)

lung und Transport. Das erste Ziel bei der Beurteilung ist es, den aktuellen Gesundheitszustand des Patienten herauszufinden. Dabei können First Responder, Rettungsfachpersonal und Notärzte einen allgemeinen Eindruck über den Zustand des Patienten gewinnen und die Ausgangslage hinsichtlich Atmung, Kreislauf und neurologischer Situation bestimmen. Lebensbedrohliche Zustände können rasch erkannt und die notwendigen lebensrettenden Maßnahmen durchgeführt werden. Jeglicher Umstand, der Vorsicht erfordert, wird identifiziert, bevor der Patient bewegt wird. Wenn die Zeit es erlaubt, wird eine „erweiterte Untersuchung“ (Secondary Survey) durchgeführt, welche die „nicht lebensbedrohlichen oder gliedmaßenbedrohenden Verletzungen“ im Fokus hat. Oft geschieht dies auch auf dem Transport des Patienten.

All diese Schritte werden schnell und effizient durchgeführt. Das Ziel dabei ist, die Zeit vor Ort zu minimieren. Kritische Patienten können nicht auf der Straße behandelt werden, mit Ausnahme der Maßnahmen, die sie für eine Transportstabilisierung benötigen. Ausnahmen davon sind eingeklemmte Patienten oder andere Umstände, die einen zügigen Transportbeginn verhindern. Bei der Anwendung der in diesem Kurs erlernten Prinzipien kann das Rettungsteam die Zeit an der Einsatzstelle minimieren und den zügigen Transport in eine geeignete Klinik veranlassen. Eine erfolgreiche Einschätzung und Behandlung erfordern ein solides Grundwissen über die Pathophysiologie beim Trauma sowie ein gut durchdachtes Vorgehen, das schnell und effizient durchgeführt werden muss.

Die Literatur über die Behandlung von Traumapatienten betont häufig, dass der Patient ohne Zeitverzögerung in ein Traumazentrum gebracht werden muss. Der Grund dafür ist, dass ein kritischer Patient, der auf die initiale Behandlung nicht reagiert, häufig innere Verletzungen hat. Der Blutverlust wird so lange anhalten, bis die Blutung kontrolliert wird. Im Gegensatz zu den meisten äußeren Blutungen kann die Beherrschung von inneren Blutungen nur im Operationssaal (OP) erfolgen.

Die wichtigsten Aspekte bei der Beurteilung und Behandlung des Traumapatienten sind, in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit:

1. Atemwege
2. Atemtätigkeit
3. Oxygenierung
4. Blutstillung
5. Perfusion
6. neurologische Funktion.

Die aufgezählten Funktionen sind notwendig für eine ausreichende Oxygenierung des Körpers und die Fähigkeit der roten Blutkörperchen (Erythrozyten), die Gewebe mit Sauerstoff zu versorgen. Eine Kontrolle der Blutungen basiert auf einem zügigen Transport in ein Krankenhaus, in dem ein Traumateam sofort bereitsteht, denn auf der Straße hat die Blutungskontrolle nur einen vorübergehenden Charakter und für die definitive Versorgung ist ein Operationssaal erforderlich.

Der Arzt Dr. Adams Cowley hat das Konzept der „goldenen Stunde“ („golden hour“) beim Trauma entwickelt. Er glaubte, dass die Zeit zwischen Unfall und Behandlung sehr entscheidend ist. In dieser Zeitspanne, in der Blutungen nicht kontrollierbar sind, führt die verminderte Gewebeperfusion zu Sauerstoffmangel und somit zu Schäden des Organismus. Wenn nicht innerhalb einer Stunde nach dem Unfall die Blutungen kontrolliert werden können und die Oxygenierung der Gewebe verbessert wird, verschlechtern sich die Überlebenschancen des Patienten massiv.

Die goldene Stunde wird jetzt die „goldene Periode“ genannt, weil einige Patienten weniger als eine Stunde Zeit haben, um die erforderliche Behandlung zu erhalten, während anderen mehr Zeit bleibt. Das Rettungsteam ist verantwortlich dafür, die Dringlichkeit einer Situation zu erkennen und den raschen Transport des Patienten in ein Krankenhaus einzuleiten, in dem die definitive Behandlung durchgeführt werden

kann. Um den Patienten in die geeignete Klinik zu bringen, müssen First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte schnell den Schweregrad der lebensbedrohlichen Verletzungen erkennen. Der Patient erhält vor Ort nur die notwendigen lebensrettenden Maßnahmen. Er sollte dann möglichst schnell in eine geeignete Klinik transportiert werden. In vielen städtischen Rettungssystemen beträgt die durchschnittliche Zeit zwischen Unfall und Ankunft des Rettungswagens an der Einsatzstelle acht bis neun Minuten. Das Rettungsteam benötigt nochmals acht bis neun Minuten, um den Patienten in eine Klinik zu transportieren. Wenn das Team vor Ort nur zehn Minuten an der Einsatzstelle verbringt, vergehen 30 Minuten der goldenen Periode, bis der Patient in der Klinik ankommt. In jeder weiteren Minute, die am Einsatzort verbracht wird, blutet der Patient weiter und wertvolle Zeit der goldenen Periode geht verloren. Deshalb ist es extrem wichtig, die Behandlung des kritischen Traumapatienten schnell und effizient durchzuführen. Die Zeit vor Ort sollte nicht länger als zehn Minuten betragen; je kürzer, desto besser. Je länger der Patient an der Einsatzstelle verbleibt, desto größer ist die Gefahr, dass er verblutet und stirbt. Diese zeitlichen Vorgaben ändern sich bei einer erschwerten Befreiung, verzögertem Transport oder bei anderen unerwarteten Umständen.

Dieses Kapitel beschreibt die große Bedeutung der Patientenbeurteilung und der initialen Behandlungsschritte an der Einsatzstelle und basiert auf dem Programm des „Advanced Trauma Life Support (ATLS)“ (ATLS ist ein Konzept zur Behandlung im Schockraum, Anm. d. Übers.).⁸ Die beschriebenen Prinzipien sind identisch mit dem „basic“ oder „advanced“ Trainingsprogramm.

3.2 Prioritäten festlegen

Folgende drei Prioritäten gelten bei der Ankunft an der Einsatzstelle:

- Die erste Priorität für alle Beteiligten ist die Einschätzung der Einsatzstelle.
- Die Rettungskräfte müssen erkennen, ob es mehrere Verletzte oder einen Massenanfall von verletzten Personen/ein größeres Notfallereignis gibt. Bei einem Massenanfall wechselt die Priorität von der Behandlung des am schwersten verletzten Patienten zur Rettung von möglichst vielen Patienten (das Beste für die größtmögliche Anzahl Patienten erreichen).
- Sobald die First Responder, Rettungsassistenten oder der Notarzt eine erste kurze Einschätzung der Einsatzstelle vorgenommen haben, können sie sich individuell um die Patienten kümmern. Sie beginnen mit der Beurteilung und Behandlung des/der am schwersten verletzten Patienten, falls es die Ressourcen erlauben. Der Schwerpunkt wird in folgender Reihenfolge gesetzt: 1. lebensgefährliche Zustände, 2. Umstände, die zum Verlust von Extremitäten führen können, und 3. alle anderen Verletzungen, die aber nicht zum Verlust von Extremitäten oder Leben führen. Abhän-

gig von der Schwere der Verletzungen, der Anzahl der Verletzten und der Distanz zur aufnehmenden Klinik, sollten sich die Einsatzkräfte nicht um Verletzungen kümmern, die weder lebensgefährlich sind noch zum Verlust von Gliedmaßen führen können.

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die entscheidenden Fähigkeiten und Überlegungen, welche First Responder benötigen, um eine gute Beurteilung durchzuführen, die erhobenen Befunde zu interpretieren und Prioritäten bei der Behandlung zu setzen, damit die Patientenbehandlung einwandfrei verläuft.

3.3 Initiale Beurteilung des Patienten (Primary Survey)

Beim kritischen, mehrfach verletzten Patienten liegt die Priorität für die First Responder in der schnellen Identifikation und Behandlung der lebensbedrohlichen Verletzungen (**> Kasten 3.6**). Mehr als 90 % der Traumapatienten haben einfache Verletzungen, die nur ein Körperteil (z. B. eine isolierte Extremitätenfraktur) betreffen. Bei diesen Patienten hat das Rettungsteam Zeit, sich sowohl um den Primary als auch den Secondary Survey zu kümmern. Bei kritisch verletzten Patienten kann es sein, dass man nicht über die initiale Beurteilung hinauskommt. Die Priorität liegt in einer schnellen Bewertung, dem Beginn der Notfallbehandlung und einem zügigen Transport in die nächste geeignete Klinik. Trotzdem verneint das nicht die Notwendigkeit eines präklinischen Managements; gemeint ist hiermit, dass das Team schneller und effizienter zu handeln hat und ggf. erst auf dem Weg zur Klinik am Patienten arbeitet.

3.6 Mehrfach verletzter versus einfach verletzter Traumapatient

Bei einem mehrfach verletzten Patienten liegen Verletzungen von mehr als einem Organsystem vor, womit Lungen, Kreislauf, neurologische Funktion, der Gastrointestinaltrakt, das musculoskelettale System und die Haut gemeint sind. Ein Beispiel hierfür ist ein Patient, der in einen Verkehrsunfall mit Fahrzeug verwickelt wurde und ein Schädel-Hirn-Trauma (SHT), eine Lungenkontusion, eine Milzruptur mit Schock und eine Femurfraktur aufweist. Die in Deutschland gängige Definition des Begriffs „Polytrauma“ verweist darauf, dass die Mehrfachverletzung mit Lebensgefahr einhergeht (Anm. d. Übers.). Ein einfach verletzter Patient weist eine Verletzung an nur einem Organsystem auf. Ein Beispiel dafür ist ein Patient mit einer unkomplizierten Sprunggelenksfraktur und keinerlei Anzeichen für Blutverlust oder Schock.

Schnelles Erkennen der Prioritäten und initiale Evaluation der lebensbedrohlichen Verletzungen müssen Routine sein. Dafür müssen First Responder die Abläufe des Primary und des Secondary Survey beherrschen. Sie verstehen die logischen Abläufe der prioritätenorientierten Untersuchung und Behandlung. Die professionelle Einsatzkraft denkt über die Pathophysiologie der Verletzungen des Patienten nach. Es kann keine

Zeit damit vergeudet werden, dass man versucht, sich zu erinnern, welches die wichtigsten Prioritäten sind.

Die häufigste Grundlage lebensgefährlicher Verletzungen ist der Verlust einer ausreichenden Gewebeoxygenierung, die zu einem anaeroben (unter Sauerstoffmangel erfolgenden) Stoffwechsel (Metabolismus) führt. Eine verminderte Energieproduktion als Folge des anaeroben Stoffwechsels wird als **Schock** bezeichnet. Drei Komponenten sind für einen normalen Metabolismus erforderlich: 1. Oxygenierung der roten Blutkörperchen in der Lunge, 2. Transport der roten Blutkörperchen in den gesamten Organismus und 3. Abgabe des Sauerstoffs an die entsprechenden Zellen. Die Abläufe in der initialen Beurteilung zielen auf die Behandlung von Problemen der ersten beiden Komponenten ab.

3.3.1 Erster Eindruck (General Impression)

Die initiale Beurteilung beginnt mit der Erfassung eines allgemeinen oder **globalen** Eindrucks vom Patienten, wobei simultan Atemweg, Atmung, Kreislauf und die neurologische Situation (Ansprechen) des Patienten eingeschätzt werden, um schwerwiegende, offensichtliche Probleme bezüglich Oxygenierung und Kreislauf, bestehender Blutungen oder grober Deformationen zu erkennen.

Wenn sich der First Responder dem Patienten nähert, beobachtet er, ob der Patient suffizient atmet, ob er wach oder bewusstlos ist, ob er sich selbst aufrecht halten kann und sich spontan bewegt. Sobald er sich neben dem Patienten befindet, macht es Sinn, ihn zu fragen: „Was ist Ihnen passiert?“ Falls der Patient adäquat in ganzen Sätzen antwortet, weiß man, dass er offene Atemwege hat, über eine so suffiziente Atmung verfügt, dass er sprechen kann, dass er eine ausreichende Durchblutung des Gehirns und eine ordentliche neurologische Funktion aufweist. Dieser Patient benötigt wahrscheinlich keine sofortige medizinische Behandlung.

Kann der Patient keine adäquate Antwort geben, beginnt man sofort mit der initialen Beurteilung, um die lebensbedrohlichen Verletzungen zu finden. Während weiterer Fragen (z. B. „Wo sind Sie verletzt?“) beobachtet man die respiratorische Funktion und den gegebenenfalls verlegten Atemweg. Eine schnelle Kontrolle des Radialispulses erlaubt dem First Responder, dessen Vorhandensein festzustellen, seine Qualität und die Frequenz (sehr schnell, ungefähr normal, sehr langsam) und somit den Kreislauf zu beurteilen. Des Weiteren kann er gleichzeitig die Temperatur, die Feuchtigkeit und Farbe der Haut und dazu die Rekapillarisierungszeit beurteilen. Der Bewusstseinszustand sowie die Gehirnaktivität werden durch verbale Antwort ermittelt. Der Retter „scans“ den Patienten dann von Kopf bis Fuß auf das Vorhandensein von Blutungen und erfasst dabei alle Daten der initialen Beurteilung. Während dieser Zeit hat er sich einen Gesamteindruck vom Patienten gemacht und während der ersten wenigen Sekunden nach möglichen lebensgefährlichen Verletzungen gesucht. Er kann die gewonnenen Informationen nach Wichtigkeit und

Ernsthaftheit der Verletzungen und Zustände einordnen. Er entscheidet über die Priorität in der Versorgung der unterschiedlichen Verletzungen. Innerhalb von 15–30 Sekunden hat sich die Einsatzkraft einen generellen Eindruck über den Gesundheitszustand des Patienten verschafft.

Durch den ersten Eindruck wird festgelegt, ob der Patient zum jetzigen oder einem kurz bevorstehenden Zeitpunkt in einem potentiellen kritischen Zustand ist, und der Gesamtzustand des Patienten wird bewertet. Der erste Eindruck hilft meistens, zu entscheiden, ob weitere Ressourcen wie erweiterte lebensrettende Maßnahmen notwendig sein werden. Falls ein Hubschraubereinsatz in Erwägung gezogen wird, dann sollte dieser jetzt initiiert werden. Verspätete Entscheidungen verlängern unnötig die Zeit am Unfallort. Schnelle und frühe Entscheidungen verkürzen hingegen die Zeit. Wenn sich der Retter einen generellen Eindruck über den Zustand des Patienten gemacht hat, kann er sofort die initiale Beurteilung vervollständigen oder gegebenenfalls auftretende Komplikationen behandeln.

Die initiale Beurteilung muss schnell durchgeführt werden. Die folgenden Erörterungen beschreiben die spezifischen Bestandteile der initialen Beurteilung und die für ein optimales Patientenmanagement bestehenden Prioritäten.

Nach der Priorität geordnet, sind dies die folgenden fünf Schritte an der initialen Beurteilung (ABCDE-Schema):

- A – Atemwegsmanagement und HWS-Stabilisierung
- B – Belüftung der Lungen/Beatmung (Ventilation)
- C – Kreislauf (Circulation) und Blutungskontrolle
- D – Defizite in der Neurologie (neurologischer Status)
- E – Entkleideten Patienten untersuchen/Erhalt von Körpertemperatur (= Temperaturkontrolle).

3.3.2 Schritt A – Airway Management & Cervical Spine Stabilization (Atemwegsmanagement & HWS-Stabilisierung)

Atemwege

Die Atemwege des Patienten sollten zügig überprüft werden, um festzustellen, ob sie frei sind und keine Gefahr für eine Verlegung besteht. Häufige Ursachen für eine Verlegung der Atemwege sind die zurückgefallene Zunge, beschädigte oder gebrochene Zähne und Zahnersatz, Erbrochenes, Blut sowie andere Sekrete. Wenn die Atemwege beeinträchtigt sind, werden sie geöffnet und zunächst mit manuellen Methoden (Anheben des Kinns oder Esmarch-Handgriff) falls erforderlich ausgeräumt und von Blut, Körpersubstanzen und Fremdkörpern befreit (**> Abb. 3.9**). Ist dies nicht komplett möglich, sollten sie, wenn die erforderliche Ausrüstung und Zeit zur Verfügung steht, auf mechanischem Wege (z.B. mit Magill-Zange oder Absauggerät) freigemacht werden.

Bei den meisten Patienten ist die Atmung normal, aber häufig nicht zu erkennen, da es sich um einen leisen Prozess han-



Abb. 3.9 Wenn die Atemwege verlegt sind, müssen sie unter andauernder Stabilisierung der Halswirbelsäule geöffnet werden.

delt. Ist die Atmung des Patienten deutlich hörbar, liegt in der Regel ein Problem, z. B. in Form einer Atemwegsobstruktion, vor. Hört man ein schnarchendes Atemgeräusch, ist in der Regel die Zunge zurückgefallen und behindert die Atemwege. Dies geschieht häufig bei Patienten in Rückenlage mit beeinträchtigtem Bewusstseinsstatus. Diese Obstruktion kann in der Regel durch das einfache manuelle Manöver des Esmarch-Handgriffes behoben werden.

Gurgelnde Laute während der Atmung weisen auf eine Ansammlung von Flüssigkeit (Speichel, Blut, Erbrochenes) in den Atemwegen hin. Diese müssen abgesaugt werden, um einen freien Atemweg zu schaffen. Keuchen oder Giemen während der Einatmung (Inspiration) ist ein Hinweis auf einen Fremdkörper oder ähnliche Hindernisse, welche die Atmung behindern. Wenn möglich können die Patienten selber eine Haltung einnehmen, die ihnen den größtmöglichen Komfort ohne Beeinträchtigung der Atemwege gibt. Nur bei sehr tiefliegenden Fremdkörpern kann es erforderlich sein, eine Entfernung zu erzwingen.

HWS-Stabilisierung

Bei jedem Traumapatienten mit bestimmten Verletzungsmechanismen muss die Gefahr einer HWS-Verletzung bedacht werden, bis diese letztlich ausgeschlossen werden kann. Wenn also die Atemwege geöffnet werden, müssen First Responder an eine mögliche HWS-Verletzung denken. Vermehrte Bewegungen können Symptome verschlimmern oder zu neurologischen Schäden führen, da im Rahmen einer Fraktur Knochenstücke den Spinalkanal komprimieren können. Der Lösungsansatz besteht darin, die HWS manuell während der Durchführung des Atemwegsmanagements und einer gegebenenfalls nötigen Beatmung in einer neutralen Position sicher zu stabilisieren. Damit ist nicht gemeint, dass man die beschriebenen und notwendigen Maßnahmen zur Atemwegssicherung nicht durchführen sollte oder darf. Stattdessen ist es notwendig, dass man die erforderlichen Schritte durchführt, aber gleichzeitig die HWS vor unnötigen Bewegungen schützt. Nachdem Vorsichtsmaßnah-

men zum Schutz der HWS ergriffen wurden, wird die ganze Wirbelsäule des Patienten immobilisiert. Dafür muss der komplette Patient achsengerecht immobilisiert werden.

3.3.3 Schritt B – Breathing/Ventilation (Belüftung der Lungen/Beatmung [Ventilation])

Zunächst muss in wirksamer Weise Sauerstoff in die Lungen des Patienten gebracht werden, um den aeroben metabolischen Prozess aufrechtzuerhalten. Eine Hypoxie kann aus einer ungenügenden Ventilation der Lunge resultieren und führt zu einem Sauerstoffmangel im Gewebe. Sobald die Atemwege frei sind, kann die Qualität und Quantität der Atmung (Ventilation) folgendermaßen festgestellt werden:

1. Schauen Sie, ob der Patient atmet.
2. Falls der Patient nicht atmet (Apnoe), starten Sie sofort eine Beutel-Masken-Beatmung mit Sauerstoff, bevor Sie weiter untersuchen.
3. Versichern Sie sich, dass die Atemwege offen sind; führen Sie weiter die Beatmung durch, bereiten Sie einen Guedel- oder Wendl-Tubus bzw. einen supraglottischen Atemweg vor. Setzen Sie gegebenenfalls andere Techniken der Atemwegssicherung ein.
4. Falls der Patient atmet, schätzen Sie die Atemfrequenz und Tiefe ab, um abzuklären, ob der Patient eine suffiziente Atmung hat.
5. Beobachten Sie rasch die Thoraxexkursionen. Falls der Patient bei Bewusstsein ist, achten Sie darauf, wie er spricht, und registrieren Sie, ob er oder sie ganze Sätze ohne Schwierigkeiten sprechen kann.

Die Atemfrequenz kann in folgende fünf Stufen eingeteilt werden:

1. Apnoe

Der Patient atmet nicht.

2. Langsam

Eine sehr langsame Atemfrequenz kann auf eine Ischämie (zu wenig Sauerstoff) im Gehirn hinweisen. Wenn die Atemfrequenz weniger als 12 Atemzüge/min aufweist (Bradypnoe), muss der Patient mit Beutel und Maske assistiert oder vollständig beatmet werden. Die assistierte oder vollständige Beatmung des Patienten mit einem Beatmungsbeutel und Sauerstoff sollte eine inspiratorische Sauerstoffkonzentration von 85 % oder mehr ermöglichen (\rightarrow Tab. 3.2).

3. Normal

Wenn die Atemfrequenz zwischen 12 und 20 Atemzügen/min liegt, beobachtet man den Patienten sorgfältig. Obwohl der Patient stabil erscheinen kann, sollte ihm Sauerstoff verabreicht werden.

4. Schnell

Falls die Atemfrequenz zwischen 20 und 30 Atemzügen/min liegt (Tachypnoe), sollte der Patient genau beobachtet werden. Man achtet darauf, ob sich der Patientzustand verbessert oder gegebenenfalls verschlechtert. Der Antrieb für eine beschleunigte Atmung entsteht durch vermehrte Anhäufung von CO_2 im Blut oder eine verminderte Sauerstoffkonzentration. Wenn der Patient eine abnormale Atemfrequenz zeigt, muss die Ursache gefunden werden. Eine schnelle Atmung zeigt an, dass nicht genügend

Tab. 3.2 Atemwegsmanagement auf der Basis der spontanen Atemfrequenz

| Atemfrequenz (Atemzüge/min) | Management |
|-----------------------------|--|
| langsam (< 12) | assistierte oder vollständige Beatmung mit $\geq 85\%$ Sauerstoff ($\text{FiO}_2 \geq 85\%$) |
| normal (12–20) | Beobachtung; zusätzliche Sauerstoffgabe |
| schnell (20–30) | Sauerstoffgabe von $\geq 85\%$ Sauerstoff ($\text{FiO}_2 \geq 85\%$) |
| abnormal schnell (> 30) | assistierte Beatmung ($\text{FiO}_2 \geq 85\%$) |

FiO_2 = inspiratorische Sauerstoffkonzentration

3

Sauerstoff das Körpergewebe erreicht. Dies führt zu einem vermehrten anaeroben Metabolismus (\rightarrow Kap. 4) und damit letztlich zu einer erhöhten CO_2 -Konzentration. Die Rezeptoren im Körper registrieren die erhöhte CO_2 -Konzentration und beschleunigen die Atemfrequenz über das Atemzentrum im Hirnstamm. Deshalb weist eine erhöhte Atemfrequenz darauf hin, dass der Patient entweder mehr Sauerstoff oder eine bessere Perfusion oder beides benötigt. Die Verabreichung von Sauerstoff ist bei diesem Patienten indiziert, dabei soll eine inspiratorische Sauerstoffkonzentration von 85 % oder mehr erreicht werden, und zwar mindestens so lange, bis der Gesamtzustand des Patienten festgelegt ist. First Responder müssen davon ausgehen, dass der Patient nicht imstande ist, eine suffiziente Atmung aufrechtzuerhalten, und eine Verschlechterung der Situation schnell erkennen.

5. Abnormal schnell Wenn die Atemfrequenz mehr als 30 Atemzüge/min beträgt (schwere Tachypnoe), weist dies auf eine Hypoxie, anaeroben Metabolismus oder beides hin, das Resultat ist eine Azidose. Man beginnt sofort mit einer assistierten Beutel-Masken-Beatmung und zusätzlicher Sauerstoffgabe ($\text{FiO}_2 > 85\%$). Die Ursache für diese ungewöhnlich schnelle Atmung muss sofort gesucht werden. Ist es Sauerstoffmangel oder ein Problem des Sauerstofftransports aufgrund fehlender roter Blutkörperchen? Sowie die Ursache gefunden wurde, muss sofort gehandelt werden.

Bei der Beurteilung der Atemfunktion des Patienten wird sowohl auf die Tiefe der **Atembewegungen** (Atemzugvolumen) als auch auf die Atemfrequenz geachtet. So kann ein Patient zwar mit einer normalen Atemfrequenz von 16/min atmen, weist aber eine sehr stark herabgesetzte Atemtiefe (Atemzugvolumen) auf. Andererseits kann ein Patient mit normaler Atemtiefe eine stark herabgesetzte oder erhöhte Atemfrequenz haben.

3.3.4 Schritt C – Circulation (Hemorrhage & Perfusion) (Kreislauf [Blutungskontrolle & Perfusion])

Das Erkennen eines eingeschränkten oder fehlenden Kreislaufs ist der nächste Schritt in der Versorgung von Traumapatienten. Eine ausreichende Oxygenierung der roten Blutkörperchen

chen bringt dem Patienten keinen Vorteil, sofern dieser nicht an das Gewebe abgegeben wird. In der initialen Beurteilung eines Traumapatienten muss der First Responder äußere Blutungen erkennen und kontrollieren. Danach kann er eine umfassende Einschätzung von Herzzeitvolumen und Durchblutungssituation vornehmen.

Blutungskontrolle

Äußere Blutungen werden in der initialen Beurteilung entdeckt und kontrolliert. Die Blutungskontrolle ist in den Schritt C integriert, denn falls schwere Blutungen nicht so früh wie möglich gestillt werden, erhöht sich das Risiko für einen tödlichen Ausgang erheblich. Folgende drei Arten von äußeren Blutungen sind bekannt:

- **Kapillare Blutungen** werden durch Hautabschürfungen verursacht. Hierbei sind die feinen Kapillaren unter der Hautoberfläche verletzt. Normalerweise ist die Blutung vor dem Eintreffen des First Responder an der Einsatzstelle verlangsamt oder sistiert bereits.
- **Venöse Blutungen** werden durch Verletzungen der tieferen Gewebsschichten verursacht und können normalerweise mit leichtem Druck gestoppt werden. Sie sind zumeist nicht lebensbedrohlich, außer es handelt sich um eine massive Verletzung oder der Blutverlust wird nicht gestoppt.
- **Arterielle Blutungen** werden durch Verletzungen der Arterien verursacht. Hierbei ist es am wichtigsten, aber zugleich auch am schwierigsten, die Blutung zu kontrollieren. Charakteristisch zeigt sich spritzendes, hellrotes Blut. Sogar kleine Wunden können zu lebensgefährlichen Blutverlusten führen, falls eine tief liegende Arterie verletzt wurde.

Die Blutungskontrolle hat Priorität, weil jedes rote Blutkörperchen zählt. Die rasche Kontrolle der Blutung ist eines der wichtigsten Ziele in der Behandlung des Traumapatienten. Die initiale Beurteilung kann nicht fortgeführt werden, bevor die Blutung gestillt ist.

Im Falle einer äußeren Blutung führt ein direkter Druck auf die Wunde meistens zur Kontrolle der Blutung, bis der Patient in ein Krankenhaus eingeliefert wird, wo ein OP und entsprechende Versorgungsmöglichkeiten vorhanden sind. Das Rettungsteam muss die Blutungskontrolle während der initialen Beurteilung einleiten und während des Transports aufrechterhalten. Möglicherweise benötigt man Unterstützung, um nicht nur die Blutung, sondern auch die Atmungssituation zu bewältigen.

Die Blutung kann folgendermaßen kontrolliert werden:

1. **Direkter Druck** Darunter versteht man genau das, was der Name sagt – Ausübung von Druck auf die blutende Wunde. Man führt dies mithilfe einer Komresse durch, die direkt auf die Wunde gelegt wird, dann übt man Druck aus. Dies bedarf der vollen Konzentration eines First Responder und entzieht ihn der weiteren Versorgung des Patienten. Bei fehlendem Personal kann ein Druckverband mit der Komresse und einer elastischen Binde gestaltet werden.

Wenn die Blutung nicht kontrolliert werden kann, ist es egal, wie viel Sauerstoff und Flüssigkeit verabreicht werden, denn die Perfusion wird sich angesichts einer anhaltenden Blutung nicht verbessern lassen.

2. **Tourniquets (Abbindung)** Tourniquets wurden oftmals als Ultima Ratio („letzter Ausweg“) beschrieben. Die Erfahrungen des Militärs in Afghanistan und im Irak sowie die routinemäßige und sichere Anwendung von Tourniquets während Operationen führten zu einer Meinungsänderung.^{9–11} Das Hochhalten der Extremität oder der Druck auf sogenannte Druckpunkte werden nicht mehr empfohlen, weil keine ausreichenden Daten für ihre Effizienz vorliegen.^{12,13} Tourniquets dagegen haben sich in der Kontrolle von äußeren Blutungen als sehr effektiv erwiesen und sollten eingesetzt werden, falls direkter Druck oder ein Druckverband nicht ausreichen.

Bei Verdacht auf innere Blutungen sollte man schnell das entblößte Abdomen des Patienten inspizieren und palpieren, um nach Verletzungszeichen zu suchen. Dazu gehört auch die Palpation des Beckens, weil Beckenfrakturen eine häufige Ursache für intraabdominelle Blutungen darstellen (siehe auch unten). Viele Blutungsursachen sind außerhalb einer Klinik schwer zu kontrollieren. In der präklinischen Behandlung wird sehr viel Wert auf einen schnellen Transport ins nächste geeignete Krankenhaus gelegt, in dem ein Operationsteam die Blutung stillen kann.

Untersuchung des Beckens

Grundsätzlich gilt, dass das Becken vorsichtig untersucht werden sollte, da durch eine grobe Untersuchungstechnik eine beginnende Selbstopponade durch Blutgerinnung verhindert werden kann. Ein weiteres Prinzip ist: „Einer untersucht das Becken einmal und danach ist Schluss.“ Schwere Beckenverletzungen sind typisch nach Hochenergietaumen. Die Kinetik sollte also einbezogen werden, auch weil eine instabile Beckenverletzung schwierig klinisch zu untersuchen ist.

Untersuchung der Oberschenkel

Die Oberschenkel gehören ebenfalls zu den potenziell gefährlichen Blutungsquellen. Untersuchen Sie beide Oberschenkel und achten Sie auf Deformationen, Hämatome, Schwellungen, Schmerhaftigkeit und Ähnliches.

Perfusion

Man verschafft sich einen Gesamteindruck vom Kreislaufstatus, indem der Puls kontrolliert, die Hautfarbe, Hautfeuchtigkeit und -temperatur registriert und die Rekapillarisierungszeit gemessen werden.

Puls

Der First Responder prüft das Vorhandensein des Pulses, dessen Qualität und den Rhythmus. Die Präsenz eines peripheren Pulses weist darauf hin, dass noch ein gewisser Blutdruck besteht. Ein schneller Pulscheck zeigt, ob der Patient eine Tachy- bzw. Bradykardie oder eine Arrhythmie aufweist. Die Palpation kann außerdem Hinweise auf den systolischen Blutdruck liefern. Wenn der Radialispuls bei einer unverletzten Extremität nicht palpabel ist, befindet sich der Patient schon in der dekompensierten Phase des Schocks, einem späten Zeichen des kritischen Zustandes. In der initialen Beurteilung ist ein exaktes Zählen der Herzfrequenz nicht notwendig. Eine Abschätzung ist rasch durchgeführt und das Augenmerk wird auf andere wichtige Untersuchungsbefunde gelenkt. Die genaue Ermittlung der Herzfrequenz erfolgt im späteren Ablauf. Falls beim Patienten der Karotis- oder Femoralispuls nicht tastbar ist, liegt ein Kreislaufstillstand vor (siehe unten).

Haut

Farbe

Eine gute Durchblutung ist an einer rosigen Hautfarbe erkennbar. Die Haut wird blass, falls ein bestimmter Bereich nicht mehr suffizient durchblutet wird. Eine bläuliche Farbe zeigt eine ungenügende Oxygenierung an. Hautpigmentierungen können diese Unterscheidung häufig erschweren. Bei der Kontrolle des Nagelbetts und der Schleimhäute kann diese Schwierigkeit umgangen werden, weil die Farbveränderungen meist zuerst an den Lippen, am Zahnfleisch und den Fingerspitzen zu sehen sind.

Temperatur

Die Temperatur der Haut wird von den Umgebungsbedingungen beeinflusst. Eine kühle Haut weist auf eine verminderte Perfusion hin, ungeachtet der Ursache. Man fühlt die Hauttemperatur des Patienten normalerweise mit dem Handrücken, deshalb kann eine genaue Bestimmung mit Handschuhen schwierig sein. Die Haut sollte sich warm anfühlen, aber weder heiß noch kühl. Normalerweise sind die Gefäße nicht dilatiert, sodass Hitze nicht an die Körperoberfläche geleitet wird.

Feuchtigkeit

Eine trockene Haut weist auf eine gute Perfusion hin. Eine feuchte Haut ist mit Schock und schlechter Perfusion assoziiert. Letztere wird durch eine Zentralisation des Kreislaufes (Vasokonstriktion der peripheren Blutgefäße) verursacht. Dies bewirkt eine bessere Durchblutung der lebenswichtigen Organe.

Rekapillarisierungszeit

Man untersucht die Rekapillarisierungszeit mittels Druck auf das Nagelbett oder den Handballen. Dieser presst das Blut aus den sichtbaren Kapillaren. Die Geschwindigkeit, mit der das

Blut zurückfließt (Rekapillarisierungszeit), ist ein Maß zur Beurteilung des Blutflusses in diesen distalen Körperregionen. Eine Rekapillarisierungszeit größer als zwei Sekunden weist auf eine inadäquate Durchblutung hin. Dennoch ist sie für sich alleine genommen nur ein unzureichender Hinweis auf einen Schock, weil sie durch verschiedene andere Faktoren beeinflusst wird. Dies sind zum Beispiel periphere Durchblutungsstörungen (Arteriosklerose), eine kalte Umgebung, Medikamente mit gefäßverengender oder -erweiternder Wirkung oder ein neurologischer Schock. Im Rahmen dieser Beispiele ist die Rekapillarisierungszeit ein schlechter Indikator für die Beurteilung der kardiovaskulären Funktion. Die Rekapillarisierungszeit hat zwar ihren Platz in der Beurteilung eines adäquaten Kreislaufs, sollte aber immer mit anderen Parametern verglichen werden (z. B. dem Blutdruck).

3.3.5 Schritt D – Disability (Defizite der neurologischen Funktionen)

Nachdem die Oxygenierung und die Durchblutung des Patienten untersucht und gewährleistet wurden, wird in der initialen Beurteilung die zerebrale Funktion beurteilt, die einen indirekten Marker für die Beurteilung der zerebralen Durchblutung darstellt. Das Ziel ist, den Bewusstseinsgrad des Patienten zu ermitteln und festzustellen, ob eine Hypoxie vorliegen könnte.

Bis zum Beweis des Gegenteils sollte das Rettungsteam aggressive, streitlustige oder unkooperative Patienten als hypoxisch ansehen. Die meisten Patienten wollen Hilfe, wenn sie sich in einem kritischen Zustand befinden. Wenn ein Patient diese Hilfe ablehnt, muss der Grund hinterfragt werden. Warum fühlt sich ein Patient von der Anwesenheit der First Responder oder Rettungsdienstmitarbeiter bedroht? In solchen Fällen muss man versuchen, das Vertrauen des Patienten zu gewinnen. Wenn nichts an der Einsatzstelle bedrohlich ist, lässt sich ein pathophysiologisches Geschehen vermuten und reversible Ursachen müssen behandelt werden. Während der Beurteilung muss man nachfragen, ob der Patient zu einem Zeitpunkt bewusstlos war, ob toxische Substanzen involviert sein könnten und ob der Patient eine vorbestehende Erkrankung hat, die eine Bewusstseinstrübung oder ungewöhnliches Verhalten verursachen könnte.

Es gibt vier mögliche Ursachen für einen eingeschränkten Bewusstseinszustand:

1. eine verminderte zerebrale Oxygenierung (verursacht durch Hypoxie/Hypoperfusion)
2. eine ZNS-Verletzung
3. Drogen- oder Alkoholabusus
4. eine metabolische Entgleisung (Diabetes, epileptischer Anfall).

Die Glasgow Coma Scale (GCS) ist ein Bewertungssystem, um den Bewusstseinszustand zu bestimmen.¹⁴ Es ist eine einfache und schnell anwendbare Methode, um die zerebrale Funktion zu beschreiben, und korreliert mit dem Outcome des Patien-

ten; dies gilt insbesondere für die beste motorische Reaktion. Der initial erhobene GCS wird als Ausgangswert für eine fortlaufende Überwachung der neurologischen Funktion genutzt. Er ist in drei verschiedene Bereiche unterteilt:

1. Augenöffnung
2. beste verbale Reaktion
3. beste motorische Reaktion

Der First Responder beschreibt die bestmögliche Reaktion zu jedem Bereich der GCS (**> Tab. 3.3**). Wenn bei einem Patienten z.B. das rechte Auge so geschwollen ist, dass er es nicht öffnen kann, er aber das linke Auge spontan öffnet, erhält er vier Punkte für „spontanes Augenöffnen“. Wenn ein Patient die Augen geschlossen hat, sollte man ihn darauf ansprechen („Öffnen Sie die Augen“). Jeder dieser einzelnen Komponenten muss evaluiert und dokumentiert werden.

Man kann die verbale Reaktion des Patienten einordnen, indem man fragt: „Was ist Ihnen passiert?“ Falls der Patient voll orientiert ist, wird er eine suffiziente Antwort geben. Andernfalls wird die Antwort eingestuft als: konversationsfähig, nicht orientiert, unzusammenhängende Worte, unverständliche Laute, keine Reaktion.

Die dritte Komponente der GCS ist die beste motorische Reaktion. Der First Responder gibt dem Patienten ein einfaches Kommando wie „Zeigen Sie mir das Anhalterzeichen“ oder „Heben Sie zwei Finger“. Ein Patient, der klammert oder nur die Hand des First Responder packt, zeigt evtl. nur Haltereflexe und befolgt keine Kommandos. Wenn ein Patient der Aufforderung nicht folgt, kommt ein Schmerzstimulus, wie oben beschrieben, zur Anwendung. Dabei sollte wieder die beste motorische Antwort notiert werden. Ein Patient, der gezielt den Schmerzstimulus abwehrt, erhält fünf Punkte. Andere mögliche Reaktionen auf den Schmerz sind: ungezielte Schmerzabwehr, auf Schmerzreiz Beugeabwehr (abnormale Beugung), auf Schmerzreiz Stretcksynergismen, keine Reaktion auf

Tab. 3.3 Glasgow Coma Scale (GCS)

| Augen öffnen | Punkte |
|---|--------|
| Spontan | 4 |
| Auf Aufforderung | 3 |
| Auf Schmerzreiz | 2 |
| Keine Reaktion | 1 |
| Beste verbale Reaktion | Punkte |
| Konversationsfähig, orientiert | 5 |
| Konversationsfähig, nicht orientiert | 4 |
| Unzusammenhängende Worte | 3 |
| Unverständliche Laute | 2 |
| Keine Reaktion | 1 |
| Beste motorische Reaktion | Punkte |
| Befolgt Aufforderungen | 6 |
| Gezielte Schmerzabwehr | 5 |
| Ungezielte Schmerzabwehr | 4 |
| Auf Schmerzreiz Beugeabwehr (abnormale Beugung) | 3 |
| Auf Schmerzreiz Stretcksynergismen | 2 |
| Keine Reaktion auf Schmerzreiz | 1 |
| Gesamtpunktzahl | |

Schmerzreiz. Neueste Erkenntnisse belegen, dass die alleinige Beurteilung der besten motorischen Reaktion aussagekräftiger ist als die vollständige GCS.

Der maximale GCS-Wert beträgt bei einem Patienten ohne neurologische Defizite 15 Punkte. Die minimale Punktzahl ist drei und weist stets auf eine bedrohliche Situation hin. Eine Punktzahl unter acht bedeutet, dass eine schwerwiegende Verletzung vorliegt. Neun bis zwölf Punkte sprechen für eine mittlere und 13–15 Punkte für eine leichte Verletzung. Ein GCS-Wert unter acht stellt die Indikation für eine Intubation des Patienten dar. Der First Responder kann den Score leicht berechnen und sollte ihn sowohl bei der Übergabe an den Rettungsdienst erwähnen als auch im Protokoll schriftlich festhalten.

Falls der Patient weder wach noch orientiert ist und auch keine Befehle ausführen kann, sollte man kurz die Pupillen kontrollieren. Sind beide Pupillen rund, gleich groß und reagieren sie prompt auf Licht oder sind sie lichtstarr und weit? Ein GCS-Wert unter 14 in Kombination mit einer abnormalen Pupillenreaktion kann auf ein lebensgefährliches Schädel-Hirn-Trauma hinweisen (**> Kap. 6**).

Frühere Ausgaben dieses Buches verwendeten das Akronym WASB (engl. AVPU), um den Bewusstseinszustand des Patienten zu beschreiben. A steht für alert (Ist der Patient wach?), V für Reaktion auf verbalen Stimulus (Reaktion nur auf Ansprache?), P für Reaktion auf pain (reagiert nur auf einen Schmerzreiz) und U für unresponsive (Bewusstlosigkeit). Diese Vorgehensweise ist zwar recht einfach anzuwenden, zeigt allerdings nicht auf, *wie* der Patient auf Ansprache bzw. einen Schmerzreiz reagiert. Reagiert der Patient auf Ansprache, ist er orientiert, verwirrt oder antwortet er nur unverständlich? Wenn der Patient auf einen Schmerzreiz reagiert, ist diese Reaktion gezielt oder ungezielt? Handelt es sich um eine abnormale Beugung oder Stretcksynergismen? Aufgrund dieser fehlenden Präzision sollte auf die Anwendung des WASB- bzw. AVPU-Schemas verzichtet werden. Die GCS ist zwar komplizierter als das WASB-Schema, aber eine häufige Anwendung trägt dazu bei, sie zu verinnerlichen.

3.3.6 Schritt E – Expose/Environment (Entkleideten Patienten untersuchen/Erhalt von Körperwärme)

Ein früher Schritt in der Beurteilung des Patienten ist dessen vollständige Entkleidung, da nur so Verletzungen sicher zu entdecken sind (**> Abb. 3.10**). Der Satz „Der Teil des Körpers, der nicht entkleidet wird, ist der am schwersten verletzte“ ist sicher nicht immer, aber doch oft genug zutreffend, um eine Ganzkörperuntersuchung zu rechtfertigen. Zudem kann Blut durch die Bekleidung aufgesaugt und „versteckt“ werden, sodass man offene Wunden nicht bemerkt. Sowie man den ganzen Körper des Patienten inspiziert hat, muss der Patient vor weiterer Auskühlung geschützt werden. Obwohl es für eine gute Beurteilung wichtig ist, den ganzen Körper zu entkleiden, ist Unterkühlung ein sehr ernsthaftes Problem in der Versorgung

von Traumapatienten. Im Freien sollten nur die Körperteile entblößt werden, deren Untersuchung notwendig ist. Im warmen Rettungswagen kann man den Patienten vollständig entkleiden, sollte ihn aber danach so schnell wie möglich wieder zudecken.

Die Anzahl der Bekleidungsstücke, die im Rahmen der körperlichen Inspektion entfernt werden sollte, ist der Schwere der Verletzungen anzupassen. Eine generelle Regel ist, nur so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig zu entkleiden, um die Verletzungen zu beurteilen. Man muss keine Angst haben, den Patienten auszuziehen, wenn dies der einzige Weg für eine komplettete Beurteilung und suffiziente Behandlung ist. Manchmal können Patienten mehrfach verletzt sein, wenn sie zum Beispiel angeschossen werden und danach einen Verkehrsunfall verursachen. Potenziell lebensgefährliche Verletzungen können übersehen werden, wenn der Patient ungenügend entkleidet wird. Besonders vorsichtig sollte man beim Zerschneiden bzw. Entfernen der Bekleidung von Opfern eines Verbrechens vorgehen (► Kasten 3.7).

3.7 Beweissicherung an Einsatzstellen/Tatorten

Unglücklicherweise handelt es sich bei Traumapatienten mitunter um Opfer von Gewalttaten. In solchen Fällen ist das Einsatzpersonal gehalten, dazu beizutragen, dass Beweisstücke an der Einsatzstelle bzw. am Tatort durch die Strafverfolgungsbehörden sichergestellt werden. Falls die Bekleidung des Patienten aufgeschnitten werden muss, sollte man nicht durch Löcher schneiden, die von Projektilen (Schusswaffen), Messern oder anderen Gegenständen verursacht wurden. Dies könnte ansonsten die Sicherung von Beweisen erschweren. Falls Kleidungsstücke entfernt werden müssen, sollten diese in einer Papiertüte (nicht in Plastiktüten) asserviert und dann direkt am Einsatzort an die Polizei übergeben werden, bevor der Patient abtransportiert wird. Jegliche Waffen, Drogen oder persönliche Gegenstände, die während der Untersuchung gefunden werden, sollten ebenfalls an die Polizei übergeben und auf dem Einsatzprotokoll dokumentiert werden. Falls der Zustand des Patienten einen Abtransport zum Krankenhaus erzwingt, bevor die Polizei an der Einsatzstelle erscheint, werden diese Gegenstände zum Krankenhaus mitgenommen und die Behörden darüber in Kenntnis gesetzt.



Abb. 3.10 Die Kleidung kann schnell entfernt werden, indem man sie entlang der gestrichelten Linien aufschneidet.

3.4 Reanimation

Das Kapitel Reanimation beschreibt die Schritte einer korrekten Behandlung der Probleme, die in der initialen Beurteilung identifiziert werden. Die PHTLS-Vorgehensweise basiert auf der Philosophie „treat as you go“, bei der es indiziert ist, jede erkannte Lebensbedrohung sofort oder zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu therapieren (► Kasten 3.8).

3.8 Simultane Untersuchung

Bei der Erörterung der Abläufe hinsichtlich der Beurteilung des Patienten, Entscheidungsfindung und Management muss eine Reihenfolge gewahrt werden (z.B. auf Schritt A folgt Schritt B, darauf Schritt C usw.). Obwohl sich durch diese Darstellung das Konzept besser vermitteln und vielleicht auch besser verstehen lässt, funktioniert „das echte Leben“ anders. Das Gehirn der First Responder ähnelt insofern einem Computer, als dass es verschiedene Informationen zeitgleich registrieren kann (Multitasking-Funktion des Gehirns). Zudem ist das Gehirn imstande, den vielen einströmenden Informationen eine Wertigkeit zuzuordnen, sodass diese systematisch in Entscheidungen umgesetzt werden können.

Die wesentlichen Informationen können vom Gehirn innerhalb von 15 Sekunden erfasst werden. Die simultane Bearbeitung dieser Daten und eine angemessene Priorisierung durch den First Responder ermöglichen es, das Problem zu erkennen, das als Erstes behandelt werden muss. Auch wenn in diesem Kapitel die Herangehensweise an den Patienten in Form des ABCDE-Schemas beschrieben wurde, bedeutet dies nicht zwangsläufig, dass man die Informationen auch in dieser Reihenfolge wahrgenimmt. Es wird lediglich festgelegt, welche Prioritäten im Management bestehen.

Die initiale Beurteilung hat zum Ziel, lebensgefährliche Zustände zu erkennen. Die erweiterte Beurteilung dient hingegen der Erfassung von möglichen Verletzungen, die Gliedmaßen bedrohen, und darüber hinaus auch geringfügigerer Probleme.

3.4.1 Limitierte Interventionen an der Einsatzstelle

Der First Responder, Rettungsassistent bzw. Notarzt behandelt Atemwegsprobleme mit höchster Priorität. Falls die Atemwege offen und frei sind, der Patient aber nicht atmet, beginnt man mit der Beatmung. Die Beatmung sollte so früh wie möglich mit einer hohen Sauerstoffkonzentration (> 85%; FiO₂ > 0,85) erfolgen. Falls der Patient schwere Atemnot oder eine sehr flache Atmung aufweist, ist eine assistierte Beatmung mithilfe eines Beatmungsbeutels notwendig. Man erkennt einen Herzstillstand unter Schritt C (Kreislauf) und beginnt, falls nötig, mit der Herzdruckmassage. Des Weiteren behandelt man mögliche äußere Blutungen. Bei einem Patienten mit freiem Atemweg und suffizienter Atmung kann man schnell eine Hypoxie und einen Schock (anaeroben Metabolismus) therapieren.

3.4.2 Transport

Falls während der initialen Beurteilung lebensbedrohliche Verletzungen festgestellt werden, sollte der Patient nach den ers-

ten Interventionen vor Ort schnell ins Rettungsmittel verbracht werden. Man sollte den Patienten so schnell wie möglich in die nächste geeignete Klinik transportieren (► Kasten 3.9). Mit Ausnahme besonderer Umstände sollte die Zeit vor Ort auf zehn Minuten oder weniger begrenzt bleiben. Man muss sich klar machen, dass eine Verkürzung der Zeit vor Ort und ein schneller Transport zur nächsten adäquaten Klinik, vorzugsweise einem Traumazentrum, in der Behandlung von Traumapatienten eine wesentliche Entscheidung ist.

3.9 Der kritische Traumapatient

Begrenzen Sie die Zeit an der Einsatzstelle auf zehn Minuten oder weniger, falls einer der folgenden lebensbedrohlichen Zustände vorliegt:

- Atemweg nicht frei oder bedroht
- beeinträchtigte Atmung, erkennbar an:
 - sehr langsamer oder schneller Atemfrequenz
 - Hypoxie
 - Dyspnoe
 - offener Pneumothorax oder instabiler Thorax mit paradoxer Atmung
 - V. a. Pneumothorax
- starke äußere Blutung oder V. a. innere Blutungen
- pathologischer neurologischer Status
 - GCS ≤ 13
 - zerebrale Krampfanfälle
 - sensorische oder motorische Defizite
- penetrierende Verletzungen am Kopf, Hals, Rumpf oder an den Extremitäten (proximal von Knie bzw. Ellenbogen)
- totale oder subtotale Amputation proximal der Finger bzw. Zehen
- jegliche Verletzung, bei der einer der folgenden Punkte zutrifft:
 - anamnestisch ernsthafte Erkrankung (z. B. KHK, COPD, Gerinnungsstörungen)
 - Alter > 55 Jahre
 - Hypothermie
 - Verbrennungen
 - Schwangerschaft

3.5 Erweiterte Beurteilung (Secondary Survey) des Patienten

Der Secondary Survey (erweiterte Beurteilung) beinhaltet die Untersuchung des Patienten von Kopf bis Fuß. Bevor man mit der erweiterten Beurteilung beginnt, muss man die initiale Beurteilung beendet haben (Erkennen und Behandeln von lebensbedrohenden Verletzungen bzw. Zuständen). Das Ziel der erweiterten Beurteilung ist es, weitere Verletzungen zu identifizieren oder gegebenenfalls weitere Probleme zu entdecken, die während der initialen Beurteilung übersehen wurden. Da eine sorgfältig durchgeführte initiale Beurteilung alle lebensbedrohlichen Zustände aufdeckt, befasst sich die erweiterte Beurteilung per Definition mit weniger gravierenden Verletzungen. Daher transportiert man einen kritisch verletzten Patienten so schnell wie möglich und bleibt nicht mit ihm unangemessen lange vor Ort.

Die erweiterte Beurteilung verwendet ein „Sehen-Hören- und-Fühlen-Konzept“, um die Haut mit allen Anhängen zu beurteilen. Anstatt erst alle Körperregionen zu betrachten, dann auszukultieren und am Schluss zu palpieren, „erforscht“ man den ganzen Körper Region für Region. Er beginnt mit der Untersuchung beim Kopf, geht weiter über Hals, Thorax und Abdomen zu den Extremitäten, inklusive detaillierter neurologischer Untersuchung. Die folgenden Aussagen erfassen den Kern des ganzen Untersuchungsprozesses:

- **Sehen**, nicht nur schauen.
- **Hören**, nicht nur hören.
- **Fühlen**, nicht nur berühren.

Die Definition des Wortes **Sehen** ist „mit den Augen erkennen“ oder „entdecken“, wohingegen **Schauen** als „Trainieren der Sehkraft“ definiert ist. **Hören** bedeutet „Hören ohne Anteilnahme“ und unter **Hören** versteht man „Hören mit Aufmerksamkeit“. Während der Untersuchung des Patienten nutzt man alle Informationen, um ein Therapiekonzept zu erstellen. Man beschränkt sich nicht nur auf den Transport des Patienten, sondern unternimmt alles Menschenmögliche, um dessen Überleben zu sichern (► Abb. 3.11).

Sehen

- Untersuchen Sie die Haut jeder Körperregion.
- Suchen Sie aufmerksam nach äußereren Blutungen und Zeichen einer inneren Blutung wie ein gespanntes Abdomen oder große bzw. sich ausdehnende Hämatome.
- Schauen Sie nach Weichteilverletzungen, inklusive Schürfungen, Verbrennungen, Kontusionen, Hämatomen, Ableiterungen und Rissquetschwunden.
- Erkennen Sie Schwellungen oder Knochendeformationen, die nicht physiologisch sind.
- Achten Sie auf abnormale Einkerbungen der Haut sowie die Hautfarbe.
- Erkennen Sie alles, was „nicht normal“ aussieht.

Hören

- Achten Sie auf alle unüblichen Geräusche, wenn der Patient ein- bzw. ausatmet.

Fühlen

- Bewegen Sie vorsichtig jeden Knochen der verschiedenen Regionen.
- Erkennen Sie Krepitationen. Sind die Bewegungen schmerhaft oder gibt es ungewöhnliche Beweglichkeiten?
- Palpieren Sie alle Regionen und schauen Sie, ob sich etwas bewegt, was sich nicht bewegen sollte. Erkennen Sie, ob sich etwas „matschig“ anfühlt und ob irgendwo Pulse fühlbar sind, die nicht da sein sollten. Prüfen Sie auch, ob alle Pulse fühlbar sind oder Pulse fehlen.

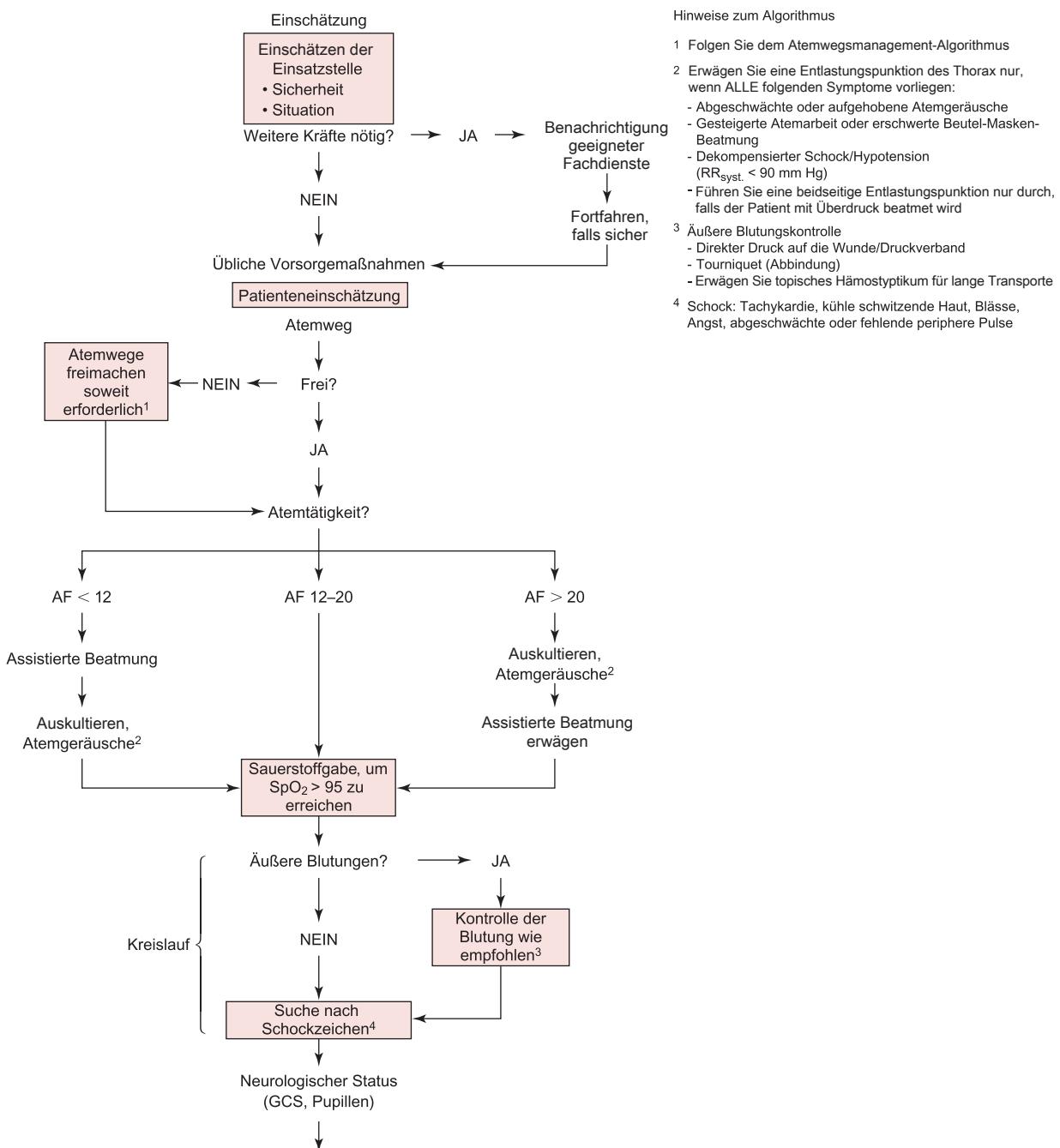
3.5.1 Vitalzeichen

Das Einsatzpersonal beurteilt kontinuierlich die Qualität des Pulses und die Atemfrequenz, aber auch die anderen Komponenten der initialen Beurteilung, weil signifikante Änderungen schnell auftreten können. Es misst quantitative Vitalzeichen und evaluiert den motorischen und sensorischen Status in allen vier Extremitäten so früh wie möglich, obwohl dies normalerweise nicht vor dem Abschluss des Primary Survey durchgeführt wird. Um Zeit zu gewinnen, kann abhängig von der Situation ein zweiter Kollege die Vitalzeichen messen, während der

erste die initiale Beurteilung beendet. Allerdings sind die exakte Pulsfrequenz, Atemfrequenz und der Blutdruck keine entscheidenden Faktoren in der Erstbeurteilung eines schwerverletzten Patienten. Folglich kann die Messung exakter Werte abgewartet werden, bis die entscheidenden Schritte von Lebensrettung und Stabilisierung abgeschlossen sind.

Die ermittelten Vitalzeichen sollten Blutdruck, Pulsfrequenz, Atemfrequenz (inklusive Atemgeräusche), Hautfarbe und Temperatur umfassen. Man reevaluiert und notiert die vollständigen Vitalzeichen alle drei bis fünf Minuten, so oft wie möglich oder bei irgendwelchen Änderungen oder medizini-

3



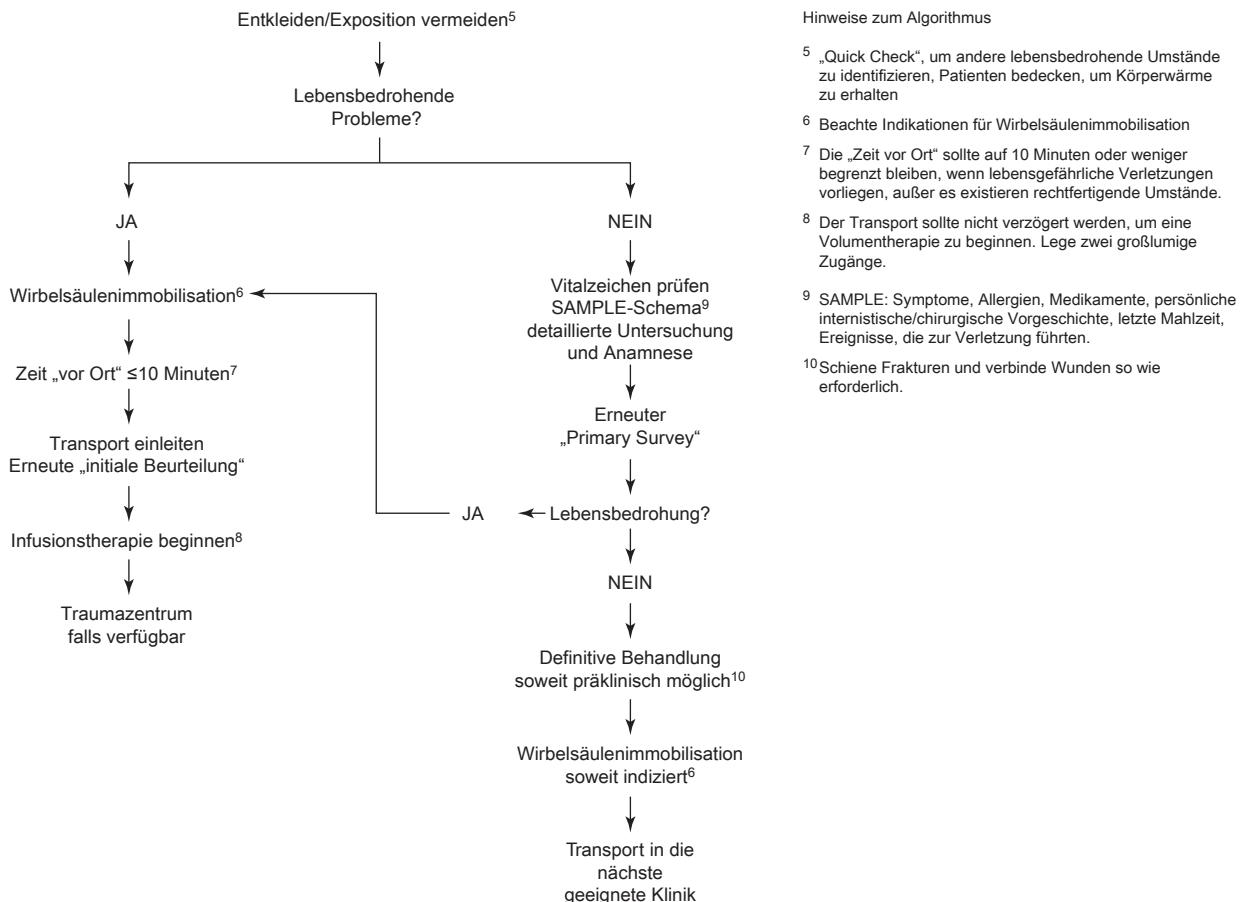


Abb. 3.11 Algorithmus Beurteilung (Forts.)

schen Problemen. Auch sollte bei Verfügbarkeit eines automatischen nichtinvasiven Blutdruckmessgeräts der erste Blutdruck manuell gemessen werden. Automatische Blutdruckmessgeräte könnten ungenau messen, falls eine schwere Hypotension beim Patienten besteht.

- **Letzte Mahlzeit** Viele Patienten werden später operiert, eine Nahrungsaufnahme erhöht das Risiko einer Aspiration bei der Narkoseeinleitung.
- **Ereignisse** Was passierte vor dem Unfall bzw. führte zu diesem?

3.5.2 Anamnese nach dem SAMPLE-Schema

Man sollte eine kurze Anamnese des Patienten erstellen. Diese Informationen müssen auf dem Patientenprotokoll dokumentiert und dem medizinischen Personal im aufnehmenden Krankenhaus übermittelt werden. Die Eselsbrücke SAMPLE soll helfen, sich an die wichtigsten Fragen zu erinnern:

- **Symptome** Welche Beschwerden hat der Patient? Schmerzen? Atemnot? Benommenheit? Parästhesien?
- **Allergien** Wichtig vor Medikamentenabgabe
- **Medikamente** Rezeptpflichtige und nicht rezeptpflichtige Medikamente, die der Patient regelmäßig einnimmt
- **Persönliche medizinische und chirurgische Vorgeschichte** Bedeutende medizinische Probleme, mit denen der Patient aktuell in Behandlung ist, einschließlich früherer Operationen

3.5.3 Kopf

Eine Inspektion von Kopf und Gesicht deckt Kontusionen, Schürfungen, Knochenasymmetrien, Brüche, Hämatome, Brillenhämatome, Augenverletzungen und Rissquetschwunden auf. Man untersucht den Kopf folgendermaßen:

- gründliches Absuchen der Haare nach Kopfhautverletzungen
- Kontrolle der Pupillen auf Größe, Lichtreaktion, Asymmetrien, ungewöhnliche Formen und Entrundungen
- vorsichtige Palpation des Gesichtes und Schädels, um Krepitationen, Abweichungen, Vertiefungen oder abnormale Beweglichkeit zu identifizieren. Dies ist besonders wichtig, um Kopfverletzungen vor dem Röntgen zu entdecken.

➤ Abb. 3.12 zeigt die normale anatomische Struktur von Gesicht und Schädel.

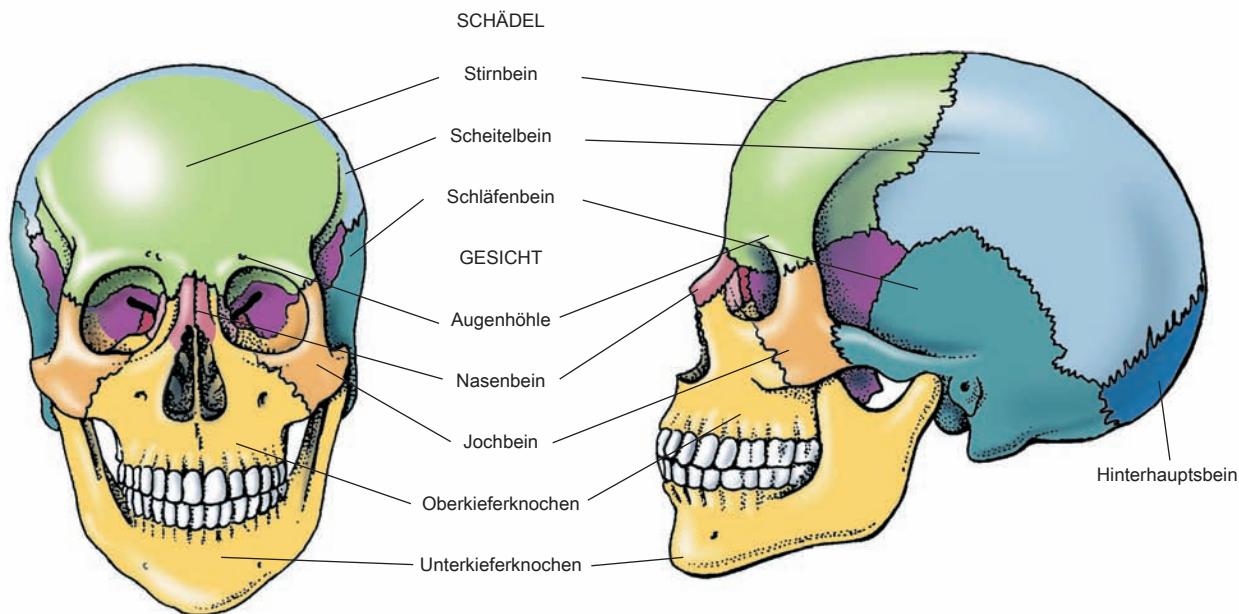


Abb. 3.12 Normale Anatomie des Gesichts und des Schädels

3.5.4 Hals

Der Hals wird auf Kontusionen, Hämatome, Schürfungen, Rissquetschwunden und Deformitäten hin untersucht, die den First Responder auf mögliche tiefere Verletzungen hinweisen. Eine Palpation kann subkutane Emphyseme einer laryngealen, trachealen oder pulmonalen Verletzung aufdecken. Krepitation des Larynx, Heiserkeit und subkutanes Emphysem sind die klassische Trias einer Larynxfraktur. Fehlende Schmerzen der Halswirbelsäule können helfen, eine HWS-Fraktur auszuschließen. Hingegen weisen Schmerzen häufig auf eine Fraktur, Dislokation oder eine Verletzung des Bandapparates hin. Der First Responder führt solche Untersuchungen vorsichtig aus und achtet darauf, dass sich die HWS immer in einer stabilen, anatomisch neutralen sogenannten „Inline-Position“ befindet.

Die normale Anatomie des Halses zeigt > Abb. 3.13.

3.5.5 Thorax

Weil der Thorax kräftig, elastisch und federnd ist, kann er enorme Kräfte absorbieren. Eine genaue Untersuchung auf Deformitäten, paradoxe Atmung, Prellmarken und Schürfungen ist nötig, um tiefer liegende Verletzungen zu identifizieren. Andere Zeichen, auf die man unbedingt achten sollte, sind Schutzhaltung und Abwehrspannung, asymmetrische Thoraxekkursionen und intrakostale, suprasternale oder supraklavikuläre Hervorwölbungen bzw. Einziehungen.

Eine Sternumkontusion kann beispielsweise das einzige Symptom einer Herzverletzung sein. Eine Stichwunde in der

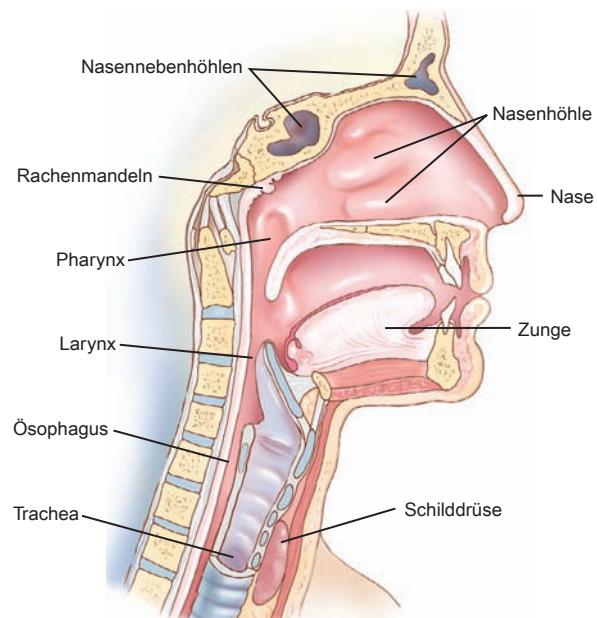


Abb. 3.13 Normale Anatomie des Halses

Nähe des Sternums kann auf eine Herzbeuteltamponade hindeuten. Bei maximaler Expiration liegt das Zwerchfell etwa auf einer Linie zwischen dem vorderen vierten Interkostalraum, dem seitlichen sechsten Interkostalraum und dem achten Interkostalraum posterior (> Abb. 3.14). Eine penetrierende Verletzung, die unterhalb dieser Linie liegt oder die einen Weg genommen hat, der unterhalb dieser Linie liegen könnte, sollte den First Responder an eine Verletzung sowohl der Thorax- als auch der Abdomenhöhle gleichzeitig denken lassen.

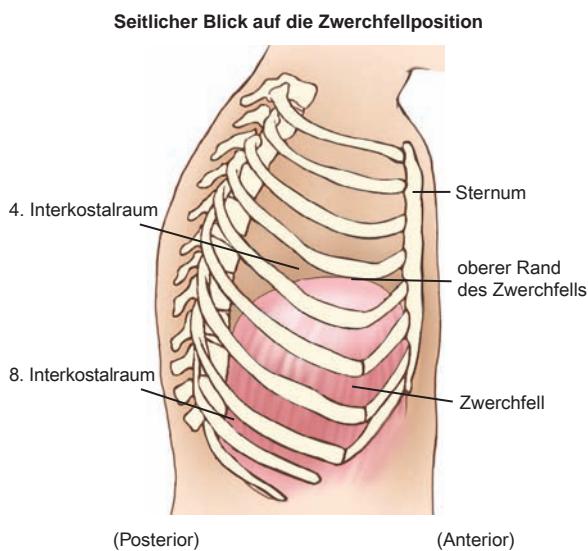


Abb. 3.14 Seitlicher Blick auf die Zwerchfellposition bei voller Expiration

3.5.6 Abdomen

Man beginnt die Untersuchung des Abdomens, wie bei anderen Körperteilen auch, zunächst mit einer Inspektion. Man achtet dabei auf Schürfungen und Hautblutungen, beide können Hinweise auf schwerwiegende Verletzungen sein. Man sollte das Abdomen rund um den Bauchnabel sorgfältig untersuchen, um z.B. quer verlaufende Prellmarken zu erkennen, die durch einen falsch liegenden Sicherheitsgurt verursacht wurden. Fast 50 % der Patienten mit solchen Zeichen haben innere Verletzungen. Auch Lendenwirbelverletzungen sind mit dem „Sicherheitsgurtabdruck“ assoziiert.

Die Untersuchung des Abdomens beinhaltet auch die Palpation aller vier Quadranten, um Abwehrspannung oder einen harten Bauch festzustellen. Beim Tasten registriert man, ob der Bauch weich oder hart ist. Wenn Bauchschmerzen, Abwehrspannung etc. diagnostiziert wurden, gibt es keine Gründe, den Bauch weiter zu untersuchen. Weitere Informationen werden das präklinische Management nicht verändern, führen nur zu einer Belastung des Patienten und verzögern unnötig den Transport in die nächste geeignete Klinik.

3.5.7 Becken

Das Becken wurde als potenzielle Blutungsquelle bereits unter „C“ bei der initialen Beurteilung untersucht. Im Rahmen der erweiterten Beurteilung sollte allenfalls auf Dinge geachtet werden, die möglicherweise initial übersehen wurden. Es gilt aber der Grundsatz, dass das Becken nur einmal palpiert werden sollte.

3.5.8 Rücken

Der Rücken sollte zum Nachweis von Verletzungen ebenfalls untersucht werden. Die beste Möglichkeit ist, den Patienten im Rahmen der Lagerung auf dem Spineboard oder der Schaufeltrage en bloc zu drehen und dabei zu untersuchen. Außerdem können dorsal Atemgeräusche auskultiert und die Wirbelsäule auf Schmerhaftigkeit und Deformitäten abgetastet werden.

3.5.9 Extremitäten

Die Untersuchung der Extremitäten beginnt mit dem Schlüsselbein bei den oberen Extremitäten, dem Becken bei den unteren Extremitäten und von dort jeweils nach distal bis zu den Endgliedern. Jeder einzelne Knochen und jedes Gelenk sollte visuell auf Deformitäten, Hämatome und Blutungen untersucht werden. Zugleich sucht man durch Palpation nach Krepitationen, Schmerzen, Abwehrspannung und pathologischer Beweglichkeit. Jede vermutete Fraktur sollte immobilisiert werden, bis mittels Röntgen ein Bruch ausgeschlossen oder aber bewiesen werden kann. Es werden auch die Durchblutung, die Motorik und die sensorische Funktion der Nerven (sog. DMS-Untersuchung) distal der möglichen Verletzung untersucht. Wenn eine Extremität immobilisiert wurde, sollten danach die Pulse, die Bewegung und die Sensorik nochmals geprüft werden. Angemerkt sei, dass die Oberschenkel bereits beim „C“ der initialen Beurteilung zu untersuchen sind.

3.5.10 Neurologische Untersuchung

So wie es bei der Untersuchung der anderen Körperregionen beschrieben wurde, führt man die neurologische Untersuchung viel detaillierter aus als in der initialen Beurteilung. Die Ermittlung des GCS-Wertes, die Untersuchung der motorischen und sensorischen Funktionen und die Beobachtung der Pupillenreaktion umfassen alle wichtigen Aspekte der neurologischen Untersuchung innerhalb der erweiterten Beurteilung. Im Rahmen der Pupillenreaktionskontrolle achtet der First Responder auf die beidseits identische Lichtreaktion und Größe. Ein kleiner Anteil der Bevölkerung besitzt auch unter normalen Bedingungen unterschiedlich große (anisokore) Pupillen. Trotzdem sollten auch bei diesen Patienten die Pupillen beidseits symmetrisch auf Licht reagieren. Pupillen, die unterschiedlich schnell auf Licht reagieren, werden als ungleich beschrieben. Ungleiche Pupillen können bei einem bewusstlosen Traumapatienten einen Hinweis auf einen erhöhten Hirndruck oder Druck auf den 3. Hirnnerv geben, ausgelöst z.B. durch ein Hirnödem oder eine rasch zunehmende Hirnblutung (> Abb. 3.15). Direkte Verletzungen der Augen können ebenfalls unterschiedliche Pupillenreaktion auslösen.

Eine Untersuchung der Sensorik zeigt Sensibilitätsverluste in den Extremitäten auf und hilft, Areale zu identifizieren, die genauer untersucht werden müssen. Der First Responder muss die gesamte Wirbelsäule immobilisieren, d.h. den ganzen Patienten.

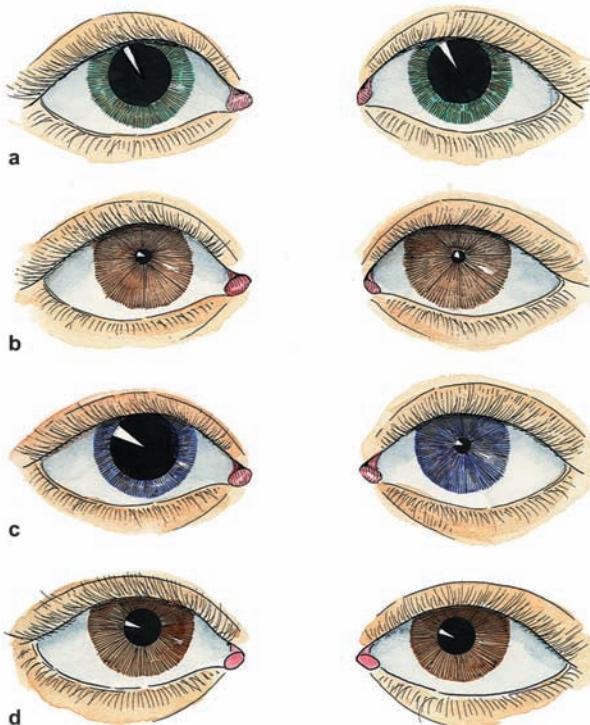


Abb. 3.15 a: Normale Pupillen. b: Erweiterte Pupillen. c: Enge (stecknadelartige) Pupillen. d: Ungleiche Pupillen

Auch beim Gebrauch eines Spineboards sind eine Zervikalstütze, eine Kopffixierung und Gurte bzw. eine Gurtspinne erforderlich. Man darf keinesfalls nur den Kopf fixieren. Wenn der Körper nicht fixiert ist, der Kopf aber wohl, kann eine kleine Bewegung beim Hochheben des Patienten oder während der Fahrt mögliche Verletzungen der Wirbelsäule noch verschlimmern. Ein Schutz der kompletten Wirbelsäule muss zu jeder Zeit gewährleistet sein.

3.6 Definitive Behandlung vor Ort

Die Beurteilung und Behandlung beinhaltet Retten, Transportieren und Kommunizieren. Die definitive Behandlung ist die Endphase der Patientenbetreuung. Es folgen Beispiele für die definitive Behandlung:

- Bei einem Patienten mit Kammerflimmern ist die definitive Behandlung die Defibrillation, woraus ein normaler Rhythmus resultiert; die kardiopulmonale Reanimation (CPR) stellt lediglich eine Überbrückung bis zur Durchführung des Defibrillationsversuchs dar.
- Bei einem Patienten im hypoglykämischen Koma ist die definitive Behandlung die intravenöse Applikation von Glukose und die Wiederherstellung normaler Blutzuckerwerte.
- Bei einem Patienten mit Atemwegsverlegung ist ein Teil der definitiven Behandlung das Vorziehen des Unterkiefers („jaw thrust“) und die assistierte Beatmung.
- Für einen Patienten mit starker äußerer Blutung ist die definitive Behandlung die Kontrolle der Blutung und eine Schocktherapie.

Normalerweise kann die definitive Behandlung eines Traumapatienten nur im Operationssaal durchgeführt werden. Alles, was eine definitive Behandlung verzögert, verschlechtert die Überlebenschancen des Patienten. Die präklinische Behandlung eines Traumapatienten ist mit der CPR während eines Herzstillstands vergleichbar. Die Maßnahme erhält den Patienten „am Leben“, bis eine definitive Behandlung erfolgen kann. Bei einem Traumapatienten erfolgt die Behandlung auf der Straße nur temporär – um einige Minuten zu „kaufen“, bevor man den Operationssaal erreicht.

3.6.1 Rettung

Wie schon zuvor erwähnt, sollten First Responder, Rettungssanitäter und Notärzte bei allen Traumapatienten Wirbelsäulenverletzungen vermuten. Deshalb ist die Stabilisierung der Wirbelsäule, sofern sie indiziert ist, ein zentraler Punkt bei der Rettung des Traumapatienten. Falls die Zeit vorhanden ist, geht man folgendermaßen vor:

- Vorsichtige Stabilisierung der frakturierten Extremitäten mittels spezieller Schienen.
- Falls der Patient in einem kritischen Zustand ist, werden die Frakturen immobilisiert, indem der Patient auf einem Spineboard, der Vakuummatratze oder auf der Schaufeltrage stabilisiert wird.
- Wundverbände, soweit nötig.

3.6.2 Transport

Der Transport sollte beginnen, sobald der Patient gerettet, ins Transportmittel verbracht und stabilisiert ist. Wie schon zuvor beschrieben, bewirken Verzögerungen an der Einsatzstelle nur eine Verlängerung der Zeit, bis in der aufnehmenden Klinik Blut verabreicht und die Blutung kontrolliert werden kann. Die weitere Überwachung und Behandlung erfolgt daher auf der Fahrt ins Krankenhaus. **Für einige sehr kritisch verletzte Patienten ist der schnelle Transport in das geeignete Krankenhaus der wesentlichste Aspekt der definitiven Behandlung am Unfallort.**

Bei einem Patienten, dessen Zustand nicht kritisch ist, kann die volle Aufmerksamkeit auf all seine Verletzungen gelenkt werden, bevor er ins Krankenhaus transportiert wird. Trotzdem sollte der Transport nicht unnötig verzögert werden, da der Patient wegen einer bisher nicht entdeckten Problematik jederzeit kritisch werden kann.

3.6.3 Triageschema

Das Triageschema wurde erstmals durch den unfallchirurgischen Ausschuss der Amerikanischen Akademie für Chirurgie (American College of Surgeons [ACS] Committee on Trauma) beschrieben. (➤ Abb. 3.16).¹⁶ In einigen Rettungsdiensten wird das Schema verwendet, um die am besten geeignete Kli-

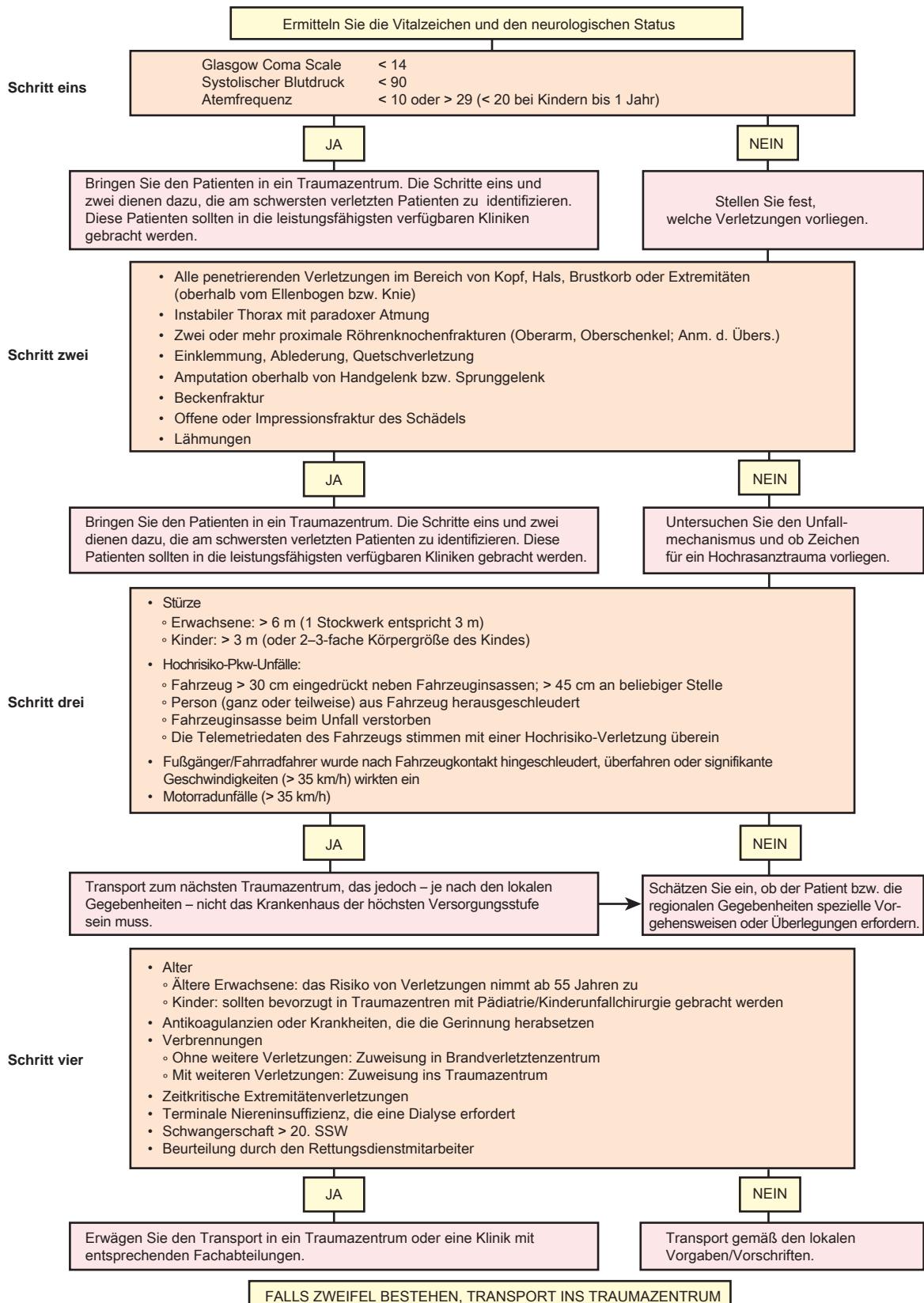


Abb. 3.16 Die Entscheidung, wohin der Patient transportiert wird, ist von großer Tragweite. Dabei spielen die Leistungsfähigkeit und die Entfernung der erreichbaren Kliniken eine Rolle. Das „Triage-Entscheidungsschema“ zeigt die Situationen auf, in denen höchstwahrscheinlich ein bereits im Krankenhaus bereitstehendes Traumateam erforderlich sein wird.

nik zu bestimmen. Wie bei allen Schemata sollte dieses als Hilfe genutzt und nicht als Ersatz für eine gute Beurteilung verwandt werden. Das Triageschema unterteilt die Triage in drei Schritte, welche den Einsatzkräften helfen, die Transport- und Behandlungsprioritäten festzulegen. Es werden physiologische Kriterien, anatomische Kriterien und der Mechanismus der Verletzung (Kinematik) miteinbezogen. Dieses Schema führt zu einer „Übertriage“, das heißt, zu viele Patienten werden in ein Traumazentrum oder eine Schwerpunkt klinik eingeliefert, aber dieses Resultat ist besser als eine „Untertriage“, in der die Patienten fälschlicherweise in eine nicht adäquate Klinik transportiert werden. Ärztliche Leiter Rettungsdienst bzw. Leitende Notärzte sollten regionale Gegebenheiten analysieren und dem Einsatzpersonal vermitteln, welche Kliniken für die Aufnahme von Traumapatienten geeignet sind.

3.6.4 Transportdauer

Die Rettungswagen- bzw. Notarztwagenbesatzung sollte das geeignete Zielkrankenhaus gemäß dem Verletzungsmuster des Patienten auswählen. Einfach gesagt heißt das, der Patient sollte zum nächsten für ihn geeigneten Krankenhaus transportiert werden. Wenn der Patient schwer verletzt ist oder die Gefahr einer persistierenden Blutung besteht, sollte der Rettungsdienstmitarbeiter zu einer Klinik fahren, welche die Möglichkeit hat, den Patienten schnell definitiv zu versorgen (z.B. ein Traumazentrum).

Wenn ein Rettungswagen zum Beispiel acht Minuten nach Alarmierung an der Einsatzstelle eintrifft und dann sechs Minuten für die Erstversorgung, Rettung und das Verladen benötigt, sind schon 14 Minuten der „goldenen Periode“ vorbei. Das nächste Krankenhaus ist fünf, das nächste Traumazentrum hingegen vierzehn Fahrminuten entfernt. Bei Ankunft im Traumazentrum sind das Schockraumteam, die Chirurgen und der Operationssaal bereit. Nach zehn Minuten im Schockraum sind die ersten Diagnosen gestellt, die notwendigen Röntgenbilder angefertigt und befundet sowie Blut abgenommen. So mit kann der Patient in den Operationssaal gebracht werden. Seit dem Unfall sind nun 38 Minuten vergangen. Wenn der Patient im Vergleich dazu in das nächstgelegene Krankenhaus gefahren worden wäre, das zwar einen Assistenzarzt im Haus hat, der Chirurg aber ebenso wie das Operationsteam außer Haus ist, verlängert sich die Zeit für den Notfall von zehn auf 45 Minuten, bis nämlich der Chirurg im Haus eintrifft und den Patienten untersucht. Weitere 30 Minuten vergehen, nachdem der Chirurg entschieden hat, dass der Patient operiert werden muss, bis der Operationssaal und das Team bereit stehen. Dies ergibt im zweiten Beispiel eine Gesamtzeit von 94 Minuten oder dauert 2½-mal länger als im Traumazentrum, bis der Patient im OP ist. Die eingesparten 9 Minuten Fahrtweg kosten nachher 57 Minuten bei der Untersuchung und Behandlung, um die persistierende Blutung zu stoppen.

In einem ländlichen Gebiet, wo ein Transport ins nächste Traumazentrum 45–60 Minuten oder länger dauern kann, ist

eine Versorgung im nächsten Krankenhaus schneller erreichbar und deshalb vorzuziehen.

3.6.5 Transportmethode

Ein anderer Aspekt der Transportentscheidung ist die Methode, *wie* dieser durchzuführen ist. In manchen Rettungsdiensten gibt es die Alternative des Lufttransports mit dem Hubschrauber. Hubschraubertransporte sind zudem häufig schneller und schonender als bodengebundene. Falls der Rettungsdienst Zugriff auf ein Luftrettungsmittel hat, kann man im Rahmen der Untersuchung des Patienten frühzeitig die Entscheidung treffen, den Lufttransport zu initiieren, da dieser dann den größten Benefit für den Patienten bringt.

3.7 Monitoring und Neubeurteilung des Patienten

Nach dem Abschluss der initialen Beurteilung (Primary Survey) und der initialen Behandlung beginnt das Rettungsteam mit dem Monitoring des Patienten, der Reevaluation der Vitalzeichen und der Wiederholung der initialen Beurteilung. Die kontinuierliche Reevaluation der Bestandteile aus dem Primary Survey dient dazu, dass bisher unentdeckte vitalbedrohende Probleme nicht übersehen werden. Eine besondere Aufmerksamkeit muss auf alle signifikanten Veränderungen der Vitalfunktionen gelenkt werden. Wenn diese auftreten, muss ständig überprüft werden, ob das Vorgehen erfolgreich war. Weiterhin hilft das Monitoring, diese Veränderungen rasch zu bemerken und Probleme zu erkennen, die während der initialen Beurteilung übersehen wurden oder noch nicht ersichtlich waren. Häufig ist der Zustand des Patienten nicht offensichtlich. Den Patienten gut zu beobachten und hinzuhören, liefert dem First Responder viele Informationen. Wie diese gesammelt werden, ist weniger entscheidend, als dass *alle* Informationen gesammelt werden. Neubeurteilungen sollten so schnell und sorgfältig wie möglich durchgeführt werden. Das Monitoring im Rahmen eines längeren Transportes wird weiter unten beschrieben.

3.8 Kommunikation

Der First Responder übergibt den Patienten dem Rettungsdienst. Der Rettungsassistent kommuniziert so früh wie möglich mit der aufnehmenden Klinik. Die Informationen über den Zustand des Patienten, die bisherigen Behandlungen und die ungefähre Ankunftszeit ermöglichen es dem Zielkrankenhaus, sich vorzubereiten. Das Rettungsteam sollte auch Informationen über die Kinematik, die Charakteristik der Einsatzstelle, die Anzahl der Verletzten und andere sachbezogene Hinweise weiterleiten, um dem Zielkrankenhaus zu helfen, die richtigen Personen und Ressourcen aufzubieten.

Aus folgenden zwei Gründen ist ein schriftlicher Einsatzbericht ebenfalls wichtig:

1. Er ermöglicht dem Personal des Zielkrankenhauses, sich ein Bild bezüglich des Zustandes des Patienten und der Behandlungen an der Einsatzstelle zu machen, falls Fragen auftauchen, wenn das Rettungsteam schon weg ist.
2. Er hilft dem Träger des Rettungsdienstes, eine Qualitätskontrolle sicherzustellen, indem Daten für die Nachbereitung des Falles bereitgestellt werden.

Aus diesen Gründen ist es wichtig, dass man den Einsatzbericht exakt und vollständig ausfüllt und ihn in der aufnehmenden Klinik abgibt. Eine Kopie des Einsatzberichtes sollte beim Patienten bleiben. Der Nutzen des Einsatzberichtes ist gering, falls dieser erst Stunden oder Tage später beim Patienten eintrifft.

Der Einsatzbericht wird Bestandteil der medizinischen Patientenakte. Er ist ein juristisches Dokument, das beschreibt, was vorgefunden wurde und wie der Patient behandelt worden ist. Das Dokument kann vor Gericht verwendet werden. Der Einsatzbericht gilt als komplette Beschreibung aller vorgefundenen Verletzungen und aller Handlungen, die unternommen wurden. Ein gängiges Sprichwort besagt: „Was nicht dokumentiert wurde, wurde auch nicht durchgeführt.“ Der First Responder, Rettungsassistent bzw. Notarzt nimmt alles mit in die Dokumentation auf, was er in Erfahrung gebracht und am Patienten gesehen und gemacht hat. Ein weiterer wichtiger Grund für die Archivierung der Einsatzberichte ist die wissenschaftliche Nachbereitung. Falls das Zielkrankenhaus wissenschaftliche Auswertungen aller eingelieferten Traumapatienten vornehmen möchte (z.B. Traumaregister der DGU, Anm. d. Übers.), ist der präklinische Teil mit entscheidend. Ein korrekt ausgefüllter Einsatzbericht ist für derartige wissenschaftliche Erhebungen eine wertvolle Hilfe.

Der Rettungsdienstmitarbeiter trägt die Verantwortung für den Patienten während der Übergabe an das Zielkrankenhaus. Er überwacht die Umlagerung etc. Die mündliche Übergabe ist ausführlicher als die Funkmeldung, aber weniger detailreich als das Protokoll. Sie enthält eine kurze Beschreibung über die Unfallkinematik, den Patientenzustand, die ersten Behandlungsschritte und wie der Patient darauf reagiert hat. Die Übergabe muss klar hervorheben, was sich seit der Patientenannahme verändert hat. Eine gute Übergabe fördert auch den Teamgedanken bei der Patientenversorgung.

3.9 Spezielle Überlegungen

3.9.1 Misshandlung

First Responder sind oft die ersten Personen vor Ort, wodurch sie mitunter auf Patienten treffen, die möglicherweise misshandelt worden sind. Das Einsatzpersonal sollte die gemachten Beobachtungen dem Personal des Rettungsdienstes oder des Zielkrankenhauses mitteilen, sodass evtl. die Polizei eingeschaltet werden kann. Die Einsatzkräfte sind normalerweise

die ersten und manchmal auch die einzigen Personen, die Feststellungen treffen, welche auf den Verdacht einer Misshandlung hindeuten, und Informationen weitergeben können.

Jeder in allen Altersstufen kann ein potenzieller Täter oder das Opfer einer Misshandlung sein. Eine schwangere Frau, Kinder, Jugendliche, junge und mittelalte Erwachsene sowie ältere Personen sind mögliche Opfer einer Misshandlung. Es gibt verschiedene Arten von Misshandlungen, z.B. können sich physische Gewalt, psychische und finanzielle Misshandlungen in aktivem **Tun** manifestieren, wobei dann die vorgenommene Handlung in einer Verletzung endet (physische oder sexuelle Misshandlung), oder aber auch als **Unterlassung** (z.B. Vernachlässigung eines Familienangehörigen). Dieser Abschnitt geht nicht auf die verschiedenen Misshandlungen ein, sondern möchte den Leser für mögliche Hinweise darauf sensibilisieren und die Aufmerksamkeit erhöhen.

Allgemeine Merkmale eines potenziell Misshandelnden sind Unerlichkeit, die fehlende Kompatibilität der „Story“ zu den Verletzungen sowie eine negative Einstellung und abschätzendes Verhalten gegenüber dem First Responder. Allgemeine Verhaltensweisen des Opfers sind Schweigen – sie wollen keine Details zum Unfall bekannt geben – Anstarren oder Vermeiden von Augenkontakt mit irgendeiner Person vor Ort sowie Verharmlosen der eigenen Verletzungen. Missbrauch, Täter und Opfer können in vielen Facetten auftreten und das Rettungsteam sollte sehr misstrauisch sein, falls die erzählte „Story“ nicht zur „Szenerie“ passt. Man sollte seinen Verdacht den zuständigen Behörden mitteilen.

3.9.2 Traumatischer Herz-Kreislauf-Stillstand

Ein Herz-Kreislauf-Stillstand traumatischer Ursache unterscheidet sich aus drei Gründen deutlich von einem Herz-Kreislauf-Stillstand, der durch medizinische Probleme hervorgerufen wurde.

1. Die meisten durch medizinische Probleme verursachten Herz-Kreislauf-Stillstände resultieren aus einem respiratorischen Problem, wie etwa einer Atemwegsverlegung durch Fremdkörper, oder Herzrhythmusstörungen, welche im Rettungsdienst möglicherweise relativ einfach behandelt werden können. Ein traumatisch bedingter Herz-Kreislauf-Stillstand entsteht meistens durch Verbluten oder – in selteneren Fällen – durch mit dem Leben nicht zu vereinbarende Verletzungen, wie schwerstes Schädel-Hirn-Trauma oder HWS-Verletzungen. Dazu kommt, dass diese Patienten in der Präklinik nicht gerettet werden können.
2. Herzstillstände medizinischer Ursache können am besten vor Ort stabilisiert und behandelt werden (z.B. Behandlung von Atemwegsverlegungen, Defibrillation). Im Gegensatz dazu können traumatisch verursachte Herz-Kreislauf-Stillstände am ehesten durch einen schnellen Transport in ein Traumazentrum behandelt werden, weil dieses rasch Blut transfundieren und Notfalloperationen durchführen kann.

3. Aufgrund der unterschiedlichen Ursachen und Behandlungsschritte eines Herz-Kreislauf-Stillstandes haben Patienten mit traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand in der Prälklinik sehr schlechte Erfolgschancen. Weniger als 4% der Opfer, die präklinisch reanimiert werden müssen, überleben bis zur Krankenhausentlassung. Die meisten Studien zeigen, dass Patienten mit einer penetrierenden Verletzung etwas höhere Überlebenschancen haben als solche mit einem stumpfen Trauma. Von den wenigen Patienten, die das Krankenhaus lebend verlassen, haben viele neurologische Defizite.

Zusätzlich zu den extrem schlechten Überlebenschancen birgt eine Reanimation solcher Patienten auch für die First Responder Risiken, z. B. Exposition gegenüber Blut und anderen Körperflüssigkeiten des Opfers. Solche aussichtslosen Reanimationsversuche binden Ressourcen, die den Patienten dann fehlen, die lebensfähig sind und somit eine größere Überlebenschance haben. Es ist für Notärzte aus den vorgenannten Gründen wichtig, eine gute Urteilsfähigkeit hinsichtlich der Frage zu entwickeln, ob eine Wiederbelebung bei einem traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand begonnen werden sollte.

Die National Association of EMS Physicians arbeitet eng mit dem ACS Committee on Trauma zusammen, um Leitlinien für Reanimationsabbrüche bei traumatischen Herz-Kreislauf-Stillständen zu entwickeln. Ertrinkungsoptiker, Opfer von Blitzschlägen oder Unterkühlungen sowie Patienten, bei denen der Unfallmechanismus nicht mit der klinischen Situation korreliert (Hinweise auf eine nichttraumatische Ursache), benötigen eine spezielle Behandlung, bevor die Entscheidung zum Abbruch der Reanimation getroffen wird. Ein Patient, der am Ort eines Unfallgeschehens mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand angetroffen wird, könnte diesen auch aufgrund einer medizinischen Problematik entwickelt haben (z. B. durch einen Herzinfarkt), insbesondere bei älteren Patienten oder bei einer minimalen Verletzung.

Verzicht auf eine kardiopulmonale Reanimation

Wenn in der initialen Beurteilung folgende Kriterien erfüllt sind, kann eine kardiopulmonale Reanimation dem Patienten vorenthalten und das Opfer für tot erklärt werden:¹⁷

- bei Opfern eines stumpfen Traumas, die beim Eintreffen der First Responder am Ort des Geschehens pulslos und apnoeisch sind
- bei Opfern eines penetrierenden Traumas, die keine Lebenszeichen mehr zeigen (keine Pupillenreaktion, keine spontanen Bewegungen)
- Reanimationsversuche sind nicht indiziert bei offensichtlichen, nicht mit dem Leben zu vereinbarenden Verletzungen (z. B. Enthauptung) oder bei sicheren Todeszeichen wie Verwesung, Leichenflecken oder Leichenstarre.

Einfache lebensrettende Maßnahmen (Basic Life Support)

Leitlinien für die Reanimation wurden durch die amerikanische Herzgesellschaft (American Heart Association) überarbeitet und veröffentlicht.¹⁸ Nach dem Freimachen der Atemwege durch Vorziehen des Unterkiefers („jaw thrust“) wird die Atemtätigkeit geprüft. Falls der Patient apnoeisch ist oder Schnappatmung aufweist, wird der Karotispuls für maximal 10 Sekunden getastet. Äußere Blutungen sollten schnellstmöglich gestillt werden. Falls kein Puls vorhanden ist, wird mit 30 Thoraxkompressionen begonnen. Zwischen den Kompressionen und Beatmungen wird eine kurze Pause für die zwei Beatmungen eingelegt. Die Thoraxkompressionen werden mit einer Frequenz von mindestens 100/min ausgeführt. Die Person, welche die Thoraxkompressionen durchführt, sollte alle zwei Minuten ausgewechselt werden, um eine Ermüdung zu verhindern. Falls ein AED vorhanden ist, sollte der Herzrhythmus analysiert werden, sodass ein möglicherweise vorhandenes Kammerflimmern defibrilliert werden kann.

Abbruch der kardiopulmonalen Reanimation

Das Beenden der kardiopulmonalen Reanimation und erweiterter lebensrettender Maßnahmen ist im rettungsdienstlichen Umfeld in folgenden Situationen möglich:

- Traumapatienten, die im Beisein des Rettungsteams einen Herz-Kreislauf-Stillstand erlitten haben und bei denen ein 15-minütiger Wiederbelebungsversuch keinen Erfolg zeigt
- Patienten mit einem traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand, bei denen der Transport in die nächste Notaufnahme bzw. ins Traumazentrum länger als 15 Minuten dauern würde.

3.10 Längerer Transport

Obwohl die meisten Transporte in städtischer Region weniger als 30 Minuten dauern, betreuen viele Rettungsdienste in sehr ländlichen Gegenden die Patienten während eines Notfalltransports routinemäßig viel länger. Des Weiteren werden die Rettungsdienste für Sekundärtransporte von einem Krankenhaus in ein anderes eingesetzt, sowohl boden- als auch luftgebunden. Diese Transporte können bis zu mehrere Stunden andauern.

Falls eine Besatzung für eine länger dauernde Verlegung eines Traumapatienten eingesetzt wird, müssen spezielle Vorbereitungen getroffen werden. Die Belange, die vor dem Beginn eines solchen Auftrages abgeklärt werden müssen, können in die Belange des Patienten, der Besatzung und des nötigen Materials unterteilt werden.

3.10.1 Belange des Patienten

Von größter Wichtigkeit ist eine sichere und warme Transportmöglichkeit. Der Patient sollte auf der Krankentrage angegurtet und diese im Rettungswagen korrekt fixiert werden. Wie in diesem Kapitel schon beschrieben, ist Hypothermie für einen Traumapatienten potenziell tödlich. Deshalb sollte das Fahrzeug angenehm geheizt werden. Der Patient sollte so gesichert sein, dass der Rettungsdienstmitarbeiter zu den verletzten Regionen einen möglichst guten Zugang hat. Vor dem Transport sollten alle i. v. Zugänge und Katheter doppelt kontrolliert werden, und zusätzliche Geräte (z. B. Monitore oder Sauerstoffflaschen) sollten so gesichert sein, dass sie bei einem plötzlichen Ausweichmanöver oder einem Unfall nicht zum Geschoß werden. Zusatzgeräte sollten nicht auf dem Patienten gelagert werden, weil es bei längeren Transporten zu Druckstellen kommen könnte.

Der Patient sollte während des Transportes regelmäßig im Sinne der initialen Beurteilung überwacht und die klinischen Vitalzeichen sollten in bestimmten Abständen kontrolliert werden. Die Pulsoxymetrie und das EKG sollten bei praktisch allen Patienten eingesetzt werden, bei intubierten und beatmeten Patienten auch die Messung des endexspiratorischen CO₂. Die Einsatzkräfte sollten so gut ausgebildet sein, dass mögliche Probleme des Patienten vorausschauend erkannt werden können. Kritische Patienten sollten grundsätzlich nur von Personal transportiert werden, das über genügend Erfahrung verfügt.

Es sollten zwei Behandlungspläne erstellt werden. Der erste, der medizinische Plan, wird entwickelt, um erwartete und unerwartete medizinische Probleme während des Transportes zu lösen. Das benötigte Material, Medikamente und sonstiger Vorrat sollten leicht verfügbar sein. Der zweite Plan beschreibt die schnellste Fahrtstrecke zum Zielkrankenhaus. Wetter, Straßenzustände (Baustellen) und Verkehr sollte berücksichtigt

werden. Zusätzlich sollten das Personal die Kliniken entlang der Strecke kennen, falls ein Problem auftritt, das nicht während der Fahrt gelöst werden kann.

3.10.2 Besatzung

Die Sicherheit der Besatzung ist genauso wichtig wie die des Patienten. Das Rettungsteam muss eine adäquate Sicherheitsausrüstung tragen, z. B. Sicherheitsgurte, die auch angelegt sein müssen, außer eine Handlung am Patienten verhindert dies. Die Besatzungsmitglieder verwenden allgemeine Schutzmaßnahmen wie das Tragen von Handschuhen und führen ihre persönliche Schutzausrüstung (PSA) mit.

3.10.3 Material

Die Belange, die sich auf das Material beziehen, beinhalten das Fahrzeug selbst, Betriebsstoffe, den Materialvorrat und das Monitoring sowie Funkgeräte/Mobiltelefone. Die Einsatzfahrzeuge müssen in einem guten, funktionstüchtigen Zustand sein, inklusive genügend Treibstoff und Reserverad. Die Besatzung muss sich versichern, dass das nötige Material vorhanden und erreichbar sind. Sie benötigt insbesondere Verbandmaterial und Sauerstoff. Das Monitoring (mit funktionsfähigen Alarmen), die Absauganlage, die Sauerstoffeinheit etc. müssen in einem guten, funktionsfähigen Zustand sein. Ein erfolgreicher Transport hängt auch von einer guten Kommunikation innerhalb der Besatzung sowie Kontakt zum Zielkrankenhaus ab.

Das Management spezieller Verletzungsbilder während langerer Transporte wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Zusammenfassung

- Die Einschätzung einer Einsatzstelle beruht zum einen auf der Sicherheit der Rettungskräfte im Patientenkontakt, zum anderen aber auch auf der Wahrnehmung aller möglichen anderen Arten von Gefahren. Dies umfasst den Straßenverkehr, die Umwelt, Krankheitserreger, die durch Blutkontakt übertragen werden, und gefährliche Stoffe.
- Die Beurteilung der Einsatzstelle stellt sicher, dass die First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte nicht zu Schaden kommen und das Rettungsmaterial nicht unbrauchbar wird. Dies dient außerdem dem Zweck, dass andere Rettungskräfte vor Gefahren geschützt werden, die nicht identifiziert, isoliert oder entfernt wurden.
- Gefahren sind manchmal schnell zu identifizieren; wenn das Rettungsteam aber danach nicht Ausschau hält, werden die Gefahren nicht entdeckt und der einzelne Helfer kann aus diesem Grund Schaden erleiden.
- Spezielle Einsatzstellen, an denen es etwa Gewaltverbrechen gegeben hat, möglicherweise auch mit Waffengebrauch, beeinflussen die Art und Weise, wie das Rettungsteam vorgeht und wie die Patienten versorgt werden.
- Größere Ereignisse (MANV) werden beherrscht, indem besondere Führungsstrukturen etabliert und eingehalten werden. Der Rettungsdienst ist in diese Strukturen eingebettet. Die Rettungskräfte müssen die Abläufe kennen und verstehen.
- Die Überlebenschancen von Traumapatienten hängen davon ab, dass Zustände, die zur Verminderung der Gewebeperfusion führen, umgehend erkannt und behandelt werden.
- Das Erkennen solcher Zustände erfordert eine systematische, prioritätenorientierte und logische Abfolge der Informationsbeschaffung und des Reagierens darauf. Dieser Prozess wird als **Einschätzung bzw. Beurteilung des Patienten** bezeichnet (patient assessment).
- Die **Einschätzung des Patienten** beginnt bereits mit der Beurteilung der Einsatzstelle, baut dann weiter auf dem ersten Eindruck (general impression) auf, den der Patient macht, und wird mit der initialen Beurteilung (Primary Survey) fortgesetzt.
- Sofern der Zustand des Patienten dies erlaubt und weiteres Personal zur Verfügung steht, folgt hierauf die „detaillierte Anamnese und körperliche Untersuchung“ (Secondary

Survey, erweiterte Beurteilung). Man analysiert die Informationen, die während dieses Prozesses gewonnen wurden, und nutzt diese als Grundlage für die Therapie und Transportentscheidungen.

- Bei der Versorgung von Traumapatienten stellt ein übersehenes Problem eine verpasste Chance dar, die Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten zu erhöhen.
- Nachdem gleichzeitig die Situation und die Sicherheit an der Einsatzstelle beurteilt wurden, lenkt man seine ganze Aufmerksamkeit auf die Einschätzung des Patienten und hier besonders auf freie Atemwege, die Atemtätigkeit und die Kreislaufsituation. Die initiale Beurteilung (Primary Survey) wird nach dem ABCDE-Schema durchgeführt, wobei die einzelnen Buchstaben für Airway Management (Atemwegsmanagement), Breathing (Belüftung der Lungen/Beatmung), Circulation (Kreislauf), Disability (initiale neurologische Untersuchung) und Exposure/Environment

(entkleideten Patienten untersuchen, um keine Verletzungen zu übersehen/Erhalt von Körperwärme) stehen. Obwohl es schwierig ist, in geschriebenen Worten darzustellen, dass diese Schritte gleichzeitig und nicht hintereinander stattfinden, muss das Einsatzteam sich darüber im Klaren sein, dass die initiale Beurteilung des Patienten ein Prozess ist, bei dem vieles zur gleichen Zeit gemacht wird.

• Lebensbedrohliche Probleme müssen zügig in einer „Erkennen-und-Handeln-Vorgehensweise“ therapiert werden. Sobald man freie Atemwege hergestellt sowie die Atmung und starke äußere Blutungen kontrolliert hat, wird der Patient ins Fahrzeug gebracht und der Transport zeitnah begonnen. Man muss sich klar machen, dass die Behandlungsmöglichkeiten von Traumapatienten in der Prälkklinik limitiert sind und die Zielsetzung darin bestehen sollte, den Patienten in einer angemessenen, jedoch zügigen Weise dorthin zu transportieren, wo eine definitive Behandlung erfolgen kann.

Lösung Fallbeispiel 1

Eine Einschätzung und Bewertung der Einsatzstelle legt viele potenzielle Gefahren offen, wobei die offensichtlichsten die Umgebungsbedingungen sind. Schnee beeinträchtigt nicht nur die Sicht, sondern führt auch zu rutschigen Straßenverhältnissen und verlängert die Bremswege. Patienten, die im Schnee und bei Kälte auf dem Boden liegen, können insbesondere in Verbindung mit den nächtlichen Temperaturen eine Unterkühlung erleiden. Tätigkeiten, die am Straßenrand stattfinden, zählen zu den gefährlichsten Situationen, denen die Einsatzkräfte ausgesetzt sind. Die Dunkelheit erhöht die Gefahren zusätzlich und macht es erforderlich, dass

die First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte reflektierende Schutzkleidung tragen. Die Polizei wird benötigt, um den Verkehr entlang der Einsatzstelle zu regeln. Chemikalien, Öl und andere austretende Fahrzeugflüssigkeiten bergen ebenfalls Gefahren. Einsatzkräfte der Feuerwehr können diese Flüssigkeiten neutralisieren und zeitgleich die Einsatzstelle hinsichtlich möglicherweise entstehender Brände überwachen. Zudem kann ein blutender Patient Infektionen auf die Einsatzkräfte übertragen, sodass diese Schutzmaßnahmen wie Handschuhe, Schutzbrillen und einen Mundschutz verwenden sollten.

Lösung Fallbeispiel 2

Nachdem Sie eine Minute an der Einsatzstelle sind, haben Sie bereits die wesentlichen Informationen darüber gewonnen, welche weiteren Untersuchungen und Behandlungen der Patient benötigt. In den ersten 15 Sekunden Patientenkontakt haben Sie einen „allgemeinen Eindruck“ gewonnen und entschieden, dass lebensrettende Interventionen nicht erforderlich sind. Mit einigen einfachen Maßnahmen haben Sie das A, B, C und D der initialen Beurteilung überprüft. Der Patient spricht mit Ihnen ohne Schwierigkeiten, wodurch erkennbar ist, dass er freie Atemwege hat und keine Atemnot vorliegt. Zur gleichen Zeit haben Sie – die Kinematik des Traumas verinnerlichend – die HWS stabilisiert. Sie haben keine offensichtlichen Blutungen entdeckt, Ihr Kollege hat den Radialispuls getastet und Sie haben zudem die Hautfarbe und -temperatur sowie die Hautfeuchtigkeit untersucht. Diese Befunde weisen derzeit auf keine lebensgefährliche Kreislaufsituation bei dem Patienten hin. Darüber hinaus haben Sie auch keine Hinweise für neurologische Defizite gefunden, denn der Patient ist wach, orientiert und beantwortet Fragen adäquat. Diese Informationen, ergänzt durch Informationen

durch die Art des Sturzes, geben Ihnen weitere Hinweise darauf, ob weitere Kräfte erforderlich sind, welche Transportart angemessen und welche Art von Klinik geeignet ist. Nachdem Sie nun all diese Schritte komplettiert haben und keine lebensrettenden Maßnahmen erforderlich sind, setzen Sie die Untersuchung frühzeitig mit dem Schritt E der initialen Beurteilung fort und ermitteln dann die Vitalwerte. Sie schauen nach weiteren Verletzungen und Blutungen, die unter der Kleidung verborgen sein könnten, und decken den Patienten dann zu, um ihn vor Kälte und Nässe zu schützen. Durch diese gründliche Untersuchung erkennen Sie auch weniger ernsthafte Verletzungen. Ihre nächsten Schritte bestehen darin, die komplette Wirbelsäule zu immobilisieren und den Patienten ins Fahrzeug zu bringen. Dort werden Extremitätenfrakturen geschiert und Wunden verbunden, falls die Zeit dies erlaubt. Durch Ihre Kenntnisse in Kinematik und die beobachtete Bewusstlosigkeit des Patienten wissen Sie, dass ein SHT, Frakturen der unteren Extremitäten sowie Verletzungen der Wirbelsäule wahrscheinlich sind.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Maguire BJ, Hunting KL, Smith GS, Levick NR: Occupational fatalities in emergency medical services, Ann Emerg Med 40(6):625, 2002.
2. National Highway Traffic and Safety Administration: Traffic safety facts, 2003, Quelle: www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/NCSA/TSFA-Ann/2003/cov 2. htm.
3. Schaeffer J: Prevent run downs: best practices for roadside incident management, 2002, Quelle: www.jems.com/jems/news02/0903a.htm (Letzter Zugriff: September 2002).
4. Poland GA, Jacobson RM: Prevention of hepatitis B with the hepatitis B vaccine, N Engl J Med 351:2832, 2004.
5. Georgia Emergency Management Agency: Surviving weapons of mass destruction, Quelle: www.ojp.usdoj.gov/odp/docs/video.htm.
6. Georgia Emergency Management Agency, Department of Justice Bureau of Justice Assistance: Surviving the secondary device: the rules have changed, Quelle: www.ojp.usdoj.gov/odp/docs/video.htm.
7. Advanced Trauma Life Support (ATLS) Subcommittee, Committee on Trauma: Initial assessment and management. In Advanced trauma life support course for doctors, student course manual, ed 7, Chicago, 2004, ACS.
8. Kragh JF, Littrel ML, Jones JA, et al.: Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop limb bleeding, J Emerg Med, 2009, epub ahead of publication.
9. Beekley AC, Sebesta JA, Blackbourne LH, et al.: Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes, J Trauma 64:S28–S37, 2008.
10. Doyle GS, Tailiac PP: Tourniquets: a review of current use with proposals for expanded prehospital use, Prehosp Emerg Care 12:241–256, 2008.
11. First Aid Science Advisory Board: First aid, Circulation 112(III):115, 2005.
12. Swan KG Jr, Wright DS, Barbagiovanni SS, et al.: Tourniquets revised, J Trauma 66:672–675, 2009.
13. Teasdale G, Jennett B: Assessment of coma and impaired consciousness: a practical scale, Lancet 2:81, 1974.
14. Committee on Trauma: Resources for optimal care of the injured patient: 1999, Chicago, 1998, American College of Surgeons.
15. Hopson LR, Hirsh E, Delgado J, et al.: Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest, Prehosp Emerg Care 7:141, 2003.
16. American Heart Association: 2010 guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care, Part 12: Cardiac Arrest in Special Situations, Circulation 22:S829–S861, 2010.

KAPITEL

4

Atemwege und Atmung

| | | | | | |
|------------|--|----|--------------|---|-----|
| 4.1 | Anatomie | 94 | 4.4.3 | Untersuchung der Atemwege auf Verlegung | 99 |
| 4.1.1 | Obere Atemwege | 94 | 4.4.4 | Schauen Sie nach Brustkorbbewegungen | 99 |
| 4.1.2 | Untere Atemwege | 94 | 4.4.5 | Abnormale Atemgeräusche | 99 |
| 4.2 | Physiologie | 94 | 4.4.6 | Auswahl der Hilfsmittel | 99 |
| 4.2.1 | Ventilation und Oxygenierung eines Traumapatienten | 97 | 4.5 | Management | 99 |
| 4.3.1 | Verminderte neurologische Funktion | 98 | 4.5.1 | Wichtige Fertigkeiten | 99 |
| 4.3.2 | Mechanische Obstruktion | 98 | 4.5.2 | Atmungshilfen | 102 |
| 4.3 | Pathophysiologie | 97 | 4.6 | Längerer Transport | 103 |
| 4.4 | Beurteilung der Atemwege und Beatmung | 98 | 4.7 | Besondere Kenntnisse | 104 |
| 4.4.1 | Die Lage der Atemwege und des Patienten | 98 | 4.7.1 | Atemwegsmanagement und Beatmung | 104 |
| 4.4.2 | Geräusche der oberen Atemwege | 99 | | | |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die Physiologie der Ventilation und des Gasaustauschs unter Berücksichtigung der pathophysiologischen Besonderheiten des traumatisierten Patienten zu beurteilen,
- die Oxygenierung mit pathophysiologischen Besonderheiten des Traumapatienten in Bezug zu setzen,
- die Mechanismen zu erklären, durch die zusätzliche Sauerstoffgaben und Beatmungshilfen für den traumatologischen Patienten von Nutzen sind,

- in Einsätzen mit traumatologischen Patienten auf die effektivste Art einen Atemweg zu sichern, um sich den Bedürfnissen des Patienten anzupassen,
- in Einsätzen, bei denen Patienten eine Unterstützung der Atemwege benötigen, die effektivste Form für die Bedürfnisse des Traumapatienten zu wählen,
- in der Behandlung von Traumapatienten einen geeigneten Ablauf für die Atemwegssicherung und Ventilation zu finden,

Fallbeispiel

Sie werden zu einem Verkehrsunfall gerufen, bei dem ein Fußgänger von einem Pkw angefahren wurde. Bei der Ankunft stellen Sie fest, dass der Patient 10 m weit vom Aufprallort entfernt liegt. Das Kfz weist Schäden im Bereich des Kühlergrills und eine gebrochene Windschutzscheibe auf. Der Fahrer des Unfallfahrzeugs steht neben seinem Wagen. Der angefahrene Fußgänger wird von einem Polizisten versorgt, der damit beschäftigt ist, die Atemwege des Patienten zu sichern. Dieser ist ca. 30 Jahre alt und wiegt ca. 125 kg. Der Polizist hat einen Guedel-Tubus eingelegt und beatmet den Patienten unter Verwendung von Sauerstoff mit einer

Masken-Beutel-Beatmung. Er berichtet, dass der Patient seit seinem Eintreffen ohne Bewusstsein ist. Sie stellen Blutungen im Bereich des Kopfes und einen abgewinkelten rechten Oberschenkel fest. Sie befinden sich in ca. 8-minütigerボdengebundener Entfernung zu einem Traumazentrum.

Welche Einschränkungen der Atemwege und der Atmung liegen in diesem Beispiel vor? Welche anderen Angaben benötigen Sie von Zeugen oder den Ersthelfern? Beschreiben Sie, welche Maßnahmen Sie in diesem Fall vor und während des Transports ergreifen würden.

Bei der Erstbehandlung von Traumapatienten kommt dem Atemwegsmanagement und der Atmung eine große Bedeutung zu. Der Stellenwert hat in den letzten Jahren sogar zugenommen. Eine mangelnde Ventilation und Oxygenierung führt zu sekundären Hirnschäden und verstärkt primäre Hirnschäden, die durch das initiale Trauma verursacht worden sind. Das Vorhandensein offener Atemwege und die Gewährleistung der Ventilation und Oxygenierung sind wichtige Schritte in der Prophylaxe von sekundären Hirnschäden und vergrößern die Chance eines positiven Ausgangs.

Die wichtigsten Punkte der präklinischen Versorgung sind offene Atemwege und eine adäquate Ventilation, um die Oxygenierung des Gehirns und des Körpers sicherzustellen. Da die Techniken und die Hilfsmittel ständig wechseln, ist es wichtig, den neuesten Entwicklungen Rechnung zu tragen.

Das respiratorische System hat zwei Hauptfunktionen:

- Das System belädt die roten Blutkörperchen mit Sauerstoff, die diesen zu allen Zellen im Körper transportieren.
- Das System eliminiert das Kohlendioxid (CO_2) aus dem Körper.

Probleme des respiratorischen Systems, Sauerstoff an die Zellen zu liefern, oder Schwierigkeiten der Zellen, den gelieferten Sauerstoff zu nutzen, resultieren rasch in einem anaeroben Metabolismus, der dann schnell zum Tod führen kann. Der Ausfall der CO_2 -Elimination kann zum Koma und einer Azidose führen.

4.1 Anatomie

Das respiratorische System setzt sich aus den oberen und den unteren Atemwegen inklusive der Lungen zusammen (► Abb. 4.1). Jeder Teil des Systems spielt eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung des Gasaustauschs – dem Prozess, bei dem Sauerstoff ins Blut gelangt und CO_2 abgeatmet wird.

4.1.1 Obere Atemwege

Die oberen Atemwege bestehen aus der Nasen- und Mundhöhle (► Abb. 4.2). Die Luft wird in der Nasenhöhle befeuchtet, aufgewärmt und Verschmutzungen werden herausgefiltert. Im Anschluss folgt der Pharynx, der sich vom weichen Gaumen bis zum oberen Ende des Ösophagus ausdehnt. Er setzt sich aus Muskeln und Schleimhaut zusammen und ist in drei Sektoren unterteilt: den Nasopharynx (oberer Teil), den Oropharynx (mittlerer Teil) und den Hypopharynx (unterer Teil). Unterhalb des Pharynx folgen der Ösophagus, der in den Magen mündet, sowie die Trachea, die sich in die unteren Atemwege fortsetzt. Etwas oberhalb der Trachea liegt der Larynx (► Abb. 4.3), der die Stimmbänder mit den zugehörigen Muskeln enthält. Die Stimmbänder sind Gewebefalten, die bis zur Mitte der Trachea reichen. Deshalb muss die Luft durch die Stimmbänder fließen. Unterstützt werden die Stimmbänder durch die posterior anliegenden Ary-Knorpel. Direkt oberhalb

des Larynx sitzt die Epiglottis. Sie ist ein bewegliches Klappenventil, das die Luft in die Trachea sowie Flüssigkeiten und feste Stoffe in den Ösophagus leitet.

4.1.2 Untere Atemwege

Die unteren Atemwege bestehen aus Trachea, Bronchien und Lungenflügeln. Während der Inspiration fließt die Atemluft erst durch die oberen und die unteren Atemwege, bevor sie die Alveolen erreicht, in denen der Gasaustausch stattfindet. Die Trachea teilt sich in einen rechten und linken Hauptbronchus. Diese unterteilen sich weiter in diverse Bronchien und später in Bronchiolen, die in den Alveolen enden. Die Alveolen sind winzige Luftsäcke, die von Kapillaren umgeben sind. Dort treffen respiratorisches und Kreislaufsystem zusammen, und der Gasaustausch findet statt.

4.2 Physiologie

Dieser Teil der Atemwege leitet die Umgebungsluft durch Nase, Mund, Pharynx, Trachea und Bronchien in die Alveolen. Das Volumen eines jeden Atemzuges beträgt bei einem durchschnittlichen Erwachsenen ungefähr 500 ml Luft. Davon bleiben pro Atemzug rund 150 ml Luft in den oberen Luftwegen und erreichen nie die Alveolen, um am Gasaustausch teilzunehmen. Dieser Raum wird als Totraum bezeichnet. Die darin verbleibende Luft steht dem Körper somit nicht für den Gasaustausch zur Verfügung.

Mit jedem Atemzug gelangt Luft in die Lungen. Wenn Umgebungsluft die Alveolen erreicht, diffundiert der Sauerstoff durch die Alveolarmembran in die roten Blutkörperchen. Das Herz-Kreislauf-System verteilt den Sauerstoff nun in die verschiedenen Gewebe, in denen O_2 als „Treibstoff“ für den Energiemetabolismus benötigt wird.

Der Sauerstoff diffundiert von den Alveolen in die roten Blutkörperchen, das Kohlendioxid wird in die umgekehrte Richtung vom Plasma in die Alveolen transportiert. Kohlendioxid, das nicht in den roten Blutkörperchen, sondern gelöst im Plasma transportiert wird, wandert von den Kapillaren über die Alveolarmembran in die Alveolen. Von dort wird es mit jedem Atemzug abgeatmet (► Abb. 4.4). Die oxygenierten roten Blutkörperchen und das Plasma mit einer geringen CO_2 -Konzentration werden über die linke Herzkammer zu den Zellen des Körpers transportiert.

Die Zellen, die von den oxygenierten roten Blutkörperchen mit Sauerstoff versorgt werden, benötigen diesen als „Treibstoff“ für den aeroben Stoffwechsel. Als Abfallprodukt des aeroben Metabolismus wird CO_2 im Blutplasma gelöst. Das desoxygenierte Blut fließt über das rechte Herz zurück in die Lungen. Hier werden die Erythrozyten wieder mit Sauerstoff beladen, und das CO_2 diffundiert in die Alveolen.

Um ein ausreichendes Sauerstoffangebot sicherzustellen, müssen die Alveolen ständig mit frischer Atemluft belüftet

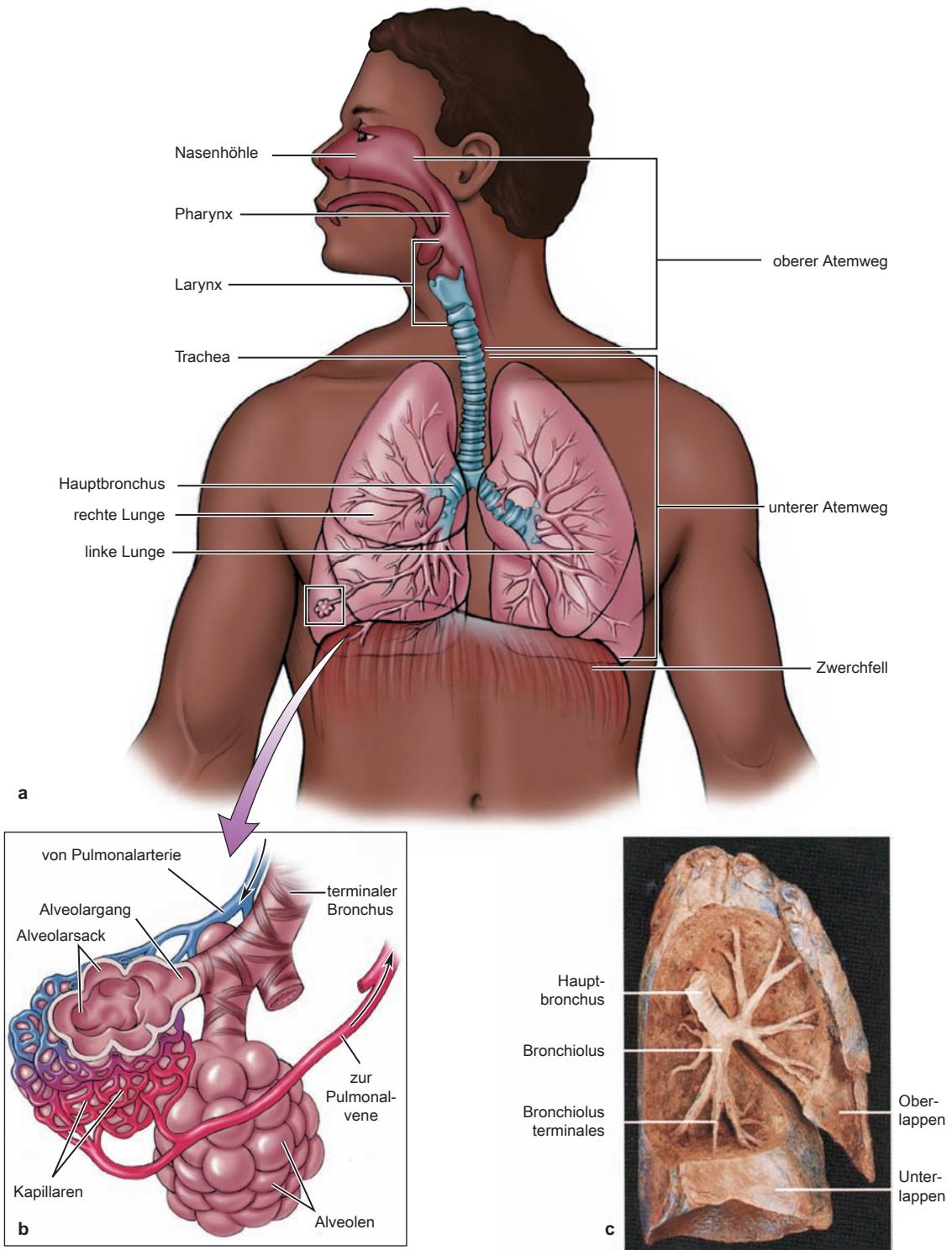
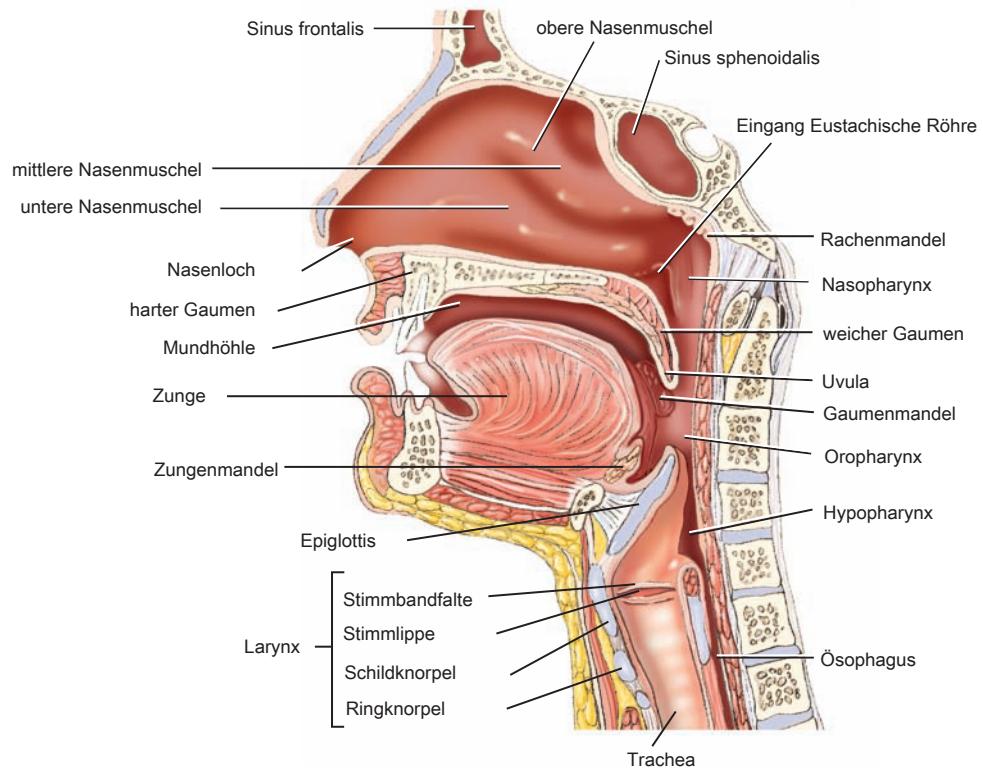


Abb. 4.1 Organe des respiratorischen Systems: obere und untere Atemwege (Aus: Herlihy B, Maebius WK: *The human body in health and disease*, Philadelphia, 2000, Saunders)

werden. Dabei ist die Ventilation auch die Grundlage für die Elimination von CO_2 . Die Ventilation ist messbar. Die Menge Luft eines Atemzuges nennt man Atemzugvolumen. Multipliziert man das mit der Atemfrequenz, ergibt sich das Atemminutenvolumen:

$$\text{Atemminutenvolumen} = \text{Atemzugvolumen} \times \text{Atemfrequenz pro Minute}$$

Während normaler Ruheatmung werden pro Atemzug 500 ml Luft eingeatmet. Zirka 150 ml dieses Volumens nehmen nicht am Gasaustausch teil (Totraum). Wenn das Atemzugvolumen



4

Abb. 4.2 Sagittalschnitt der Nasenhöhle und des Pharynx von medial

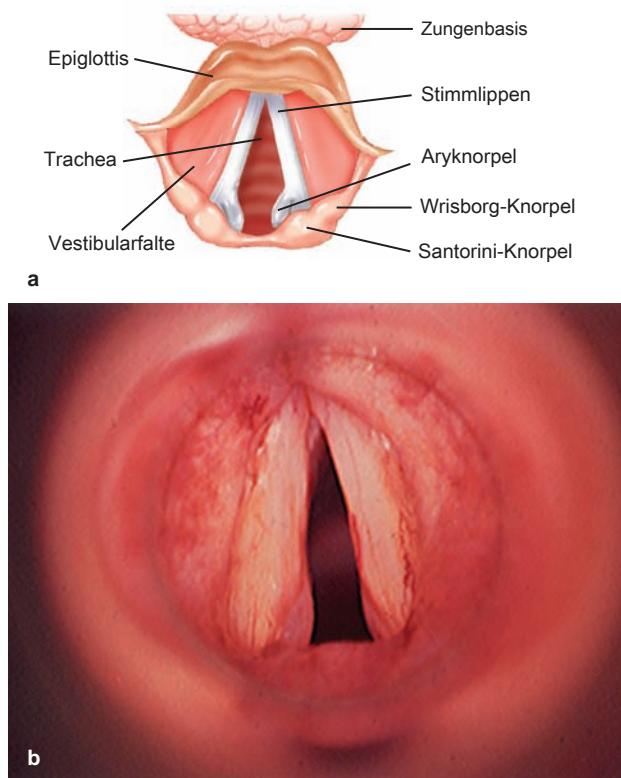


Abb. 4.3 Aufsicht auf die Stimmlippen (Foto: Custom Medical Stock Photo. Aus: Thibodeau GA: *Structure and function*, 9. Aufl., St. Louis, 1992, Mosby)

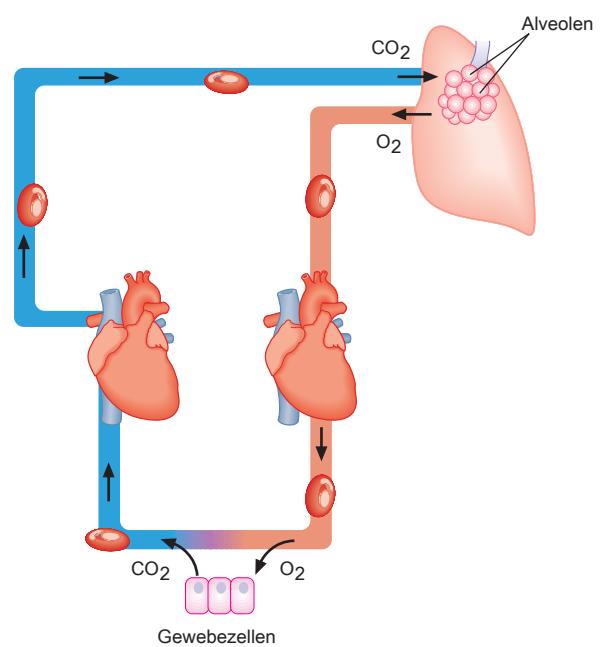


Abb. 4.4 Sauerstofftransport von den Alveolen über die roten Blutkörperchen zum Gewebe. Das Hämoglobin in den roten Blutkörperchen übernimmt den Sauerstofftransport. Das Kohlendioxid (CO_2) wird mit dem Blutplasma transportiert.

500 ml und die Atemfrequenz 14/min betragen, kann das Atemminutenvolumen wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned}\text{Atemminutenvolumen} &= 500 \text{ ml} \times 14 \text{ Atemzüge/min} \\ &= 7.000 \text{ ml/min} = 7 \text{ l/min}\end{aligned}$$

Um eine gute Oxygenierung und normale CO₂-Konzentration zu erreichen, müssen jede Minute ungefähr 7 Liter Umgebungsluft in bzw. aus der Lunge ventiliert werden. Fällt das Atemminutenvolumen unter die Normalwerte, hat der Patient eine ungenügende Ventilation, dieser Zustand heißt **Hypoventilation**. Er führt zu einer CO₂-Retention im Körper. Eine Hypoventilation kommt vor, wenn Schädel-Hirn- oder Thoraxtraumata zu einem veränderten Atemmuster oder zu nicht adäquaten Atembewegungen führen. Ein Patient mit Rippenfrakturen atmet z. B. aufgrund starker Schmerzen schnell und flach. Nehmen wir an, er hat ein Atemzugvolumen von 100 ml mit einer Atemfrequenz von 40/min. Das Atemminutenvolumen dieses Patienten kann folgendermaßen berechnet werden:

$$\begin{aligned}\text{Atemminutenvolumen} &= 100 \text{ ml} \times 40 \text{ Atemzüge/min} \\ &= 4.000 \text{ ml/min} = 4 \text{ l/min}\end{aligned}$$

Werden in Ruhe 7 l/min benötigt, um einen adäquaten Gasaustausch bei einem gesunden Erwachsenen zu gewährleisten, sind 4 l/min viel zu wenig, um das anfallende CO₂ abzuatmen. Als Minimum sind 150 ml notwendig, um mehr als den Totraum zu belüften. Beträgt das Atemzugvolumen nur 100 ml, erreicht die oxygenierte Luft nie die Alveolen. Unbehandelt führt diese Hypoventilation schnell zu einer ernsthaften Lebensgefahr und schlussendlich zum Tod.

Im vorangegangenen Beispiel ist der Patient hypoventiliert, obwohl seine Atemfrequenz 40 Atemzüge/min beträgt. Bei der Beurteilung, ob ein Patient genügend ventiliert, müssen sowohl die Atemfrequenz als auch die Atemtiefe beachtet werden. Es ist ein häufiger Fehler, anzunehmen, dass Patienten mit einer hohen Atemfrequenz hyperventilieren. Die Beurteilung der Atmung beinhaltet immer die Evaluation der Ventilation, die Diffusion des Sauerstoffs sowie die Transportkapazität. Ohne eine angemessene Aufnahme und Verarbeitung des Sauerstoffs geht die Zelle in den anaeroben Metabolismus über. Eine effektive Atmung muss also ermöglicht werden. Ein Patient kann eine suffiziente Ventilation voll, teilweise oder gar nicht erreichen. Die ständige Beurteilung und ein konsequentes Management von inadäquater Ventilation sind essenziell für einen erfolgreichen klinischen Ausgang.

4.2.1 Ventilation und Oxygenierung eines Traumapatienten

Die Oxygenierung eines Menschen umfasst drei Phasen:

1. Unter der **äußeren Atmung** versteht man den Transfer von Sauerstoffmolekülen (O₂) aus der Atmosphäre ins Blut. Der Sauerstoff in den Alveolen ist freies Gas; somit übt jedes O₂-Molekül Druck aus. Ein Anstieg der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration erhöht den alveolären O₂-Druck.

2. **Sauerstofftransport** ist die Folge des O₂-Transfers aus der Atmosphäre in die roten Blutkörperchen sowie dessen weiteren Transports über das Herz-Kreislauf-System ins Gewebe. In diesen Prozess mit einbezogen sind primär das Herzminutenvolumen, die Hämoglobinkonzentration und die Sauerstoffsättigung. Die Menge Sauerstoff, die vom Körper pro Minute verbraucht wird, nennt man Sauerstoffverbrauch. Man kann die roten Blutkörperchen als „Sauerstofftanker“ beschreiben. Diese Tanker fahren entlang den Blutbahnen, um den Sauerstoff an den Abladestellen, dem Kapillarbett, zu entladen.

3. **Innere Atmung** (Zellatmung) ist die Diffusion von Sauerstoff aus den roten Blutkörperchen in die Gewebezellen. Normalerweise werden in der Glykolyse und im Zitratzyklus Glukose sowie Sauerstoff metabolisiert und in Energie umgewandelt. Die Diffusion von Sauerstoff zwischen den roten Blutkörperchen und dem Gewebe durch die dünnen Kapillaren ist vermindert, wenn die inspiratorische O₂-Menge verkleinert (Unterbrechung der Zufuhr) oder der Kreislauf vermindert ist („Straßenblockade“). Das Gewebe kann nicht mit genügend Sauerstoff versorgt werden, wenn adäquate Mengen nicht zur Verfügung stehen.

Eine adäquate Oxygenierung ist von allen drei Phasen abhängig. Das Ziel, die Gewebeoxygenierung präklinisch zu verbessern, ist abhängig von einer raschen Unterstützung der Atmung bei allen Traumapatienten, primär mit zusätzlichem Sauerstoffangebot, damit eine Hypoxie verhindert oder ganz korrigiert werden kann.

4.3 Pathophysiologie

Das Leistungsvermögen des respiratorischen Systems kann durch Traumata vermindert werden, sodass eine adäquate Sauerstoffversorgung und suffiziente CO₂-Abatmung nicht mehr möglich ist:

- **Hypoventilation** kann durch einen verminderten Atemantrieb verursacht werden. Meistens geschieht dies aufgrund einer Einschränkung der neurologischen Leistungsfähigkeit, z. B. nach einem Schädel-Hirn-Trauma.
- Hypoventilation kann die Folge einer Verlegung bzw. Obstruktion der oberen oder unteren Atemwege sein.
- Hypoventilation kann durch eine verminderte Expansion der Lungen entstehen.
- **Hypoxämie** (verminderter Sauerstoffgehalt im Blut) kann durch verminderte Diffusion von Sauerstoff durch die Alveolarmembran ins Blut verursacht werden.
- **Hypoxie** kann durch einen verminderten Blutfluss zu den Alveolen entstehen.
- Hypoxie kann durch eine Verlegung der Alveolen, z. B. durch Flüssigkeiten oder Fremdkörper, hervorgerufen werden
- Hypoxie kann auf zellulärer Ebene durch einen verminderten Blutfluss zu den Gewebezellen entstehen.

Die ersten drei Gründe im Zusammenhang mit einer Hypoventilation werden durch die Reduktion des Atemminutenvolu-

mens verursacht. Unbehandelt führt eine Hypoventilation zu CO₂-Retention, Azidose und evtl. zum Tod. Die Versorgung eines Patienten beinhaltet die Verbesserung der Atemfrequenz und der Atemtiefe, indem die Atemwege freigelegt werden und, falls nötig, assistiert beatmet wird.

In den folgenden Abschnitten werden die ersten beiden Ursachen der Aufzählung für eine inadäquate Ventilation beschrieben: einerseits eine eingeschränkte neurologische Funktion, andererseits eine mechanische Verlegung der Atemwege. Die 3. Ursache, ein verminderter Atemminutenvolumen als Resultat einer reduzierten Dehnbarkeit der Lunge, wird in
➤ Kap. 6 besprochen. Hypoxämie und Hypoxie werden in
➤ Kap. 5 behandelt.

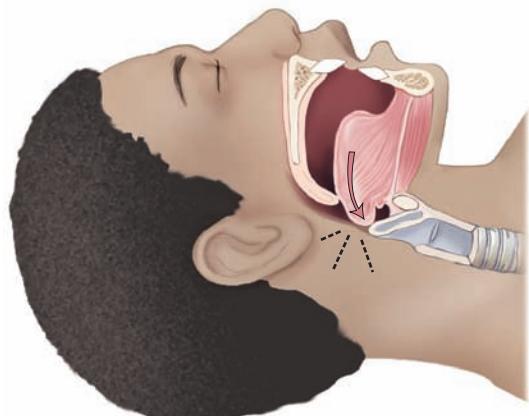


Abb. 4.5 Bewusstlose Person, bei der der Zungenboden aufgrund des verminderten Muskeltonus zurückfällt und den Hypopharynx verschließt. Der Sauerstoff kann nicht durch die Trachea in die Lungen gelangen.

4.3.1 Verminderte neurologische Funktion

4

Es gibt zwei Gründe für ein reduziertes Atemminutenvolumen aufgrund einer verminderten neurologischen Leistungsfähigkeit: das Zurückfallen der Zunge und ein eingeschränkter Bewusstseinszustand.

Das Zurückfallen der Zunge ist mit einem reduzierten Bewusstseinszustand assoziiert. Wenn der Patient liegt, rutscht der Zungengrund zurück und verlegt den Hypopharynx (➤ Abb. 4.5). Diese Komplikation verursacht normalerweise bei der Atmung ein schnarchendes Geräusch. Um die Verlegung der Atemwege durch die Zunge zu verhindern oder das bestehende Problem zu beheben, muss der Atemweg bei einem liegenden Patienten mit eingeschränktem Bewusstsein gesichert werden. Eventuell müssen bei solchen Patienten von Zeit zu Zeit Sekret, Speichel, Erbrochenes oder Blut, das sich im Oropharynx ansammelt, abgesaugt werden. Ein verminderter Bewusstseinszustand senkt den Atemantrieb und kann somit die Atemfrequenz und/oder Tiefe reduzieren. Diese Reduktion des Atemminutenvolumens kann permanent oder auch nur vorübergehend bestehen.

4.3.2 Mechanische Obstruktion

Eine weitere Ursache für ein reduziertes Atemminutenvolumen ist die mechanische Atemwegsobstruktion. Die Ursache kann neurologisch bedingt oder einfach mechanischer Natur sein. Eine Erkrankung, die den Bewusstseinszustand vermindert, kann die Kontrolle über das Halten der Zunge in einer „Normalposition“ erschweren. Falls diese „Kontrolle“ versagt, fällt die Zunge zurück und verlegt den Hypopharynx (➤ Abb. 4.5).

Fremdkörper können Objekte sein, die sich zum Zeitpunkt des Unfalls im Mund des Patienten befinden, wie Zähne, Tabak, Kaugummis oder Gebisse. Aber auch Materialien außerhalb des Körpers, z.B. zersplittertes Glas einer Windschutzscheibe oder andere Objekte in der Nähe des Mundes des Patienten, können nach einem Unfall ebenfalls zu einer Atemwegsverlegung führen. Eine obere und untere Atemwegsverlegung kann auch durch Knorpel bzw. Knochen eines gebrochenen

Larynx bzw. der Trachea verursacht werden, gegebenenfalls auch durch abgerissene Schleimhaut des Hypopharynx oder der Zunge. Bei Gesichtsverletzungen können Blut oder Knochenfragmente die Atemwege verlegen.

Das Management von Atemwegsverlegungen kann eine große Herausforderung darstellen. In der Mundhöhle vorhandene Fremdkörper können sich verklemmen und so zu einem Verschluss des Hypopharynx und des Larynx führen. Nach Schlägen auf den Larynx können die Stimmritzen anschwellen. Bei Patienten mit Gesichtsverletzungen kommen am häufigsten Atemwegsverlegungen durch Blut und Erbrochenes vor. Die Behandlung setzt ein sofortiges Erkennen der Obstruktion und eine unverzügliche Einleitung der Atemwegssicherung voraus.

4.4 Beurteilung der Atemwege und Beatmung

Die Fähigkeit, den Zustand der Atemwege zu beurteilen, steht in direktem Zusammenhang mit der Befähigung, diese zu sichern. Es gibt viele Aspekte, die Atemwege zu beurteilen, ohne direkt darüber nachzudenken. Ein Patient, der wach und ansprechbar ist und uns anspricht, wenn wir eintreten, hat einen offenen und sicheren Atemweg. Aber bei Patienten, bei denen der Bewusstseinszustand eingeschränkt ist, ist die oberste Priorität, zunächst die Atemwege zu beurteilen, bevor man sich den Verletzungen zuwendet. Folgende Punkte sollten im Primary Survey beurteilt werden.

4.4.1 Die Lage der Atemwege und des Patienten

Sobald Sie den Patienten sehen, beobachten Sie seine Position. Bei Patienten in Rückenlage besteht ein erhöhtes Risiko für eine Atemwegsverlegung durch Zurückfallen des Zungengrundes. Die meisten Traumapatienten werden zur Wirbelsäulen-

Immobilisierung in Rückenlage auf dem Spineboard gelagert. Patienten, die Zeichen eines reduzierten Bewusstseinszustandes aufweisen, benötigen eine regelmäßige Überprüfung auf eine Atemwegsverlegung und das Einbringen von Hilfsmitteln zur Atemwegssicherung. Patienten in Seitenlage mit offenen Atemwegen können ihre Atemwege nach Umlagerung in Rückenlage auf einem Spineboard verlegen. Patienten mit einem Mittelgesichtstrauma und aktiven Blutungen sollten in der Position, in der sie gefunden werden, verbleiben, wenn sie so ihre Atemwege freihalten können. Wenn diese Patienten in Rückenlage verbracht werden, kann es zu einer Verlegung der Atemwege oder einer möglichen Aspiration von Blut kommen. Hier ist es das Beste, sie in ihrer ursprünglichen Position zu belassen.

4.4.2 Geräusche der oberen Atemwege

Geräusche, die von den oberen Atemwegen verursacht werden, sind selten ein gutes Zeichen. Sie sind meist Ursache einer partiellen Verlegung der oberen Atemwege und werden durch Speichel, Blut oder Fremdkörper verursacht. Verlegungen der oberen Atemwege, z. B. eine geschwollene Epiglottis, verursachen meist einen Stridor. Dieser kann aber auch durch Fremdkörper verursacht werden. Ein ödematöser oder geschwollener Atemweg benötigt in einer Notfallsituation ein schnelles und zielgerichtetes Handeln, um eine totale Verlegung der Atemwege zu verhindern.

4.4.3 Untersuchung der Atemwege auf Verlegung

Schauen Sie in den Mund des Patienten und halten Sie nach Fremdkörpern oder großen anatomischen Besonderheiten Ausschau. Fremdkörper sollten manuell entfernt werden.

4.4.4 Schauen Sie nach Brustkorbbewegungen

Reduzierte Bewegungen des Brustkorbes können ein Hinweis auf eine Verlegung der Atemwege sein. Der Einsatz der Atemhilfsmuskulatur und eine erhöhte Atemarbeit bzw. Anstrengung können Hinweise für eine Beeinträchtigung der Atemwege sein.

4.4.5 Abnormale Atemgeräusche

Ein pfeifendes Atemgeräusch nennt sich Stridor und weist auf eine teilweise Verlegung der oberen Atemwege hin. Diese Blockierung kann auf ein anatomisches Hindernis, wie die zurückgefallene Zunge oder eine Schwellung (Ödem) der Epiglottis, hinweisen. Ein Stridor kann auch durch einen Fremdkörper

verursacht werden. Ödematöse oder geschwollene Atemwege sind eine lebensbedrohliche Situation, die schnelles Handeln erfordert, um die gesamte Verlegung der Atemwege zu verhindern.

4.4.6 Auswahl der Hilfsmittel

Wenn Atemwegsprobleme während des Primary Survey gefunden werden, muss der First Responder unverzüglich Maßnahmen einleiten, um die Atemwege offen zu halten. Sobald eine grundlegende Problematik in den Atemwegen festgestellt wurde, die mit einem manuellen Manöver wie dem Esmarch-Handgriff kurzfristig behoben wurde, ist es notwendig, zusätzliche Hilfsmittel zu verwenden, um die Atemwege dauerhaft offen zu halten. Das angewandte Material sollte dabei dem Ausbildungsstand des First Responders entsprechen. Es muss immer eine Risiko-Nutzen-Analyse für die Nutzung der verschiedenen Arten von Geräten und Techniken, die für diesen speziellen Patienten notwendig sein können, erfolgen. Die Wahl des Hilfsmittels sollte auf den Patienten zugeschnitten sein. Der First Responder sollte sich also immer die Frage stellen, welche Technik oder welches Material für diesen Patienten das geeignetste ist. Je öfter eine Technik ausgeführt wird, desto besser ist die Chance für ein erfolgreiches Ergebnis. Eine sorgfältige Auswahl der Geräte und Techniken ist also unerlässlich um das bestmögliche Behandlungsergebnis zu erzielen.

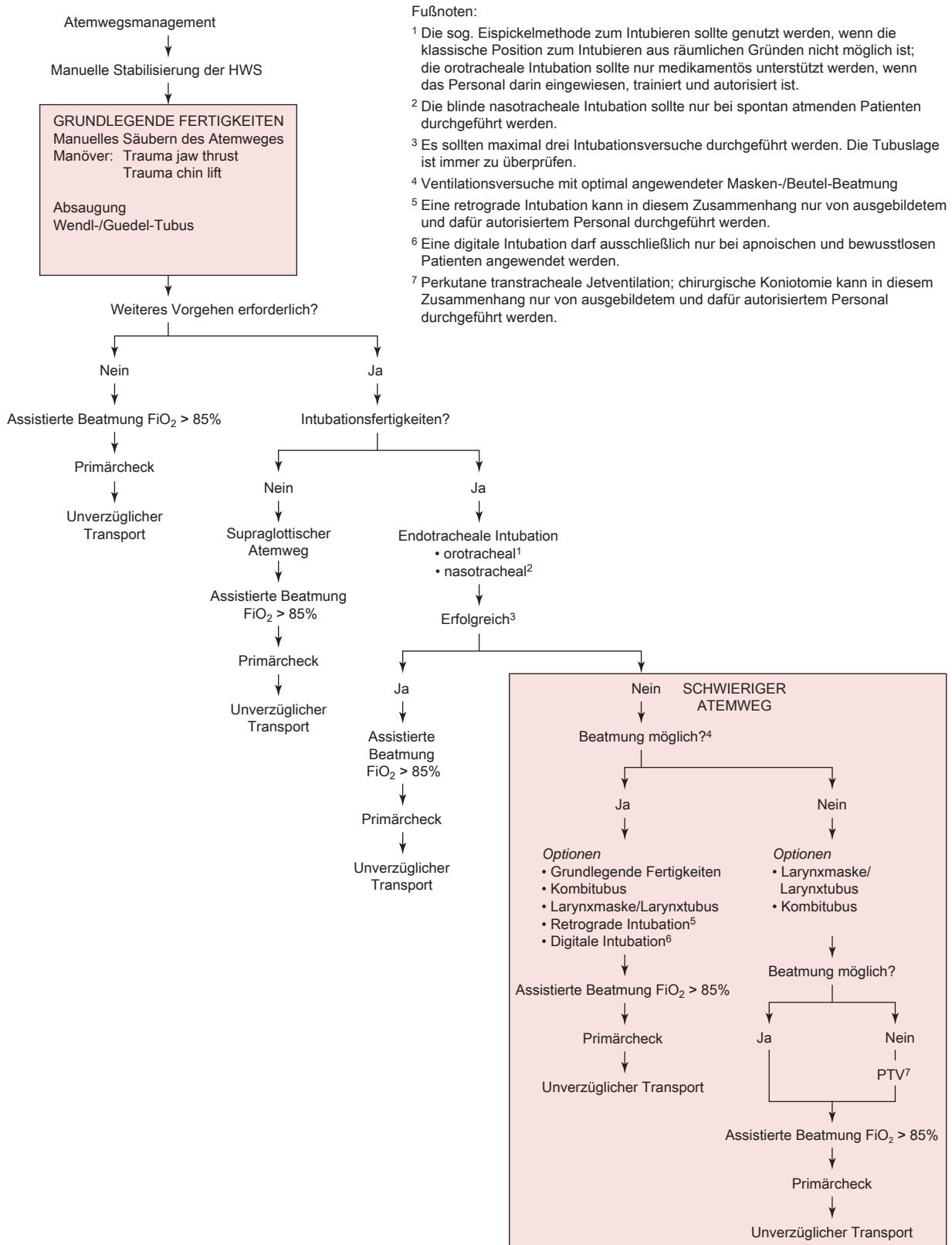
4.5 Management

Die Sicherung der Atemwege hat in der Behandlung eines Traumapatienten höchste Priorität. Keine Handlung im Airwaymanagement ist kritischer als das adäquate Sichern der Atemwege ([Abb. 4.6](#)). Unabhängig davon, wie die Atemwege gesichert werden müssen immer eine HWS-Verletzung in Betracht gezogen werden. Deshalb macht die Anwendung aller beschriebenen Methoden eine gleichzeitige Inline-Stabilisierung der HWS bis zur vollständigen Immobilisierung des Patienten notwendig.

4.5.1 Wichtige Fertigkeiten

Das Atemwegsmanagement hat bei einem Traumapatienten Priorität vor allen anderen Maßnahmen, da ohne adäquate Atemwegssicherung kein positives klinisches Ergebnis angestrebt werden kann. Das Atemwegsmanagement kann sehr anspruchsvoll sein, aber bei praktisch allen Patienten führen Basismaßnahmen initial zum Erfolg und die alleinige Gabe von Sauerstoff ist ausreichend.¹

ATEMWEGSMANAGEMENT



Fußnoten:

- 1 Die sog. Eispickelmethode zum Intubieren sollte genutzt werden, wenn die klassische Position zum Intubieren aus räumlichen Gründen nicht möglich ist; die orotracheale Intubation sollte nur medikamentös unterstützt werden, wenn das Personal darin eingewiesen, trainiert und autorisiert ist.
- 2 Die blinde nasotracheale Intubation sollte nur bei spontan atmenden Patienten durchgeführt werden.
- 3 Es sollten maximal drei Intubationsversuche durchgeführt werden. Die Tubuslage ist immer zu überprüfen.
- 4 Ventilationsversuche mit optimal angewandter Masken-/Beutel-Beatmung
- 5 Eine retrograde Intubation kann in diesem Zusammenhang nur von ausgebildetem und dafür autorisiertem Personal durchgeführt werden.
- 6 Eine digitale Intubation darf ausschließlich nur bei apnoischen und bewusstlosen Patienten angewendet werden.
- 7 Perkutane transtracheale Jetventilation; chirurgische Koniotomie kann in diesem Zusammenhang nur von ausgebildetem und dafür autorisiertem Personal durchgeführt werden.

Abb. 4.6 Algorithmus für das Atemwegsmanagement

Manuelles Säubern der Atemwege

Der erste Schritt im Atemwegsmanagement beinhaltet eine schnelle Inspektion der Mundhöhle. Häufig werden Fremdkörper (wie Essensreste, Erbrochenes), abgebrochene Zähne und Blut im Mund eines Traumapatienten gefunden. Diese sollten mit den Händen manuell entfernt oder im Falle von Blut oder Erbrochenem abgesaugt werden. Ist der Patient nicht durch eine Wirbelsäulenverletzung kompromittiert und gibt es keine anderen Kontraindikationen, ihn auf die Seite zu drehen, so kann dies zur Erleichterung der Säuberung der Atemwege versucht werden.

Manuelle Manöver

Bei einem bewusstlosen Patienten fällt die Zunge, wie oben beschrieben, leicht nach hinten und verlegt den Hypopharynx (**> Abb. 4.5**). Die Zunge ist die häufigste Ursache für eine Atemwegsobstruktion. Manuelle Methoden, um diese Art der Obstruktion zu beheben, sind einfach, da die Zunge am Unterkiefer (Mandibula, engl. „jaw“) fixiert ist und mit ihm nach vorne rückt. Alle Manöver, die den Unterkiefer nach vorne schieben, ziehen die Zunge aus dem Bereich des Hypopharynx. **Trauma-Jaw-Thrust** (modifizierter Esmarch-Handgriff beim Traumapatienten) Bei Patienten mit Verdacht auf Schädel-Hirn-Trauma, HWS- oder Gesichtsschädel-Verletzungen muss die Halswirbelsäule in einer neutralen Position gehalten werden. Der Trauma-Jaw-Thrust erlaubt dem Helfer, die Atemwege mit nur minimaler oder sogar ganz ohne Bewegung des Kopfes bzw. der HWS zu öffnen (**> Abb. 4.7**). Der Unterkiefer wird nach vorne geschoben, indem die Daumen auf den Jochbögen und die Lang- bzw. Zeigefinger auf der Mandibula platziert werden und diese nach vorne schieben.

Trauma-Chin-Lift (Anheben des Kinns beim Traumapatienten) Das Trauma-Chin-Lift-Manöver wird eingesetzt, um diverse anatomische Atemwegsobstruktionen bei spontan atmenden Patienten zu beheben (**> Abb. 4.8**). Das Kinn und die



Abb. 4.7 Trauma-Jaw-Thrust: Die Daumen sind über den Jochbeinen, der Zeige- und Mittelfinger am Unterkieferwinkel platziert. Somit kann der Unterkiefer nach oben/vorne geschoben werden.

unteren Schneidezähne werden gefasst und angehoben, um die Mandibula nach vorne zu ziehen. Der First Responder muss Handschuhe tragen, um einen Kontakt mit Körperflüssigkeiten zu vermeiden.

Diese beiden Techniken schieben die Mandibula nach anterior und leicht kaudal, um die Zunge von den hinteren oberen Atemwegen zu entfernen und den Mund leicht zu öffnen. Der Trauma-Jaw-Thrust schiebt die Mandibula vorwärts, während der Trauma-Chin-Lift die Mandibula nach vorne zieht. Der Trauma-Jaw-Thrust und der Trauma-Chin-Lift sind modifizierte Anwendungen der bekannten „Jaw-Thrust“ (Esmarch-Handgriff) und „Chin-Lift“. Die beschriebenen Modifikationen schützen die HWS beim Öffnen der Atemwege durch Vorverlagerung der Zunge aus dem hinteren Pharynx.

Absaugen

Ein Traumapatient ist möglicherweise nicht selbstständig in der Lage, die Atemwege von Sekreten, Erbrochenem, Blut und Fremdkörpern zu befreien. Deshalb ist das Absaugen eine essenzielle Methode, die Atemwege offen zu halten.

Die wichtigste Komplikation bei längerem Absaugen ist die Hypoxie, die sich in Herzrhythmusstörungen (z. B. Bradykardie: verlangsamter Herzschlag) äußert. Eine Präoxygenierung des Verletzten mit zusätzlichem Sauerstoff hilft, eine Hypoxie zu verhindern oder hinauszuzögern. Während längerem Absaugen resultieren Herzrhythmusstörungen einerseits aus einer arteriellen Hypoxie und folgender Myokardischämie, andererseits aber auch aus Stimulationen des Nervus vagus infolge pharyngealer Irritationen. Bradykardie und Hypotension sind wichtige Symptome einer vagalen Stimulation.

Der nicht intubierte, aber bewusstseinsgetrübte Patient benötigt häufig ein intensives Absaugen der oberen Atemwege. Beim Eintreffen der First Responder verlegen möglicherweise größere Mengen Blut und Erbrochenes die Atemwege, was eine Absaugeinheit schnell entfernen kann. Wenn der Patient mit einer Inline-Stabilisierung der HWS in eine Seitenposition gebracht wird, unterstützt die Schwerkraft das Freihalten der Atemwege.

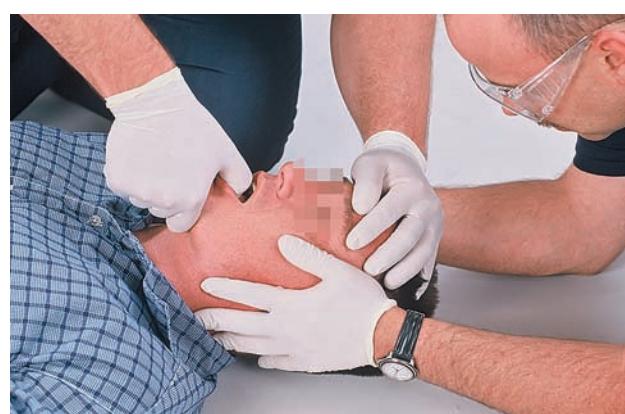


Abb. 4.8 Trauma-Chin-Lift: Dieser Griff erfüllt dieselbe Funktion wie der Trauma-Jaw-Thrust. Der Unterkiefer wird nach oben/vorne bewegt.

Eine starre Absaugung hilft, den Oropharynx von Fremdkörpern zu befreien. Dennoch kann es durch eine lange Absaugzeit oder bei komplett verlegten Atemwegen zu einer Hypoxie kommen. Ein suffizientes Absaugen und eine seitliche Lagerung werden aufrechterhalten, bis wenigstens eine partielle Atemwegsöffnung vorhanden ist. Nach langem Absaugen kann der Patient mit hochkonzentriertem Sauerstoff hyperoxygeniert werden.

Basishilfsmittel

Wenn durch manuelle Hilfsmittel keine kontinuierliche Atemwegsöffnung gewährleistet werden kann, ist der Einsatz künstlicher Hilfsmittel notwendig.

Oropharyngealtubus (Guedel-Tubus)

Das am häufigsten verwendete Hilfsmittel ist der Oropharyngealtubus (Guedel-Tubus; > Abb. 4.9). Er wird entgegen seiner anatomischen Form am harten Gaumen entlang eingeführt und beim Übergang zum weichen Gaumen um 180° gedreht.

Indikationen

Der Patient ist unfähig, seine Atemwege offenzuhalten.

Kontraindikationen

Wache oder somnolente Patienten.

Komplikationen

Da der Guedel-Tubus den Schluckreflex stimuliert, kann er bei wachen Patienten Würgen, Erbrechen oder einen Laryngospasmus auslösen.

Nasopharyngealtubus (Wendl-Tubus)

Der Wendl-Tubus ist ein weiches, gummiartiges Hilfsmittel, das durch ein Nasenloch entlang der hinteren leichten Wölbung (Kurvature) des Naso- und Oropharynx eingeführt wird (> Abb. 4.10).



Abb. 4.9 Oropharyngeal- oder Guedel-Tuben (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl., St. Louis, 2001 Mosby)

Indikationen

Der Patient ist unfähig, seinen Atemweg offenzuhalten.

Kontraindikationen

Fehlende Notwendigkeit für ein Atemweghilfsmittel.

Komplikationen

Durch das Einführen ausgelöste Blutungen.

4.5.2 Atmungshilfen

Alle Patienten erhalten eine angemessene Unterstützung beim Atmen mit zusätzlicher Sauerstoffgabe, um eine Hypoxie zu korrigieren bzw. zu verhindern. Bei der Entscheidung, welche Hilfsmittel zum Einsatz kommen, muss der First Responder seine Erfahrung mit den Hilfsmitteln berücksichtigen. Er muss zwingend wissen, welche Sauerstoffkonzentration jeweils abgegeben werden kann (> Tab. 4.1).



Abb. 4.10 Nasopharyngeal- oder Wendl-Tuben (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl., St. Louis, 2001 Mosby)

Tab. 4.1 Atmungshilfen und Sauerstoffkonzentration

| Hilfsmittel | Flow (l/min) | Sauerstoffkonzentration (Näherungswerte in %) |
|---|--------------|---|
| Ohne Sauerstoffgabe: | | |
| Mund zu Mund | – | 16 |
| Mund zu Maske | – | 16 |
| Beatmungsbeutel | – | 21 |
| Mit zusätzlicher Sauerstoffgabe: | | |
| Nasensonde | 1–6 | 24–45 |
| Maske ohne Reservoir | 8–10 | 40–60 |
| Maske mit Reservoir | 8–10 | 90–100 |
| Beatmungsbeutel mit Reservoir | 10–15 | 90–100 |
| Demand-Ventil | – | 90–100 |
| Beatmungsgerät | – | 21–100 |

Taschenmaske

Unabhängig davon, welche Maske benutzt wird, um den Patienten zu beatmen, hat die ideale Maske folgende Eigenschaften:

- passende Form
- Einwegventil
- aus transparentem Material
- Sauerstoffanschluss
- erhältlich in Säuglings-, Kinder- und Erwachsenengröße.

Mund-zu-Masken-Beatmung liefert ein adäquates Tidalvolumen, falls die Maske dicht auf dem Gesicht gehalten wird, auch wenn dieses Prozedere nicht so oft geübt wird.

Beatmungsbeutel

Der Beatmungsbeutel besteht aus einem sich selbst aufblasenden Beutel und einem Rückschlagventil; er kann entweder mit Masken, mit Tuben oder mit supraglottischen Atemwegshilfen verwendet werden. Die meisten Beatmungsbeutel haben ein Volumen von 1.600 ml und können eine Sauerstoffkonzentration von 90–100 % abgeben. Einige Modelle haben einen CO₂-Detektor gleich mit eingebaut. Dennoch erreicht ein einzelner Helfer,

der mit dem Beatmungsbeutel und einer Maske ventiliert, evtl. ein ungenügendes Tidalvolumen. Es ist schwierig, die Maske dicht auf dem Gesicht zu halten und den Beutel richtig zusammenzudrücken. Regelmäßige Übung ist notwendig, um eine effektive Ventilation des Traumapatienten zu gewährleisten.

4.6 Längerer Transport

Die Atemwegskontrolle des Patienten hat eine hohe Priorität und fordert vom First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter wichtige und komplexe Entscheidungen. Interventionen, um die Atemwege zu sichern, sind von vielen Faktoren abhängig, inklusive des Verletzungsmusters des Patienten, der klinischen Erfahrung des Helfers, der verfügbaren Geräte und der Distanz zum Zielkrankenhaus. Um eine Entscheidung zu treffen, sollten das Risiko und die Vorteile von allen Interventionsmöglichkeiten verglichen werden. Für Transportzeiten von 15–20 Minuten können Basismaßnahmen wie die Einlage eines Guedel Tubus oder eine Beutel-Masken Beatmung toleriert werden.

Jeder Patient, der ein erweitertes Airwaymanagement benötigt, benötigt auch ein adäquates Monitoring.

Zusammenfassung

Der Traumapatient weist häufig verschiedene Verletzungen auf, die eine Störung der Ventilation und des Gasaustauschs hervorrufen. Ein Thoraxtrauma, Atemwegsobstruktion, ZNS-Verletzungen oder auch ein Blutvolumenmangelschock können zu einer Minderversorgung des Gewebes mit Sauerstoff führen. Eine sachgerechte Versorgung bedeutet, dass der First Responder in der Lage sein muss,

- Zusammenhänge von Ventilation und Gasaustausch mit den pathophysiologischen Besonderheiten des Traumapatienten und einer unzureichenden Oxygenierung in Zusammenhang zu bringen,

- die Mechanismen zu erklären, bei denen die Applikation von Sauerstoff und eine Unterstützung der Beatmung vorteilhaft für einen Traumapatienten sind,
- bei gegebenen Situationen klare Strategien für ein geordnetes Atemwegsmanagement aufzuzeigen.

Das Atemwegsmanagement ist nicht ohne Risiken. Der Helfer muss vor und während der Anwendung seiner Fertigkeiten jederzeit eine Risiko-Nutzen-Abwägung für den potenziellen Benefit des Patienten durchführen. Was ist die beste Lösung für diesen individuellen Patienten in dieser Situation? Deshalb sollte das Einsatzpersonal die Fertigkeiten des Atemwegsmanagements kontinuierlich üben und neueren Entwicklungen gegenüber aufgeschlossen sein.

Lösung Fallbeispiel

Die Verletzungen des Fußgängers lassen darauf schließen, dass eine hohe kinetische Energie auf ihn einwirkte, die zu lebensgefährlichen Verletzungen geführt hat.

Der Patient zeigt verschiedene Zeichen einer Einschränkung der Atemwege und eine unzureichende Atmung. Seine Atemgeräusche sind laut und unregelmäßig. Er weist einen eingeschränkten Bewusstseinszustand auf und benötigt regelmäßiges Absaugen. Blutungen aus der Nase und dem Mund sowie ein Brillenhämatom stützen den Verdacht auf eine Schädelbasisfraktur. Der Primary Survey zeigt einen sich rapide verschlechternden Zustand des Patienten, der ein aggressives Atemwegsmanagement und einen zügigen Transport in das nächste Traumazentrum rechtfertigt.

Die bereits begonnene Unterstützung der Atmung mit einer Beutel-Masken-Beatmung und die Inline-Stabilisierung der HWS werden weitergeführt, während die Indikation zu einer weiteren Atemwegssicherung durch Rettungsdienstpersonal mittels Intubation oder supraglottischer Atemwegshilfe abgewogen wird. Beachten Sie, dass die Atmung mittels einer Masken-Beutel-Beatmung suffizient ist.

Angesichts des bewusstlosen Patienten und der Tatsache, dass das Traumazentrum nur 8 Minuten entfernt ist, entscheiden Sie sich für die Anwendung einer Larynxmaske, deren korrekte Anlage der Patient auch problemlos akzeptiert und mit deren Hilfe er auch durch eine adäquate Masken-Beutel-Beatmung gut ventiliert werden kann.

4.7 Besondere Kenntnisse

4.7.1 Atemwegsmanagement und Beatmung

Trauma-Jaw-Thrust: Esmarch-Handgriff

Prinzip: Öffnen des Atemweges unter Schutz der Halswirbelsäule

Sowohl beim Trauma-Jaw-Thrust als auch beim Trauma-Chin-Lift wird die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule in der Neutralposition aufrechterhalten, während der Unterkiefer nach vorne bewegt wird. Durch dieses Manöver hebt sich der Zungengrund vom Hypopharynx ab und der Atemweg wird freigehalten.

1. Der First Responder begibt sich hinter den Kopf des in Rückenlage befindlichen Patienten und legt beide Hände seitlich an dessen Kopf. Die Finger zeigen dabei zu den Füßen des Patienten. Der Helfer spreizt nun die Finger und platziert sie an Unterkieferwinkel, Unterkiefer und Gesicht des Patienten (➤ Abb. 4.11).



Abb. 4.11

2. Mit leichtem, gleichmäßigem Druck kann der Unterkiefer nun nach vorne (ventral) und leicht nach fußwärts geöffnet werden (➤ Abb. 4.12).



Abb. 4.12

Oropharyngeale Atemwegshilfe: Guedel-Tubus

Prinzip: Hilfsmittel zum Freihalten des Atemweges bei Patienten ohne Schutzreflexe

Der Guedel-Tubus dient dazu, den Zungengrund des Patienten nach anterior anzuheben. Er ist in verschiedenen Größen verfügbar. Um einen freien Atemweg zu erreichen, ist es zwingend erforderlich, die passende Größe für jeden Patienten zu ermitteln. Das Einführen einer oropharyngealen Atemwegshilfe ist bei Patienten mit intakten Schutzreflexen kontraindiziert.



Abb. 4.13



Abb. 4.14



Abb. 4.15

Zum Einführen des Oropharyngealtubus gibt es zwei effektive Varianten, die im Folgenden erläutert werden. Unabhängig davon, welche Methode zur Anwendung kommt, stabilisiert ein Helfer den Kopf und die Halswirbelsäule des Patienten in Neutralposition, während der zweite Helfer den Guedel-Tubus abmisst und einführt.

Variante 1

1. Der erste präklinische Helfer bringt den Kopf des Patienten in die Neutralposition und stabilisiert die Halswirbelsäule manuell. Gleichzeitig hält er mithilfe des Trauma-Jaw-Thrust (Esmarch-Handgriff) den Atemweg frei. Der zweite Helfer wählt einen Guedel-Tubus aus und misst die korrekte Größe ab. Der Guedel-Tubus sollte dabei vom Mundwinkel des Patienten bis zum Ohrläppchen reichen, wie in ➤ Abb. 4.13 dargestellt.

2. Der Atemweg des Patienten wird mithilfe des Chin-Lift-Manövers geöffnet. Der Oropharyngealtubus wird so gedreht, dass das gebogene Ende mit der Öffnung zur Nase des Patienten zeigt, und zur Mundöffnung hin gekippt, um so in den Mund eingeführt zu werden (➤ Abb. 4.14).

3. Der Guedel-Tubus wird in den Mund eingeführt und dabei der Anatomie entsprechend um 180° gedreht (➤ Abb. 4.15).

4. Der Guedel-Tubus wird so weit gedreht, bis er hinter der Zunge liegt und diese vom Hypopharynx abhebt. Der Rand am proximalen Ende des Guedel-Tubus soll dabei an der Außenseite der Zähne liegen (➤ Abb. 4.16).



Abb. 4.16

Variante 2

4

Variante 2 ist wahrscheinlich sicherer als Variante 1, da bei ihr nicht die Gefahr besteht, sich die Handschuhe an scharfkantigen, evtl. abgebrochenen Zähnen zu zerreißen oder sogar die Haut zu verletzen. Außerdem umgeht diese Methode die Gefahr, von einem Patienten gebissen zu werden, dessen Bewusstseinsgrad besser als zunächst eingeschätzt ist oder der einen Krampfanfall erleidet.

1. Während der erste Helfer Kopf und Halswirbelsäule in eine neutrale Position bringt und dabei mithilfe des Trauma-Jaw-Thrust den Atemweg des Patienten öffnet, wählt der zweite Helfer einen Guedel-Tubus aus und misst wie oben beschrieben die korrekte Größe ab (➤ Abb. 4.17).



Abb. 4.17

2. Der zweite Helfer öffnet nun den Mund des Patienten mit einigen Fingern am Kinn und platziert einen Holzspatel so, dass die Zunge nach vorn bewegt wird und der Atemweg frei bleibt (➤ Abb. 4.18).



Abb. 4.18



Abb. 4.19

3. Der Guedel-Tubus wird jetzt mit dem distalen Ende in den Mund eingeführt und dem Gaumen folgend in den Rachen vorgeschieben. Das distale Ende zeigt nun in Richtung der Füße des Patienten (➤ Abb. 4.19).

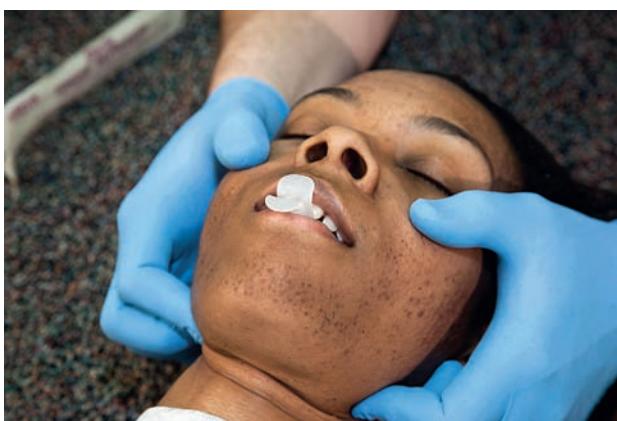


Abb. 4.20

4. Der Guedel-Tubus wird so weit vorgeschieben, bis sein proximales Ende vor der Zahnreihe des Patienten liegt. Eine Drehung des Guedel-Tubus wie oben beschrieben ist in diesem Fall nicht erforderlich. Der Holzspatel wird entfernt (➤ Abb. 4.20).

4



Abb. 4.21

Nasopharyngeale Atemwegshilfe: Wendl-Tubus

Prinzip: Hilfsmittel zum Freihalten des Atemweges bei Patienten mit und ohne Schutzreflexe

Der Wendl-Tubus ist eine nasopharyngeale Atemwegshilfe und ein einfaches und effektives Hilfsmittel, um auch bei Patienten mit intakten Schutzreflexen den Atemweg freizuhalten. Die meisten Patienten tolerieren einen Wendl-Tubus, wenn er in der richtigen Größe eingesetzt wird. Der Wendl-Tubus ist in verschiedenen Größen erhältlich (Innendurchmesser 5–9 mm), seine Länge nimmt mit dem Innendurchmesser zu. Der Tubus ist normalerweise aus einem flexiblen, gummiähnlichen Material.

1. Der erste präklinische Helfer bringt den Kopf des Patienten in die Neutralposition und stabilisiert die Halswirbelsäule manuell. Gleichzeitig hält er mithilfe des Trauma-Jaw-Thrust (Esmarch-Handgriff) den Atemweg frei. Der zweite Helfer inspiziert die Nasenlöcher des Patienten mit einer Lampe und entscheidet sich für das größere, gerade und am wenigsten verengte Nasenloch (meist das rechte). Er wählt nun einen Wendl-Tubus in einer Größe aus, die etwas kleiner ist als der Innendurchmesser des ausgewählten Nasenlochs oder als der Durchmesser des kleinen Fingers (➤ Abb. 4.21).

2. Auch die richtige Länge ist wichtig: Der Tubus muss lang genug sein, um einen Luftweg zwischen Zunge und hinterer Pharynxwand zu schaffen. Eine Methode zur Überprüfung der richtigen Länge eines Wendl-Tubus ist in > Abb. 4.22 dargestellt. Die Strecke von der Nase des Patienten zu dessen Ohrläppchen bietet einen guten Anhalt für die korrekte Länge des Wendl-Tubus.



Abb. 4.22

3. Das distale (nicht erweiterte) Ende des Wendl-Tubus wird mit einem entsprechenden Gel oder Wasser befeuchtet (> Abb. 4.23).



Abb. 4.23

4. Der Wendl-Tubus wird langsam in das ausgewählte Nasenloch vorgeschoben, in anteroposteriorer Richtung am Boden der Nasenhöhle entlang. Tritt am posterioren Ende des Nasenlochs ein Widerstand auf, kann dieser üblicherweise durch leichtes Links-rechts-Drehen des Tubus und mit sanftem Druck überwunden werden, ohne eine Verletzung zu verursachen. Bleibt der Widerstand bestehen oder tritt erneut auf, sollte der Wendl-Tubus zurückgezogen, noch einmal am distalen Ende befeuchtet und erneut eingeführt werden. Gelingt auch dieser Versuch nicht, sollte das andere Nasenloch verwendet werden (> Abb. 4.24).



Abb. 4.24

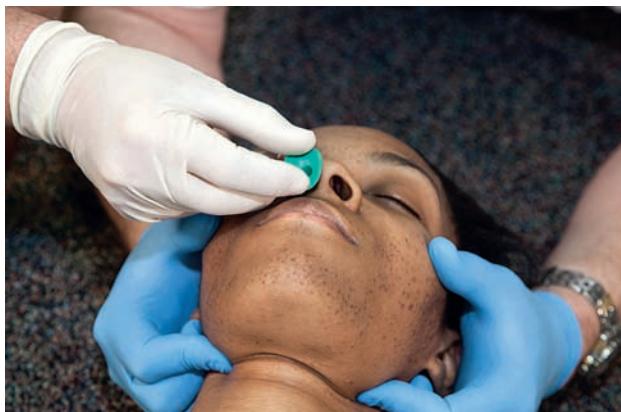


Abb. 4.25

5. Der zweite Helfer schiebt den Wendl-Tubus so weit vor, dass die Erweiterung am Nasenausgang liegt. Hustet oder würgt der Patient, wird der Tubus leicht zurückgezogen (► Abb. 4.25).

Beutel-Masken-Beatmung

4

Prinzip: Bevorzugte Methode zur Unterstützung der Atmung

Beatmung mit einem Beutel-Masken-System hat gegenüber anderen Beatmungssystemen den Vorteil, dass der First Responder über das Gefühl am Beatmungsbeutel (Compliance) eine Rückmeldung über die Beatmung erhält. Dieses Feedback sichert die erfolgreiche Beatmung. Veränderungen im Feedback zeigen dem Anwender frühzeitig einen Verlust der Dichtigkeit der Maske, das Vorhandensein eines pathologischen Atemweges oder thorakale Probleme an, welche die erfolgreiche Beatmung beeinträchtigen. Dieses Gefühl und die Kontrolle, die es ermöglicht, machen die Beutel-Masken-Beatmung zum geeigneten System für die assistierte Beatmung eines Patienten. Die Tatsache, dass das Beutel-Masken-System so gut zu transportieren und jederzeit sofort einsetzbar ist, ermöglicht es, direkt nach Stellen der Indikation mit der Beatmung zu beginnen.

Ohne zusätzlichen Sauerstoff liefert das Beutel-Masken-System nur eine Sauerstoffkonzentration von 21 % oder ein FiO_2 (Anteil des Sauerstoffs am inspiratorischen Luftgemisch) von 0,21, entsprechend dem normalen O_2 -Gehalt der Luft. Daher sollten schnellstmöglich ein Sauerstoffreservoir und die zusätzliche Sauerstoffversorgung angeschlossen werden. Arbeitet man mit einem Beutel-Masken-System mit Sauerstoffan schluss, aber ohne Reservoir, bleibt der FiO_2 auf 0,5 oder weniger begrenzt, bei zusätzlicher Verwendung eines Reservoirs am Beutel-Masken-System wird ein Wert von 0,85 oder höher erreicht. Die Verwendung eines Demand-Ventils ermöglicht einen FiO_2 von 1,0.

Wird ein bewusstloser Patient ohne Schutzreflexe mit dem Beutel-Masken-System beatmet, sollte eine oropharyngeale Atemwegshilfe, der Guedel-Tubus, in entsprechender Größe eingesetzt werden, bevor mit der Beatmung begonnen wird. Bei bestehenden Schutzreflexen kann eine nasopharyngeale Atemwegshilfe, der Wendl-Tubus, die assistierte Beutel-Masken-Beatmung erleichtern.

Im Fachhandel sind diverse Beutel-Masken-Systeme erhältlich, darunter auch Masken und Beutel für den Einmalge-

brauch, die nicht teuer sind. Die verschiedenen Marken unterscheiden sich im Design der Masken, Ventile und Beutel. Da die Bestandteile des Systems der verschiedenen Firmen nicht problemlos kombinierbar sind, sollte nur ein System verwendet werden, bei dem alle Einzelteile vom gleichen Hersteller stammen.

Beutel-Masken-Systeme sind in verschiedenen Größen erhältlich: für Erwachsene, Kinder, Säuglinge und Neugeborene. Auch wenn der Beutel in einer Größe für Erwachsene im Notfall mit einer passenden Kindermaske verwendet werden kann, wird für den sicheren Umgang dringend die korrekte Beutelgröße empfohlen. Bei einem erwachsenen Patienten wird eine adäquate Ventilation erreicht, wenn ein Volumen von ca. 800 ml pro Atemzug appliziert wird (10 ml/kg Körpergewicht). Bei einem Sauerstoffanteil von über 40 % im zugeführten Luftgemisch kann das Atemzugvolumen auf 6–7 ml/kg Körpergewicht pro Atemzug reduziert werden. Während der Beutel-Masken-Beatmung sollte immer darauf geachtet werden, dass sich der Thorax ausreichend und gut sichtbar hebt und senkt. Am Punkt der maximalen Ausdehnung des Thorax kann der erhöhte Widerstand am Beutel gefühlt werden. Ebenso wichtig wie die Inspirationsphase ist die Exspiration – zum Entweichen der Luft wird ein adäquates Zeitverhältnis benötigt (Verhältnis 1:3 von Inspiration zu Exspiration). Bleibt nicht ausreichend Zeit für die Exspiration, sammelt sich Luft in der Lunge an, da mehr Luft zugeführt wird als entweichen kann. Dadurch kommt es zur Überblähung der Lunge, erhöhtem Druck, geringem Luftaustausch, Öffnung des Ösophagussphinkters und gastraler Überblähung.

Zwei-Helfer-Methode

Beatmung mit einem Beutel-Masken-System ist mit zwei ausgebildeten Helfern immer einfacher als für einen allein. Während sich ein First Responder auf den dichten Sitz der Maske konzentrieren kann, fokussiert der zweite Helfer auf die Applikation eines guten Atemhubvolumens und kann beide Hände zur Kompression und Dekompression des Beatmungsbeutels nutzen.

- Der erste Helfer kniet am Kopf des Patienten und stabilisiert Kopf und Halswirbelsäule des Patienten in einer neutralen, achsengerechten Position (**> Abb. 4.26**).

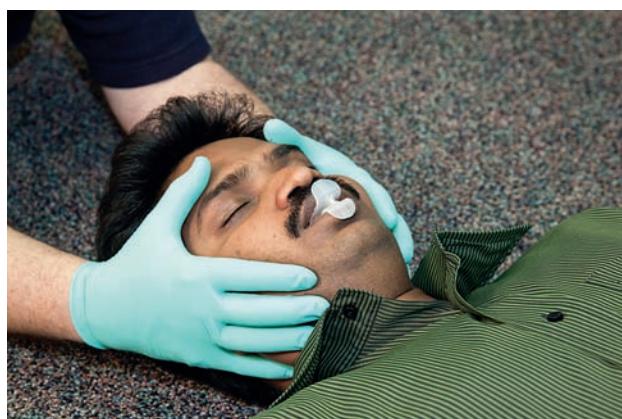


Abb. 4.26



Abb. 4.27

2. Die Beatmungsmaske wird über Mund und Nase platziert und mit beiden Daumen seitlich an der Maske an das Gesicht gedrückt, während der Unterkiefer mit den übrigen Fingern nach oben in die Maske gezogen wird. Zeitgleich wird mit diesen Fingern die Stabilisierung von Kopf und Nacken aufrechterhalten (➤ Abb. 4.27).



Abb. 4.28

3. Der zweite Helfer kniet neben dem Patienten und beatmet ihn mit beiden Händen mittels Beutel (➤ Abb. 4.28).

QUELLENVERZEICHNIS

1. Stockinger ZT, McSwain NE Jr: Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-mask ventilation, J Trauma 56(3):531, 2004.

KAPITEL

5 Schock

| | | | | | |
|------------|--|-----|------------|--------------------------------|-----|
| 5.1 | Definition des Schocks | 114 | 5.4 | Beurteilung | 123 |
| 5.1.1 | Physiologie | 114 | 5.4.1 | Primary Survey | 123 |
| 5.1.2 | Klassifikation des Schocks | 116 | 5.4.2 | Secondary Survey | 126 |
| 5.2 | Anatomie und Pathophysiologie | 116 | 5.4.3 | Muskuloskelettale Verletzungen | 127 |
| 5.2.1 | Kardiovaskuläre, hämodynamische und endokrine Reaktionen | 116 | 5.4.4 | Verfälschende Faktoren | 127 |
| 5.3 | Schocktypen | 118 | 5.5 | Management | 128 |
| 5.3.1 | Hypovolämischer Schock | 118 | 5.5.1 | Atemweg | 128 |
| 5.3.2 | Distributiver (vasogener) Schock | 120 | 5.5.2 | Breathing | 128 |
| 5.3.3 | Kardiogener Schock | 121 | 5.5.3 | Circulation | 128 |
| 5.3.4 | Komplikationen des Schocks | 122 | 5.5.4 | Disability | 131 |
| | | | 5.5.5 | Expose/Environment | 131 |
| | | | 5.5.6 | Patiententransport | 131 |
| | | | 5.5.7 | Längerer Transport | 131 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- Schock zu definieren,
- erklären zu können, wie sich Vorlast, Nachlast und Kontraktilität auf die Auswurfleistung des Herzens auswirken,
- den Schock nach seiner Ursache zu klassifizieren,
- die Pathophysiologie des Schocks und dessen Entwicklung in den einzelnen Phasen zu erklären,
- Energieerzeugung, Ursachen, Vorbeugung und Behandlung mit dem Schock in Verbindung zu setzen,

- die Symptomatik und die Behandlung zu beschreiben,
- die verschiedenen Typen des Schocks klinisch zu unterscheiden,
- die Grenzen des präklinischen Schockmanagements zu diskutieren,
- den Bedarf eines schnellen Transports und eines frühen, definitiven Managements in den verschiedenen Formen des Schocks zu erkennen,
- die Prinzipien des Schockmanagements bei einem Traumapatienten anzuwenden.

Fallbeispiel

Sie werden mit ihrem Partner zu einer Schießerei mit mehreren Verletzten gerufen. Der Einsatzort befindet sich in der Mitte einer dunklen Straße. Die Polizei ist bereits anwesend und versichert, der Einsatzort sei abgesichert. Sie finden eine erste männliche Person mit mehreren Schussverletzungen im oberen und unteren Teil des Rückens. Er atmet schnell und Sie sehen, wie Luft aus den Wunden im Bereich der Brust ein- und austritt. Er liegt auf einer Frau gleichen Alters (Ende 20). Sie rollen ihn von ihr herunter und registrieren, dass er ebenso mehrere Wunden im Bauchraum aufweist. Eine dieser Wunden im vorderen Abdomen lässt eine Darm-

schlinge hervortreten. Der Puls des Patienten ist schwach und sehr schnell. Er schützte die Frau mit seinem eigenen Körper vor den Projektilen, außer einigen Schusswunden in ihren Beinen. Sie bemerken eine große Menge Blut auf dem Gehweg, die sich aus einem ihrer Beine im Kniebereich ergießt.

Welche Verletzungen erwarten Sie bei diesen Patienten?
Welches präklinische Management wenden Sie an? Sie sind 15 Minuten vom nächsten Traumazentrum entfernt. Inwieweit ändert diese Tatsache Ihr geplantes Vorgehen?

Obwohl der dem Trauma folgende Schock bereits mehr als drei Jahrzehnte bekannt ist, betont dessen Beschreibung durch Samuel Gross im Jahre 1872 als eine „grobe Störung der Lebensmaschinerie“¹ und durch John Collins Warren als ein vorübergehendes Verharren „im Akt des Todes“² die kontinuierliche zentrale Rolle in den Gründen der großen Morbidität und Mortalität beim Traumapatienten. Schnelle Diagnose, Rettung und zielgerichtetes Management sind entscheidend für das Outcome des Patienten nach traumatischem Schock. Der TFR-Anwender wird mit all diesen für die Anforderungen des Schocks notwendigen Handlungsabläufen konfrontiert. Um die Überlebenschancen beim Schock zu verbessern, ist ein klares Verständnis der Definition, der Pathophysiologie und der klinischen Besonderheiten unabdingbar.

In der präklinischen Situation ist die therapeutische Herausforderung, die durch den Schockpatienten geschaffen wird, verbunden mit der Notwendigkeit, diese Patienten in einer relativ primitiven Umgebung einzuschätzen und zu behandeln, in der anspruchsvolle Diagnostik und Behandlungsinstrumente entweder nicht vorhanden oder nicht praktikabel sind. Um dem TFR-Anwender den Umgang mit dem Schockpatienten zu erleichtern, definiert und klassifiziert dieses Kapitel den Schock und beschreibt die pathophysiologischen Veränderungen, um die angemessenen Handlungsstrategien zu unterstützen. Es betont die Bedeutung der Energieerzeugung und der Erhaltung eines aeroben Stoffwechsels bei der Energiegewinnung, die den Schlüssel zum Leben darstellt.

5.1 Definition des Schocks

Obwohl es viele Definitionen für den Schock gibt, wird er zu meist als ein Zustand generalisierter zellulärer Minderperfusion bezeichnet, bei der die Oxygenierung der Zellen nicht mehr dem Bedarf genügt. Diese Definition kann als Grundlage dafür genutzt werden, den Begriff Schock in spezielle Formen zu unterteilen, bei denen der entscheidende Faktor stets die zelluläre Perfusion und Oxygenierung ist. Ein Verständnis dafür, wie die Zellen sich in diesem Zustand der unzureichenden Durchblutung verändern, was sich auf hormoneller, mikrozirkulatorischer und kardiovaskulärer Ebene und im Gewebe abspielt, wird dazu beitragen, Behandlungsstrategien zu entwickeln.

Wahrscheinlich existiert heute keine bessere Definition, um die verheerenden Folgen für den Patienten in diesem Prozess zu beschreiben, als die von Samuel Gross. Neuere Definitionen neigen dazu, die Mechanismen des Schocks und die Auswirkungen auf die Homöostase des Patienten zu berücksichtigen. Sie sind spezifischer und geben unter Umständen ein besseres Bild der partiellen pathophysiologischen Fehlfunktion wieder. Es ist ein Grundsatz für die präklinische Versorgung, dass der Schock nicht durch einen niedrigen Blutdruck, einen schnellen Puls oder kühle und feuchte Haut definiert ist; diese sind lediglich systemische Manifestationen für den gesamten pathophysiologischen Prozess, der Schock genannt wird. Die korrekte Definition des Schocks ist ein Mangel an Gewebsperfusion und

somit Oxygenation auf zellulärer Ebene, welche zu einem anaeroben Stoffwechsel und dem Verlust der lebensnotwendigen Energieproduktion führt. Wenn der First Responder oder jeder andere Anwender diesen abnormalen Zustand verstehen will und in der Lage sein möchte, einen Plan zu entwerfen, um den Schock zu verhindern oder zu revidieren, ist es für ihn wichtig zu wissen, was sich auf zellulärer Ebene abspielt. Die normalen physiologischen Reaktionen, die der Körper ergreift, um sich selbst vor einem Schock zu schützen, müssen verstanden, erkannt und interpretiert werden. Nur dann kann ein rationaler Ansatz bezüglich des Managements für den Patienten im Schock gefunden werden. Das kritische Wort heißt „verstehen“.

Der Schock kann einen Patienten auf der Straße, in der Notaufnahme, im OP oder auf der Intensivstation töten. Obwohl der unmittelbare Tod für mehrere Stunden bis mehrere Tage oder sogar Wochen verzögert werden kann, ist das Scheitern der frühen Rettung die häufigste Ursache für den Tod. Die Minderdurchblutung der Zellen mit oxygeniertem Blut führt zu einem anaeroben Stoffwechsel und vermindert die Vitalfunktionen der Organe. Selbst wenn anfangs einige Zellen davon verschont blieben, kann sich deren Tod auch später zeigen, weil die verbleibenden Zellen nicht in der Lage sind, die Funktionen des Organs auf unbestimmte Zeit auszuführen. Dieses Kapitel erklärt dieses Phänomen und stellt Methoden vor, die dieses Outcome verhindern.

5.1.1 Physiologie

Stoffwechsel: Der menschliche Motor

Der menschliche Körper besteht aus über 100 Millionen Zellen und jede von ihnen benötigt Sauerstoff, um zu funktionieren und Energie zu produzieren. Die Zellen nehmen Sauerstoff auf und verstoffwechseln ihn in einem komplizierten Prozess, der Energie hervorbringt. Der Zellstoffwechsel erfordert Energie und die Zellen brauchen Treibstoff – Glukose –, um diese Prozesse durchzuführen. Wie bei jeder Verbrennung entsteht neben einem Produkt auch ein Nebenprodukt. Im Körper werden Sauerstoff und Glukose verstoffwechselt, um Energie, Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) zu produzieren.

Dieser Prozess ist mit dem im Motor eines Fahrzeugs zu vergleichen, wenn Benzin und Luft gemischt und verbrannt werden, um Energie zu erzeugen, und Kohlenmonoxid (CO) als Nebenprodukt entsteht. Der Motor bewegt das Fahrzeug, die Heizung wärmt den Fahrer und die Lichtmaschine wird verwendet, damit die Scheinwerfer die Straße ausleuchten können; alles nur weil Benzin verbrannt wird.

Aerober Stoffwechsel beschreibt die Verwendung von Sauerstoff in den Zellen. Diese Form des Stoffwechsels ist das grundsätzliche Verbrennungsprinzip des Körpers. Es produziert Energie, indem es Sauerstoff in einem komplizierten Prozess, bekannt als Krebszyklus, verstoffwechselt. Die Zellen des Körpers verfügen über eine alternative Energiequelle. Der an-

aerobe Stoffwechsel erfolgt ohne Sauerstoff. Er stellt das Sicherheitssystem der Energieversorgung des Körpers dar und benutzt Fettdepots als Energiequelle.

Das häufigste Nebenprodukt des anaeroben Stoffwechsels ist eine riesige Menge Säure. Darüber hinaus ist die Energieproduktion 15-fach reduziert. Wenn der anaerobe Stoffwechsel nicht innerhalb kurzer Zeit umgekehrt wird, können die Zellen ihre Funktion nicht aufrechterhalten und sterben. Falls eine ausreichende Menge Zellen irgendeines Organs verstirbt, funktioniert das gesamte Organ nicht mehr. Wenn eine große Anzahl von Zellen eines Organs abstirbt, aber nicht genügend, um das Organ umzubringen, wird die Organfunktion eingeschränkt sein und die überlebenden Zellen müssen deutlich mehr arbeiten als gewöhnlich, um die Funktion des Organs aufrechtzuerhalten. Diese überlasteten Zellen können möglicherweise in der Lage sein, die Funktion des gesamten Organs zu übernehmen. Verbleiben nur wenige Zellen, wird das Organ untergehen. Beispiel hierfür ist ein Patient, der einen Herzinfarkt erlitten hat. Ein gewisser Anteil von myokardialen Zellen wird von der Versorgung mit Blut und Sauerstoff abgeschnitten und einige dieser Zellen sterben. Auf diese Art reduzieren sich die Auswurfleistung des Herzens und die Sauerstoffversorgung des restlichen Myokards. Dies wiederum verursacht eine weitere Reduzierung der Oxygenierung der verbliebenen Zellen. Falls nicht genügend andere Zellen überleben oder diese nicht stark genug sind, die gesamte Funktion des Herzens zu übernehmen, um den notwendigen Blutfluss aufrechtzuerhalten, wird ein Herzversagen resultieren. Wenn nicht wesentliche Verbesserungen der Herzleistungen auftreten, wird der Patient eventuell nicht überleben.

Ein anderes Beispiel dieses tödlichen Prozesses findet sich in den Nieren. Wenn die Nieren verletzt sind oder nicht adäquat mit oxygeniertem Blut versorgt werden, sterben einige Nierenzellen und die Nierenfunktion wird eingeschränkt. Einige Zellen können trotz ihrer Beeinträchtigung die Funktionen aufrechterhalten, bevor sie untergehen. Falls genügend Zellen absterben, resultiert das verringerte Funktionsniveau der Nieren in einer insuffizienten Elimination der giftigen Stoffwechselprodukte; bei weiterem Funktionsabbau droht der Zelltod. Falls diese systemische Verschlechterung anhält, sterben immer mehr Organe und eventuell der gesamte Organismus (der Mensch). Abhängig von dem Organ, das zuerst betroffen war, kann die Entwicklung vom Tod einiger Zellen bis hin zum Tod des Organismus sehr schnell oder auch verzögert erfolgen. Es kann 2 bis 3 Wochen dauern, bis der Schaden, der durch **Sauerstoffmangel** oder **Mangeldurchblutung** in den ersten Minuten nach dem Trauma gesetzt wurde, den Tod des Patienten nach sich zieht. Die Effektivität der Maßnahmen des First Responders, um Hypoxie (weniger Sauerstoff, als den Zellen genügen) und Hypoperfusion (inadäquate Blutmenge für die Zellen des Gewebes) zu vermeiden, wird vielleicht nicht unmittelbar in der kritischen prähospitalen Phase ersichtlich. Dennoch sind diese Rettungsmaßnahmen unbedingt erforderlich, damit der Patient letztendlich überleben kann. Diese initiale Tätig-

Tab. 5.1 Ischämietoleranz der Organe

| Organ | Warme Ischämie-Zeit |
|--------------------------------------|---------------------|
| Herz, Gehirn, Lungen | 4–6 Minuten |
| Nieren, Leber, Gastrointestinaltrakt | 45–90 Minuten |
| Muskeln, Knochen, Haut | 4–6 Stunden |

(Aus: American College of Surgeons Committee on Trauma: *Advanced trauma life support for doctors, student course manual*, 7. Aufl., Chicago, 2004, ACS)

keiten sind kritische Bestandteile der „goldenene Stunde des Traumas“ nach Dr. med. R. Adams Cowley.

Die Empfindlichkeit der Zellen gegenüber Sauerstoffmangel und der Nutzen des anaeroben Stoffwechsels variieren von einem Organ system zum anderen. Diese Empfindlichkeit wird **Ischämie-Sensitivität** genannt und ist im Gehirn, dem Herzen und in den Lungen am größten. Es mag nur 4 bis 6 Minuten anaeroben Stoffwechsels bedürfen, bevor eines oder mehrere dieser Organe einen irreparablen Schaden erleiden. Haut und Muskeln haben eine deutlich längere Ischämietoleranz – etwa 4 bis 6 Stunden. Die Abdominalorgane fallen zwischen die beiden Gruppen und sind in der Lage, 45 bis 90 Minuten anaeroben Stoffwechsel zu überleben (► Tab. 5.1).

Das Langzeitüberleben der individuellen Organe und des Körpers als Ganzes erfordert die Versorgung der Zellen des Gewebes mit wichtigen Nährstoffen (Sauerstoff und Glukose). Andere Nährstoffe sind auch wichtig, weil aber deren Nachschub nicht in den Aufgabenbereich der präklinischen Versorgung fällt, werden diese hier nicht behandelt. Auch wenn diese Faktoren wichtig sind, gehen sie doch über den Umfang derrettungsdienstlichen Praxis und Mittel hinaus. Das wichtigste Verbrauchsmaterial ist dabei der Sauerstoff.

Ein entscheidender Bestandteil des gesamten Prozesses ist, dass der Patient genügend rote Blutkörperchen besitzen muss, um adäquate Mengen an Sauerstoff an die Körperzellen liefern zu können, damit diese Zellen Energie produzieren können. Außerdem muss der Atemweg optimal sein und adäquate Atemzugvolumina und Atemtiefe müssen vorliegen (► Kap. 4).

Die präklinische Versorgung des Schocks ist darauf ausgerichtet, diese kritischen Komponenten des Fick-Gesetzes mit dem Ziel aufrechtzuerhalten, den anaeroben Stoffwechsel zu vermeiden oder zu revidieren, um den Tod der Zellen und letztlich des Patienten zu vermeiden. Diese Komponenten sollten das Hauptanliegen für den First Responder darstellen und sind im Management des Traumapatienten in folgenden Punkten implementiert:

- Aufrechterhaltung eines adäquaten Atemweges und einer adäquaten Ventilation, um eine adäquate Sauerstoffversorgung der roten Blutkörperchen zu gewährleisten
- umsichtiger Gebrauch zusätzlichen Sauerstoffs als Beitrag zur Oxygenierung des Patienten
- Aufrechterhaltung eines adäquaten Kreislaufs, um die Körperzellen mit oxygeniertem Blut zu versorgen.

Die erste Komponente (Oxygenierung der Lungen und der roten Blutkörperchen) wird in > Kap. 4 behandelt. Die zweite Komponente beinhaltet die Durchblutung, welche die Blutversorgung der Zellen darstellt. Ein hilfreicher Vergleich in der Beschreibung der Durchblutung ist das Bild der roten Blutkörperchen als Transportfahrzeuge, der Lungen als Sauerstoff-Warenhaus, der Blutgefäße als Straßen und Autobahnen und der Körperzellen als Bestimmungsort für den Sauerstoff. Eine unzureichende Zahl von Transportern, Engpässe entlang der Straßen und Autobahnen und/oder zu langsame Transporter können alle dazu beitragen, die Sauerstofflieferungen zu beschränken und eventuell die Zellen auszuhungern.

Die Flüssigkeitskomponente des zirkulatorischen Systems – Blut – enthält nicht nur rote Blutkörperchen, sondern auch Faktoren der Immunabwehr (weiße Blutkörperchen und Antikörper), Blutplättchen und Gerinnungsfaktoren, Eiweiße für eine Zellerneuerung, Nährstoffe in Form von Glukose und andere für den Stoffwechsel und das Überleben wichtige Substanzen.

5.1.2 Klassifikation des Schocks

Die bestimmenden Faktoren der Zellperfusion sind: das Herz als aktive Pumpe, das Flüssigkeitsvolumen als transportiertes Medium, die Blutgefäße als Transportraum und schließlich die Zellen des Körpers als Ziel. Basierend auf diesen Komponenten des Kreislauf-Systems, kann der Schock in folgende Kategorien eingeteilt werden:

1. **Hypovolämischer Schock** Beim Traumapatienten primär hämorrhagischer Genese und verursacht durch einen Verlust zirkulierenden Blutvolumens. Dies ist die häufigste Ursache eines Schocks beim Traumapatienten.
2. **Distributiver Schock** Verursacht durch einen reduzierten Tonus der Gefäße aus unterschiedlichen Gründen.
3. **Kardiogener Schock** Verursacht durch ein Pumpversagen des Herzens.

Die häufigste Ursache des Schocks bei Traumapatienten ist eine Hämorrhagie. In der Festlegung der Behandlungsstrategien eines Traumapatienten ist bis zum Beweis des Gegenteiles von einem hämorrhagischen Schock auszugehen.

Mehr Details zu den unterschiedlichen Schocktypen folgen nach einer Diskussion über Anatomie und Physiologie der relevanten Organe und der Pathophysiologie des Schocks.

5.2 Anatomie und Pathophysiologie

5.2.1 Kardiovaskuläre, hämodynamische und endokrine Reaktionen

Herz

Das Herz besteht aus den beiden Vorhöfen (Atrien) und den zwei Hauptkammern (Ventrikeln). Die Funktion der Vorhö-

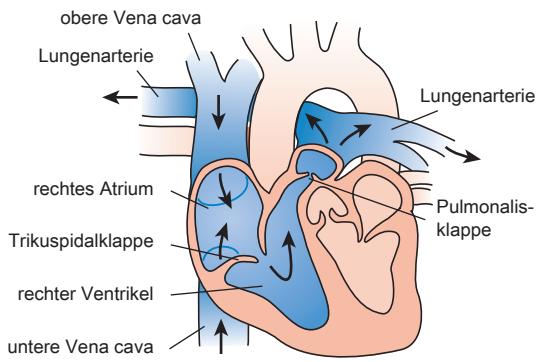


Abb. 5.1 Mit jeder Kontraktion des rechten Ventrikels wird Blut durch die Lungen gepumpt. Das Blut aus den Lungen erreicht den linken Teil des Herzens und der linke Ventrikel pumpt es in den Körperkreislauf.

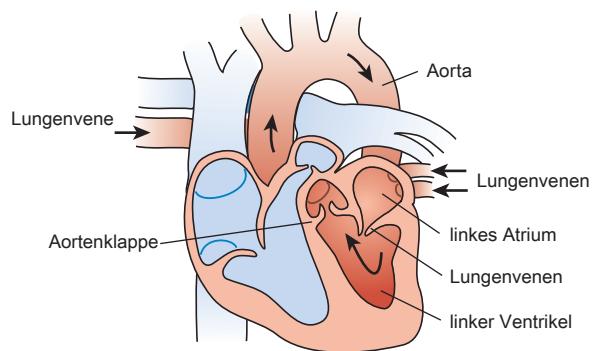


Abb. 5.2 Das von den Lungen zurückfließende Blut wird durch die Kontraktion des linken Ventrikels aus dem Herzen heraus und via Aorta in den übrigen Körper gepumpt.

fe besteht darin, Blut zu sammeln, sodass die Kammern schnell gefüllt werden können, um Verzögerungen in der Hämodynamik zu minimieren. Das rechte Atrium erhält das Blut von den Körpervenen und pumpt es in den rechten Ventrikel. Mit jeder Kontraktion des rechten Ventrikels (> Abb. 5.1) wird Blut zur Oxygenierung durch die Lungen gepumpt (> Abb. 5.2). Das aus den Lungen zurückfließende Blut strömt in den linken Vorhof und wird von dort in die linke Kammer gepresst. Dann werden die roten Blutkörperchen mittels Kontraktion der Ventrikel durch die Körperarterien gepumpt (> Abb. 5.3).

Das Blut wird durch die Kontraktion des linken Ventrikels durch das Kreislaufsystem gezwungen. Die plötzliche Druckerhöhung bewirkt eine spürbare Pulswelle. Der Höhepunkt der Pulswelle entspricht dem systolischen Blutdruck und spiegelt die Qualität der durch die Ventrikelkontraktion ausgelösten Pulswelle wider (**Systole**). Der Druck zwischen den Kontraktionen ist der diastolische Blutdruck, der im System verbleibt, während sich der linke Ventrikel wieder füllt (**Diastole**). Die Differenz zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck wird auch **Pulsdruck** genannt. Er entspricht dem Druck, der entsteht, wenn das Blut in den Kreislauf gepumpt wird. Es ist

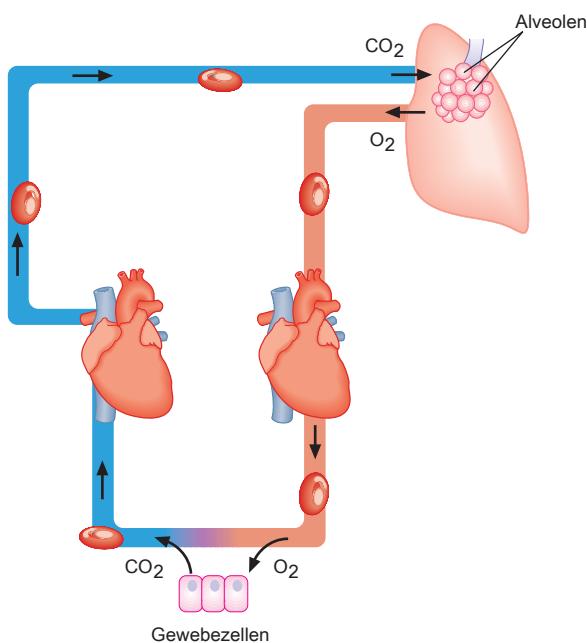


Abb. 5.3 Obwohl das Herz ein Organ ist, funktioniert es wie zwei Organe. Das nicht oxygenierte Blut erreicht das „rechte Herz“ über die obere und untere Hohlvene und wird durch die Lungenarterien in die Lungen gepumpt. Das oxygenierte Blut fließt durch die Lungenvenen zurück zum „linken Herzen“ und wird vom linken Ventrikel aus dem Herzen gepresst.

der Druck, den wir unter der Fingerspitze spüren, wenn wir den Puls prüfen.

Blutgefäße

Die Blutgefäße führen Blut und bringen es zu allen Zellen des Körpers. Sie sind die Autobahnen des physiologischen Prozesses des Kreislaufs. Das große Gefäß, welches das Blut aus dem linken Ventrikel ableitet, ist die Aorta. Diese kann jedoch nicht jede Zelle versorgen, weshalb sie sich in viele immer kleiner werdende Gefäße aufteilt. Die kleinsten Gefäße sind die Kapillaren (► Abb. 5.4). Eine Kapillare ist ungefähr so breit wie eine Zelle. Daher können Sauerstoff und Nährstoffe, die von den roten Blutzellen sowie Plasma transportiert werden, leicht durch die Kapillarwände in die Gewebezellen diffundieren (► Abb. 5.5).

Das Lumen der Blutgefäße wird durch glatte Muskulatur in den Wänden der Arterien und Arteriolen und in weniger ausgeprägten Maße auch in den Venolen und Venen verändert. Die Muskeln reagieren auf Signale aus dem Gehirn über das sympathische Nervensystem, auf zirkulierende Hormone wie Adrenalin bzw. Noradrenalin sowie auf weitere chemische Stoffe wie Stickoxid (NO). Die Muskelfasern in den Gefäßwänden bewirken je nachdem, ob sie stimuliert oder gedämpft werden, eine Vasokonstriktion bzw. -dilatation. So mit ist die Kapazität aller Blutgefäße variabel und verändert mit dem Transportraum auch den Blutdruck des Patienten.

Blut

Das Blut als flüssige Komponente des zirkulatorischen Systems enthält nicht nur rote Blutkörperchen (Erythrozyten), sondern auch Faktoren der Immunabwehr (weiße Blutkörperchen [Leukozyten] und Antikörper), Blutplättchen (Thrombozyten) für die Blutgerinnung sowie Proteine, Nährstoffe in Form von Glukose und andere notwendige Substanzen für den Metabolismus und das Überleben. Das Volumen der Flüssigkeit im vaskulären System muss der Kapazität der Blutgefäße entsprechen, um den Transportraum adäquat zu füllen. Jede Veränderung in der Gefäßkapazität, verglichen mit der Flüssigkeitsmenge im System, verändert den Blutfluss entweder positiv oder negativ.

Nervensystem

Das autonome oder vegetative Nervensystem steuert und kontrolliert die unwillkürlichen Funktionen des Körpers, wie Atmung, Verdauung und das kardiovaskuläre System. Es besteht aus den beiden Anteilen Sympathikus und Parasympathikus. Diese Systeme halten durch ihr antagonistisches Zusammenspiel eine Balance oder Homöostase im Körper aufrecht.

Das **sympathische Nervensystem** bringt „Kampf-oder-Flucht-Antworten“ hervor. Diese bewirken u. a., dass das Herz schneller und kräftiger schlägt, sich die Atemfrequenz erhöht und die Blutgefäße zu den für diese Reaktion irrelevanten Organen (Magen-Darm-Trakt, Haut) konstringieren, während die Gefäße zu den Organen Herz, Lungen und Gehirn dilatieren und der Blutfluss zu den Muskeln erhöht wird. Ziel dieser Antwort ist es, genügend oxygeniertes Blut von den unwichtigen in die wichtigen Organe umzuleiten, sodass die Person adäquat auf eine Gefahr reagieren kann. Im Gegensatz dazu verlangsamt der Parasympathikus die Herzfrequenz, verringert die Atemfrequenz und verstärkt die gastrointestinalen Aktivitäten.

Verliert ein Patient durch ein Trauma große Mengen Blut, versucht der Körper, diesen Blutverlust zu kompensieren. Das vasomotorische Zentrum in der Medulla oblongata reguliert das kardiovaskuläre System. Dieses Zentrum wiederum erhält seine stimulierenden Signale von den Dehnungsrezeptoren innerhalb der Gabelungen der Carotiden und des Aortenbogens via IX. und X. Hirnnerv. So reagiert das vasomotorische Zentrum zum Beispiel mittels spontaner sympathischer Aktivität auf vorübergehende Blutdruckabfälle. Diese Gegenregulation führt zu einem erhöhten peripheren vaskulären Widerstand und einem vergrößerten Herzminutenvolumen, resultierend aus einem Herzfrequenzanstieg sowie einer kräftigeren Kontraktion. Ein erhöhter venöser Gefäßtonus bewirkt außerdem ein größeres zirkulatorisches Blutvolumen. Auf diese Weise wird das Blut von den Extremitäten, dem Darm und den Nieren zu den lebenswichtigen Arealen – Herz und Gehirn – umgeleitet, in denen sich die Gefäße unter sympathischem Einfluss nur wenig verengen. Eine so erzielte Zentralisation des

Blutflusses zeigt sich in kalten, blassen Extremitäten, gepaart mit Akrozyanose und verminderter Urinmenge bzw. Darmdurchblutung.

5.3 Schocktypen

Es gibt drei Schocktypen:

- hypovolämischer Schock – das vaskuläre Volumen ist kleiner als die normale Größe der Gefäße
 - Verlust von Flüssigkeit und Elektrolyten – Dehydratation
 - Verlust von Blut und Flüssigkeit – hämorrhagischer Schock
- distributiver Schock – der Gefäßraum ist größer als normal

- neurogener „Schock“ (Hypotension)
- psychogener Schock
- septischer Schock
- anaphylaktischer Schock
- kardiogener Schock – Pumpversagen.

5.3.1 Hypovolämischer Schock

Bei einem akuten Blutverlust, entstanden durch Dehydratation (Verlust von Flüssigkeit und Elektrolyten) oder Blutung (Verlust von Plasma und Erythrozyten), ist das Verhältnis zwischen Flüssigkeitsvolumen und Gefäßkapazität unausgeglichen. Der Transportraum bleibt gleich, aber das Flüssigkeitsvolumen ist

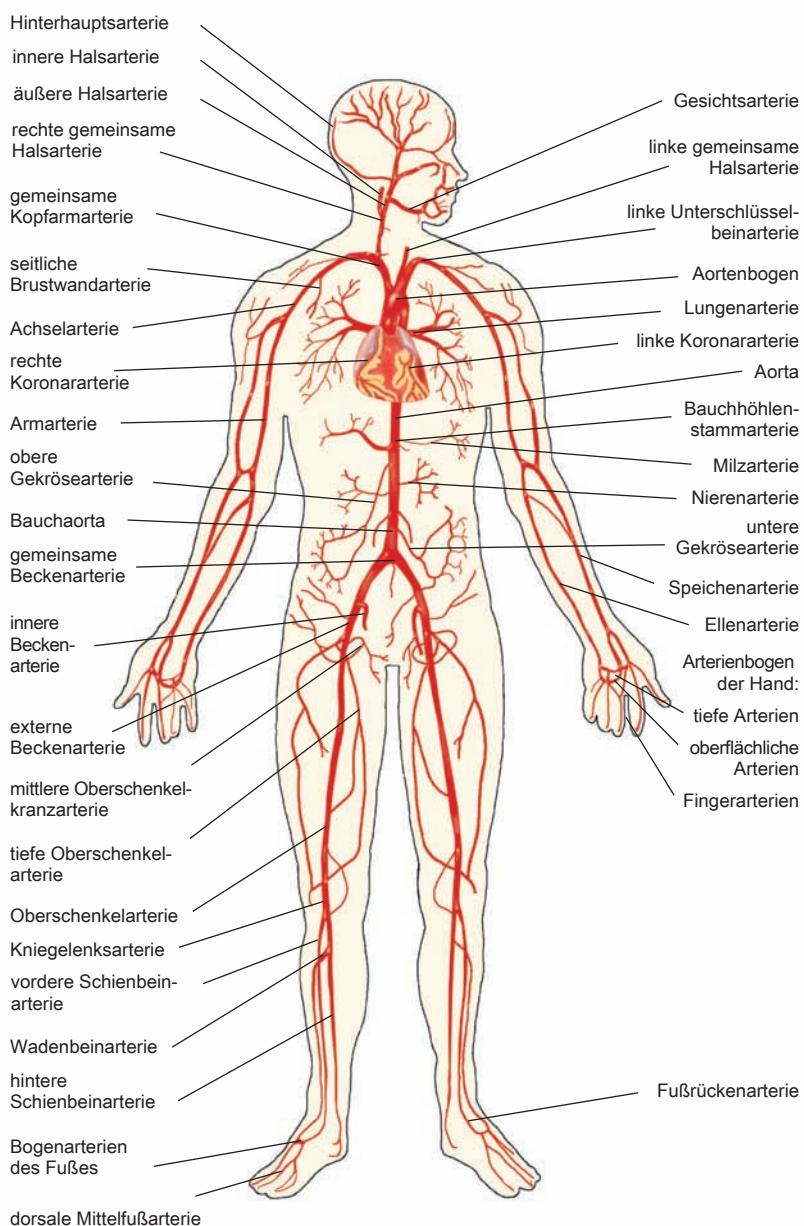


Abb. 5.4 Die größten Arterien des Körpers

vermindert. Ein **hypovolämischer Schock** ist die häufigste Schocksache in der Präklinik und ein Blutverlust ist bei Weitem der häufigste Grund für einen Schock beim Traumapatienten und am gefährlichsten für den Patienten.

Bei fehlendem Blut im Kreislauf wird das Herz durch Adrenalin aus dem Nebennierenmark stimuliert, um das Herzminutenvolumen mittels kräftigerer und häufigerer Kontraktionen zu erhöhen. Der Sympathikus setzt gleichzeitig Noradrenalin frei, um den Gefäßquerschnitt zu verkleinern und somit die Kapazität der Gefäße zu vermindern und der verbliebenen Flüssigkeit anzupassen. Die Vasokonstriktion bewirkt, wie oben beschrieben, eine Ischämie im abhängigen Gewebe, was prompt zu einem Wechsel vom aeroben zum anaeroben Metabolismus führt.

Dieser kompensatorische Mechanismus arbeitet bis zu einem bestimmten Punkt sehr gut. Wenn der Blutverlust aber andauert, reicht die Kompensation nicht mehr aus und der Blutdruck des Patienten fällt. Dieser Druckabfall definiert den Unterschied zwischen einem kompensierten und einem dekompensierten Schockzustand – Letzterer ist ein Zeichen des drohenden Todes. Ein Patient mit Symptomen eines kompensierten Schocks ist schon im Schock, nicht erst „auf dem Wege dahin“. Der Patient, welcher die Shocksymptome aufweist, ist bereits dekompenziert und hat ohne aggressive Therapie nur noch eine Stufe, sich zu verschlechtern – den Tod.

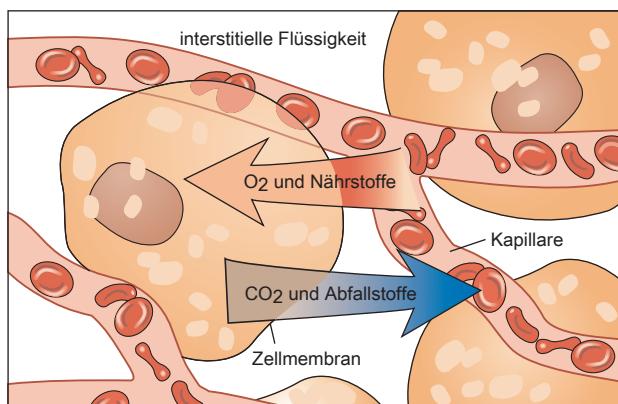


Abb. 5.5 Sauerstoff und Nährstoffe diffundieren von den Erythrozyten durch die Kapillarwand, das Interstitium und die Zellmembran in die Zelle. Saure Metaboliten sind ein Nebenprodukt der Energieumwandlung innerhalb des Zitratzyklus. Die Säuren werden über die körpereigenen Puffersysteme in Kohlendioxid umgewandelt und mit den Erythrozyten bzw. im Plasma zu den Lungen transportiert, um dort eliminiert zu werden.

Hämorrhagischer Schock

Ein hämorrhagischer Schock (hypovolämischer Schock aufgrund akuten Blutverlusts) wird jeweils abhängig vom Blutverlust in vier Klassen eingeteilt (► Tab. 5.2):

1. Klasse I beschreibt einen Verlust von 15 % des Blutvolumens (bis zu 750 ml) bei einem Erwachsenen. Dieses Stadium hat wenige klinische Manifestationen. Die Tachykardie ist meistens nur minimal, es sind keine Veränderungen beim Blutdruck, beim Pulsdruck und in der Atemfrequenz messbar. Falls die Blutung gestillt wurde, verkraften die meisten ansonsten gesunden Personen diese Situation problemlos und brauchen nur Flüssigkeitsersatz. Die Kompressionsmechanismen des Körpers ersetzen den intravasalen Volumenverlust.

2. Klasse II repräsentiert einen Verlust von 15–30 % des Blutvolumens (750–1.500 ml). Die meisten Erwachsenen sind fähig, diesen Blutverlust mittels einer vermehrten Aktivität des Sympathikus noch zu kompensieren und den Blutdruck stabil zu halten. Klinisch findet der Rettungsdienstmitarbeiter eine erhöhte Atemfrequenz, eine Tachykardie und einen geringen Pulsdruck bei normalem systolischem Druck. Weil der Blutdruck normal ist, handelt es sich um einen „kompensierten Schock“: Der Patient ist im Schock, aber dennoch in der Lage, diesen für eine Zeit zu kompensieren. Die Patienten zeigen sich häufig ängstlich und schreckhaft. Die Urinmenge fällt langsam auf 20–30 ml/h ab. Von Zeit zu Zeit brauchen diese Patienten eine Bluttransfusion, allerdings reagieren die meisten gut auf kristalloide Infusionslösungen.

3. Klasse III repräsentiert einen Verlust von 30–40 % des gesamten Blutvolumens (1.500–2.000 ml). Wenn der Blutverlust diese Schwelle erreicht hat, sind die meisten Patienten nicht mehr in der Lage, dies zu kompensieren, und eine Hypotension tritt auf. Die klassischen Shockzeichen sind offensichtlich und beinhalten eine Tachykardie mit Frequenzen > 120/min, eine Tachypnoe mit Frequenzen von 30–40/min und ausgeprägte Angstgefühle oder Verwirrung. Die Urinmenge fällt auf 5–15 ml/h ab. Die meisten Patienten benötigen eine Bluttransfusion und eine chirurgische Intervention zwecks Blutstillung.

4. Klasse IV repräsentiert einen Verlust von mehr als 40 % des gesamten Blutvolumens (> 2.000 ml). Dieses Stadium des

Tab. 5.2 Klassifizierung des hämorrhagischen Schocks

| | Klasse I | Klasse II | Klasse III | Klasse IV |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|------------------|
| Menge des Blutverlustes (% des totalen Blutvolumens) | < 0,75 l (< 15 %) | 0,75–1,5 l (15–30 %) | 1,5–2,0 l (30–40 %) | > 2,0 l (> 40 %) |
| Herzfrequenz (Schläge pro min) | < 100 | 100–120 | 120–140 | > 140 |
| Blutdruck | normal | normal | erniedrigt | erniedrigt |
| Pulsdruck | normal od. erhöht | erniedrigt | erniedrigt | erniedrigt |

(Modifiziert nach: American College of Surgeons Committee on Trauma: *Advanced trauma life support for doctors, student course manual*, 8. Aufl., Chicago, 2008, ACS)

schweren Schockzustandes wird durch eine markante Tachykardie ($> 140/\text{min}$), eine Tachypnoe ($> 35/\text{min}$), profunde Verwirrung oder Lethargie und einen abgefallenen systolischen Blutdruck in den Bereich um 60 mmHg charakterisiert. Diese Patienten überleben nur noch wenige Minuten. Ein positives Outcome ist abhängig von einer sofortigen chirurgischen Blutungskontrolle und einer aggressiven Flüssigkeitstherapie inklusive Bluttransfusionen.

Die Schnelligkeit der Schockentwicklung ist abhängig von der Geschwindigkeit des Blutverlustes.

Das endgültige Schockmanagement beinhaltet, die Blutung andauernd zu stoppen und die verlorene Flüssigkeit suffizient zu substituieren. Ein dehydraterter Patient braucht Flüssigkeit und Salz, um den Verlust zu ersetzen. Bei einem verletzten Patienten, der Blut verloren hat, muss hingegen die Blutungsquelle gestoppt werden und, wenn eine beachtliche Menge Blut verloren ging, über Bluttransfusionen nachgedacht werden. Milde bis moderate Dehydratationen können mit Elektrolytlösungen behandelt werden, die der wache Patient trinken kann. Ein bewusstloser oder sehr dehydraterter Patient muss die Volumensubstitution intravenös bekommen. Bluttransfusionen sind im präklinischen Umfeld nicht möglich; daher sollten bei verletzten Patienten im hämorrhagischen Schock nach einer optionalen Blutstillung so schnell wie möglich kristalloide Lösungen infundiert werden. Zudem sind die Patienten schnellstmöglich in ein Krankenhaus zu transportieren, in dem Blut, Plasma und Thrombozytenkonzentrate erhältlich sind und, falls erforderlich, notfallchirurgische Maßnahmen zur Blutstillung durchgeführt werden können.

5.3.2 Distributiver (vasogener) Schock

Der distributive oder vasogene Schock entsteht, wenn sich das intravasale Gefäßvolumen ohne proportionale Zunahme des Flüssigkeitsvolumens vergrößert. Obwohl sich die Menge der intravaskulären Flüssigkeit nicht geändert hat, ist in Bezug auf die Kapazität der Gefäße ein relativer Flüssigkeitsverlust definiert. Als Resultat nehmen das Volumen, das dem Herzen als Vorlast zur Verfügung steht, sowie das Herzminutenvolumen ab. In den meisten Situationen hat die Flüssigkeit das vaskuläre System nicht verlassen. Diese Form des Schocks ist also nicht durch eine Hypovolämie verursacht, in der Flüssigkeiten durch Blutungen, Erbrechen oder Diarröh verloren gehen, sondern das Problem ist die Diskrepanz zwischen Transportraum und intravasalem Volumen. Aus dem Grund wird dieser Zustand auch „relative Hypo-

vämie“ genannt. Obwohl die Ursache eine andere ist, imitieren einige der Symptome dennoch einen hypovolämischen Schock.

Ein distributiver Schock kann aus einem Versagen des autonomen Nervensystems hervorgehen, wobei die Kontrolle über die glatten Muskelfasern in den Gefäßwänden verloren geht und sich somit die Gefäße unkontrolliert weit stellen. Dieser Kontrollverlust kann nach einem spinalen Trauma, nach einer einfachen Ohnmacht, bei schweren Infektionen oder bei allergischen Reaktionen auftreten. Die Behandlung des distributiven Schocks beinhaltet eine Optimierung der Oxygenierung des Blutes und eine Verbesserung und Aufrechterhaltung des Blutflusses zum Gehirn und zu anderen lebenswichtigen Organen.

Neurogener „Schock“

Ein neurogener Schock oder passender eine neurogene Hypotension tritt auf, wenn die Verletzung den Sympathikus im Rückenmark oder im Sympathikusgrenzstrang (Truncus sympathicus) durchtrennt. Dies kommt häufig bei Verletzungen im thorakolumbalen Übergang vor. Aufgrund des Verlustes der sympathischen Kontrolle über das vaskuläre System, welches die glatten Muskelfasern in den Gefäßen kontrolliert, dilatieren die Gefäße unterhalb der Verletzungsebene. Der ausgeprägte Abfall des systemischen Gefäßwiderstandes und die erscheinende Vasodilatation führen dazu, dass der Transportraum zunimmt und sich eine relative Hypovolämie einstellt. Der Patient ist nicht hypovolämisch, das normale Blutvolumen füllt die dilatierten Gefäße aber nur insuffizient, was zu einem Widerstandsverlust und Blutdruckabfall führt. Dieser Druckabfall verändert weder die Perfusion, noch beeinträchtigt er die Energieproduktion und ist somit **kein** Schock.

Ein dekompensierter hypovolämischer Schock und ein neurogener Schock führen beide zu einem niedrigen systolischen Blutdruck. Trotzdem sind die anderen klinischen Zeichen signifikant unterschiedlich und auch die Behandlung gestaltet sich verschieden (► Tab. 5.3). Ein niedriger systolischer und diastolischer Blutdruck und ein geringer Pulsdruck charakterisieren einen hypovolämischen Schock. Ein neurogener Schock zeigt auch einen niedrigen systolischen und diastolischen Blutdruck, aber der Pulsdruck bleibt normal oder ist sogar erhöht. Die Hypovolämie führt zu kalter, feuchter, blasser und oder zyanotischer Haut mit verzögter Rekapillarisierung. Im neurogenen Schock hat der Patient warme, trockene Haut, vor allem unterhalb der Verletzungsregion. Der Puls beim hypovolämischen Schockpatienten ist schwach und schnell. Aufgrund der

Tab. 5.3 Klinische Symptome der Schocktypen

| Vitalzeichen | Hypovolämisch | Neurogen | Septisch | Kardiogen |
|------------------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|
| Hauttemperatur | kalt, feucht | warm, trocken | kalt, feucht | kalt, feucht |
| Hautfarbe | fahl, zyanotisch | violett | fahl, marmoriert | fahl, zyanotisch |
| Blutdruck | abfallend | abfallend | abfallend | abfallend |
| Grad des Bewusstseins | verändert | klar | verändert | verändert |
| Rekapillarisierung | verzögert | normal | verzögert | verzögert |

konkurrenzlosen Parasympathikusaktivität am Herzen wird beim neurogenen Schock typischerweise eine Bradykardie gefunden, nur sehr selten eine Tachykardie. Die Pulsqualität kann aber schwach sein. Die Hypovolämie verursacht einen verminderten Bewusstseinszustand oder wenigstens Angstgefühl und Aggressivität. Bei fehlendem Schädel-Hirn-Trauma ist der Patient mit neurogenem Schock in liegender Position aufmerksam, orientiert und bei klarem Verstand (► Kasten 5.1). Patienten mit einem neurogenen Schock haben oft Begleitverletzungen, die einen Blutverlust generieren. Deshalb soll der Patient mit einem neurogenen Schock und Zeichen eines Volumenmangels so behandelt werden, als hätte er einen Blutverlust.

Psychogener (vasovagaler) „Schock“

Ein psychogener Schock wird durch den Parasympathikus ausgelöst. Die Stimulation des zehnten Hirnnerven (Nervus vagus) verursacht eine Bradykardie. Die vermehrte Parasympathikusaktivität kann auch zu einer vorübergehenden peripheren Vasodilatation und Hypotension führen. Falls die Bradykardie und die Vasodilatation schwer genug sind, fällt das Herzminutenvolumen dramatisch und bewirkt eine insuffiziente Durchblutung des Gehirns. Von einer vasovagalen Synkope spricht man, wenn der Patient kurzzeitig das Bewusstsein verliert. Verglichen mit einem neurogenen Schock, ist die Zeit der Bradykardie und Vasodilatation auf wenige Minuten beschränkt, wohingegen der neurogene Schock mehrere Tage andauern kann. Beim psychogenen Schock erreichen die Patienten, nachdem sie in eine Flachlage gebracht wurden, schnell wieder einen normalen Blutdruck. Aufgrund dieser Selbstlimitierung mündet eine vasovagale Synkope nicht in einen eigentlichen Schock und der Körper erholt sich, bevor eine signifikante Minderperfusion Schaden anrichten kann.

Septischer Schock

Ein septischer Schock wird bei Patienten mit lebensbedrohlichen Infektionen beobachtet und ist eine weitere Situation, in der eine Vasodilatation erscheint. Zytokine, freigesetzt als Antwort auf die Infektion, verursachen Gefäßwandschäden, die zu einer Vasodilatation führen. Zusätzlich treten kapilläre Leckagen auf, aus denen Flüssigkeit aus den Kapillaren in das Interstitium tritt. Deshalb zeigt der septische Schock Charakteristika des distributiven und des hypovolämischen Schocks. Die Vorlast ist wegen der Vasodilatation und der verlorenen Flüssigkeit vermindert und die Hypotension erfolgt, wenn das Herz diesen Zustand nicht länger kompensieren kann. Der septische Schock ist fast nie kurz nach einem Trauma anzutreffen; trotzdem kann der Helfer zu einem Patienten mit septischem Schock gerufen werden. Das ist oft der Fall bei Sekundärtransporten zwischen verschiedenen Krankenhäusern oder wenn der Patient eine gastrointestinale Infektion nicht beachtet und nicht rechtzeitig ärztliche Hilfe beansprucht hat.

Anaphylaktischer Schock

Der anaphylaktische Schock ist eine schwere, lebensbedrohende allergische Reaktion, die zahlreiche Körperorgane betrifft. Wenn ein Individuum zum ersten Mal mit einem Allergen konfrontiert wird, kann er dafür sensibilisiert werden. Falls spätere Expositionen diesem Allergen gegenüber erfolgen, kann sich eine systemische Antwort zeigen. In Ergänzung zu den mehr allgemeinen Symptomen der allergischen Reaktion wie Rötung der Haut, Nesselsucht und Juckreiz werden ernste Befunde erhoben. So findet man respiratorische Probleme, Atemwegsobstruktion und eine zum Schock führende Vasodilatation. In manchen Fällen ist ein aktives Atemwegmanagement erforderlich. Die Therapie beinhaltet die Gabe von Adrenalin, Antihistaminika und von Steroiden in der Klinik.

5.3.3 Kardiogener Schock

Ein kardiogener Schock oder Herzversagen hat verschiedene Ursachen. Diese können in intrinsische (direkte Verletzung des Herzens) und extrinsische (Schädigung außerhalb des Herzens) Probleme eingeteilt werden.

Intrinsische Ursachen

Herzmuskelschaden

Ein den Herzmuskel schwächender Prozess hat Einfluss auf dessen Output. Der Schaden kann aus einer akuten Unterbrechung der Herzmuskeldurchblutung (wie bei einem Herzinfarkt aufgrund einer Herzkranzgefäßerkrankung) oder einer Quetschung des Herzmuskels (bei einer stumpfen Herzverletzung) resultieren. Ein Teufelskreis schließt sich an: Verminderte Oxygenierung verursacht verminderte Kontraktilität. Diese bewirkt ein schlechteres Herzminutenvolumen und dieses wiederum eine verminderte systemische Perfusion. Verminderte Perfusion resultiert in einer andauernden schlechteren Oxygenierung und somit in einer Fortsetzung des Kreises. Wie jeder Muskel arbeitet auch der Herzmuskel schlechter, wenn er quetscht oder geschädigt wird.

Arrhythmien

Die Entstehung von Herzrhythmusstörungen kann die Effektivität der Kontraktionen des Herzmuskels beeinflussen, was zu einer verminderten systemischen Perfusion führt. Eine sich entwickelnde Hypoxie verursacht eine Myokardischämie und konsekutive Arrhythmien, wie Extrasystolen oder Tachyarrhythmien. Da sich das Herzminutenvolumen aus dem Produkt von Schlagvolumen und Anzahl der Kontraktionen zusammensetzt, führen Rhythmusstörungen, die das Herz verlangsamen (Bradykardie) oder die Füllungszeit des linken Ventrikels verkürzen (Tachykardie) und so ein vermindertes

Schlagvolumen produzieren, zu einem relativ schlechteren Herzminutenvolumen. Stumpfe Herzmuskelverletzungen können ebenfalls zu Arrhythmien führen, am häufigsten findet sich eine moderate, persistierende Tachykardie.

Extrinsische Ursachen

Herzbeuteltamponade

Flüssigkeit im Herzbeutel komprimiert die Ventrikel und beeinflusst auf diese Weise deren Füllung während der Diastole (Entspannung). Im Falle eines Traumas fließt Blut in das Perikard und die Wände der Ventrikel können sich nicht voll ausdehnen. Zusätzlich bedeutet eine nicht adäquate Füllung eine fehlende Dehnung des Herzmuskels und dies führt zu einer verminderten Kontraktionskraft des Herzmuskels. Im Fall einer penetrierenden Herzverletzung fließt bei jeder Kontraktion wieder Blut in den Herzbeutel, wodurch das Herzminutenvolumen reduziert wird. Einer sich fulminant entwickelnden Perikardtamponade folgen schnell ein schwerer Schockzustand und der Tod.

5.3.4 Komplikationen des Schocks

Bei Patienten mit persistierendem oder inadäquat behandeltem Schock können Komplikationen auftreten; deshalb ist eine frühe Erkennung und ein aggressives Management essenziell. Viele First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter sind sich nicht bewusst, dass die präklinische Behandlung die Länge des Krankenhausaufenthaltes und das Outcome des Patienten wesentlich beeinflusst. Nichterkennen eines Schocks und Versäumnis der nötigen Therapie am Unfallort können die Dauer des Krankenausaufenthaltes massiv verlängern oder den Tod des Patienten bedeuten. Kenntnisse der pathophysiologischen Prozesse des Schocks helfen, die Schwere des Zustandes zu verstehen und die Gewichtung einer frühen Blutungskontrolle und wohl dosierten Volumengabe zu erkennen.

Akutes Nierenversagen

Werden die Nieren aufgrund einer ungenügenden Schocktherapie eingeschränkt durchblutet, kann sich ein temporäres oder permanentes Nierenversagen entwickeln. Diese Patienten sind daraufhin häufig für mehrere Wochen bzw. Monate dialysepflichtig.

Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) (Akutes Atemnotsyndrom des Erwachsenen)

Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) ist das Resultat von Schäden, die zu undichten Kapillaren in der Lunge führen.

ARDS ist mit einer Mortalitätsrate von 40 % verbunden und überlebende Patienten benötigen teilweise über Monate hinweg eine mechanische Beatmung.

Gerinnungsversagen

Der Ausdruck „Koagulopathie“ beschreibt eine Einschränkung der normalen Gerinnungskapazität. Diese kann z. B. durch Hypothermie (Abfall der Körpertemperatur), Verdünnung der Gerinnungsfaktoren durch Infusionen oder den Verbrauch von Gerinnungsfaktoren (Verbrauchskoagulopathie) verursacht werden.

Leberversagen

Schwere Schäden der Leber sind ein selteneres Problem des prolongierten Schocks. Ein Leberversagen manifestiert sich durch eine persistierende Hypoglykämie, eine persistierende Laktatazidose und durch einen Ikterus. Weil die Leber viele Gerinnungsfaktoren produziert, ist ihr Versagen häufig mit einer Koagulopathie vergesellschaftet.

Fulminante Infektion

Mit einem schweren Schock entwickelt sich ein erhöhtes Risiko einer Infektion. Mehrere Ursachen sind denkbar:

1. Eine wesentliche Abnahme der Anzahl weißer Blutkörperchen prädisponiert den Schockpatienten für eine Infektion und festigt so die Gerinnungsprobleme.
2. Die Minderdurchblutung und Reduzierung der Energieproduktion in den Zellen der Darmwand des Schockpatienten gestattet es den Darmbakterien, in die Bauchhöhle einzudringen.
3. Die Funktion des Immunsystems wird im Falle der Minderdurchblutung und des Verlusts der Energieproduktion eingeschränkt.

Multiorganversagen (MOV)

Ein Schock, der nicht suffizient behandelt wird, kann zunächst zum Versagen eines und später zu einem simultanen Versagen mehrerer Organe führen, wobei häufig eine begleitende Sepsis auftritt, was zum Syndrom eines Multiorganversagens führt. Das Versagen eines einzelnen wichtigen Organs (z.B. Lunge, Niere, Gerinnungskaskade, Leber) ist mit einer Mortalität von rund 40 % assoziiert. Wenn ein weiteres Organ ausfällt, verschlechtert sich das Schockstadium. Versagen vier Organsysteme, steigt die Mortalität auf 100 %.³ Ein Herz-Kreislauf-Versagen aufgrund eines kardiogenen oder septischen Schocks kann nur selten geheilt werden.

5.4 Beurteilung

Wie bereits weiter oben erwähnt, ist ein Schock der Zustand nach verminderter Durchblutung und verringriger Energieproduktion und kündigt den Beginn des Todes an. Falls nicht schnell gehandelt wird, kann der Mangel an Energieproduktion irreversibel werden. Der Verlust der Energieproduktion und der daraufhin stattfindende Wechsel von aerobem zu anaerobem Stoffwechsel reduziert die ATP-Produktion um das 15-Fache. Der Körper antwortet auf diesen Abfall in der Energieproduktion mit einer selektiven Drosselung der Perfusion in nichtessenziellen Abschnitten des Körpers und einem Anstieg der kardiovaskulären Funktionen im Sinne einer Kompensation und besseren Durchblutung anderer, wichtigerer Organe des Körpers.

Wenn sich der Schock entwickelt, bringt die physiologische Antwort klinische Zeichen hervor, die anzeigen, dass der Körper versucht zu kompensieren. Die Körperreaktion ist gekennzeichnet durch die Reduktion der Durchblutung von nichtvitalen Organen wie der Haut, die sich daraufhin kalt anfühlt und marmoriert erscheint. Außerdem verringert sich der Pulscharakter in den Extremitäten, die Haut erscheint dort zyanotisch und die Rekapillarisierung ist verzögert. Dann zeigen sich Vigilanzstörungen als Ergebnis einer verminderten Versorgung des Gehirns mit oxygeniertem Blut. Die Azidose, die sich durch den anaeroben Stoffwechsel entwickelt, führt zu einer schnellen Atmung, weil der Körper versucht, die Stoffwechselnebenprodukte in Form von Kohlendioxid abzutreten. Eine Verminderung der Energieproduktion ist gekennzeichnet durch eine träge Körperreaktion, kalte Haut und eine verminderte Körperkerntemperatur. Der Patient kann zittern, weil er versucht, dadurch die Körperwärme zu erhalten. Bei der Einschätzung eines Schockzustandes sucht der Rettungsdienstmitarbeiter Anhaltspunkte einer Hypoperfusion. In der präklinischen Umgebung besteht dies aus einer speziellen Beurteilung folgender Organe und Systeme: das Gehirn mit dem zentralen Nervensystem, das Herz mit dem kardiovaskulären System, das Atmungssystem, die Haut und die Nieren. Nachstehende Zeichen sind Hinweise einer Hypoperfusion:

- reduziertes Bewusstsein, Angst, Desorientiertheit, Aggressivität, ungewöhnliches Benehmen (Gehirn und ZNS)
- Tachykardie, tiefer systolischer Blutdruck und geringer Pulsdruck (Herz und kardiovaskuläres System)
- schnelle, oberflächliche Atmung (Atmungssystem)
- kalte, feuchte, blasses, schweißige oder sogar zyanotische Haut mit verlängerter Rekapillarisierungszeit (Haut und Extremitäten).

Weil der Blutverlust bei einem Traumapatienten die häufigste Ursache des Schocks ist, muss der Helfer bis zum Beweis des Gegenteils bei jedem Schock von einem massiven Blutverlust ausgehen. Er sollte mit der höchsten Priorität zuerst nach äußeren Blutungen suchen und sie, falls möglich, sofort unter Kontrolle bringen. Dies involviert Techniken wie direkter Druck auf die Wunde, Tourniquets oder Schienung peripherer Frakturen. Falls keine Anhaltspunkte äußerer Blutungen vor-

handen sind, müssen innere Blutungen vermutet werden. Obwohl ein endgültiges Management einer inneren Blutung präklinisch nicht möglich ist, sollte die Diagnose trotzdem präklinisch gestellt werden. So kann der schnelle Transport angestrebt werden, und die mitgeteilten Informationen an das Zielkrankenhaus vereinfachen die Weiterbehandlung im Schockraum. Bedeutende innere Blutungen können in Thorax, Abdomen, Becken und im Retroperitonealraum auftreten. Anhaltspunkte für eine blutende oder penetrierende Thoraxverletzung mit abgeschwächten Atemgeräuschen und einem dumpfen Klopfschall würden eine thorakale Quelle nahe legen. Abdomen, Becken und Retroperitoneum können Blutungsquellen mit Hinweisen auf ein stumpfes oder penetrierendes Trauma darstellen. Abdominale Abwehrspannung, Instabilität des Beckens, ungleiche Länge der Beine, Schmerzen im Bereich des Beckens – zunehmend bei Bewegungen –, Einblutungen im Dammbereich und Blutungen am Ausgang der Harnröhre sind entsprechende Hinweise.

Wenn nach der Beurteilung keine Blutung als Ursache des Schocks vermutet wird, müssen die anderen Schockursachen in Betracht gezogen werden. Dazu gehören eine Perikardtamponade, ein Spannungspneumothorax (beide zeigen gestaute Halsvenen im Gegensatz zu kollabierten Venen beim hämorragischen Schock) oder ein neurogener Schock. Abgeschwächte Atemgeräusche auf der verletzten Thoraxseite mit evtl. zusätzlicher Deviation der Trachea suggerieren einen Spannungspneumothorax. Unterschiedliche Quellen eines kardiogenen Schocks sind bei einem stumpfen oder penetrierenden Trauma zu erwarten. Gedämpfte Herzgeräusche suggerieren eine Herzbeuteltamponade (in der lauten präklinischen Umgebung schwer zu bestimmen), gepaart mit Arrhythmien. Weiterhin kommt ein neurogener Schock infrage; vor allem bei vorhandenen Zeichen einer Rückenverletzung mit Bradykardie und warmen Extremitäten. Die meisten, wenn nicht alle diese Zeichen, können durch einen First Responder präklinisch diagnostiziert werden; dieser kann so die Schockursache ermitteln und die nötigen Behandlungsschritte einleiten.

Die Evaluation der verschiedenen Regionen des Patienten beinhaltet Atemwege, Ventilation, Perfusion, Hautfarbe und -temperatur, Rekapillarisierungszeit und Blutdruck. Alle diese Untersuchungsschritte werden hier separat beschrieben, sowohl im Primary Survey (Erstuntersuchung) als auch Secondary Survey (fokussierte Anamnese und körperliche Untersuchung). Die zeitgleiche Evaluation ist ein wichtiger Teil der Beurteilung des Patienten. Der First Responder muss Informationen aus verschiedenen Quellen einholen und diese verarbeiten. Falls er feststellt, dass alle Systeme normal arbeiten, wird er keinen Alarm auslösen.

5.4.1 Primary Survey

Der erste Schritt in der Patientenbeurteilung besteht in einem so schnell wie möglich durchgeföhrten ersten Eindruck über den Zustand des Patienten. Nur nach diesem ersten Eindruck

kann man sich die Zeit für eine Anzahl von spezifischeren Untersuchungen nehmen. Bei folgenden Zeichen müssen lebensgefährliche Verletzungen vermutet werden:

- leichte Angst, in eine Verwirrung oder vermindertes Bewusstsein übergehend
- leichte Tachypnoe, übergehend in eine schnelle, schwere Atmung
- leichte Tachykardie, in eine ausgeprägte Tachykardie übergehend
- schwacher Radialispuls, in einen fehlenden Radialispuls übergehend
- blasse oder zyanotische Hautfarbe
- prolongierte Rekapillarisierungszeit
- Verlust der Pulse in den Extremitäten
- Hypothermie.

Alle Einschränkungen oder Fehlfunktionen der Atemwege, der Atmung oder des Kreislaufs müssen vor der weiteren Beurteilung behandelt werden. Die folgenden Schritte sind in diesem Buch in einer bestimmten Reihenfolge beschrieben. An der Einsatzstelle macht der First Responder ggf. gemeinsam mit dem Rettungsdienstmitarbeiter vieles mehr oder weniger simultan.

Airway

Die Beurteilung sollte die Durchgängigkeit der Atemwege beinhalten (► Kap. 4).

Breathing

Wie schon beschrieben, führt ein anaerober Metabolismus bei verminderter zellulärer Oxygenierung zu einer vermehrten Laktatproduktion. Eine aus Azidose und Hypoxie resultierende erhöhte H⁺-Ionenkonzentration führt zu einer Stimulation des Atemzentrums, um die Frequenz und Tiefe der Atmung zu erhöhen. Deshalb ist die Tachypnoe eines der ersten Anzeichen eines Schocks. Im Primary Survey hat der First Responder keine Zeit, die Atemfrequenz zu messen. Deshalb sollte sie kurz geschätzt und in langsam, normal, schnell oder sehr schnell eingeteilt werden. Während eines Shockgeschehens deutet eine langsame Atemfrequenz auf einen schweren Schockzustand hin und dem Patienten steht ein Herzstillstand wahrscheinlich unmittelbar bevor. Schnelle Atemfrequenzen sind beunruhigend und sollten die Suche nach möglichen Schockursachen initiieren. Der Patient, der versucht, die angelegte Sauerstoffmaske zu entfernen, hat womöglich eine zerebrale Ischämie, vor allem, wenn diese Handlungen mit Angst und Aggressivität verbunden sind. Dieser Patient hat „Lufthunger“ und das Bedürfnis nach mehr Ventilation. Die Sauerstoffmaske über Mund und Nase gibt ihm das psychologische Gefühl eines Atemhindernisses. Dies sollte den Helfer darauf hinweisen, dass der Patient wahrscheinlich zu wenig Sauerstoff erhält und das Gehirn deshalb hypoxisch ist. Verminderte Sauerstoffsätti-

gung, mit dem Pulsoxymeter gemessen, wird diesen Verdacht bestätigen.

Circulation

Es gibt zwei Komponenten in der Beurteilung der Zirkulation:

- Hämorrhagie
- Perfusion mit oxygeniertem Blut
 - kompletter Körper
 - regional.

Die Informationen, die sich während der kardialen Beurteilung ergeben, helfen zum einen, eine schnelle Bestimmung des totalen Blutvolumens und des Durchblutungsstatus des Patienten zu erhalten; zum anderen erlauben sie eine simultane Beurteilung spezifischer Körperregionen. Wenn man zum Beispiel die Rekapillarisierungszeit, den Puls, die Hautfarbe und Temperatur prüft, zeigen die unteren Extremitäten vielleicht eine eingeschränkte Perfusion, während die gleichen Zeichen in den oberen Extremitäten möglicherweise normal sind. Das bedeutet nicht, diese Zeichen wären ungenau, sondern dass nicht alle Körperregionen gleich sind. Die wichtige Frage, die beantwortet werden muss, lautet „Warum?“ Daher ist es wichtig, die Zirkulation und die Perfusion in mehr als einem Teil des Körpers zu überprüfen und sich daran zu erinnern, dass sich die Beurteilung der körperlichen Verfassung nicht nur auf einen Körperteil bezieht.

Blutungen

Die Beurteilung des Kreislaufs sollte mit einem kurzen Blick über mögliche signifikante äußere Blutungen beginnen. Der Patient kann auf einer großen Blutungsquelle liegen oder sie kann durch die Kleidung des Patienten verdeckt sein. Keine Therapie, die Perfusion zu verbessern, wird effektiv sein, wenn die Blutung zuvor nicht gestoppt wurde. Der Patient kann bei einer Kopfhautverletzung eine bedeutende Menge Blut verlieren, da die Kopfhaut sehr gut durchblutet ist. Weiter sind auch Wunden mit Verletzungen großer Gefäße (A. subclavia, axillaris, radialis, ulnaris, carotis, femoralis, poplitea). Untersuchen Sie den gesamten Körper, um Blutungen nach außen zu erkennen.

Puls

Der nächste wichtige Beurteilungspunkt bezüglich der Perfusion ist der Puls. Eine initiale Evaluation des Pulses beinhaltet, ob und wo er palpabel ist. Normalerweise weist ein Verlust des Radialispulses auf eine schwere Hypovolämie oder eine Gefäßverletzung am Arm hin, vor allem, wenn auch die zentralen Pulse, wie die der Arteria carotis oder der Arteria femoralis, nur schwach, flach und extrem schnell sind. Falls der Puls palpabel ist, sollten der Charakter und die Kraft folgendermaßen registriert werden:

- Ist die Pulswelle kräftig oder schwach und fadenförmig?
- Ist die Frequenz normal, zu schnell oder zu langsam?
- Ist der Puls regelmäßig oder arrhythmisch?

Viele Menschen, die in die Versorgung von Unfallpatienten involviert sind, fokussieren sich auf den Blutdruck. Es sollte aber keine kostbare Zeit während des Primary Survey verschwendet werden, um den Blutdruck zu messen. Die exakte Höhe des Blutdrucks ist im Primary Survey weniger wichtig als andere Zeichen. Signifikante Informationen können durch Frequenz und Charakter des Pulses gewonnen werden. Bei einer Anzahl von Traumapatienten wurde von den First Respondern und Rettungsdienstmitarbeitern der Radialispuls als „schwach“ charakterisiert. Dieser war mit einem Blutdruck assoziiert, der durchschnittlich 26 mmHg niedriger war als bei einem Puls, der als normal beurteilt wurde. Wichtiger ist, dass Traumapatienten mit einem schwachen Radialispuls 15-mal häufiger verstarben als die mit einem normalen Puls.⁴ Obschon der Blutdruck zu Beginn des Secondary Survey gemessen wird, kann er schon früher palpiert oder auskultiert werden, falls genügend fachkundige Unterstützung vorhanden ist, der Primary Survey komplettiert wurde oder lebensbedrohliche Probleme während des Transports behandelt werden.

Bewusstseinszustand

Der geistige Zustand ist eigentlich ein Punkt der neurologischen Beurteilung. Aber ein veränderter Bewusstseinszustand kann ein Hinweis auf eine eingeschränkte zerebrale Perfusion sein. Es stellt eine Beurteilung der Perfusion eines Endorgans dar. Bei einem ängstlichen, aggressiven Patient sollte bis zum Beweis des Gegenteils angenommen werden, dass eine zerebrale Ischämie und ein anaerober Metabolismus vorliegen. Drogen- bzw. Alkoholüberdosierungen und Schädel-Hirn-Traumen können nicht sofort behandelt werden, eine zerebrale Ischämie hingegen schon. Deshalb sollten alle Patienten, bei denen eine zerebrale Ischämie möglich ist, so behandelt werden, als ob diese Diagnose gesichert sei.

Hautfarbe

Eine rosige Hautfarbe ist das generelle Zeichen gut oxygenierten Blutes ohne anaeroben Stoffwechsel. Zyanotische oder marmorierte Haut gibt Hinweise auf desoxygeniertes Hämoglobin oder, im Falle der Akrozyanose, fehlende adäquate Oxygenierung der Peripherie. Blasse, marmorierte oder zyanotische Haut ist die Folge eines inadäquaten Blutflusses, resultierend aus einem der folgenden drei Gründe:

1. periphere Vasokonstriktion (meistens aufgrund einer Hypovolämie)
2. verminderte Anzahl roter Blutkörperchen (akute Anämie)
3. Unterbrechung der Blutversorgung dieser Körperregion, z. B. bei vorliegender Fraktur mit einer Verletzung des Gefäßes, das diesen Teil versorgt.

Blasse Haut kann lokal oder generalisiert gefunden werden und unterschiedliche Ursachen haben. Andere Befunde wie Tachykardie sollten verwendet werden, um die Gründe zu klären und festzulegen, ob die Ursache der blassen Haut lo-

kal, regional oder systemischen Ursprungs ist. Ferner ist die Zyanose bei hypoxischen Patienten, die einen signifikanten Blutverlust hatten, nicht ausgeprägt. Bei Patienten mit dunkler Pigmentierung ist die Zyanose am besten an den Lippen, am Zahnfleisch und an den Handinnenflächen zu erkennen.

Hauttemperatur

Wenn der Körper das Blut von der Haut zu wichtigeren Organen umverteilt, sinkt die Hauttemperatur. Haut, die bei Berührung kühl ist, deutet auf eine verminderte Hautdurchblutung, eine geringere Energieproduktion und somit auf einen Schock hin. Weil während der Beurteilung eine signifikante Menge Wärme über die Haut verloren gehen kann, sollte alles unternommen werden, um den Patienten vor Auskühlung zu schützen. Zeichen einer guten Schockbehandlung ist eine rosafarbene, warme und trockene Zehe. Die Umweltbedingungen, unter denen die Untersuchung gemacht wurde, können das Ergebnis ebenso beeinflussen wie eine isolierte Verletzung, welche die Durchblutung beeinflussen kann.

5

Disability

Eine Körperfunktion, die präklinisch einfach evaluiert werden kann, ist die des Gehirns. Mindestens fünf Umstände können ein vermindertes Bewusstsein oder ein verändertes Verhalten (Streit- oder Kampfslust) verursachen:

1. Hypoxie
2. Schock mit beeinträchtigter zerebraler Perfusion
3. Schädel-Hirn-Trauma
4. Intoxikation mit Alkohol oder Drogen
5. metabolische Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder Krämpfe.

Von diesen fünf Zuständen ist die Hypoxie am einfachsten zu behandeln; sie ist gleichzeitig auch das, was den Patienten unbehobelt am schnellsten umbringt. Jeder Patient mit einem verminderten Bewusstseinszustand sollte so behandelt werden, als ob eine schlechte zerebrale Oxygenierung die Ursache sei. Ein veränderter Bewusstseinszustand ist eines der ersten sichtbaren Zeichen des Schocks.

Bei Schädel-Hirn-Traumen kommen primäre (verursacht durch direktes Trauma des Hirngewebes) oder sekundäre (verursacht durch die Wirkung der Hypoxie, Hypoperfusion, Ödem, Verlust der Energieproduktion) Ursachen infrage. Es gibt präklinisch für primäre Hirnverletzungen keine effektive Behandlung; sekundäre Schäden können hingegen mittels Aufrechterhaltung von Oxygenierung und Perfusion vermieden werden. Die Möglichkeit des Gehirns, zu funktionieren, nimmt mit nachlassender Perfusion und Oxygenierung ab.

Die Verminderung der Hirnfunktion entwickelt sich über mehrere Stufen und unterschiedliche Areale des Gehirns sind betroffen. Angst und Aggressivität sind häufig die ers-

ten Zeichen, gefolgt von einer Verlangsamung der Gedankengänge und einer Einschränkung motorischer und sensorischer Leistungen. Der Level der zerebralen Funktion ist ein wichtiges und präklinisch messbares Zeichen des Schocks. Bei einem ängstlichen, aggressiven Patienten oder einem mit vermindertem Bewusstseinszustand sollte man bis zum Auffinden einer anderen Ursache von einem hypoxischen, minderperfundierte Gehirn ausgehen. Hypoperfusion und zerebrale Hypoxie sind häufige Probleme eines Schädel-Hirn-Traumas und verschlechtern das Outcome des Traumapatienten zusätzlich. Schon kurze Episoden der Hypoxie verschlimmern die Hirnläsion und verschlechtern das Outcome.

Expose/Environment

Der Körper des Patienten wird entblößt, um nach weniger offensichtlichen äußeren Blutungen und Anhaltspunkten für innere Verletzungen zu suchen. Die Hypothermiegefahr muss berücksichtigt werden. Diese Untersuchung wird am besten erst im Fahrgastraum des Rettungswagens vorgenommen, um den Patienten vor der Umgebung und den neugierigen Augen der Öffentlichkeit zu schützen.

5.4.2 Secondary Survey

In einigen Fällen können die Verletzungen so massiv sein, um einen Secondary Survey an der Einsatzstelle zu beenden. Falls es die Zeit erlaubt, kann ein Secondary Survey en route, also während des Transports zum Krankenhaus, durchgeführt werden, wenn keine anderen Probleme bewältigt werden müssen.

Vitalzeichen

Das Messen der präzisen Vitalzeichen ist einer der ersten Schritte des Rettungsdienstmitarbeiters im Secondary Survey oder nach der Wiederholung des Primary Survey, wenn auf dem Transport einige Minuten Zeit zur Verfügung stehen.

Atemfrequenz

Eine Frequenz von 20–30 Atemzügen/min ist eine grenzwertige Frequenz, die eine Sauerstoffgabe notwendig macht. Eine schnellere Frequenz als 30 Atemzüge/min deutet auf ein spätes Schockstadium hin und benötigt assistierte Beatmung. Der physiologische Antrieb für die Zunahme der Atemfrequenz ist die durch den Schock verursachte Azidose; die hohe Frequenz ist aber häufig mit einem verringerten Atemzugvolumen vergesellschaftet. Beide Frequenzen indizieren eine Untersuchung, um die potenzielle Quelle der Minderperfusion zu finden.

Puls

Im Secondary Survey wird die Pulsfrequenz genauer gemessen. Die normale Pulsfrequenz liegt bei Erwachsenen zwischen 60 und 100 Schlägen/min. Bei Frequenzen darunter (Ausnahme: Ausdauerathleten) muss mit einem ischämischen Herzen oder mit einem AV-Block III.° gerechnet werden. Eine Pulsfrequenz zwischen 100 und 120/min definiert einen Patienten in einem frühen Schockstadium mit einer ersten kardialen Antwort in Richtung Tachykardie. Ein Puls über 120/min ist ein definitives Zeichen des Schocks, wenn die Tachykardie nicht durch Schmerz oder Angst verursacht ist. Eine Pulsfrequenz über 140/min ist sehr kritisch und weist auf einen manifesten, irreversiblen Schock hin.

Blutdruck

Der Blutdruck ist eines der am wenigsten sensitiven Zeichen des Schocks. Der Blutdruck fällt erst, wenn der Patient schon durch einen tatsächlichen oder relativen Flüssigkeitsverlust hochgradig hypovolämisch ist. Ein Blutdruckabfall zeigt an, dass der Patient die Hypovolämie und Hypoperfusion nicht mehr länger kompensieren kann. Bei ansonsten gesunden Patienten muss der Blutverlust mehr als 30 % des Gesamtvolumens betragen, bevor die Kompensationsmechanismen des Patienten versagen und der systolische Blutdruck unter 90 mmHg fällt. Aus diesem Grund sind Atemfrequenz, Pulsfrequenz und -charakter, Rekapillarisierungszeit und Bewusstseinszustand sensitivere Indikatoren einer Hypovolämie als der Blutdruck.

Wenn der Blutdruck eines Patienten zu fallen beginnt, herrscht schon eine extrem kritische Situation und eine schnelle Intervention ist dringend notwendig. Im präklinischen Umfeld gefundene Patienten mit einer Hypotension haben bereits einen signifikanten Blutverlust erlitten. Die Entwicklung der Hypotension als ein erstes Schockzeichen heißt, dass frühere Zeichen übersehen wurden. Der Ernst dieser Situation und die angemessene Intervention variieren je nach Ursache des Zustands. Ist ein tiefer Blutdruck z.B. mit einem neurogenen Schock assoziiert, ist dies nicht annähernd so kritisch wie eine Hypotonie aufgrund einer Hypovolämie. > Tab. 5.4 beschreibt die entsprechenden Zeichen, um zwischen einem kompensierten und dekompensierten Schock differenzieren zu können.

Tab. 5.4 Schockbeurteilung im kompensierten und dekompensierten hypovolämischen Schock

| Vitalzeichen | Kompensiert | Dekompensiert |
|--------------------|--------------------|---|
| Puls | erhöht, tachykard | stark erhöht, ausgesprochen tachykard, kann sich in eine Bradykardie entwickeln |
| Haut | fahl, kalt, feucht | fahl, kalt, wächsern |
| Blutdruck | normal | erniedrigt |
| Bewusstsein | unverändert | verändert von desorientiert bis komatos |

5.4.3 Muskuloskelettale Verletzungen

Frakturen können zu signifikanten inneren Blutungen führen (**> Tab. 5.5**). Die größten Blutverluste sind bei Femur- oder Beckenfrakturen zu erwarten. Eine einfache Femurfraktur kann mit einem Blutverlust von 1.000–2.000 ml in das umgebende Gewebe vergrößert sein. Diese Verletzung alleine kann zu einem Blutverlust von 30–40 % des gesamten Blutvolumens eines Erwachsenen und damit zu einem dekompensierten Schockzustand führen. Beckenfrakturen können nach einem schweren Sturz oder Aufprallmechanismus mit massiven inneren Blutungen in den retroperitonealen Raum einhergehen. Gelegentlich hat ein Patient nach einem heftigen Unfall mehrere periphere Frakturen und ist in der Schockklasse III–IV, zeigt aber keine Anhaltspunkte für äußere Blutungen, Hämatothorax, intraabdominelle Verletzungen oder Beckenfraktur. Dazu ein Beispiel: Ein erwachsener Fußgänger wird von einem Fahrzeug angefahren; dabei bricht er sich vier Rippen, den Humerus, Femur und beidseitig Tibia und Fibula. Diese Frakturen können zu inneren Blutungen von 3.000–5.500 ml Blut führen. Wird der vorherrschende Schockzustand nicht erkannt und rechtzeitig behandelt, kann der Patient an diesem potenziellen Blutverlust versterben.

5.4.4 Verfälschende Faktoren

Einige Faktoren können die Beurteilung erschweren, weil sie die üblichen Schockzeichen eines Traumapatienten verschleieren.

Alter

Patienten, die sehr jung oder sehr alt sind, haben eine eingeschränkte Kapazität, akute Blutverluste oder andere Schockzustände zu kompensieren. Schon kleine Verletzungen können bei diesen Patienten zu dekompensierten Schockzuständen führen. Auf der anderen Seite können Kinder und junge Erwachsene sehr lange kompensieren und erscheinen bei einer ersten Beurteilung relativ unauffällig. Eine genauere Untersuchung ergibt subtile Schockzeichen, milde Tachykardie, moderate Tachypnoe, blasses Haut mit verlängerter Rekapillarisierungszeit und Angst. Aufgrund ihrer leistungsfähigen Kompensationsmechanismen sind Kinder im dekompensierten Schock hochgradig gefährdet. Ältere Patienten sind bei einem

lang andauernden Schockzustand anfälliger für gewisse Komplikationen wie akutes Nierenversagen.

Athleten

Gut trainierte Sportler haben häufig ausgeprägte Kompensationsmechanismen. Viele verfügen über eine Ruheherzfrequenz von 40–50 Schlägen/min. Eine Herzfrequenz von 100–110/min oder eine Hypotonie bei trainierten Personen können Warnzeichen für eine signifikante Blutung sein.

Schwangerschaft

In der Schwangerschaft kann sich das Blutvolumen einer Frau um 45–50 % vergrößern. Herzfrequenz und Herzminutenvolumen sind während der Schwangerschaft ebenfalls erhöht. Aufgrund dieser Veränderungen zeigt eine schwangere Frau bis zu einem Blutverlust von 30–35 % ihres Blutvolumens keine Schockzeichen. Somit ist der Fetus belastet, lange bevor die Mutter Schocksymptome zeigt, weil die Gefäße der Plazenta als peripheres Organ viel sensibler auf die Effekte der Vasokonstriktion nach Katecholaminausschüttung reagieren. Während des dritten Trimesters komprimiert der schwangere Uterus möglicherweise die Vena cava; der konsekutiv verminderte venöse Rückfluss zum Herzen verursacht eine Hypotension. Eine leichte Linksseitenlage der Patientin kann diesen Effekt aufheben. Eine nach diesem Manöver weiter bestehende Hypotension bei einer schwangeren Frau weist typischerweise auf einen lebensgefährlichen Blutverlust hin.

Vorbestehende Erkrankungen

Patienten mit schwerwiegenden Vorerkrankungen wie koronarer Herzkrankheit oder COPD haben typischerweise weniger Möglichkeiten, eine Blutung zu kompensieren respektive einen Schock zu verhindern. Diese Patienten bekommen pektanginöse Beschwerden, wenn ihre Herzfrequenz ansteigt, um den Blutdruck stabil zu halten. Ebenso sind Patienten mit einem Herzschrittmacher im Fix-Modus üblicherweise nicht in der Lage, die Herzfrequenz so weit anzuheben, dass ein lebensbedrohlicher Blutverlust kompensiert werden könnte.

Medikation

Diverse Medikamente interferieren mit den Kompensationsmechanismen des Körpers.

Zeit zwischen Unfall und Behandlung

Ist der First Responder sehr schnell am Einsatzort, treffen die Helfer auf Patienten mit lebensbedrohlichen inneren Blutungen,

Tab. 5.5 Etwaiger innerer Blutverlust in Verbindung mit Frakturen

| Art der Fraktur | Interner Blutverlust (ml) |
|-------------------|---------------------------|
| Rippe | 125 |
| Radius oder Ulna | 250–500 |
| Humerus | 500–750 |
| Tibia oder Fibula | 500–1.000 |
| Femur | 1.000–2.000 |
| Pelvis | 1.000–massiv |

ohne dass sich schon ein schwerer Schock (Klasse III oder IV) manifestiert hat. Selbst Patienten mit penetrierenden Wunden der Aorta, der Vena cava oder der Gefäße des Beckens können ins Krankenhaus transportiert werden, ohne dass der Blutdruck abfällt, falls die Zeiten des Eintreffens, des Verbleibens an der Einsatzstelle und des Transports kurz sind. Nur weil der Patient zufriedenstellend aussieht, darf der Helfer nie vom Fehlen einer inneren Blutung ausgehen. Der „gut aussehende“ Patient kann sich entweder bereits im kompensierten Schock befinden, oder es ist noch nicht ausreichend viel Zeit vergangen, um die Zeichen zu verdeutlichen. Die Patienten sollten sorgfältig beurteilt werden, um auch die subtilsten Schockzeichen nicht zu übersehen; das Vorliegen innerer Blutungen muss bis zum Beweis des Gegenstands angenommen werden. Dies ist einer der Gründe, warum eine regelmäßige Neubeurteilung der Traumapatienten nötig ist.

5.5 Management

Die Schritte des Schock-Managements sind:

- Sicherstellung der Oxygenierung (adäquate Atemwege und Ventilation)
- Erkennung von Blutungen (kontrollierte äußere Blutungen)
- Transport zur endgültigen Behandlung
- Flüssigkeit während des Transports, wenn angemessen.

Neben der Sicherung der Atemwege und der Ventilation zur kontinuierlichen Oxygenierung beinhalten die primären Ziele der Schockbehandlung eine möglichst genaue Identifizierung der Ursachen, so genau wie möglich deren Behandlung und die Unterstützung der Zirkulation. Im präklinischen Umfeld können äußere Blutungen normalerweise schnell erkannt werden und sind sofort kontrollierbar. Innere Blutungen können am Unfallort nicht endgültig behandelt werden. Deshalb ist hier das Ziel, den Kreislauf so gut wie möglich zu stabilisieren, den Patienten möglichst schnell in eine adäquate Klinik zu transportieren und so einer definitiven Versorgung zuzuführen.

Die präklinische Notfallversorgung setzt sich aus folgenden Punkten zusammen:

- Verbesserte Oxygenierung der roten Blutkörperchen durch:
 - angepasstes Atemwegsmanagement
 - Unterstützung der Atmung mittels Beutel und Maske und unter Verwendung einer hohen Konzentration zusätzlichen Sauerstoffs ($\text{FiO}_2 > 0,85$)
- Kontrolle von äußeren und inneren Blutungen in größtmöglichem Umfang. Jeder Erythrozyt zählt!
- Verbesserung der Zirkulation, damit die Erythrozyten die Gewebe effizienter versorgen, sowie Verbesserung von Oxygenierung und Energieproduktion auf zellulärer Ebene
- Erhalt der Körperwärme
- Erreichen der definitiven Versorgung so schnell wie möglich, um die Blutung kontrollieren und Erythrozyten, Plasma, Gerinnungsfaktoren und Blutplättchen ersetzen zu können.

Ohne geeignete Maßnahmen wird sich die Verfassung des Patienten zusehends verschlechtern, bis sie den einzigen stabilen Zustand erreicht – den Tod.

Bevor eine Entscheidung bezüglich der notwendigen Therapie bei einem Schockpatienten getroffen wird, sollten folgende vier Fragen gestellt werden:

1. Welche Schockursache liegt vor?
2. Welche definitive Behandlung ist für diesen Patienten erforderlich?
3. Wo erhält der Patient diese definitive Behandlung am besten?
4. Welche überbrückenden Schritte können präklinisch vorgenommen werden, um den Zustand des Patienten zu verbessern, während er einer endgültigen Versorgung zugeführt wird?

Obwohl die erste Frage schwierig zu beantworten ist, hilft die Identifizierung der Schockursache bei der Bestimmung sowohl der Zielklinik als auch der Maßnahmen, die während des Transportes nötig sind, um die Überlebenschance des Patienten zu verbessern.

5.5.1 Atemweg

Die Atemwege sollten bei allen Patienten als Erstes untersucht werden. Bei folgenden Zuständen (in der Reihenfolge der Wichtigkeit) benötigen Patienten ein sofortiges Atemwegsmanagement:

1. Patienten, die nicht atmen
2. Patienten, die eine offensichtliche Atemwegsobstruktion haben
3. Patienten mit einer Atemfrequenz größer als 20/min
4. Patienten mit lauten Atemgeräuschen.

Wie in > Kap. 4 beschrieben, sind erweiterte Techniken zur Sicherung der Atemwege und zur Aufrechterhaltung der Ventilation in der Prälklinik wichtig. Der First Responder sollte die Bedeutung der Basismaßnahmen der Atemwegssicherung aber nicht unterschätzen; vor allem, wenn der Weg ins Zielkrankenhaus sehr kurz ist.

5.5.2 Breathing

Sind die Atemwege gesichert, sollten Patienten im Schock oder solche mit dem Risiko, in diesen zu geraten (nahezu alle Traumapatienten), sobald wie möglich 100 % Sauerstoff (FiO_2 von 1,0) erhalten.

Falls der Patient nicht atmet oder die Atmung absolut insuffizient erscheint, sollte sofort mit einer assistierten Beatmung mittels eines Beatmungsbeutels begonnen werden. Für einen erwachsenen Patienten stellen 350–500 ml ein sinnvolles Tidalvolumen dar; eine Frequenz von 10/min gilt als optimal.

5.5.3 Circulation

Äußere Blutungen

Die Kontrolle offensichtlicher äußerer Blutungen erfolgt sofort nach der Sicherung der Atemwege sowie der Gabe von Sauer-

stoff und gegebenenfalls assistierter Beatmung. Falls die Blutung eindeutig lebensbedrohlich ist und ein initialer Überblick ergibt, dass der Patient atmet, können Maßnahmen zur Blutstillung Priorität erlangen. Frühes Erkennen und Behandeln äußerer Blutungen helfen, den Verlust von Blut und roten Blutkörperchen des Traumapatienten zu minimieren und somit eine bessere Perfusion und Versorgung der Zellen zu ermöglichen. Schon ein kleines Blutrinsal kann in einem substantiellen Blutverlust enden, falls dieses für eine längere Zeit ignoriert wird. Deshalb gilt bei einem polytraumatisierten Patienten: Keine Blutung ist klein und jeder Erythrozyt zählt, um die Versorgung der Gewebe zu gewährleisten.

Die Kontrolle von äußeren Blutungen im präklinischen Management umfasst:

- mit der Hand aufgebrachten direkten Druck
- Druckverband
- elastische Binde
- Luftkammerschiene
- Tourniquet – Extremitäten
- Hämostatika – Rumpf.

Die Blutstillung sollte schrittweise vorgenommen und bei Versagen einer initial durchgeföhrten Methode ausgeweitet werden.

Druck

Direkter Druck auf die blutende Stelle ist die initial anzuwendende Methode, um äußere Blutungen zu kontrollieren. Die Fähigkeit des Körpers, zu reagieren und die Blutung zu stoppen, ist abhängig von der Größe des verletzten Gefäßes, dem Blutdruck in diesem Gefäß, der Gerinnungssituation und der Fähigkeit des Gefäßes, sich zu verengen. Vor allem arterielle Gefäße, die völlig durchtrennt sind, ziehen sich zusammen und verengen sich komplett. Deshalb ist der Blutverlust nach einer vollständigen Amputation mit Durchtrennung der Gefäße oft kleiner als bei einer schweren Verletzung mit ausgedehnter Gewebszerstörung.

Direkter Druck auf die blutende Stelle erhöht den äußeren Druck und reduziert somit den transmuralen Druck. Dies hilft, die Blutung zu verlangsamen oder zu stoppen. Direkter Druck hat auch eine zweite, nicht weniger wichtige Funktion. Die Gefäße werden durch den Druck zusammengepresst, der Querschnitt nimmt ab und die Größe des Lecks wird verkleinert. Auch wenn die Blutung nicht vollständig gestoppt werden kann, wird sie möglicherweise so vermindert, dass das Gerinnungssystem ein noch vorhandenes Leck verschließen kann. Dies sind Gründe, warum bei äußeren Blutungen initial immer versucht werden soll, direkten Druck auf die Wunden auszuteilen.

Die Schritte im Management des Blutverlusts sind daher, 1. den äußeren Druck, der die Größe der Leckage im Blutgefäß verkleinert, zu erhöhen und so die Differenz zwischen dem internen und externen Druck zu verringern, was zum Nachlassen der Blutung führt, und 2. eine zurückhaltende Volumentherapie zu betreiben, um den intraluminale Druck nicht über Gebühr zu erhöhen.

Zwei zusätzliche Punkte bezüglich des direkten Drucks auf die Wunde sollten erwähnt werden. Erstens: Wenn die Blutung durch einen aufspießenden Fremdkörper verursacht wurde, sollte der Druck beidseitig des Fremdkörpers ausgeübt werden. Druck auf den Fremdkörper muss unbedingt vermieden werden. Auch sollte ein Fremdkörper nicht entfernt werden, weil möglicherweise ein Gefäß verletzt ist, das durch das Objekt selbst tamponiert wird. Das Entfernen eines Fremdkörpers könnte so in einer unkontrollierbaren Blutung enden. Zweitens: Ein Kompressionsverband mittels Kompressen und einem elastischen Verband kann angelegt werden, wenn die Hände für andere lebensnotwendige Handlungen gebraucht werden. Dieser Verband sollte direkt auf der Blutung platziert werden.

Tourniquets

In der Vergangenheit wurde betont, dass als Zwischenschritt blutende Extremitäten angehoben und Druck auf sogenannte Druckpunkte proximal der Wunde ausgeübt werden sollte. Es wurde keine Studie veröffentlicht, die zeigte, dass bei einer angehobenen Extremität die Blutung schwächer wird. Falls Frakturen vorhanden sind, werden womöglich geschlossene Frakturen in offene umgewandelt und die Blutung dadurch sogar noch verstärkt. Außerdem wurde der Nutzen des Drucks auf die Druckpunkte nie bewiesen. Deshalb können diese Interventionen ohne Datengrundlage für Situationen, in denen direkter Druck oder ein Kompressionsverband nicht zum Erfolg führen, nicht mehr empfohlen werden.

Wenn äußere Blutungen einer Extremität durch direkten Druck nicht gestoppt werden können, wird als nächster Schritt der Einsatz eines Tourniquets empfohlen ($>$ Abb. 5.6). Tourniquets waren aufgrund möglicher Komplikationen bisher verpönt. Nervenschäden, Verletzungen der Gefäße und ein potenzieller Verlust der Extremität seien Gefahren bei zu langer Anwendung des Tourniquets. Nichts von dem wurde nachgewiesen und tatsächlich haben die Daten aus den Kriegen im Irak und in Afghanistan gerade das Gegenteil gezeigt.^{5,6} Obwohl eine geringe Gefahr besteht, dass eine Extremität oder ein Teil davon geopfert werden muss, kann die Wahl zwischen der Lebensrettung des Patienten und der Rettung einer Gliedmaße nur zugunsten der Lebensrettung ausfallen. Daten aus Erfahrungen des Militärs zeigen, dass bei angemessen angewandten Tourniquets ungefähr 7 von 100 Todesopfern aus Kampfgeschehen hätten gerettet werden können.^{7,8} Die durch das Tourniquet erreichte Kontrolle einer Entblutung ist 80 % oder besser. Tourniquets werden seit Jahren von Chirurgen erfolgreich im Operationssaal angewendet, um den Blutverlust zu minimieren. Regelrecht angewandte Tourniquets sind nicht nur sicher, sondern retten auch Leben.⁹

Traditionell wurde eine Abbindung mittels einer Krawatte hergestellt, die in einer Breite von ca. 10 cm gefaltet und zweimal um die Extremität gewickelt wurde – die „Spanische Ankervinthe“. Die Krawatte wird geknotet und ein metallener oder hölzerner Knebel auf den Knoten gebracht, bevor ein zweiter



Abb. 5.6 Ein Fischer, dessen untere Extremitäten von einem Motorboot schwer verletzt wurden. Sein Leben wurde von Ersthelfern gerettet, die Tourniquets an beiden Oberschenkeln anbrachten.

Knoten gesetzt wird. Der Knebel wird nun so lange gedreht, bis die Blutung steht und der Knebel wird in der erreichten Position gesichert. Schmale Tourniquets sollten vermieden werden; breitere Exemplare sind effektiver in der Blutungskontrolle, und das bei geringerem Druck. Es besteht eine umgekehrte Proportionalität zwischen der Breite des Tourniquets und dem nötigen Druck der Anwendung, um den arteriellen Fluss zu stoppen. Ein sehr schmales Band ist gefährlicher in der Anwendung, weil mehr Gefäß- bzw. Nervenverletzungen auftreten. Alternativ kann sehr gut eine manuelle Blutdruckmanschette zum Einsatz gebracht werden, allerdings kann die Luft aus der Manschette entweichen und so die Effektivität mindern.

Wegen des Interesses des US-Militärs an effektiven und einfach zu bedienenden Tourniquets (speziell solche, die mit einer Hand bedient werden können, falls der andere Arm verletzt ist), wurden viele kommerzielle Tourniquets entwickelt und vermarktet. Eine Studie des Militärs folgerte, dass nur drei der Produkte eine 100-prozentige Effektivität in Bezug auf den distalen arteriellen Blutfluss zeigten: das C-A-T, das EMT und das SOFTT.¹⁰ Von diesen wird das Combat Application Tourniquet (C-A-T) empfohlen.

Anwendungsort

Ein Tourniquet sollte direkt proximal der blutenden Wunde platziert werden. Falls ein Tourniquet nicht den gewünschten Erfolg erzielt, sollte ein weiteres proximal des ersten angebracht werden. Einmal platziert, sollte das Tourniquet nicht zugedeckt werden, damit eine wieder einsetzende Blutung entdeckt werden kann.

Anwendungsspannung

Ein Tourniquet sollte so fest gespannt werden, dass der arterielle Zufluss blockiert und der distale Puls unterdrückt wird. Ein Gerät, das nur den venösen Rückfluss aus dem Gliedmaß unterbindet, wird den Blutverlust aus der Wunde in der Tat erhöhen. Zwischen dem Anwendungsdruck, der nötig ist, um die Blutung zu stoppen, und dem Durchmesser der Extremität

besteht eine direkt proportionale Beziehung. Daher muss ein Tourniquet im Durchschnitt für die Blutungskontrolle am Bein straffer angezogen werden als am Arm.

Zeitlimit

Blutsperren werden im Operationssaal sicher für 120–150 Minuten angewandt, ohne dass sich daraus signifikante Nerven- oder Muskelschäden ergeben. Sogar in ländlichen Gegenden sind die Transportzeiten vom Einsatzort bis zur Zielklinik wesentlich kürzer als dieser Zeitraum. Generell sollte das präklinisch angelegte Tourniquet daher nicht entfernt werden, bis der Patient die definitive Behandlung im nächsten geeigneten Krankenhaus erreicht. Die militärische Anwendung hat keine wesentliche Verschlechterung bei verlängerten Liegezeiten gezeigt.⁵

Wenn die Anwendung eines Tourniquets nötig ist, benötigt der Patient normalerweise eine Notoperation, damit die Blutung gestillt wird. Die ideale Zielklinik für diesen Patienten ist also diejenige, welche die Möglichkeit einer Notoperation bietet. Ein Tourniquet kann für einen wachen Patienten sehr schmerhaft sein, ein gutes Schmerzmanagement muss in Betracht gezogen werden, wenn der Patient keinen Schock III. oder IV. Grades aufweist (*> Kap. 7*). *> Kasten 5.2* zeigt ein einfaches Protokoll für die Tourniquet-Anwendung. Eine weitere Studie¹¹ des Militärs in Irak und Afghanistan ergab einen markanten Unterschied im Überleben, wenn das Tourniquet angelegt wurde, bevor der Patient im Schock dekomprimierte, im Vergleich zur Verwendung, wenn der Blutdruck schon gefallen war.

5.2 Protokoll einer Abbindung

1. Der Versuch, die Blutung mittels direktem Druck oder Druckverband zu stillen, muss fehlgeschlagen sein.
2. An der Extremität ist ein kommerziell hergestelltes Tourniquet oder eine Blutdruckmanschette proximal der blutenden Wunde anzulegen.
3. Das Tourniquet wird so lange angezogen, bis die Blutung steht, und anschließend in dieser Position fixiert.
4. Die Abbindungszeit wird auf einen Pflasterstreifen geschrieben und am Tourniquet befestigt.
5. Das Tourniquet sollte unbedeckt bleiben, sodass die Blutungsstelle bezüglich einer wieder eintretenden Blutung beobachtet werden kann.
6. Ein Schmerzmanagement sollte in Erwägung gezogen werden, außer bei Schockpatienten der Klasse III oder IV.
7. Der Patient sollte in eine entsprechende chirurgische Klinik transportiert werden.

Innere Blutungen

Innere Blutungen, die durch Frakturen verursacht wurden, müssen unbedingt erwogen werden. Eine grobe Behandlung der frakturierten Extremität kann nicht nur von einer geschlossenen zu einer offenen Fraktur führen, sondern auch eine innere Blutung signifikant verstärken. Es besteht die Gefahr zusätzlicher Verletzungen von Muskulatur, Gefäßen und Nerven. Alle

vermuteten Frakturen an Extremitäten sollten immobilisiert werden, um die Blutungsgefahr zu minimieren. Falls der Patient keine lebensbedrohlichen Verletzungen hat, sollten die Frakturen einzeln gesichtet werden. Wenn der Primary Survey lebensbedrohliche Verletzungen ergibt, sollte der Patient rasch auf einem Spineboard gelagert werden; dabei werden auch alle Extremitäten auf eine anatomisch korrekte Weise immobilisiert.

5.5.4 Disability

Es gibt keine eindeutig spezifische Intervention für Schockpatienten mit eingeschränktem Bewusstsein. Falls der Patient einen pathologischen neurologischen Status hat, ist dies das Resultat einer zerebralen Hypoxie und schlechter Perfusion. Eine Therapie zur Verbesserung der Perfusion wird auch die neurologische Situation verbessern. Um die Prognose eines Patienten nach einem Schädel-Hirn-Trauma besser einzuschätzen, wird die initiale Glasgow Coma Scale (GCS) typischerweise erst nach optimierter zerebraler Perfusion aufgenommen. Die Bestimmung des GCS-Scores eines Patienten im Schock würde die Prognose unnötig verschlechtern.

5.5.5 Expose/Environment

Die Körpertemperatur des Patienten im normalen Bereich zu halten, ist enorm wichtig. Eine Hypothermie resultiert aus kalter Umgebung und entsteht durch Abstrahlung, Ableitung und anderen physikalischen Gründen (> Kap. 9) sowie Energieverlust und anaerobem Stoffwechsel.¹²

Im präklinischen Umfeld ist es schwierig, einen hypothermen Patienten aufzuwärmen; deshalb sollte alles Mögliche unternommen werden, um den Patienten vor Auskühlung zu schützen. Die Körperkerntemperatur sinkt aufgrund verminderter Energieproduktion und des Verlusts von Wärme an die Umgebung. Nachdem der Patient ausgezogen und untersucht wurde, muss er anschließend vor weiterer Auskühlung geschützt werden. Alle nassen und blutgeränkten Kleidungsstücke sollten entfernt werden, weil nasse Kleidung den Wärmeverlust verstärkt. Der Patient wird danach mit warmen Tüchern zugedeckt; als Alternative kann man ihn auch in Plastikdecken einhüllen. Sie sind billig, leicht zu lagern, Einmalartikel und effektive Mittel der Wärmeerhaltung. Falls vorhanden, hilft warmer, angefeuchteter Sauerstoff, insbesondere bei intubierten Patienten, die Körpertemperatur aufrechtzuerhalten.

5.5.6 Patiententransport

Die effektive Behandlung eines Patienten im Schock benötigt einen Chirurgen, einen Operationssaal und Blut. Weil all dies in der Präklinik nicht zur Verfügung steht, ist ein rascher Transport in eine adäquate Klinik, die in der Lage ist, das Management der Verletzungen zu übernehmen, extrem wichtig.

Ein schneller Transport bedeutet nicht, wichtige Behandlungsschritte zu missachten oder zu vernachlässigen (das althergebrachte „scoop and run“). Ziel ist, dass der First Responder schnell die wichtigsten, potenziell lebensrettenden Maßnahmen einleitet, wie Atemwegsmanagement, Beatmung und Kontrolle der Blutungen. Es sollte keine Zeit mit unangemessener Beurteilung oder unnötigen Manövern zur Immobilisation vergeudet werden. Während des Transports eines kritisch verletzten Patienten ins Zielkrankenhaus können viele Schritte wie das Aufwärmen des Patienten und sogar der Secondary Survey durchgeführt werden.

Patientenlagerung

Normalerweise werden Patienten im Schockzustand in flacher, liegender Position transportiert, immobilisiert auf einem langen Spineboard. Spezielle Lagerungen wie Trendelenburg (Schräglage mit Füßen höher als der Kopf) oder die „Schocklagerung“ (Kopf und Torso flach, Beine erhöht), obwohl seit 150 Jahren angewandt, konnten nicht als effektiv begründet werden. Die Trendelenburg-Lagerung verschlimmert eine schon eingeschränkte Atmung durch das Gewicht des Abdomens, das auf das Zwerchfell drückt. Dabei kann bei Patienten mit SHT auch der Hirndruck steigen.

5.5.7 Längerer Transport

Während eines längeren Transports ist es wichtig, dass die Perfusion der lebenswichtigen Organe aufrechterhalten wird. Das Atemwegsmanagement sollte vor einem längeren Transport optimiert werden, bei jedweden Zweifeln bezüglich der Durchgängigkeit der Atemwege ist eine endotracheale Intubation anzustreben. Die Atmung sollte so weit unterstützt werden, dass der Patient mit suffizientem Tidalvolumen und Atemfrequenz ventiliert wird, ohne ihn mit einer dürfigen Durchblutung zu kompromittieren. Die Sauerstoffsättigung sollte mittels Pulsoxymetrie ständig überwacht werden. Die Kapnografie hilft bei der Beurteilung der Kreislaufsituation und bei der Lagekontrolle des Tubus. Ein markanter Abfall des etCO₂ weist auf eine Tubusdislokation oder eine schwere Perfusionsstörung hin. Bei Verdacht auf einen Spannungspneumothorax muss dieser entlastet oder wenigstens das Material bereitgelegt werden, um sofort einzugreifen, falls der Patient hypoton wird.

Direkter Druck auf eine blutende äußere Wunde ist während eines längeren Transports nicht praktikabel. Deshalb sollten diese Verletzungen mit einem Druckverband kontrolliert werden. Falls ein Verband nicht möglich ist, muss ein Tourniquet in Erwägung gezogen werden. Falls der Transport länger als vier Stunden dauert, muss versucht werden, das Tourniquet nach aggressiver lokaler Blutstillung zu entfernen. Dazu wird der Druckverband langsam gelöst und dabei der Verband auf Zeichen einer Blutung beobachtet. Wenn keine erneute Blutung auftritt, kann das Tourniquet vollständig gelöst werden,

verbleibt jedoch für den Fall einer wiederkehrenden Blutung an Ort und Stelle. Auf einen Versuch, das Tourniquet zu entfernen, sollte in folgenden Situationen verzichtet werden: 1. bei einem Klasse-III- oder -IV-Schock, 2. bei einer kompletten Amputation, 3. falls nicht kontrolliert werden kann, ob die Wunde danach wieder blutet, 4. falls das Tourniquet schon länger als sechs Stunden angelegt wurde. Innere Blutungen sollten mit einer Schienung der Frakturen oder einem Beckengurt bei intraabdomineller oder retroperitonealer Blutung begrenzt werden.

Wichtig ist bei einem längeren Transport, dass die Körpertemperatur des Patienten nicht abfällt. Zusätzlich zum geheizten Fahrzeug sollte der Patient mit Decken oder Wärmefolien zugedeckt werden, um die Körperwärme zu erhalten. Große Plastiksäcke können provisorisch helfen, den Patienten vor weiterer Auskühlung zu schützen.

Zusammenfassung

- Der Schock verursacht den Zustand einer generalisierten Minderperfusion, ergibt eine zelluläre Hypoxie, einen anaeroben Stoffwechsel, den Verlust an Energie, eine Laktazidose, eine Hypothermie und führt unbehandelt zum Tod.
- Beim Traumapatienten ist der Blutverlust die häufigste Ursache für einen Schockzustand.
- Die Versorgung des Patienten im Schock oder auf dem Weg dorthin beginnt mit einer angemessenen und kompletten Beurteilung des Patienten, angefangen mit dem Hergang des Ereignisses und einer schnellen visuellen Untersuchung bzgl. offensichtlicher Zeichen des Schocks oder eines Blutverlustes.

- Das primäre Ziel der Therapie ist es, die Blutungsquelle zu erkennen und – wenn möglich – entsprechend zu versorgen. Im präklinischen Setting ist dies bei einer äußeren Blutung am effektivsten. Innere Blutungen können nur in der klinischen Umgebung endgültig behandelt werden, weshalb der rasche Transport in eine geeignete Klinik essenziell ist.
- Eine äußere Blutung sollte mit direktem Druck, gefolgt von der Anwendung eines Druckverbandes, kontrolliert werden. Falls dies ineffektiv ist, kann ein Tourniquet proximal der Blutungsstelle angelegt werden. Am Rumpf kann ein hämostatisches Mittel angewendet werden.

Lösung Fallbeispiel

Basierend auf den Unfallmechanismen, sollten Sie den dringenden Verdacht auf thorakale und abdominale Verletzungen haben, die bei dem männlichen Patient zu einem hämorrhagischen Schock und bei der weiblichen Patientin zu einem erheblichen Blutverlust aus dem Bein führen können. Bei diesen Patienten ist keine HWS-Immobilisation notwendig. Mit manuellem Druck bringen Sie einen Verband auf das blutende Bein der Patientin und antizipieren die Verwendung eines Tourniquets, falls die Blutung nicht zu stillen ist. Ein halbverschließender Verband wird auf die Blasen produzierenden Wunden der männlichen Brust platziert und ein mit Kochsalzlösung getränkter Verband über den ausgetretenen Darm gelegt. Beide Patienten sollten in das

Rettungsmittel verbracht und so schnell wie möglich in das Traumazentrum transportiert werden. Nachdem die Atemwege abgesaugt wurden, sollten, entsprechend dem Bewusstseinsstatus, die üblichen Geräte zur Atemwegssicherung eingesetzt und mit einer hohen Sauerstoffkonzentration angeflutet werden.

Der Hauptfokus des Managements ist die schnelle Rettung und der schnelle Transport zu dem Traumazentrum, in dem eine endgültige Kontrolle der Blutung stattfindet. Dies wird ein Fortschreiten durch die verschiedenen Phasen des Schocks bis hin zum Tod oder Komplikationen der Hypoperfusion, wie Nierenversagen, Atemversagen und Multorganversagen, verhindern.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Gross SD: A system of surgery: pathological, diagnostic, therapeutic, and operative, Philadelphia, 1859, Blanchard and Lea.
2. Thal AP: Shock: a physiologic basis for treatment, Chicago, 1971, Yearbook Medical Publishers.
3. Marshall JC, Cook DJ, Christou NV, et al.: The multiple organ dysfunction score: a reliable descriptor of a complex clinical syndrome, Crit Care Med 23:1638, 1995.
4. McManus J, Yershov AL, Ludwig D, et al.: Radial pulse character relationship to systolic blood pressure and trauma outcomes, Prehosp Emerg Care 9:423, 2005.
5. Beeckley AC, Sebesta JA, Blackbourne LH et al.: Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes members of the 31st Combat Support Hospital Research Group, The Journal of Trauma 64(2):S28-S37, Februar 2008
6. Kragh JF Jr, Walters TJ: Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma Baer, et al.: The Journal of Trauma 64(2):S38-S50, February 2008.
7. Bellamy RF: The causes of death in conventional land warfare: implications for combat casualty care research, Mil Med 149:55, 1984.
8. Mabry RL, Holcomb JB, Baker AM, et al.: United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield, J Trauma 49:515, 2000.
9. Walters TJ, Mabry RL: Use of tourniquets on the battlefield: a consensus panel report, Mil Med 170:770, 2005.
10. Walters TL, Wenke JC, Kauvar DS, et al.: Laboratory evaluation of battlefield tourniquets in human volunteers, US Army Institute of Surgical Research (unpublished).
11. Kragh JF Jr, Littrel ML, Jones JA, et al. [Epub ahead of print] Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop limb bleeding, J Emerg Med 28.8.2009.
12. Gentilello LM: Advances in the management of hypothermia, Surg Clin North Am 75:2, 1995.

KAPITEL

6 Schädel-Hirn-Trauma und Wirbelsäulenverletzungen

| | | | | | |
|------------|----------------------------|-----|------------|---------------------------------|-----|
| 6.1 | Schädel-Hirn-Trauma | 134 | 6.2 | Wirbelsäulenverletzungen | 151 |
| 6.1.1 | Anatomie | 134 | 6.2.1 | Anatomie und Physiologie | 152 |
| 6.1.2 | Physiologie | 136 | 6.2.2 | Pathophysiologie | 157 |
| 6.1.3 | Pathophysiologie | 138 | 6.2.3 | Beurteilung | 158 |
| 6.1.4 | Beurteilung | 141 | 6.2.4 | Management | 162 |
| 6.1.5 | Spezifische Verletzungen | 143 | 6.2.5 | Besondere Kenntnisse | 169 |
| 6.1.6 | Management | 149 | | | |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die Kinematik eines Traumas mit der Wahrscheinlichkeit eines Schädel-Hirn-Traumas in Verbindung zu bringen,
- pathophysiologische Anzeichen zu erkennen und wissenschaftliche Hintergründe in die Behandlung des Schädel-Hirn-Traumas einfließen zu lassen,
- einen Plan zur Vorgehensweise bei kurzen und langen Transportzeiten für Schädel-Hirn-Trauma-Patienten zu formulieren,
- die Pathophysiologie, die Vorgehensweise und potenzielle Konsequenzen bei spezifischen Formen des primären Schädel-Hirn-Traumas und sekundären Schädigungen zu vergleichen und gegenüberzustellen,
- Kriterien im Hinblick auf die Art des Transportes, das Ausmaß der präklinischen Versorgung und die Anforderungen an die aufnehmende Klinik für eine angemessene Behandlung des Schädel-Hirn-Trauma-Patienten zu kennen und für die Patientenversorgung zu nutzen,

- die Bedeutung von Hyperventilation für den Schädel-Hirn-Trauma-Patienten zu verstehen,
- die Epidemiologie spinaler Traumata zu beschreiben,
- die häufigsten Mechanismen, die bei Erwachsenen und bei Kindern zu spinalen Traumata führen, miteinander zu vergleichen,
- Patienten, die eine Rückenmarksverletzung haben können, zu erkennen,
- die Symptome spinaler Traumata und des neurogenen Schocks mit der dazugehörigen Pathophysiologie in Beziehung zu setzen,
- einen Behandlungsplan für Patienten mit offensichtlichem脊椎创伤 oder Verdachtsmomenten zu entwickeln, der anatomische und pathophysiologische Prinzipien einbezieht,
- die Indikationen für eine Immobilisierung der Wirbelsäule zu nennen,
- Faktoren zu diskutieren, welche unter Berücksichtigung der Befunde und Maßnahmen die Morbidität und Mortalität von Patienten mit spinalen Trauma beeinflussen.

Fallbeispiel 1

Sie und Ihr Partner werden in einen Durchgang geschickt, in dem ein etwa 30-jähriger Mann bewusstlos und mit einer blutenden Kopfverletzung aufgefunden wurde. Die Umstehenden geben an, der Patient sei von einem Mann angegriffen worden, der ihn mit einer Holzlatte attackiert habe und dann davongelaufen sei. Die Zeugen berichten, dass der Patient für ca. 5 Minuten bewusstlos gewesen, jetzt aber aufgewacht sei. Die Unfallstelle ist abgesichert. Bei der Erstversorgung zeigt sich, dass der Patient einen freien Atemweg hat und normal atmet. Eine 8 cm lange Platzwunde an der rechten Seite seines Kopfes blutet stark, ist aber bereits mit

Druck durch einen Druckverband versorgt. Sein Puls liegt bei 116 Schlägen pro Minute und seine Haut ist warm, rosig und gut durchblutet. Er öffnet seine Augen spontan und befolgt Kommandos, er kann sich jedoch nicht an den Grund für den Angriff erinnern. Bei dem Versuch, Ihre Fragen zu beantworten, macht er einen verwirrten Eindruck (GCS 14). Sie verabreichen dem Patienten Sauerstoff über eine Maske mit Reservoir. Während der spinalen Immobilisation gibt der Patient nur noch unverständliche Worte von sich, er öffnet die Augen und bewegt seine Extremitäten nur noch auf Schmerzreize (GCS 9).

Wie sollten Sie Ihre Versorgung, bedingt durch den Wechsel der Bewusstseinslage des Patienten, anpassen? Welche Verletzung liegt den aktuellen Symptomen am wahrscheinlichsten zugrunde? Wo liegen Ihre Prioritäten

zu diesem Zeitpunkt? Was müssen Sie unternehmen, um den erhöhten intrakraniellen Druck zu bekämpfen und die zerebrale Durchblutung während eines verlängerten Transportes zu gewährleisten?

6.1 Schädel-Hirn-Trauma

Ungefähr 1,4 Millionen Notaufnahmepatienten mit Kopfverletzungen gibt es pro Jahr in den USA.¹ Obwohl 80 % dieser Patienten unter die Kategorie der nur leicht Verletzten fallen, werden ca. 235.000 Patienten jährlich stationär behandelt und ca. 50.000 Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT) versterben in den USA infolge ihrer Verletzung.¹ Das SHT trägt signifikant zum Tod der Hälfte aller Traumaopfer bei. Mäßige bis schwere Gehirnverletzungen werden jährlich bei ungefähr 100.000 Traumapatienten festgestellt. Die Mortalität des mäßigen und schweren Schädel-Hirn-Traumas liegt bei 10 % bzw. 30 %. Von denen, die eine mäßige bis schwere Gehirnverletzungen überleben, behalten zwischen 50 und 99 % irgendeinen Grad von permanenter neurologischer Behinderung (Zahlen aus den USA).

Autounfälle (VUs) sind die häufigste Ursache von SHT in der Gruppe der über 5- und unter 65-Jährigen, in der Gruppe der unter 5-Jährigen und über 65-Jährigen bilden Stürze die häufigste Ursache. Der Kopf ist der am häufigsten verletzte Teil des Körpers bei Patienten mit Polytrauma. Die Vorfälle von Kopfschusswunden (Angaben beziehen sich auf die USA) sind in den letzten Jahren, besonders in städtischen Gegenden, stark angestiegen; bis zu 60 % dieser Opfer sterben an ihrer Verletzung.

Patienten mit SHT stellen in der Behandlung des Traumapatienten eine große Herausforderung dar. Vergiftungen durch Drogen oder Alkohol, aber auch das Bestehen eines Schocks durch andere Verletzungen können die Beurteilung erschweren. Schwere intrakranielle Verletzungen können überdies bei nur geringen äußeren Zeichen eines externen Traumas vorliegen.

Der Schwerpunkt in der präklinischen Versorgung liegt auf der Sicherstellung von permanentem Sauerstoff- und Nährstoffzufluss zum Gehirn und dem schnellen Erkennen des durch Einklemmung oder erhöhten intrakraniellen Druck gefährdeten Patienten. Diese Vorgehensweise kann die Mortalität und die Häufigkeit von neurologischen Defiziten nach SHT senken.

6.1.1 Anatomie

Kenntnisse über die Kopf- und Gehirnanatomie sind die Voraussetzung für das Verständnis der Pathophysiologie des Schädel-Hirn-Traumas. Die Kopfhaut ist die äußerste Schicht, die den Kopf bedeckt und einen gewissen Schutz für Schädel und Gehirn bietet. Sie ist aus mehreren Schichten aufgebaut; dazu gehören die Haut, das Bindegewebe, die Galea aponeurotica

und die Knochenhaut des Schädels. Die Galea ist wichtig, weil sie die strukturelle Unterstützung für die Kopfhaut bildet und so den Schlüssel zu ihrer Funktionsfähigkeit darstellt. Die Kopfhaut und das weiche Bindegewebe, die das Gesicht abdecken, sind sehr stark vaskularisiert.

Der Schädel, oder auch das Kranium, besteht aus einer Anzahl von Knochen (> Abb. 6.1 a), die sich während der Kindheit zu einer einzigen Struktur zusammenfügen. Einige kleine Öffnungen (**Foramina**) in der Basis des Schädels dienen als Zugang für Blutgefäße und Hirnnerven. Eine große Öffnung, das Foramen magnum, liegt auf der kaudalen Seite des Schädels und bietet den Platz für den Übergang vom Stammhirn zum Rückenmark (> Abb. 6.1 b). In der frühen Kindheit werden zwischen den Knochen die sogenannten Fontanellen („soft Spots“) gefunden. Das Kleinkind hat keinen knöchernen Schutz über diesen Gehirnteilen, bis sich die Knochen vereinigt haben. Dieser Vorgang ist üblicherweise bis zu einem Alter von zwei Jahren abgeschlossen.

Obwohl die meisten der Knochen, die das Kranium formen, dick und stark sind, ist der Schädel im Schläfen- und Siebbeinbereich, der leichter bricht, besonders dünn. Das Kranium stellt einen signifikanten Schutz für das Gehirn dar, aber die innere Oberfläche der Schädelbasis ist rau und unregelmäßig. Wird das Gehirn einem starken Kraftakt ausgesetzt, kann es an diesen Unebenheiten entlanggleiten, wodurch zerebrale Prelungen oder Risswunden verursacht werden können.

Drei separate Membranen, die **Meningen (Hirnhäute)**, bedecken das Gehirn (> Abb. 6.2). Die äußerste Schicht, die **Dura mater**, setzt sich aus starkem faserigem Gewebe zusammen und liegt der inneren Seite des Schädels an. Unter normalen Umständen existiert der Raum zwischen der Dura mater und der Innenseite des Schädels nicht; der **Epiduralraum** ist lediglich ein potenzieller Raum. Die Dura liegt dem Schädel fest an. Die mittleren Hirnhautarterien verlaufen in Rillen an der Innenseite der Schläfenknochen außerhalb der Dura mater. Ein Schlag auf diesen dünnen Schläfenknochen kann eine Fraktur nach sich ziehen und die mittlere Hirnhautarterie zerreißen, die häufigste Ursache für ein Epiduralhämatom.

Anders als der Epiduralraum, der einen potenziellen Raum darstellt, ist der Subduralraum ein tatsächlicher Zwischenraum zwischen der Dura und dem Gehirn. Dieser Zwischenraum wird von Venen durchzogen, die eine vaskuläre Kommunikation zwischen Gehirn und Schädel ermöglichen. Ein traumatischer Einriss dieser Venen ruft ein Subduralhämatom hervor, das, anders als ein Epiduralhämatom, venös und von geringerem Druck ist, aber oft mit einer Gehirnverletzung einhergeht. Die Verletzung der Brückenvenen ist verantwortlich für die Morbidität der Subduralhämatome.

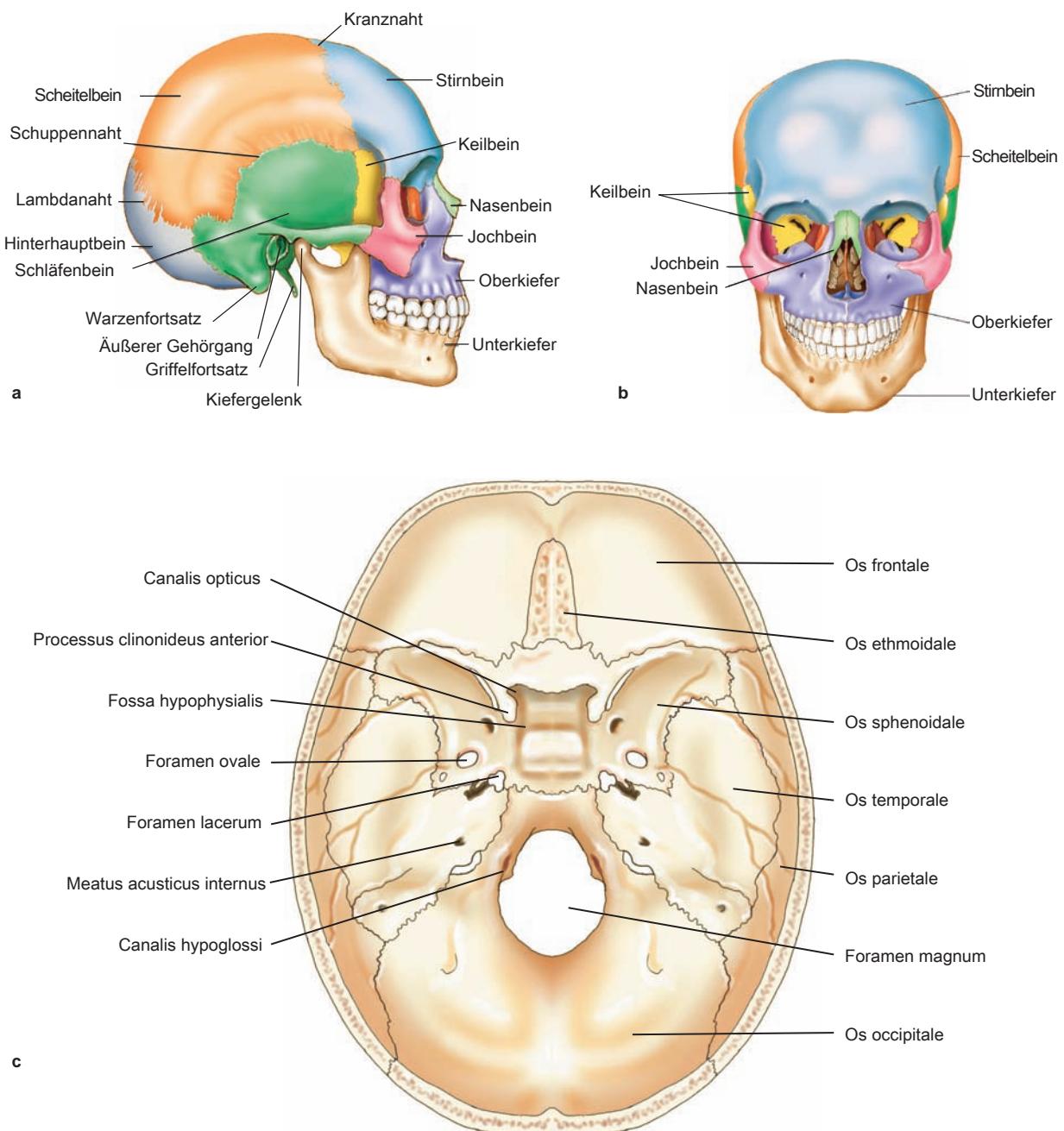


Abb. 6.1 Der Schädel von der rechten Seite (a) und von vorne (b) (Aus: Sanders MJ: *Mosby's paramedic textbook*, 2. Aufl., St. Louis, 2001, Mosby), c: Schädelbasis, Ansicht von innen

Auf der anderen Seite des Subduralraums liegt das Gehirn, das eng von zwei zusätzlichen Hirnhäuten bedeckt wird, der Spinnengewebshaut (Arachnoidea) und der weichen Hirnhaut (Pia mater). Die **Pia mater** legt sich eng an das Gehirn an und bildet die letzte Gehirnhülle. Auf der Pia verlaufen die zerebralen Blutgefäße, die an der Basis des Gehirns austreten und dann seine Oberfläche bedecken. Über diesen Blutgefäßen liegt die **Arachnoidea**, welche das Gehirn und seine Blutgefäße lose abdeckt und es wie mit Zellophan eingehüllt aussehen lässt, wenn man das Ganze vom Subduralraum aus betrachtet. Bevor

Zellophan existierte, dachte man, dass diese Hülle einem Spinnennetz gleicht, deshalb der Name „Arachnoidea“. Weil die zerebralen Blutgefäße auf der Oberfläche des Gehirns, aber unterhalb der Arachnoidea verlaufen, resultiert aus ihrem Riss (normalerweise durch ein Trauma oder Ruptur eines Aneurysmas) eine Blutung in den subarachnoidalnen Zwischenraum und verursacht eine Subarachnoidalblutung. Dieses Blut tritt normalerweise nicht in den Subduralraum ein, sondern wird unter der Arachnoidea gehalten; es kann in der Chirurgie als dünner Blutfilm unterhalb dieser durchscheinenden Membran

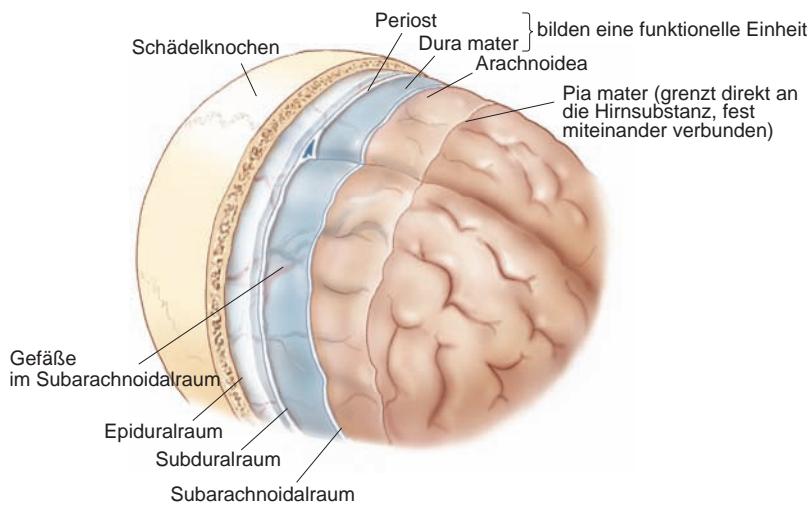


Abb. 6.2 Meningen, Hirnhäute

auf der Oberfläche des Gehirns gesehen werden. Anders als bei den epiduralen und subduralen Hämatomen entsteht durch das subarachnoidale Blut normalerweise kein raumfordernder Effekt, es kann aber symptomatisch bei anderen ernstzunehmenden Gehirnverletzungen sein.

Das Gehirn wird von zerebrospinaler Flüssigkeit umgeben, dem Liquor, der im ventrikulären System des Gehirns produziert wird und auch das Rückenmark umgibt. Liquor hilft, das Gehirn zu polstern, und findet sich ebenfalls im Subarachnoidalraum.

Das Gehirn füllt ungefähr 80 % des Schädelinneren aus und wird in drei Hauptanteile unterteilt: in das Großhirn (Zerebrum), das Kleinhirn (Zerebellum) und den Hirnstamm (**> Kasten 6.1**). Das **Großhirn** besteht aus linker und rechter Hemisphäre, die in verschiedene Lappen (Loben) unterteilt werden. Im Großhirn sind die sensorischen, motorischen und die höheren intellektuellen Funktionen, wie Intelligenz und Erinnerung, untergebracht. Das **Kleinhirn** liegt in der Hinterhauptsgrube, hinter dem Hirnstamm und unterhalb des Großhirns, und steuert die Bewegungen. Der **Hirnstamm** enthält die **Medulla oblongata**, die Übergangszone vom Rückenmark zum Gehirn, ein Gebiet, das viele vitale Funktionen kontrolliert, inklusive Atmung und Herzfrequenz. Ein Großteil des retikulären Aktivierungssystems (RAS), dem Anteil des Gehirns, der für Erregung und Wachsamkeit verantwortlich ist, findet sich ebenfalls im Hirnstamm. Ein offenes Trauma kann das RAS beeinträchtigen und führt zu einem vorübergehenden Verlust des Bewusstseins. Das Tentorium cerebelli (Kleinhirnzelt), ein Teil der Dura mater, liegt zwischen dem Großhirn und dem Kleinhirn und enthält eine Öffnung, die Incisura tentorii, auf Höhe des Mittelhirns.

Die zwölf Hirnnerven entspringen dem Gehirn und dem Hirnstamm (**> Abb. 6.4**). Der Nervus oculomotorius (Hirnnerv III) kontrolliert die Pupillenverengung und stellt ein wichtiges Instrument für die Beurteilung eines Patienten mit einer vermuteten Gehirnverletzung dar.

6.1 Das Gehirn (**> Abb. 6.3**)

Großhirn

Das Großhirn besteht aus der rechten und der linken Hemisphäre. Die dominante Hemisphäre ist diejenige, die das Sprachzentrum beherbergt. Dies ist bei nahezu allen Rechtshändern und bei 85 % der Linkshänder die linke Hemisphäre. Das Großhirn setzt sich aus folgenden Hirnlappen zusammen:

- **Frontallappen** Beherbergt das emotionale Zentrum, die Motorik und das Sprachzentrum auf der dominanten Seite
- **Parietallappen** Beherbergt Sensorik und die räumliche Körperorientierung/Körperempfinden
- **Temporallappen** Steuert bestimmte Erinnerungsfunktionen, das Zentrum für Spracherkennung und -verarbeitung bei Rechtshändern und der Mehrzahl der Linkshänder
- **Okzipitallappen** Beherbergt das Sehzentrum.

Hirnstamm

- **Pons** Beherbergt das retikulo-aktivierende System (RAS), verantwortlich für Wachheit und Aufmerksamkeit
- **Medulla** Beherbergt das Zentrum für Atmung, und Herzkreislauffunktionen.

Kleinhirn

Kontrolliert Koordination und Gleichgewicht.

6.1.2 Physiologie

Zerebraler Blutfluss

Es ist entscheidend, dass den Gehirnzellen ein konstanter Blutzufuss zur Verfügung steht, um die Versorgung mit Sauerstoff und Glukose zu gewährleisten. Dieser konstante zerebrale Blutzufuss wird sichergestellt durch 1. einen ausreichenden Druck (zerebraler Perfusionsdruck), um Blut in den Kopf zu pressen, und 2. einen Regulierungsmechanismus (Autoregulation), der einen konstanten Blutzufuss durch Änderung des Widerstandes der Blutgefäße sicherstellt, wenn sich der Perfusionsdruck verändert.

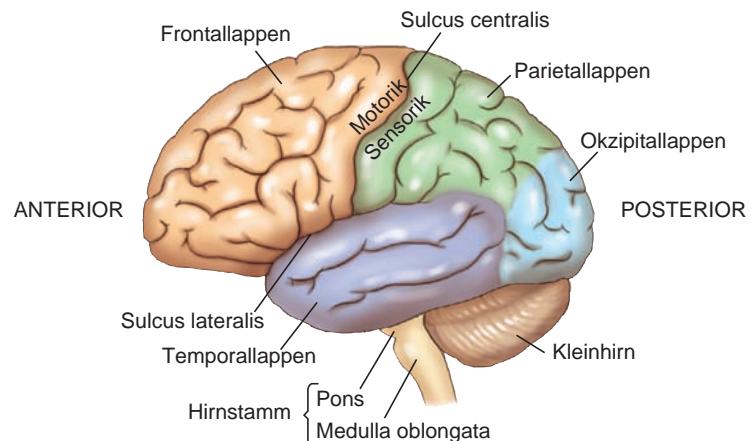


Abb. 6.3 Das Gehirn

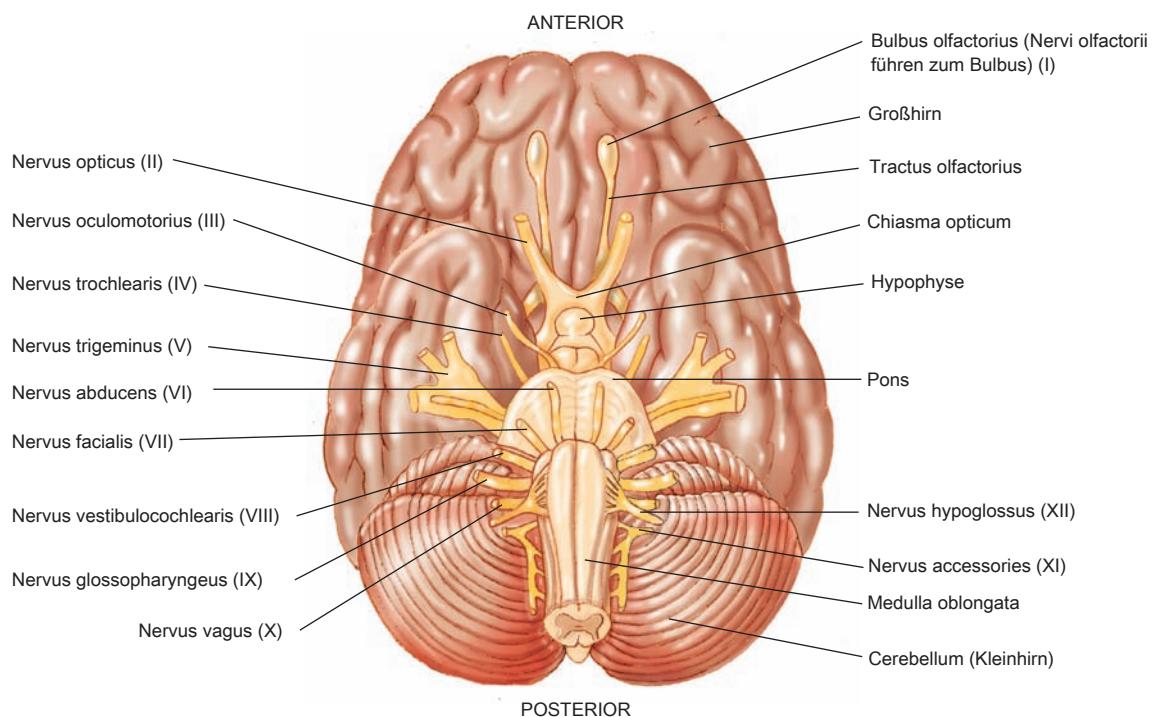


Abb. 6.4 Basalansicht des Gehirns mit den abgehenden Hirnnerven

Zerebraler Perfusionsdruck

Der zerebrale Perfusionsdruck ist die Menge an Druck, die benötigt wird, um die zerebrale Zirkulation und somit den Blutfluss aufrechtzuerhalten und Sauerstoff sowie Glukose zur Energiegewinnung an die Zellen des Gehirns zu liefern. Dieser steht in direkter Verbindung zum Druck im Inneren der Schädelkalotte, also dem intrakraniellen Druck (ICP). Da der Raum im Inneren des Schädels begrenzt und nicht flexibel ist, wird alles, was zusätzlichen Raum benötigt, den intrakranialen Druck erhöhen. Je höher der ICP steigt, desto mehr Druck wird benötigt, um den Blutfluss im Gehirn aufrechtzuerhalten. Wenn der Blutdruck des Patienten nicht mit der Erhöhung des ICP mit-

halten kann oder wenn eine ICP-senkende Behandlung nicht rasch eingeleitet wird, sinkt die Menge an Blut, die durch das Gehirn fließt. Dies führt zu einem ischämischen Hirnschäden.

Die Autoregulation des CBF

Den wichtigsten Einfluss auf das Gehirn hat nicht der CPP selbst, sondern vielmehr der zerebrale Blutfluss (CBF). Das Gehirn arbeitet sehr hart dafür, den CBF auch bei stark variierenden Bedingungen stets konstant zu halten. Diese Fähigkeit wird als die zerebrale Autoregulation bezeichnet. Die Autoregulation ist entscheidend für eine normale Funktion des Gehirns.

6.1.3 Pathophysiologie

Das Schädel-Hirn-Trauma kann in zwei Kategorien geteilt werden: primäre und sekundäre Gehirnverletzung.

Primäre Gehirnschädigung

Eine primäre Gehirnverletzung ist ein direktes Gehirntrauma mit den dazugehörigen Gefäßverletzungen, die zum Zeitpunkt des ursächlichen Traumas auftreten. Sie beinhaltet Risswunden, Kontusionen und Blutungen sowie andere direkte mechanische Verletzungen des Gehirns, seiner Gefäße und Hämatoame. Da sich Nervengewebe nur schlecht regeneriert, ist die Wahrscheinlichkeit für eine Erholung oder Wiederherstellung der Strukturen und ihrer durch das Trauma verlorenen Funktionen sehr gering.

Sekundäre Gehirnschädigung

Die sekundäre Gehirnverletzung entsteht durch die fortlaufenden Prozesse, die durch das primäre Trauma in Gang gesetzt wurden. Mit dem primären Trauma werden pathophysiologische Prozesse eingeleitet, die das Gehirn noch über Stunden, Tage und Wochen schädigen. Das erste Ziel in der Behandlung des SHT ist es, diese sekundären Verletzungsmechanismen zu identifizieren, zu limitieren oder zu stoppen.

Große Studien in den späten 1980er-Jahren demonstrierten, dass nicht erkannte und nicht behandelte Hypoxie und Hypotonie genauso schädigend für das verletzte Gehirn sind wie ein erhöhter ICP. Nachfolgende Beobachtungen haben gezeigt, dass eine verminderte Zufuhr von Sauerstoff oder energieliefernden Substraten (z.B. Glukose) auf ein verletztes Gehirn viel schlimmere Auswirkungen hat als auf ein gesundes Gehirn. Zusätzlich zum intrakraniellen Hämatom sind demnach zwei weitere Faktoren für die Entstehung der sekundären Gehirnschädigung verantwortlich: Hypoxie und Hypotonie.²⁻⁶

Sekundäre Verletzungsmechanismen beinhalten das Folgende:

1. Raumforderungen (Masseneffekte), der darauf folgende erhöhte ICP und die mechanische Verlagerung des Gehirns können zur Einklemmung (Herniation) mit signifikant erhöhter Morbidität und Mortalität führen, wenn sie nicht behandelt werden.
2. Hypoxie, die sich aus unzureichendem Sauerstofftransport zum geschädigten Gehirn ergibt, wird durch Versagen der Lungenbelüftung (Ventilation), des Kreislaufs oder die Raumforderung an sich hervorgerufen.
3. Hypotonie und unzureichender CBF können eine unzureichende Sauerstoffversorgung des Gehirns verursachen. Ein niedriger CBF reduziert ebenfalls die Versorgung mit Substraten (z.B. Glukose) des verletzten Gehirns.

4. Zelluläre Mechanismen, wie „Energieausfall“, Entzündungen und „Suizid“-Kaskaden, können im zellulären Bereich ausgelöst und zum Zelltod, der Apoptose, führen.

Intrakranielle Ursachen

Masseneffekte und Einklemmung

Die sekundären Verletzungsmechanismen, die mit Masseneffekten in Verbindung stehen, werden am häufigsten erkannt. Diese Mechanismen sind das Ergebnis von komplexen Interaktionen, beschrieben im Monro-Kellie-Lehrsatz. Sobald sich die Fontanellen geschlossen haben, liegt das Gehirn in einem geschlossenen Raum, der in seiner Größe fest begrenzt ist. Der gesamte Raum innerhalb des Schädels wird von Gehirn, Blut und Liquor ausgefüllt. Wenn eine andere Masse, z.B. ein Hämatom, zerebrale Schwellung oder ein Tumor, Raum in der Schädelhöhle besetzt, wird eine der anderen Strukturen hinausgedrängt (> Abb. 6.5).

Als Reaktion auf die Ausweitung der zusätzlichen Masse wird zuerst die Liquormenge reduziert, die das Gehirn umgibt. Der Liquor zirkuliert normalerweise innerhalb und um das Gehirn, den Hirnstamm und das Rückenmark; mit der Ausbreitung einer Raumforderung jedoch wird Liquor aus der Schädelhöhle verdrängt und die Gesamtmenge des Liquors im Schädel sinkt. Das Blutvolumen in der Schädelhöhle wird durch einen ähnlichen Vorgang reduziert – parallel zum Liquor sinkt der Anteil des venösen Blutes.

Durch die Reduktion von Liquor- und Blutvolumen steigt der intrakranielle Druck in der frühen Phase der Ausbreitung einer zusätzlichen intrakraniellen Masse nicht an. In dieser Phase können die Patienten, wenn kein weiterer pathologischer Prozess vorliegt, asymptomatisch erscheinen. Sobald jedoch die Möglichkeit zur Kompensation erschöpft ist, beginnt der ICP schnell zu steigen und führt zur Verlagerung des Gehirns und den verschiedenen Einklemmungszeichen. Durch die Verlagerung können vitale Zentren komprimiert und die arterielle Blutversorgung des Gehirns beeinträchtigt werden.

Wenn die sich ausbreitende Masse seitlich lokalisiert ist, wie typischerweise bei einer Epiduralblutung am Temporallappen, wird der Temporallappen der betroffenen Seite zunächst in Richtung der Mittellinie des Gehirns verdrängt, bevor eine Bewegung nach unten zum Foramen magnum stattfindet. Diese Bewegung drückt den medialen Anteil des Schläfenlappens auf den dritten Hirnnerven, den motorischen Trakt, das Stammhirn und das RAS dieser Seite. Ist dieser Druck stark genug, führt er zu einem Funktionsverlust des dritten Hirnnerven und verursacht eine erweiterte Pupille auf der Seite der Einklemmung (Herniation) (> Abb. 6.6). Bei weiterem Fortschreiten und Druckzunahme kommt es zum Verlust der Funktionalität des motorischen Gebietes auf der Seite der Läsion, klinisch erkennbar an der motorischen Schwäche auf der gegenüberliegenden Körperseite. In den letzten Stadien dieser Form von Einklemmung, ausgehend vom Temporalgebiet, wird die

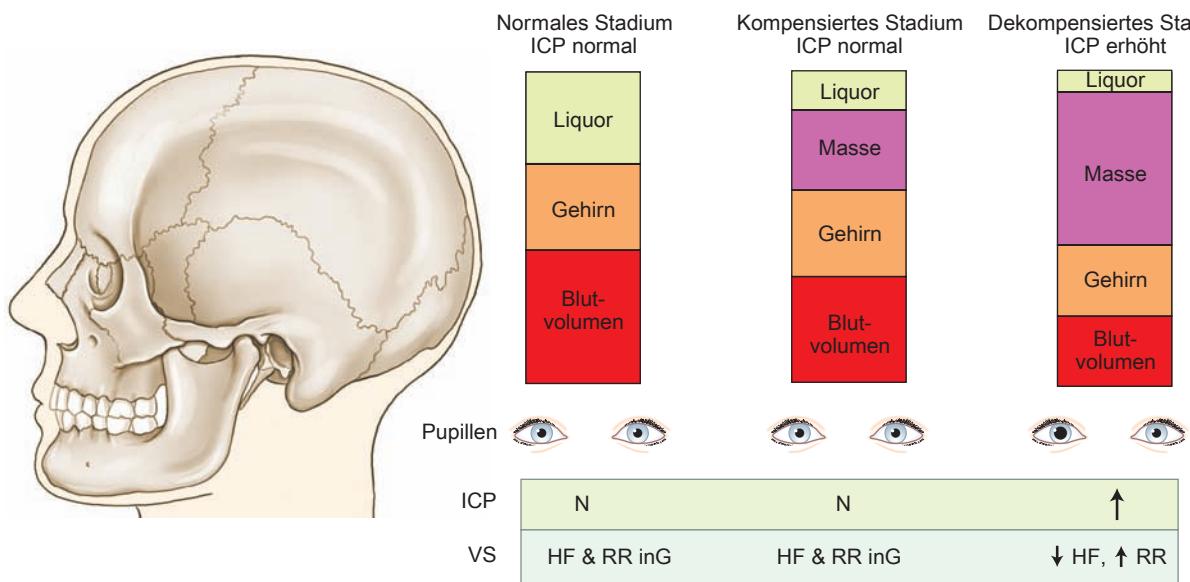


Abb. 6.5 Monro-Kellie-Lehrsatz: intrakranielle Kompensation für eine sich ausdehnende Masse. Das Volumen der intrakraniellen Bestandteile bleibt konstant. Wird eine Masse wie ein Hämatom hinzugefügt und gleichzeitig das gleiche Volumen an Liquor und venösem Blut verdrängt, bleibt der intrakranielle Druck (ICP) normal. Ist dieser Kompensationsmechanismus erschöpft, steigt der ICP exponentiell zur Volumenzunahme des Hämatoms. (Abkürzungen: HF = Herzfrequenz, RR = Blutdruck, N = Normal, inG = innerhalb normaler Grenzen) (Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: The basic EMT: comprehensive prehospital patient care, 2. Aufl. St. Louis, 2001 Mosby)



Abb. 6.6 Bei Patienten mit unterschiedlich großen Pupillen muss der Verdacht auf ein Schädel-Hirn-Trauma geäußert werden.

Funktion des RAS beeinträchtigt und der Patient fällt ins Koma, eine Situation, die mit einer sehr schlechten Prognose einhergeht.

Eine andere Form der Einklemmung tritt auf, wenn das Gehirn hinunter in Richtung des Foramen magnum gedrückt wird und das Kleinhirn und die Medulla vor sich her schiebt. Dies kann letztendlich dazu führen, dass der kaudale Anteil des Kleinhirns und die Medulla in das Foramen magnum gezwängt werden. Eine Verletzung der unteren Medulla führt zum Atem- und Herz-Kreislauf-Stillstand. Die Einklemmung des Inhaltes der posterioren Fossa in das Foramen magnum wird im Englischen auch „coning“ genannt (> Abb. 6.7).⁷

Klinische Zeichen der Einklemmung (Herniationssyndrom)

Klinische Merkmale können helfen, Patienten zu identifizieren, bei denen eine Einklemmung vorliegt. Eines der Symptome ist die Pupillendifferenz, die auftreten kann und eine Erweiterung sowie verzögerte oder fehlende Lichtreaktion der ipsilateralen Pupille anzeigen. Auch abnormale motorische Befunde können die Einklemmung begleiten. Eine ausgeprägte Einklemmung des Hirnstamms kann zur Zerstörung von Ge-

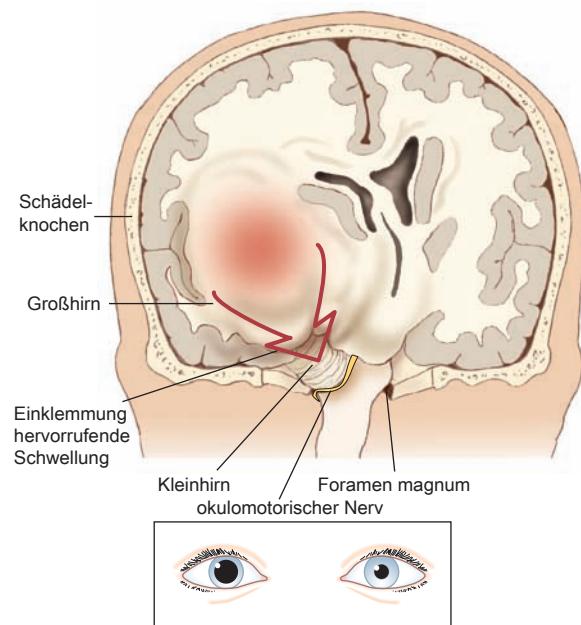


Abb. 6.7 Der Schädel ist eine große, knöcherne Struktur, die das Gehirn enthält. Das Gehirn kann aus dem Schädel nicht entweichen, wenn es durch eine Blutung oder ein Ödem verdrängt wird.

hirnstrukturen führen, die als Nucleus ruber und Nuclei vestibulares bekannt sind. Als Folge kann das sogenannte Dekortikationssyndrom auftreten, gekennzeichnet durch Beugung der oberen Extremitäten und Rigidität und Streckhaltung der unteren Extremitäten (> Abb. 6.8 a). Noch bedrohlicher stellt sich das sogenannte Dezerebrationssyndrom, auch apallisches

Syndrom genannt, dar, das durch einen erhöhten Muskeltonus und Bewusstlosigkeit gekennzeichnet ist, d.h., Streckhaltung aller Extremitäten und sogar der Wirbelsäule ist möglich (► Abb. 6.8 b). Im terminalen Stadium nach der Einklemmung werden die Extremitäten schlaff und motorische Aktivität ist nicht mehr vorhanden.^{8,9}

In den letzten Stadien der Einklemmung treten oftmals abnormale Atemmuster oder Atemstillstand mit verstärkter Hypoxie und signifikant veränderten CO₂-Werten im Blut auf. Die **Cheyne-Stokes-Atmung** ist ein sich wiederholender Zyklus von langsamem, flachen Atemzügen, die tiefer und schneller werden und dann wieder zu langsamem und flachen Atemzügen zurückkehren. Kurze Apnoephasen können zwischen den Zyklen auftreten. Die **zentrale neurogene Hyperventilation** ist durch durchweg schnelle, tiefe Atemzüge gekennzeichnet. Unter **ataktischem Atmen** versteht man unregelmäßige Atembemühungen, bei denen jedes erkennbare Muster fehlt. Die spontane Atemfunktion erlischt mit zunehmendem Druck auf den Hirnstamm.⁷

Wenn sich eine Hypoxie im Gehirngewebe entwickelt, werden Reflexe aktiviert, um die zerebrale Sauerstoffversorgung sicherzustellen. Um einen Anstieg des ICP zu bewältigen, wird das autonome Nervensystem aktiviert, um den systemischen Blutdruck und damit den MAP zu steigern und so einen normalen CPP sicherzustellen. Der systolische Blutdruck kann auf bis zu 250 mmHg ansteigen. Jedoch werden, da die Barorezeptoren in den Halsschlagadern und dem Aortenbogen einen stark erhöhten Blutdruck erkennen, Signale an den Hirnstamm gesandt, der wiederum das parasympathische Nervensystem aktiviert. Über den zehnten Hirnnerven, den Vagusnerv, wird dann die Herzfrequenz verlangsamt. Das **Cushing-Phänomen** beschreibt diese Kombination aus deutlich gesteigertem arteriellen Blutdruck und der resultierenden Bradykardie, die zusammen mit einem stark erhöhten ICP auftreten können.

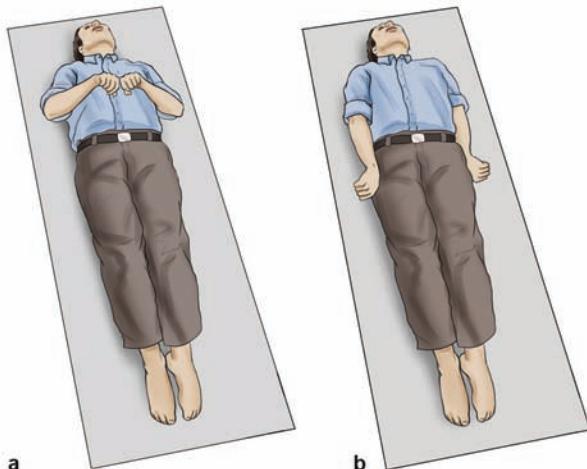


Abb. 6.8 a Beugung der Extremitäten (Dekortikationssyndrom), b Streckung der Extremitäten (Dezerebrationssyndrom) (Aus: Aehlert B: Paramedic practice today: above and beyond, St. Louis, 2010, Mosby)

Ischämie und Herniation

Das Herniationssyndrom beschreibt, wie das anschwellende Gehirn mechanischen Schaden erleiden kann, weil es in einem komplett geschlossenen Raum eingeschlossen ist. Allerdings kann ein erhöhter ICP durch zerebrale Schwellung das Gehirn ebenso schädigen, zum einen durch die entstehende Ischämie, zum anderen durch die resultierende verminderte Sauerstoffzufuhr. Wenn die zerebrale Schwellung zunimmt, steigt auch der ICP. Zusätzlich zur mechanischen Verletzung des Gehirns kann das zerebrale Ödem ischämische Schäden hervorrufen, die Durchblutungsstörungen anderer Ursache, z.B. systemische Hypotonie, noch verstärken. Die Lage noch weiter verschlechternd, führen diese mechanischen und ischämischen Insulte, die das Gehirn bereits schädigen, zur weiteren Zunahme der Schwellung. Auf diesem Weg kann ein zerebrales Ödem in einen Teufelskreis führen, der mit Einklemmung und dem Tod des Patienten endet, wenn er nicht unterbrochen wird. Die Limitierung dieser sekundären Verletzungen und die Unterbrechung dieses Kreislaufs sind die Ziele der SHT-Behandlung.

Zerebrales Ödem

Das zerebrale Ödem (Gehirnschwellung) tritt häufig zusammen mit einer primären Gehirnverletzung auf. Die Verletzung der neuronalen Zellmembranen erlaubt der intrazellulären Flüssigkeit, sich innerhalb der beschädigten Neurone anzusammeln. Zusätzlich kann das Trauma zu Entzündungsreaktionen führen, welche die Neuronen und die zerebralen Kapillaren schädigen, was ebenfalls zu Flüssigkeitsansammlungen innerhalb der Neurone und des interstitiellen Raumes führt, beides bewirkt ein zerebrales Ödem. Zerebrale Ödeme können in Verbindung mit oder als Folge von intrakraniellen Blutungen, als Folge von Verletzungen des Gehirnparenchyms oder als Folge der diffusen Gehirnschädigung durch Hypoxie oder Hypotonie auftreten.

Intrakranielle Hämatome

Während eines Traumas entstehen Masseneffekte aus der Ansammlung von Blut im intrakraniellen Raum. Intrakranielle Hämatome, wie ein epidurales, subdurales oder intrazerebrales Hämatom, sind die bedeutendste Ursache für eine Raumforderung. Weil der Masseneffekt dieser Hämatome allein durch deren Größe verursacht wird, kann eine schnelle Beseitigung den Kreislauf der Ödembildung, wie vorher beschrieben, unterbrechen.

Unglücklicherweise werden die Hämatome oft von einem zerebralen Ödem begleitet, sodass andere Strategien zusätzlich zur Beseitigung der Hämatome benötigt werden, um den Kreislauf von Ödembildung und weiterer Schädigung zu stoppen. (Spezifische intrakranielle Hämatome werden später beschrieben.)

Extrakranielle Ursachen

Hypotonie

In der nationalen TBI-Datenbank (traumatic brain injury, USA) waren die zwei signifikantesten Prädiktoren für ein schlechtes Outcome nach SHT die Zeitspanne, die mit einem ICP höher als 20 mmHg und mit einem SBP weniger als 90 mmHg verbracht wurde. Tatsächlich kann eine einzelne Episode mit einem SBP unter 90 mmHg zu einem schlechteren Outcome führen.¹⁰ Verschiedene Studien haben die bedeutenden Auswirkung eines geringen SBP auf das Outcome nach SHT bestätigt.

Viele Patienten mit SHT erleiden andere Verletzungen, von denen viele Blutungen mit nachfolgend geringem Blutdruck umfassen. Aggressive Volumetherapie in dem Bestreben, den SBP auf einem Wert höher als 90 mmHg zu halten, ist essenziell, um die sekundären Verletzungen des Gehirns zu limitieren.

Hypoxie

Eines der wichtigsten Substrate, die dem verletzten Gehirn zugeführt werden müssen, ist Sauerstoff. Irreversible Hirnschäden können bereits nach 4–6 Minuten zerebraler Anoxie auftreten. Studien haben gezeigt, dass eine Sauerstoffsättigung unter 90 % signifikanten Einfluss auf den SHT-Patienten hat.⁵ Gleichzeitig wird aber eine signifikante Anzahl von SHT-Patienten präklinisch nicht ausreichend gut versorgt. Studien legen nahe, dass sie dabei eine zu niedrige oder unzureichende O₂-Sättigung haben. Die Bemühungen im präklinischen Atemwegsmanagement und der Sauerstoffversorgung bei SHT-Patienten sind teilweise das Ergebnis dieser Studien.

Blutungen sind verbreitet bei Patienten mit SHT, sie führen nicht nur zum Schock, sondern auch zum Blut- und dadurch Hämoglobinverlust.

Um oxygeniertes Blut zum Gehirn liefern zu können, müssen die Lungen einwandfrei funktionieren, was nach einem Trauma oft nicht der Fall ist.¹¹ Patienten mit inadäquatem Luftweg, mit Aspiration von Blut oder Mageninhalt, Lungenkontusion oder Pneumothorax haben eine Pathologie, die einer guten Atemfunktion und der Fähigkeit, Sauerstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen und ans Blut abzugeben, entgegensteht. Zusätzlich zur Sicherstellung des Sauerstofftransports zum Gehirn durch ausreichendes Hämoglobin und einen entsprechenden Kreislauf muss das Rettungsdienstpersonal eine angemessene Oxygenierung über einen sicheren Atemweg und mit adäquater Ventilation gewährleisten.

Wie auch bei der Hypotonie ist eine aggressive Verminderung der zerebralen Hypoxie durch richtiges Management des Luftwegs, der Atmung und des Kreislaufs essenziell für eine Begrenzung der sekundären Hirnschädigung.

Krampfanfälle

Ein Patient mit akutem SHT ist einem erhöhten Risiko für Krampfanfälle unterschiedlicher Genese ausgesetzt. Hypoxie,

entweder durch Luftwegs- oder Atemprobleme, kann generalisierte Krampfanfälle verursachen, genauso wie Hypoglykämie und Elektrolytentgleisungen. Ischämisches oder geschädigtes Gehirngewebe begünstigt die Auslösung eines Grand-Mal-Anfalls oder eines Status epilepticus. Krampfanfälle können in der Umkehrung eine existierende Hypoxie durch Beeinträchtigung der Atemfunktion verstärken. Zusätzlich verringert die massive neuronale Aktivität bei generalisierten Krampfanfällen schnell die Sauerstoff- und Glukosereserven und fördert damit die zerebrale Ischämie.

6.1.4 Beurteilung

Eine schnelle Begutachtung der Kinematik der Verletzung verbunden mit einer zügigen primären Untersuchung (Primary Survey) kann helfen, potenziell lebensbedrohliche Probleme bei einem Patienten mit SHT zu identifizieren.

Kinematik

Wie bei allen Traumapatienten muss die Beurteilung den Unfallmechanismus mit einbeziehen. Da viele Patienten mit schwerem SHT bewusstseinsgetrübt sind, erhält man die wichtigsten Informationen über die Kinematik oft aus Beobachtungen am Unfallort oder von Zeugen des Unfalls. Die Windschutzscheibe des Unfallwagens kann eine „Spinnennetz“-Struktur aufweisen, was auf einen Aufschlag des Kopfes hinweist, oder es findet sich ein blutiger Gegenstand am Einsatzort, der als Waffe gegen den Patienten benutzt wurde. Seitliche Gewalteinwirkung auf den Kopf kann zur Fraktur des lateralen Schädelknochens mit Verletzung der Arteria meningeal media und Ausbildung eines Epiduralhämatoms führen. Ebenso ist eine Coup-/Contre-Coup-Verletzung mit Ausbildung eines Subduralhämatoms bei Einriss venöser Gefäße möglich. Diese wichtigen Informationen sollten an das Klinikpersonal, das den Patienten übernimmt, weitergegeben werden, da sie für die Diagnosestellung und die Therapie des Patienten entscheidend sein können.

Primary Survey

Airway

Die Durchgängigkeit der Luftwege des Patienten sollte geprüft und gesichert werden. Bei bewusstlosen Patienten kann die Zunge den Luftweg komplett verlegen. Atemgeräusche jeglicher Art weisen auf eine partielle Blockierung des Atemweges, entweder durch die Zunge oder durch fremde Materialien, hin. Erbrechen, Blutungen und Schwellungen nach einem Gesichtstrauma sind typische Ursachen für Atemwegsbehinderungen bei Patienten mit SHT.

Breathing

Die Beurteilung der Atemfunktion muss eine Begutachtung der Frequenz, Tiefe und Angemessenheit der Atmung beinhalten. Wie schon vorher erwähnt, können einige verschiedene Atemmuster aus schweren Gehirnverletzungen resultieren. Bei Polytraumatisierten können Thoraxverletzungen sowohl die Oxygenierung als auch die Ventilation beeinträchtigen. Zervikale Wirbelsäulenfrakturen treten bei 2–5 % der Patienten mit SHT auf und können zu Rückenmarksverletzungen führen, welche wiederum signifikant die Ventilation beeinflussen.

Eine angemessene Sauerstoffzufuhr zum verletzen Gehirn ist ein entscheidender Teil der Bemühungen, um sekundäre Gehirnverletzungen zu limitieren. Gelingt es nicht, die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins (SpO_2) über 90 % zu halten, scheint ein schlechteres Outcome für SHT-Patienten die Folge zu sein; es ist also entscheidend, die SpO_2 über 90 % zu halten. Die Bemühungen um einen freien Atemweg und eine adäquate Ventilation sind ausschlaggebend in den frühen Stadien der Behandlung des SHT.

Circulation

Wie vorab schon erwähnt, ist es wichtig, den SBP über 90 mmHg zu halten, um eine sekundäre Gehirnverletzung bei Verletzten mit SHT zu limitieren. Daher ist die Kontrolle und Behandlung von Blutungen und die Prävention und Therapie von Schockzuständen entscheidend. Der First Responder wird externe Blutungsquellen, wenn möglich, feststellen und quantifizieren. Wenn es keinen signifikanten externen Blutverlust gibt, deutet ein schwacher, schneller Puls des Traumaopfers auf eine lebensbedrohliche innere Blutung in die pleuralen Zwischenräume, das Peritoneum, Retroperitoneum oder in das weiche Gewebe, das frakturierte Langknochen umgibt, hin.

Bei einem Kleinkind mit offenen Fontanellen kann ein ausreichender Blutverlust im Kranium zu einem hypovolämischen Schock führen. Ein langsamer, kraftvoller Puls kann von einer intrakraniellen Hypertonie herrühren und eine drohende Einklemmung (Cushing-Phänomen) andeuten. Bei einem Patienten mit potenziell lebensbedrohlichen Verletzungen sollte der Transport durch die Blutdruckmessung nicht verzögert werden, sie sollte aber routinemäßig während der Fahrt durchgeführt werden, soweit die Zeit es erlaubt.

Disability

Während des Primary Surveys und nach der Einleitung von geeigneten Maßnahmen zur Behandlung der Probleme, die bei der Prüfung von Atemwegen, Belüftung der Lungen/Beatmung und Kreislauf aufgetreten sind, sollte eine grundlegende Bestimmung des Glasgow-Coma-Scale-Wertes vorgenommen werden, um den Bewusstseinsgrad des Patienten akkurat zu ermitteln (► Tab. 6.1). Wie in ► Kap. 3 beschrieben, wird der GCS-Wert errechnet, indem die jeweils beste Reaktion bei der Untersuchung der Augen des Patienten, der verbalen Äu-

ßerung und der motorischen Antwort bestimmt und addiert wird. Die Punktzahlen der einzelnen Kriterien sollten dabei getrennt dokumentiert werden, um Veränderungen im Verlauf genau zuordnen zu können. Wenn der Patient seine Augen nicht spontan öffnet, sollte ein verbales Kommando (z. B. „Öffnen Sie Ihre Augen“) benutzt werden. Wenn der Patient nicht auf die Aufforderung reagiert, sollte ein Schmerzreiz, wie der Druck auf das Nagelbett mit einem Stift oder das Kneifen des anterioren Achselhöhlengewebes, angewendet werden.

Die verbale Reaktion des Patienten kann mit einer Frage wie „Was ist passiert?“ untersucht werden. Wenn der Patient voll orientiert ist, wird er eine zusammenhängende Antwort geben. Andernfalls wird die Antwort des Patienten als verwirrt, desorientiert, unzusammenhängend, unverständlich oder nicht vorhanden eingestuft. Wird der Patient beatmet, wird die Punktezahl allein über die Augen und die motorische Reaktion berechnet und ein „T“ wird beigefügt, um anzudeuten, dass es nicht möglich war, die verbale Reaktion zu erheben, z. B. „8T“.

Die letzte Komponente der GCS ist die motorische Reaktion. Ein einfaches, eindeutiges Kommando sollte dem Patienten gegeben werden, wie zum Beispiel „Heben Sie zwei Finger“ oder „Zeigen Sie mir ein Anhalterzeichen“. Ein Patient, der die Finger des Retters drückt, könnte einen Greifreflex im Gegensatz zu einer gezielten Reaktion präsentieren.

Ein schmerzhafter Reiz wird angewandt, wenn der Patient es nicht schafft, ein Kommando zu befolgen. Die **beste** motorische Reaktion des Patienten wird gepunktet. Ein Patient, der versucht, den schmerzhaften Reiz wegzudrücken, wird als „gezielt abwehrend“ eingestuft. Weitere mögliche Reaktionen auf Schmerz sind ein Zurückziehen oder abnormale Beugung der Extremitäten, Strecken der Extremitäten und Nichtvorhandensein der motorischen Funktionen.

Tab. 6.1 Glasgow Coma Scale (mindestens 3, maximal 15 Punkte möglich)

| Kriterien | | Punkte |
|----------------------------|---------------------------|--------|
| Augen öffnen | Spontan öffnen | 4 |
| | Öffnen auf Aufforderung | 3 |
| | Öffnen auf Schmerzreiz | 2 |
| | Keine Reaktion | 1 |
| Verbale Reaktion | Orientiert | 5 |
| | Verwirrt, desorientiert | 4 |
| | Unzusammenhängende Worte | 3 |
| | Unverständliche Laute | 2 |
| | Keine verbale Reaktion | 1 |
| Motorische Reaktion | Gezielt auf Aufforderung | 6 |
| | Gezielt auf Schmerzreiz | 5 |
| | Ungezielt auf Schmerzreiz | 4 |
| | Beugesynergien | 3 |
| | Strecksynergien | 2 |
| | Keine Reaktion | 1 |
| Summe | | |

Die Pupillen werden schnell auf Symmetrie und auf die Lichtreaktion hin untersucht. Ein Unterschied von mehr als 1 mm in der Pupillengröße ist als nicht normal einzustufen. Ein kleiner Anteil der Bevölkerung zeigt eine Anisokorie, eine Ungleichheit der Pupillengröße, die entweder angeboren oder ein Resultat eines ophthalmologischen Traumas sein kann. Es ist präklinisch nicht immer möglich, eine Pupillendifferenz, verursacht durch das aktuelle Trauma, von angeborener oder vorher bestehender posttraumatischer Anisokorie zu unterscheiden. Unterschiede zwischen den Pupillen sollten immer sekundär zum akuten Trauma behandelt werden, bis die genaue Untersuchung ein zerebrales Ödem, motorische oder ophthalmologische Nervenverletzungen ausschließt.¹²

Expose/Environment

Patienten, die ein SHT erleiden, haben häufig noch andere Verletzungen, die Leben und Gliedmaßen ebenso bedrohen wie das Gehirn. Der ganze Körper sollte auf andere, potenziell lebensbedrohliche Probleme hin untersucht werden.

Secondary Survey

Wenn die lebensbedrohlichen Verletzungen identifiziert und behandelt wurden, sollte eine gründliche sekundäre Begutachtung stattfinden, sofern die Zeit es erlaubt. Der Kopf und das Gesicht des Patienten sollten sorgfältig nach Wunden, Impressionen und Krepitationen abgetastet werden. Jeder Ausfluss von klarer Flüssigkeit aus der Nase oder den Ohrkanälen könnte Liquor sein.

Die Pupillengröße und -reaktion sollten zu diesem Zeitpunkt noch einmal überprüft werden. Wegen der Möglichkeit von zervikalen Wirbelsäulenfrakturen bei Patienten mit SHT sollte der Nacken auf Druckempfindlichkeit und Knochendeformitäten untersucht werden.

Bei einem kooperativen Patienten sollte eine gründliche neurologische Untersuchung mit Überprüfung der Hirnnerven und der sensiblen und motorischen Funktionen aller Extremitäten durchgeführt werden. Neurologische Defizite, wie Hemiparese (Schlaffheit) oder Hemiplegie (Lähmung), treten auf nur einer Seite des Körpers auf. Diese Seitendifferenz ist gewöhnlich ein Hinweis auf ein SHT.

Anamnese

Eine ausreichende Anamnese (SAMPLE-Schema: Symptome, Allergien, Medikamente, Vorerkrankungen [past history], letzte Mahlzeit, Ereignisse) ist vom Patienten, von Familienmitgliedern oder Zeugen des Unfalls erhältlich. Diabetes mellitus, krampfartige Störungen und Drogen oder Alkohol sowie Vergiftungen können ein SHT vortäuschen. Jeder Hinweis auf Drogengebrauch oder eine Überdosierung muss vermerkt werden. Der Patient könnte eine Anamnese von früheren Kopfverletzungen haben und beständigen oder wiederkehrenden

Kopfschmerz, visuelle Beeinträchtigung, Übelkeit und Erbrechen oder Sprachstörungen beklagen.¹³

Fortlaufende Untersuchungen

Ungefähr 3 % der Patienten mit offenbar geringen Gehirnverletzungen (GCS 14 oder 15) können eine unerwartete Mindering ihres mentalen Status erfahren. Während des Transportes sollten der Primary Survey und die Beobachtung des GCS in regelmäßigen Intervallen wiederholt werden. Patienten, deren GCS-Wert während des Transportes um mehr als zwei Punkte abfällt, unterliegen einem hohen Risiko für einen weiterlaufenden pathologischen Prozess.^{12,14,15} Diese Patienten benötigen einen schnellen Transport in eine geeignete Klinik. Die Veränderungen in der GCS und der Vitalparameter sollten der Klinik übergeben und in der Patientenakte dokumentiert werden. Reaktionen auf die Behandlung sollten ebenfalls vermerkt werden.¹⁶

6.1.5 Spezifische Verletzungen

Kopf- und Nackenverletzungen

Kopfhaut

Wie im Anatomieteil beschrieben, besteht die Kopfhaut aus vielen Gewebeschichten und ist stark durchblutet; sogar ein kleiner Schnitt kann eine umfangreiche Blutung verursachen. Viel komplexere Verletzungen, wie eine Skalpierungsverletzung, bei der eine große Fläche der Kopfhaut vom Schädel getrennt wurde, können im hypovolämischen Schock und sogar im Verbluten enden (► Abb. 6.9). Solche Verletzungen treten häufig bei unangeschnallten Insassen eines Fahrzeugs auf, die auf einem der Vordersitze sitzen und deren Kopf gegen die Windschutzscheibe des Fahrzeugs prallt, genauso wie bei Arbeitern, deren längeres Haar in eine Maschine gerät. Ein star-

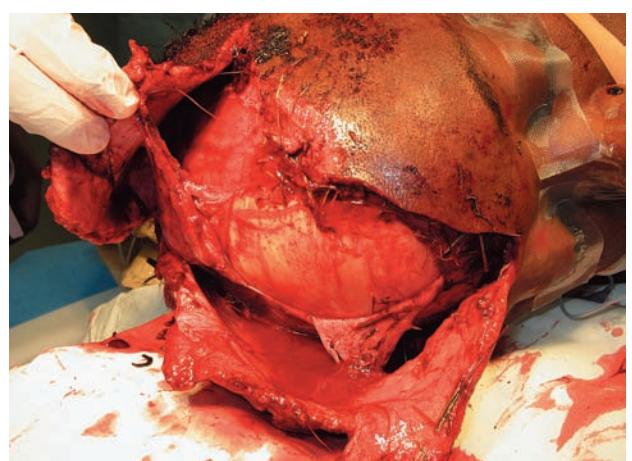


Abb. 6.9 Massive Skalpierungsverletzungen können zu schweren Blutungen führen.

ker Schlag auf den Kopf kann zu einem Hämatom unter der Kopfhaut führen, das beim Abtasten des Kopfes mit einer eingedrückten Schädelfraktur verwechselt werden kann.

Schädelfrakturen

Schädelfrakturen können bei stumpfen oder penetrierenden Traumata entstehen. **Lineare Frakturen** treten bei ungefähr 80 % der Schädelfrakturen auf; ein kräftiger Schlag auf den Kopf kann jedoch eine **Kompressionschädelfraktur** hervorrufen, bei der Knochenfragmente gegen oder in das darunter liegende Gehirngewebe geschoben werden (► Abb. 6.10). Während lineare Frakturen nur mit einer Röntgenuntersuchung diagnostiziert werden können, können Kompressionschädelfrakturen bei sorgfältiger Untersuchung getastet werden. Eine geschlossene, nicht eingedrückte Schädelfraktur selbst ist von geringerer klinischer Bedeutung, aber ihr Vorhandensein erhöht das Risiko auf ein intrakranielles Hämatom. Geschlossene, eingedrückte Schädelfrakturen verlangen unter Umständen nach einem neurochirurgischen Eingriff. Offene Schädelfrakturen können aus einem besonders schweren Aufschlag oder einer Schusswunde resultieren und dienen als Eintrittspforte für Bakterien, prädisponierend für eine Meningitis.

Wenn die Dura mater verletzt ist, kann Hirngewebe oder Liquor durch die offene Schädelfraktur austreten. Wegen des erhöhten Risikos einer Meningitis müssen diese Wunden sofort neurochirurgisch beurteilt werden.

Schädelbasisfrakturen sollten vermutet werden, wenn Liquor aus Nase oder Ohr austritt. Periorbitale Hauteinblutungen („raccoon eyes“ oder „Brillenhämatom“) und „battle's sign“, bei dem Hauteinblutungen über dem Mastoid hinter den



Abb. 6.10 3D-Rekonstruktion einer Impressionsfraktur des Schädels nach Gewalteinwirkung

Ohrnen auftreten, sind häufig mit Schädelbasisfrakturen kombiniert, obwohl sie sich erst einige Stunden nach dem Unfall zeigen können.

Gesichtsverletzungen

Verletzungen des Gesichtes reichen von leichten oberflächlichen Gewebsverletzungen bis hin zu schweren Verletzungen mit Beeinträchtigung der oberen Luftwege und hypovolämischen Schock.

Der Luftweg kann entweder durch strukturelle Veränderungen, resultierend aus dem Trauma, oder durch Flüssigkeiten oder andere Objekte im Luftweg selbst behindert werden. Strukturelle Veränderungen entstehen aus Deformierungen der gebrochenen Gesichtsknochen oder durch Hämatome, die sich im Gewebe entwickeln. Da der Kopf eine große Anzahl von Blutgefäßen beherbergt, verursachen viele Verletzungen in dieser Region signifikante Blutungen. Blut und Blutkoagel können den Luftweg verlegen. Ein Gesichtstrauma ist oft mit Veränderungen des Bewusstseins und auch mit schweren Gehirntraumata verbunden. Außerdem kann es zu Frakturen oder Verlust der Zähne mit Dislokation in die Atemwege führen. Das SHT selbst und das Schlucken von Blut bei einer Gesichtsverletzung können Erbrechen hervorrufen, das wiederum den Atemweg beeinträchtigen kann.

Verletzungen von Auge und Augenhöhle

Verletzungen von Auge und Orbita sind keine seltenen Verletzungen, vor allem bei Gewalteinwirkung auf den Gesichtsschädel. Auch wenn man mit einer Verletzung des Augapfels (Bulbus) nicht oft konfrontiert wird, sollte man die Möglichkeit bei jedem Trauma der Orbita oder des Gesichtsschädelns bedenken. Das richtige Vorgehen bei einer Verletzung des Augapfels kann entscheidend für die zukünftige Sehkraft des Patienten sein.

Verletzungen des Augenlids

Bei Verletzungen des Augenlids muss bereits präklinisch die Möglichkeit einer Bulbusverletzung bedacht werden. Das Auge wird sofort mit einer Abdeckung (kein Druckverband!) über die köcherne Orbita versehen und so vor weiterer Druckeinwirkung geschützt. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass unter Druck Gewebe oder Flüssigkeit aus dem Auge durch eine Perforation in Hornhaut oder Sklera austritt und die Schädigung des Auges noch verstärkt wird.

Hornhautablösung

Die Ablösung von Teilen der Hornhaut durch ein Trauma bedeutet eine Unterbrechung des schützenden epithelialen Überzugs der Kornea. Sie äußert sich durch starke Schmerzen, Tränenfluss und verstärkte Lichtempfindlichkeit. Bis die Verletzung abgeheilt ist (ca. 2–3 Tage), besteht erhöhte Infektionsgefahr für das Auge. Typischerweise gibt es in der Anamnese Hinweise auf ein früheres Trauma oder das Tragen von Kontaktlinsen. Die präklinische Versorgung besteht im Schutz des Auges mittels loser Abdeckung durch eine Komresse, einer

Augenklappe oder einer Sonnenbrille, um die Beschwerden durch die erhöhte Lichtempfindlichkeit zu lindern.

Hypophysma

Unter Hypophysma versteht man eine Unterblutung der Bindegewebe, also eine Einblutung zwischen Konjunktiva und Sklera. Beim Patienten zeigt sich ein hellrotes Areal über der Sklera des Auges (**> Abb. 6.11**). Die Verletzung ist leicht zu sehen, auch ohne Untersuchung mit einer Spaltlampe. Es handelt sich um eine harmlose Verletzung, die innerhalb von mehreren Tagen bis Wochen ohne weitere Therapie ausheilt. Gibt es Hinweise auf ein vorangegangenes Trauma und führt die Blutung zu einer massiven Schwellung der Konjunktiva, muss dringend an eine mögliche Ruptur des Bulbus gedacht werden. Das Vorgehen am Einsatzort bei Verdacht auf eine Ruptur besteht im Abdecken des Auges und im zügigen Transport des Patienten in eine geeignete Klinik zur Bestätigung der Diagnose und zum Ausschluss weiterer begleitender Verletzungen.

Hyphaema

Unter dem Begriff Hyphaema versteht man die Ansammlung von Blut in der vorderen Augenkammer, zwischen Iris und Kornea. Man findet diese Veränderung vor allem in der akuten Phase des Traumas. Die Untersuchung des Auges sollte, soweit möglich, beim sitzenden Patienten stattfinden. Handelt es sich um eine ausreichende Menge Blut, sammelt sie sich am Boden der vorderen Augenkammer und ist als Spiegel im Auge sichtbar (**> Abb. 6.12**). Liegt der Patient auf dem Rücken oder ist die Blutmenge zu klein, kann bei der Untersuchung unter Umständen nichts festgestellt werden. Das Auge eines Patienten mit Hyphaema sollte schützend abgedeckt und der Patient zur weiteren Diagnostik sitzend in die Klinik transportiert werden, sofern keine Kontraindikationen dagegen vorliegen.

Perforierende Augenverletzung

Bei Hinweisen auf ein Trauma in der Anamnese und eindeutigen Zeichen einer Perforation des Bulbus wird die Untersuchung des Auges sofort abgebrochen und das Auge über der Orbita schützend abgedeckt. Es darf kein Druck auf das Auge bestehen und keine lokalen Medikamente verabreicht werden.

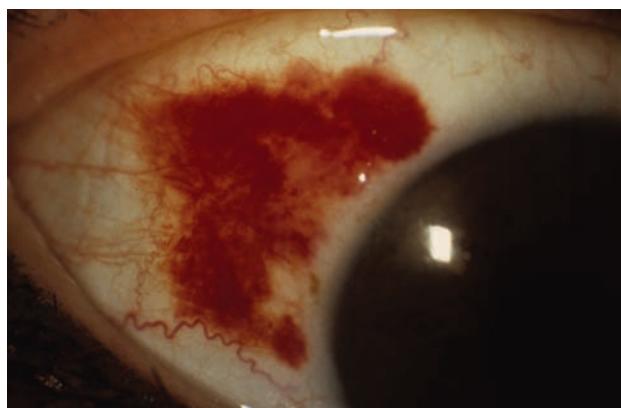


Abb. 6.11 Hypophysma, Unterblutung der Bindegewebe

Das präklinische Management hat zwei Ziele: zum einen, so wenig Manipulation am Auge wie möglich vorzunehmen und kein zusätzliches Trauma zu verursachen, durch das der intraokulare Druck steigen könnte. Die Folge wäre unter Umständen der Austritt intraokularer Strukturen durch die Perforation in Kornea oder Sklera. Zum anderen muss die Entwicklung einer posttraumatischen Endophthalmitis, eine Infektion von Glaskörper oder Linse, verhindert werden. Eine Endophthalmitis kann innerhalb von Stunden zur Erblindung führen. Dies erfordert den sofortigen, zügigen Transport des Patienten in eine geeignete Klinik zur weiteren augenärztlichen Untersuchung und chirurgischen Versorgung.

Nasale Frakturen

Die Nasenbeinfraktur ist die häufigste Fraktur im Gesichtsbereich. Hinweise auf eine nasale Fraktur sind Hauteinblutungen, Ödem, Nasenbeinfehlstellung, Schwellung und Epistaxis (Nasenbluten). Bei der Palpation des Nasenbeins können unter Umständen Krepitationen ausgelöst werden.

Mittelgesichtsfrakturen

Mittelgesichtsfrakturen können wie folgt eingeteilt werden (**> Abb. 6.13**):

- Die **Le-Fort-I-Fraktur** besteht in einer horizontalen Ablösung des Oberkieferknochens (Maxilla) vom nasalen Boden. Obwohl der Luftweg durch die Nase nicht beeinträchtigt sein muss, kann der Oropharynx durch ein Blutkoagel oder Ödem im weichen Gaumen gefährdet sein.
- Die **Le-Fort-II-Fraktur** betrifft die rechte und linke Maxilla, den medialen Anteil des Orbitabodens und den Nasenknochen. Die Nebenhöhlen der Maxilla sind gut durchblutet, sodass diese Fraktur mit einer Atemwegsverlegung durch eine signifikante Blutung einhergehen kann.
- Die **Le-Fort-III-Fraktur** besteht in einem Abbruch der Gesichtsknochen vom Schädelknochen. Durch die Kräfte, die hierbei involviert sind, kann diese Verletzung mit Atemwegsverlegung, SHT, Verletzungen der Tränenkanäle, Fehlstellung der Zähne und Austritt von Liquor durch die Nase assoziiert sein.

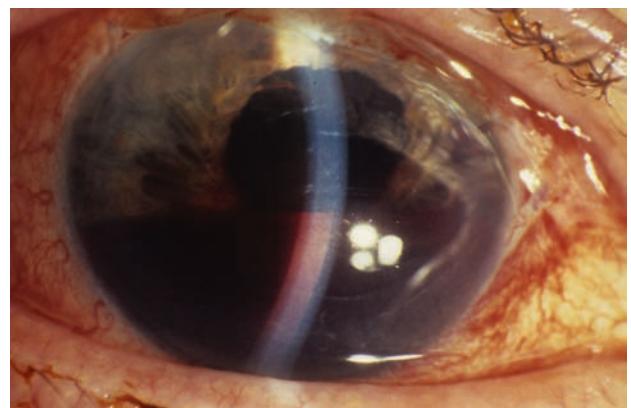


Abb. 6.12 Hyphaema

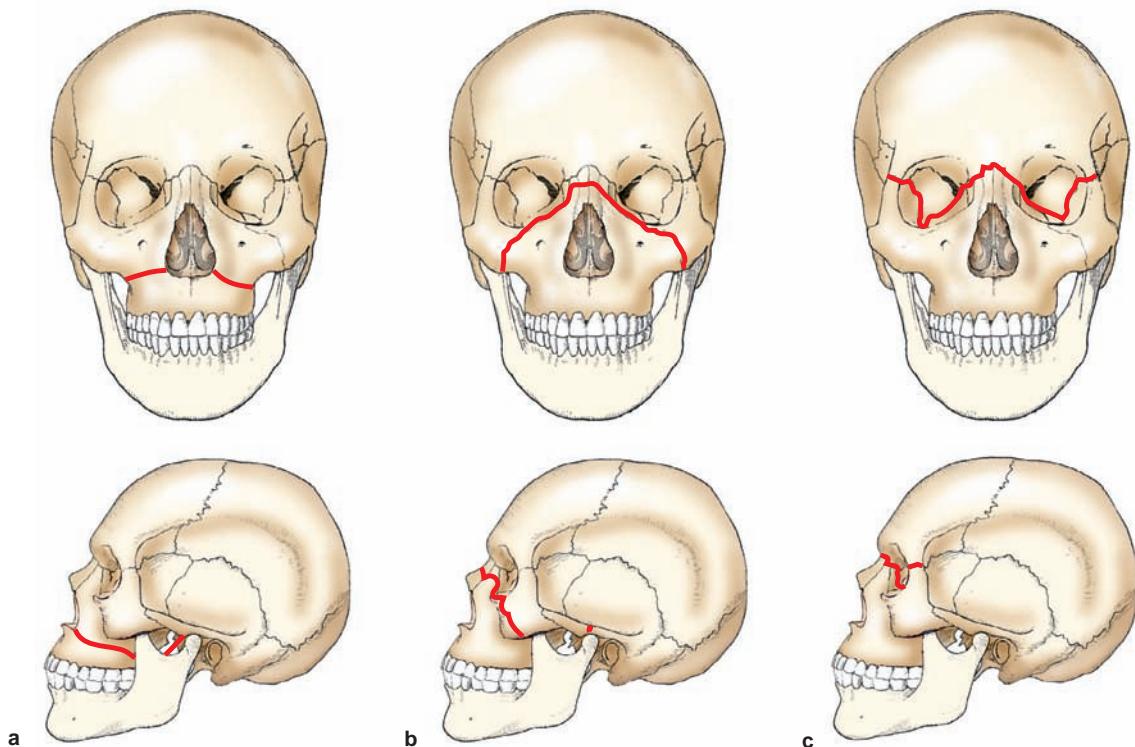


Abb. 6.13 Mittelgesichtsfrakturen nach Le Fort. **a:** Le-Fort-I-Fraktur. **b:** Le-Fort-II-Fraktur. **c:** Le-Fort-III-Fraktur (Modifiziert nach: Sheehy S: Emergency nursing, 3rd ed., St Louis, 1992, Mosby.)

Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen verlieren üblicherweise die normale Gesichtssymmetrie. Das Gesicht erscheint flach und der Patient ist nicht in der Lage, den Mund zu schließen. Wenn bei Bewusstsein, klagt der Patient wahrscheinlich über Schmerzen im Gesicht und Taubheitsgefühl. Durch Abtasten können unter Umständen Kreptitationen über der Fraktur festgestellt werden.

Unterkieferfrakturen

Nach den nasalen Frakturen sind Unterkieferfrakturen die zweithäufigste Form von Gesichtsfrakturen. In mehr als 50% der Fälle ist der Unterkiefer an mehr als einer Stelle gebrochen. Die häufigste Beschwerde der betroffenen Patienten ist der veränderte Stand der Zahnräihen zueinander, d.h., obere und untere Zahnräie treffen nicht wie gewöhnlich aufeinander, das Schließen des Mundes ist dadurch nur bedingt möglich. Bei Palpation des Unterkiefers können ggf. eine Stufe oder Kreptitationen festgestellt werden.

Patienten mit Unterkieferfraktur, die sich in Rückenlage befinden, sind im Besonderen durch eine Verlegung der Atemwege bedroht, da der Zunge durch die Fraktur der knöcherne Halt verloren geht.

Laryngeale Verletzungen

Frakturen des Larynx resultieren typischerweise aus einem stumpfen Schlag auf den vorderen Hals oder ein Motorrad-

oder Fahrradfahrer wird im Bereich des Larynx von einem Objekt getroffen. Der Patient klagt möglicherweise über eine Veränderung der Stimme (normalerweise tiefer). Bei näherer Inspektion fällt eine Prellung oder der Verlust der Prominenz des Schilddrüsenknorpels (Adamsapfel) auf. Eine Fraktur des Larynx kann ein subkutanes Emphysem im Halsbereich nach sich ziehen, das man beim Abtasten erkennen kann.

Verletzungen der zervikalen Blutgefäße

Beidseits der Trachea verlaufen im vorderen Halsbereich die Arteria carotis und die Vena jugularis interna. Die Karotiden versorgen einen Großteil des Gehirns mit Blut, das über die inneren Jugularvenen wieder abfließt. Jede Verletzung dieser Gefäße kann eine lebensbedrohliche Blutung auslösen. Zusätzlich zur Blutungsgefahr besteht bei Verletzung der Vena jugularis interna die Gefahr einer Lufembolie. Sitzt ein Patient aufrecht oder liegt er mit erhöhtem Kopf, kann der Venendruck während der Inspiration unter den atmosphärischen Druck fallen, was ein Eindringen von Luft in das Gefäßsystem ermöglicht. Eine große Lufembolie kann tödlich enden, da sie sowohl die Herzaktivität als auch die zerebrale Perfusion deutlich beeinträchtigt.

Hirnverletzungen

Commotio cerebri (SHT Grad I, Gehirnerschütterung)

Die Diagnose einer Gehirnerschütterung wird gestellt, sobald ein verletzter Patient eine vorübergehende Beeinträchtigung seiner neurologischen Funktionen zeigt. Obwohl die meisten Leute eine Bewusstlosigkeit mit „Gehirnerschütterung“ assoziieren, ist der Zustand der Bewusstlosigkeit keine Bedingung für die Diagnose; eine häufig auftretende posttraumatische Amnesie ist eher ein typisches Merkmal.

Andere, ebenfalls beobachtete neurologische Veränderungen sind zum Beispiel:¹⁸

- ins Leere starren („entgeisterter“ Gesichtsausdruck)
- verzögerte verbale und motorische Antworten (langsam im Antworten und im Befolgen von Befehlen)
- Verwirrung; Unfähigkeit, sich auf etwas zu konzentrieren (leicht ablenkbar, kann eine normale Handlung nicht von Anfang bis zum Ende korrekt ausführen)
- Desorientiertheit (läuft in die falsche Richtung, nicht orientiert zu Zeit und Ort)
- undeutliche, zusammenhanglose Sprache (unverständliche Aussagen)
- fehlende Koordination (stolpert, kann einer geraden Linie nicht folgen)
- unangebrachte Gefühlsäußerungen (grundloses Weinen, Verzweiflung)
- Gedächtnisstörungen (wiederholtes Stellen der immer gleichen, bereits beantworteten Fragen)
- Unvermögen, sich Dinge zu merken, sich an Sachen zu erinnern (z. B. können nicht drei Worte behalten und vor Ablauf von 5 Minuten wiedergegeben werden).

Bei allen Patienten mit Gehirnerschütterung zeigt die Computertomografie des Kopfes einen Normalbefund. Starke Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, und Erbrechen sind häufige Begleiterscheinungen einer Commotio. Obwohl die meisten Symptome einige Stunden bis Tage anhalten, gibt es eine Anzahl von Patienten, die mehrere Wochen oder sogar Monate nach einer schweren Gehirnerschütterung von Kopfschmerzen, Schwindel und Konzentrationsschwäche betroffen sind.

Patienten, die klinische Zeichen einer Commotio, besonders Übelkeit und Erbrechen, zeigen oder bei denen neurologische Ausfälle im Secondary Survey auftreten, sollten umgehend zur weiteren Untersuchung in eine Klinik gebracht werden.

Intrakranielle Hämatome

Bei den intrakraniellen Hämatomen werden drei Gruppen unterschieden: epidurale, subdurale und intrazerebrale Hämatome. Weil sich die Symptome und Befunde dieser drei Gruppen zu einem großen Teil überschneiden, ist eine präklinische Unterscheidung beinahe unmöglich; einzig das Epiduralhämatom könnte durch die charakteristische klinische Präsentation gezielt vermutet werden. Aber auch dann kann die definitive Dia-

gnose erst nach einem Schädel-CT gestellt werden. Da alle drei Formen Platz in der Schädelhöhle beanspruchen, ist ein schneller Anstieg des intrazerebralen Drucks zu erwarten, vor allem, wenn die Größe des Hämatoms beträchtlich ist.

Epidurales Hämatom

Ca. 2 % der traumatischen Hirnverletzungen, die einer Einweisung in die Klinik bedürfen, stellen sich als epidurale Hämatome heraus. Ursache ist häufig ein Trauma, das mit mäßiger Geschwindigkeit auf den Schläfenknochen ausgeübt wurde, zum Beispiel mit der Wucht eines Faustschlages oder eines Baseballs. Eine Fraktur dieses dünnen Knochens verletzt die Arteria meningea media, was zu einer arteriellen Blutung führt; das Blut sammelt sich zwischen Schädelknochen und Dura mater (**> Abb. 6.14**). Weil der arterielle Druck hoch genug ist, beginnt sich durch die Blutung die Dura vom Knochen abzulösen und ein mit Blut gefüllter epiduraler Raum entsteht. Dieses epidurale Hämatom hat eine charakteristische Linsenform, wie im CT zu sehen, hervorgerufen durch die Dura, die das Blut an der Innenseite des Schädelns hält. Die Hauptgefahr für das Gehirn geht von der sich ausdehnenden Raumforderung, dem Blut, aus, welches das Gehirn verdrängt und so schlussendlich zur Einklemmung führen kann. Aus diesem Grund erholen sich Patienten mit einem zügig entlasteten Epiduralhämatom oft hervorragend.

Die klassische Anamnese eines epiduralen Hämatoms zeigt einen Patienten, der kurzzeitig bewusstlos ist, dann allerdings wieder zu sich kommt und sich dann im Verlauf wieder rapide bezüglich seiner Bewusstseinslage verschlechtert. In der Phase, in der der Patient bei Bewusstsein ist, dem „klaren (symptomfreien) Intervall“, kann der Patient orientiert, lethargisch oder verwirrt sein und sich über Kopfschmerzen beklagen. Allerdings weist nur ca. ein Drittel der Patienten mit Epiduralhämatothen dieses symptomfreie Intervall auf. Da es auch bei anderen Formen von intrakranieller Blutung auftreten kann, ist es ein unspezifisches Zeichen für ein epidurales Hämatom. Nichtsdestotrotz besteht bei einem Patienten, der nach einem symptomfreien Intervall wieder eintrübt, das Risiko eines progressiven intrakraniellen Prozesses, der notfallmäßig abgeklärt werden sollte.

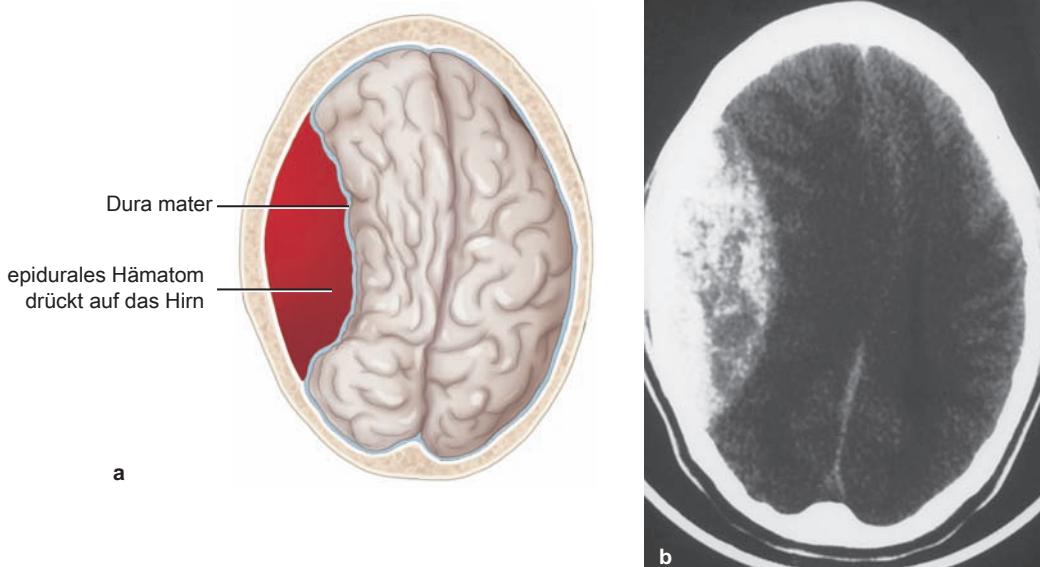
Wenn sich der Bewusstseinszustand eines Patienten verschlechtert, kann die Untersuchung möglicherweise eine dilatierte Pupille mit verzögter oder aufgehobener Lichtreaktion ipsilateral zur Verletzung aufdecken. Weil die motorischen Nerven oberhalb des Rückenmarks zur Gegenseite kreuzen, wird sich eine Hemiparese oder eine Hemiplegie auf der kontralateralen Seite der Verletzung manifestieren. Die Mortalitätsrate bei Epiduralhämatothen liegt bei ca. 20 %. Bei raschem Erkennen und zügiger Entlastung des Hämatoms kann sie jedoch auf unter 2 % gesenkt werden, weil ein Epiduralhämatom häufig ein reines Platzproblem darstellt, mit wenig direkter Hirnschädigung. Sobald das Hämatom entfernt ist, ist auch der pathologische Einfluss entfernt, und der Patient hat exzellente Chancen, sich vollständig zu erholen. Eine schnelle Entlastung reduziert nicht nur die Mortalität, sondern begrenzt auch die

nachfolgende neurologische Morbidität. Epiduralhämatome kommen häufig bei jungen Menschen vor, die ihre berufliche Karriere gerade erst begonnen haben – was den sozialen und den menschlichen Wert der schnellen Identifikation und Therapie noch verstärkt.

Subdurales Hämatom

Ca. 30 % der schweren Hirnschäden sind auf subdurale Hämatome zurückzuführen. Das Subduralhämatom ist nicht nur viel häufiger als das epidurale Hämatom, es unterscheidet sich auch bezüglich Ursache, Lokalisation und Prognose. Während das Epiduralhämatom durch eine arterielle Blutung entsteht, liegt dem subduralen Hämatom eine venöse Blutung aus den Brückenvenen, die bei einem gewaltsamen Schlag gegen den Kopf zerreißen können, zugrunde. Bei einer solchen Verletzung sammelt sich das Blut im subduralen Raum, zwischen Dura mater und Arachnoidea (➤ Abb. 6.15).

Subduralhämatome präsentieren sich auf zwei verschiedene Arten. Bei einigen Patienten, die ein erhebliches Trauma erlitten haben, sammelt sich das Blut aus den zerrissenen Brückenvenen im Subduralraum zügig an, mit der Ausbildung einer erheblichen Raumforderung. Zusätzlich ist das darunterliegende Hirngewebe direkt verletzt, entstanden durch das gleiche Trauma, das zur Zerreißung der Venen geführt hat. Aus diesem Grund wird der Verdrängungseffekt, anders als beim Epiduralhämatom, sowohl durch das subdurale Hämatom als auch durch die Schwellung der verletzten Hirnanteile hervorgerufen. Patienten, bei denen eine derartige Raumforderung auftritt, präsentieren sich häufig mit einem äußerst reduzierten geistigen Zustand und brauchen notfallmäßig eine Hirndruck-Überwachung und -Therapie, vielleicht sogar eine chirurgische Intervention.



6

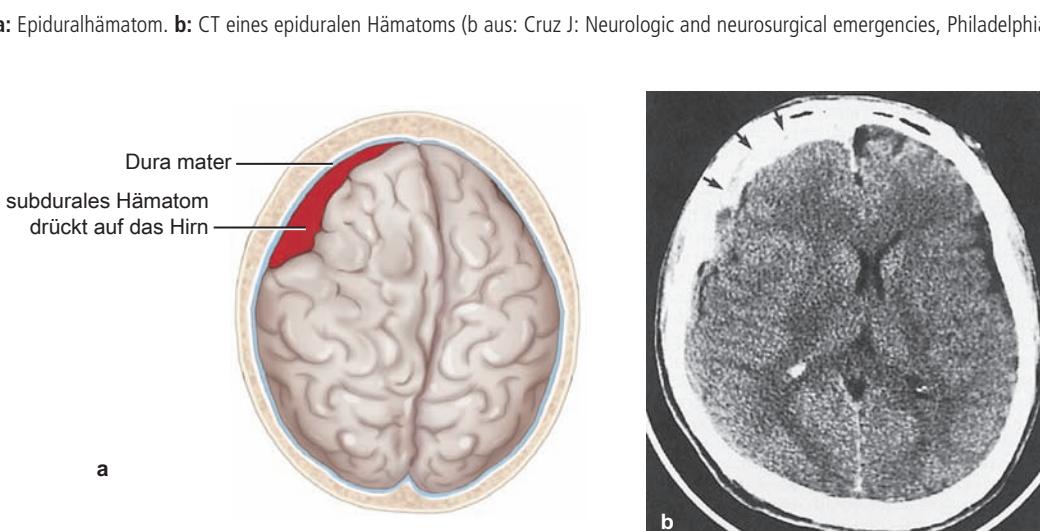


Abb. 6.15 a: Subduralhämatom. **b:** CT eines subduralen Hämatoms (b aus: Cruz J: Neurologic and neurosurgical emergencies, Philadelphia, 1998, Saunders.)

Zerebrale Kontusion

Durch ein direktes Trauma auf das Gehirn kann eine zerebrale Prellung entstehen; wenn die intrazerebralen Blutgefäße betroffen sind, auch eine intrazerebrale Blutung. Hirnkontusionen sind relativ häufig, sie treten bei 20–30 % der schweren Schädel-Hirn-Traumata auf, allerdings ebenso in einem großen Prozentsatz von mittelschweren Kopfverletzungen. Obwohl eine Hirnprellung typischerweise das Resultat einer stumpfen Krafteinwirkung auf den Kopf ist, kann sie auch durch ein penetrierendes Trauma, wie zum Beispiel eine Schussverletzung, verursacht werden.

Bei einem stumpfen Trauma können die Kontusionen des Gehirns zahlreich sein. Sie resultieren aus der direkten Kraftübertragung sowie aus den verschiedenen Kraftreflexionen innerhalb des Schädels. Deshalb treten Kontusionen häufig auf der gegenüber vom eingetretenen Trauma liegenden Seite auf, bekannt als „Contre-Coup“-Läsion.

Zerebrale Kontusionen brauchen 12–24 Stunden, um im CT sichtbar zu werden, so haben Patienten mit Hirnkontusionen häufig ein initial unauffälliges CT. Der einzige Anhaltspunkt für ihr Vorhandensein ist ein verminderter GCS. Die meisten Patienten zeigen gemäß GCS ein mittelschweres Schädel-Hirn-Trauma mit Werten zwischen 9 und 13. Nachdem sich die Kontusionen im Verlauf entwickeln, werden sie nicht nur im CT sichtbar, sie können auch einen zunehmenden Verdrängungseffekt bewirken, der sich durch starke Kopfschmerzen bemerkbar macht. So kann sich bei ca. 10 % der Patienten ein initial mittelschweres Schädel-Hirn-Trauma zu einem schweren Schädel-Hirn-Trauma verschlechtern.¹⁹

Subarachnoidale Blutung

Die Subarachnoidalblutung ist eine Blutung unter der Arachnoidea, die unterhalb des Subduralraumes liegt und das Gehirn bedeckt. Blut im Subarachnoidalraum kann also nicht in den Subduralraum fließen. Viele Blutgefäße des Gehirns liegen im Subarachnoidalraum. Eine Verletzung dieser Gefäße bewirkt eine Subarachnoidalblutung, eine sich ausbreitende Blutschicht direkt auf dem Gehirn und unter der Arachnoidea. Diese Blutschicht ist dünn und führt nur sehr selten zur Verdrängung von Hirngewebe.

Normalerweise denkt man bei einer Subarachnoidalblutung an ein geplatztes Aneurysma. Allerdings ist die häufigste Ursache die posttraumatische Blutung. Weil ein Verdrängungseffekt sehr selten ist, muss die Blutung nur selten operativ entlastet werden. Die subarachnoidale Blutung ist ein Indiz für eine potenzielle, schwerwiegende Hirnschädigung und ihr Vorliegen erhöht das Risiko für andere raumfordernde Verletzungen.

Patienten mit einer traumatischen Subarachnoidalblutung (TSAB) haben ein um 63–73 % erhöhtes Risiko einer zerebralen Kontusion und ca. 44 % entwickeln im Verlauf ein Subduralhämatom. Ebenso besteht ein größeres Risiko eines erhöhten Hirndruckes und einer intraventrikulären Blutung. Bei Patienten mit einer großen Subarachnoidalblutung (Dicke > 1 cm, Blut in der basalen Zisterne) ist die Wahrscheinlichkeit eines schlechten Outcomes auf 72–76 % erhöht. In der Trau-

ma-Koma-Datenbank erfasste Werte zeigen, dass die Präsenz einer traumatischen Subarachnoidalblutung die Wahrscheinlichkeit, an den Hirnverletzungen zu versterben, verdoppelt.^{17,20}

6.1.6 Management

Ein effizientes Management von Patienten, die eine traumatisch bedingte Hirnschädigung erlitten haben, beginnt mit einer systematischen Behandlung der lebensbedrohlichen Probleme, die im Primary Survey identifiziert wurden. Sobald diese Probleme angegangen bzw. gelöst wurden, sollte der Patient schnellstmöglich zur nächstgelegenen Einrichtung transportiert werden, die auch für die Behandlung von Schädel-Hirn-Traumata qualifiziert ist.

Airway

Patienten mit einem reduzierten Bewusstseinszustand sind unter Umständen nicht mehr in der Lage, ihre Atemwege zu schützen. Eine ausreichende Oxygenierung des geschädigten Gehirns ist besonders wichtig, um Sekundärschäden zu vermeiden. Wie bereits besprochen, können Gesichtsverletzungen mit Blutungen und Schwellungen assoziiert sein, welche die Atemwege verlegen können. Hämatome am Mundboden oder am weichen Gaumen können die Luftwege verschließen. Grundlegende Maßnahme in dieser Situation ist ein angemessenes Atemwegsmanagement (► Kap. 4). Sowohl der nasale als auch der orale Luftweg können durch Blutkoagel oder durch Ödeme verlegt sein, sodass intermittierendes Absaugen notwendig wird. Patienten mit Gesichtsfrakturen oder Halsverletzungen nehmen typischerweise eine Position ein, die ihnen eine möglichst gute Atmung erlaubt. Deshalb können Bemühungen, einen solchen Patienten in Rückenlage zu bringen oder ihm eine Zervikalstütze anzulegen, auf extreme Gegenwehr stoßen, wenn der Atemweg durch diese Maßnahmen verlegt wird. Die Erhaltung des Atemweges steht in diesen Fällen über dem HWS-Schutz. Diese Patienten können sitzend oder mit erhöhtem Oberkörper transportiert werden, wie es eben toleriert wird. Eine Zervikalstütze kann zurückgestellt werden, wenn sie potenziell die Atemwege verlegt und eine manuelle HWS-Stabilisation durchgeführt wird.

Wache Patienten können häufig beim Freihalten ihrer eigenen Atemwege mithelfen, beispielsweise indem sie darauf hinweisen, dass eine Absaugung ihres Erachtens notwendig ist.

Breathing

Alle Patienten, bei denen ein Schädel-Hirn-Trauma vermutet wird, sollten Sauerstoff verabreicht bekommen.

Es ist einfacher, die Ventilation über die Anzahl der Atemzüge pro Minute abzuschätzen. Wird die Atmung bei Patienten

mit SHT unterstützt, sollten normale Atemfrequenzen verwendet werden, ca. 10 Atemzüge pro Minute bei Erwachsenen, ca. 20 Atemzüge pro Minute bei Kindern und 25 Atemzüge pro Minute bei Säuglingen.

Aggressive Hyperventilation führt zu einer zerebralen Vaskonstriktion, die wiederum zu einer Minderversorgung des Gehirns mit Sauerstoff führt. Es konnte gezeigt werden, dass die prophylaktische Hyperventilation das neurologische Outcome der Patienten verschlechtert, sie sollte darum vermieden werden. Bei einem Erwachsenen sollten ein Tidalvolumen von 350–500 ml und eine Frequenz von 10/min ausreichen, um eine suffiziente Sauerstoffversorgung zu garantieren, ohne eine Hypokapnie zu induzieren.²¹

Nur beim Vorliegen von Zeichen der Einklemmung sollte eine kontrollierte Hyperventilation in Erwägung gezogen werden. Zu diesen Zeichen gehören Seitendifferenz der Pupillen, eine dilatierte oder nicht lichtreagible Pupille, Streckhaltung oder keine motorische Reaktion auf Reiz oder eine Verschlechterung des neurologischen Status. Diese Verschlechterung ist definiert als eine Abnahme des GCS-Scores um mehr als zwei Punkte, ausgehend von Patienten mit einem initialen GCS-Wert von 8 oder weniger. In diesem Fall sollte die milde, kontrollierte Hyperventilation bereits präklinisch eingesetzt werden. Die milde Hyperventilation ist definiert als genaue Überwachung der Atemfrequenz (20 Atemzüge/min bei Erwachsenen, 25 Atemzüge/min bei Kindern und 30 Atemzüge/min bei Säuglingen).²²

Circulation

Da sowohl Anämie als auch Hypotonie wichtige Faktoren bei der Entwicklung sekundärer Hirnschädigungen sind, sollten alle Anstrengungen unternommen werden, diese zu verhindern oder zumindest zu behandeln. Den Blutverlust aus einer Wunde zu stoppen, ist essenziell, bei äußeren Verletzungen durch direkten Druck oder einen Druckverband. Komplexe Verletzungen der Kopfhaut können zu massivem Blutverlust führen. Einige Gazetupfer, die mit einer elastischen Binde fixiert werden, ergeben einen guten blutstillenden Verband. Kann die Blutung damit nicht gestoppt werden, kann direkter Druck auf die Wundränder helfen, da so die Blutgefäße der Haut und des subkutanen Gewebes komprimiert werden. Ausgeprägte Blutungen können häufig auf diesem Wege gestoppt werden. Über einer offenen Schädelfraktur oder einer Impressionsfraktur des Schädelns sollte kein Druckverband angelegt werden – außer die Blutung ist lebensbedrohlich –, denn es besteht die Gefahr der Verstärkung der Hirnschädigung und eines ICP-Anstiegs. Ebenso kann leichter Druck die Ausbreitung von extrakraniellen Blutungen, Blutungen zwischen Kopfhaut und Schädelknochen, limitieren. Ein vorsichtiger Umgang und eine Immobilisation in anatomischer Position auf dem Spineboard können den interstitiellen Blutverlust um eine Fraktur minimieren.

Verletzungen der Vena jugularis interna oder der Arteria carotis können innerhalb kürzester Zeit zu massiven Blutverlusten führen. In den meisten Fällen kann die Blutung durch di-

rektes Abdrücken des Gefäßes gestoppt werden. Werden diese Gefäße jedoch durch ein penetrierendes Trauma geschädigt, kann zusätzlich eine innere Blutung auftreten, die sich als rasch progredientes Hämatom bemerkbar macht. Da die Ischämie des Gehirns durch eine Hypotonie noch verstärkt wird, sollten standardmäßig Maßnahmen ergriffen werden, um einen Schock zu bekämpfen. Bei Patienten mit SHT wird die Kombination von Hypoxie und Hypotonie mit einem 75-prozentigen Mortalitätsrisiko assoziiert. Hat der Patient einen Schock und wird eine größere innere Blutung vermutet, hat der Transport in ein Traumazentrum Priorität gegenüber möglichen Gehirnverletzungen.

Disability

Jeder Traumapatient sollte nach GCS eingestuft werden, nachdem der Kreislauf beurteilt wurde. Der Gebrauch der GCS hilft, den Patienten objektiv zu klassifizieren, und vermag auch Einfluss auf die Triage oder auf Entscheidungen bezüglich des Transportes zu nehmen.

Die Versorgung von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma zielt auf die Erkennung, Behandlung und Prävention von Faktoren ab, die zu einer sekundären Hirnschädigung führen.

Aufgrund der signifikanten Häufung von HWS-Verletzungen bzw. Frakturen bei Patienten mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma sollten alle Patienten immobilisiert werden. Die Anlage einer Zervikalstütze bei SHT-Patienten ist mit großer Vorsicht durchzuführen. Es gibt Hinweise darauf, dass eine zu eng sitzende Zervikalstütze den venösen Blutabfluss des Kopfes behindern kann und zu einer Erhöhung des ICP führt. Die Anlage einer Zervikalstütze ist nicht obligatorisch, solange Kopf und Hals ausreichend immobilisiert sind.

Transport

Um das beste neurologische Ergebnis zu erreichen, sollte jeder Patient mit einem mittelschweren bis schweren Schädel-Hirn-Trauma direkt in ein Traumazentrum mit CT transportiert werden, das eine Hirndruckmessung durchführen kann und in dem auch neurochirurgische Behandlungsmöglichkeiten bestehen. Falls solch eine Klinik nicht in der Nähe gelegen ist, sollte der Patient vom Unfallort mittels Hubschrauber in die nächste geeignete Einrichtung geflogen werden.¹⁶

Längerer Transport

Das oberste Ziel bei allen Patienten mit einer traumatischen Hirnverletzung muss die Vermeidung von sekundären Schäden sein. Die Oxygenierung sollte so gesteuert werden, dass ein ausreichendes SpO₂ gehalten wird.

Bei zu erwartender langer Transportdauer kann der Patient von einem harten Spineboard auf ein gepolstertes Rettungsbrett umgelagert werden, damit sich keine Druckulzera entwickeln.

Lösung Fallbeispiel 1

Der plötzliche Abfall des GCS-Wertes dieses Patienten ist höchst beunruhigend. Der Patient muss direkt nach Abschluss der Immobilisierung in eine Klinik mit neurochirurgischer Abteilung transportiert werden. Unter Berücksichtigung des freien Intervalls dieses Patienten muss ein epidurales Hämatom vermutet werden. Die Untersuchung der Augen kann eine erweiterte, träge reagierende Pupille auf der rechten Seite zeigen, und eine motorische Schwäche oder Lähmung auf der linken Körperseite kann sich entwickeln. Eine Computertomografie in der aufnehmenden Klinik kann die Diagnose bestätigen. Überprüfen Sie den Atemweg und die Atmung des Patienten. Verabreichen Sie Sauerstoff und beatmen sie ggf. assistiert, soweit erforderlich, mithilfe eines Beutel-Masken-Systems. Zusätzlich sollten Sie bei gegebenem Unfallmechanismus das Vorliegen eines Pneumothorax

in Erwägung ziehen. Überprüfen Sie weiterhin die Kopfwunde, um sicherzugehen, dass die Blutung unter Kontrolle ist. Messen Sie die Vitalparameter des Patienten inklusive des Blutdrucks. Führen Sie einen kompletten Secondary Survey durch, um weitere Verletzungen zu erkennen, und messen Sie den Blutzuckerwert. Überprüfen Sie regelmäßig die Atemwege des Patienten, die Vitalparameter, die Bewusstseinslage anhand der GCS und die Pupillenreaktion. Treten Zeichen für eine Einklemmung bei dem Patienten auf, ziehen Sie eine kontrollierte Hyperventilation in Betracht. Zusammen mit der erforderlichen neurochirurgischen Intervention kann die konsequente präklinische Behandlung das Outcome von Patienten mit mittlerem bis schwerem Schädel-Hirn-Trauma verbessern.

6.2 Wirbelsäulenverletzungen

Fallbeispiel 2

Sie werden zu einem Sportunfall in einer Turnhalle alarmiert. Bei Ihrer Ankunft sehen Sie eine auf dem Rücken liegende 19-jährige Frau. Sie liegt auf einer Matte direkt neben einer Reckstange. Die Einsatzstelle ist sicher. Ihr Trainer sitzt neben ihr und versucht, mit ihr zu reden, aber sie antwortet nicht.

Als Sie den Primary Survey beginnen, stellen Sie bei der Patientin, die ihr Sportprogramm absolvieren wollte und dann stürzte, eine Bewusstlosigkeit fest. Die Patientin hat Abschürfungen an der Stirn und eine offensichtliche Deformie-

rung im Bereich des rechten Handgelenks. Der Atemweg ist frei, und die Patientin atmet regelmäßig. Anzeichen für eine äußere Blutung sind nicht erkennbar. Die Haut erscheint normal und warm und weist eine normale Farbe auf. Während Ihrer Untersuchung klart die Patientin auf, weiß allerdings nicht, was passiert ist.

Welcher pathophysiologische Prozess erklärt das Aussehen der Patientin? Welche unmittelbaren Maßnahmen und weiteren Untersuchungen sind erforderlich? Welches sind die Behandlungsziele bei dieser Patientin?

Spinale Verletzungen können zu irreversiblen Schäden führen und beim Patienten eine lebenslange Lähmung bewirken, sofern sie nicht erkannt und angemessen behandelt werden. Manche Patienten erleiden als Folge eines Traumas eine sofortige Schädigung des Rückenmarks. Andere erleiden eine Verletzung der Wirbelsäule, die nicht sofort zur Rückenmarkschädigung führt, allerdings kann diese später durch eine Bewegung verursacht werden. Da das zentrale Nervensystem sich nicht regenerieren kann, ist eine schwere Verletzung des Rückenmarks nicht heilbar. Bewegt man einen Patienten mit Wirbelsäulenverletzung unangemessen oder erlaubt ihm, sich zu bewegen oder gar herumzulaufen, können die Konsequenzen verheerend sein. Falls die Einsatzkräfte eine Wirbelsäulenverletzung nicht erkennen und sorgfältig immobilisieren, kann das für den Patienten schlimmere Folgen haben, als wenn z.B. eine Oberschenkelfraktur übersehen und nicht immobilisiert wurde. Umgekehrt hat die vollständige Immobilisierung der Wirbelsäule eines Patienten ohne Hinweise auf Verletzungen ihrerseits Folgen und sollte nicht erfolgen, ohne sorgsam Risiken und Nutzen gegeneinander abzuwägen.

Eine Verletzung des Rückenmarks kann erhebliche Auswirkungen auf die Physiologie, den Lebensstil und die Finanzen des betroffenen Menschen haben. Die Physiologie ist gestört, weil die Benutzung der Extremitäten oder anderer Regionen aufgrund der Rückenmarkverletzung beeinträchtigt oder vollständig aufgehoben ist. Der Lebensstil ist beeinträchtigt, weil Rückenmarkverletzungen normalerweise erhebliche Veränderungen der täglichen Lebensaktivitäten und der Unabhängigkeit nach sich ziehen. Rückenmarkverletzungen beinträchtigen zudem die finanzielle Situation des Betroffenen, aber auch die der gesamten Bevölkerung.²³ Ein Patient mit solch einer Verletzung benötigt sowohl eine akutmedizinische Versorgung als auch eine Langzeitversorgung. Man schätzt, dass die lebenslange Versorgung einer bleibenden Rückenmarkläsion pro Patient etwa 1,35 Millionen US-Dollar beansprucht.²⁴ Auf eine Million Einwohner rechnet man jährlich mit etwa 32 Menschen, die sich eine Rückenmarkverletzung zuziehen.

In den Vereinigten Staaten schätzt man die Zahl derer, die mit einer Rückenmarkverletzung leben, auf 250.000–400.000. Auftreten kann die Verletzung in jeder Altersgruppe, allerdings betrifft sie am häufigsten die Altersgruppe von 16–35

Jahren. Dies liegt daran, dass diese Gruppe am ehesten in Gewalttätigkeiten und hochrisikante Aktivitäten verwickelt ist. Die meisten Traumapatienten finden sich im Alter von 16–20 Jahren. Die zweitgrößte Gruppe umfasst Patienten von 21 bis 25 Jahren, gefolgt von den 26- bis 35-Jährigen. Die wichtigsten Ursachen sind Verkehrsunfälle (48 %), Stürze (21 %), penetrierende Verletzungen (15 %), Sportunfälle (14 %) und andere Ursachen (2 %). Insgesamt erleiden in den Vereinigten Staaten jährlich etwa 11.000 Menschen eine Rückenmarkverletzung.²⁵

Eine plötzliche Krafteinwirkung auf den Körper kann bewirken, dass die Wirbelsäule über ihren normalen Beweglichkeitsgrad hinaus verformt wird, entweder durch Einwirkung auf Kopf oder Hals oder dadurch, dass der Rumpf unter dem Kopf hinweggeschleudert wird. Die folgenden vier Mechanismen zeigen auf, welche Energie auf den Körper gewirkt haben kann, und helfen den Rettungskräften damit, das Verletzungspotenzial einzuschätzen.

1. Der Kopf sitzt wie eine Bowlingkugel auf dem Hals und bewegt sich aufgrund einer gewissen Trägheit oft in eine andere Richtung als der Rumpf, wodurch starke Kräfte auf den Hals wirken (Halswirbelsäule, Rückenmark).
2. Objekte, die sich bewegen, tendieren dazu, die Bewegung aufrechtzuerhalten, und Objekte, die sich in Ruhe befinden, tendieren dazu, in der Ruheposition zu verharren.
3. Eine plötzliche bzw. sehr starke Bewegung der Oberschenkel wird auf das Becken weitergeleitet, sodass eine starke Bewegung in der unteren Wirbelsäule entsteht. Aufgrund der Massenträgheit von Kopf und Rumpf wird die obere Wirbelsäule in die entgegengesetzte Richtung gelenkt.
4. Das Fehlen von neurologischen Symptomen bedeutet nicht, dass Verletzungen von knöchernen Strukturen oder des Bandapparates der Wirbelsäule ausgeschlossen werden können. Ebenso kann das Rückenmark an die Grenze der Belastbarkeit geraten sein.

Manche Patienten mit einem neurologischen Defizit werden eine vorübergehende oder anhaltende Schädigung des Rückenmarks haben. Andere Patienten haben ein neurologisches Defizit, weil ein peripherer Nerv geschädigt wurde oder weil ein Extremitätentrauma vorliegt, welches nichts mit einer Rückenmarkschädigung zu tun hat. Bei jedem Patienten, der eine der folgenden Verletzungen aufweist, sollte mit einer Rückenmarkverletzung gerechnet werden.^{26,27}

- jegliche stumpfe Gewalteinwirkung auf Kopf, Hals, Rumpf oder Becken
- Ereignisse, bei denen es zu einer abrupten Akzeleration (Beschleunigung) oder Dezeleration (Abbremsung) oder zu seitlich einwirkenden Biegekräften auf den Hals oder Rumpf kommt
- jeglicher Sturz aus einer gewissen Höhe, vor allem bei älteren Personen
- Herausgeschleudertwerden oder Sturz von jeglicher Art motorisiertem oder andersartig angetriebenem Fahrzeug
- alle Opfer eines Kopfsprungs in flaches Gewässer.

All diese Patienten sollten manuell in einer Inline-Position stabilisiert werden (außer es existieren Kontraindikationen), bis

festgestellt wurde, ob eine spinale Immobilisierung erforderlich ist.

6.2.1 Anatomie und Physiologie

Anatomie der Wirbel

Die **Wirbelsäule** (Columna vertebralis) besteht aus 33 Knochen, den sogenannten Wirbeln (Vertebrae), die einer auf dem anderen positioniert sind. Mit Ausnahme des 1. und des 2. Halswirbels (C1 und C2; C für lat.: Cervix = Hals, Nacken) am oberen Ende der Wirbelsäule und den zusammengewachsenen Wirbeln des Kreuz- und Steißbeins am unteren Ende ähneln sich alle Wirbel in Form, Struktur und Beweglichkeit (> Abb. 6.16). Den größten Anteil bildet der anterior gelegene **Wirbelkörper** (Corpus vertebrae). Die Wirbelkörper werden durch die Bandscheiben (Zwischenwirbelscheibe, Discus intervertebralis) miteinander verbunden, die eine Stoßdämpferfunktion erfüllen. Jeder Wirbelkörper stützt das Gewicht der Wirbelsäule und des Körpers oberhalb von ihm. Der **Wirbelbogen** (Arcus vertebrae) ist ein knöcherner Bestandteil jeden Wirbels: Er beginnt beidseits mit „Füßchen“ (Pediculus arcus vertebrae), die sich im Wirbelbogen (Arcus vertebrae) vereinigen. Dieser umschließt bogenförmig die dorsale (zum Rücken gerichtete) Seite des Wirbellochs (siehe unten). Der **Dornfortsatz** (Processus spinosus) ist ein vom Wirbelbogen ausgehender, nach dorsal zeigender Fortsatz. Bei den unteren fünf Halswirbeln ist er direkt nach hinten, bei den thorakalen und lumbalen Wirbeln eher ein wenig fußwärts (kaudal) gerichtet.

Die meisten Wirbel verfügen über ähnlich gestaltete seitliche „Ausstülpungen“ (Protuberanzen), die man als **Querfortsätze** bezeichnet. Quer- und Dornfortsätze dienen dem Ansatz von Bändern und Muskeln und ermöglichen somit Bewegungen. Die Wirbelbögen und der hintere Teil eines jeden Wirbelkörpers bilden eine annähernd kreisförmige Form, die man als **Wirbelloch** (Foramen vertebrale) bezeichnet. Alle Wirbellöcher gemeinsam bilden den Wirbelkanal, in dem das Rückenmark verläuft. Dieses wird durch die umgebende knöcherne Struktur der Wirbel weitgehend gegen Verletzungen geschützt.

Wirbelsäule

Die einzelnen Wirbel sind so miteinander verbunden, dass sich eine doppelt S-förmige Krümmung ergibt (> Abb. 6.17). Dieser Aufbau erlaubt eine große Beweglichkeit bei gleichzeitiger maximaler Stabilität. Man unterteilt die Wirbelsäule in fünf unterschiedliche anatomische Abschnitte: Von Kopf nach Fuß handelt es sich hierbei um die zervikale (Halswirbelsäule), thorakale (Brustwirbelsäule), lumbale (Lendenwirbelsäule), sakrale (Kreuzbein) und kokzygeale Region (Steißbein). Die einzelnen Wirbel werden mit Buchstaben und Zahlen benannt, wobei jeweils von oben nach unten gezählt wird. Der 1. zervikale oder Halswirbel wird C1 genannt, der 3. thorakale oder

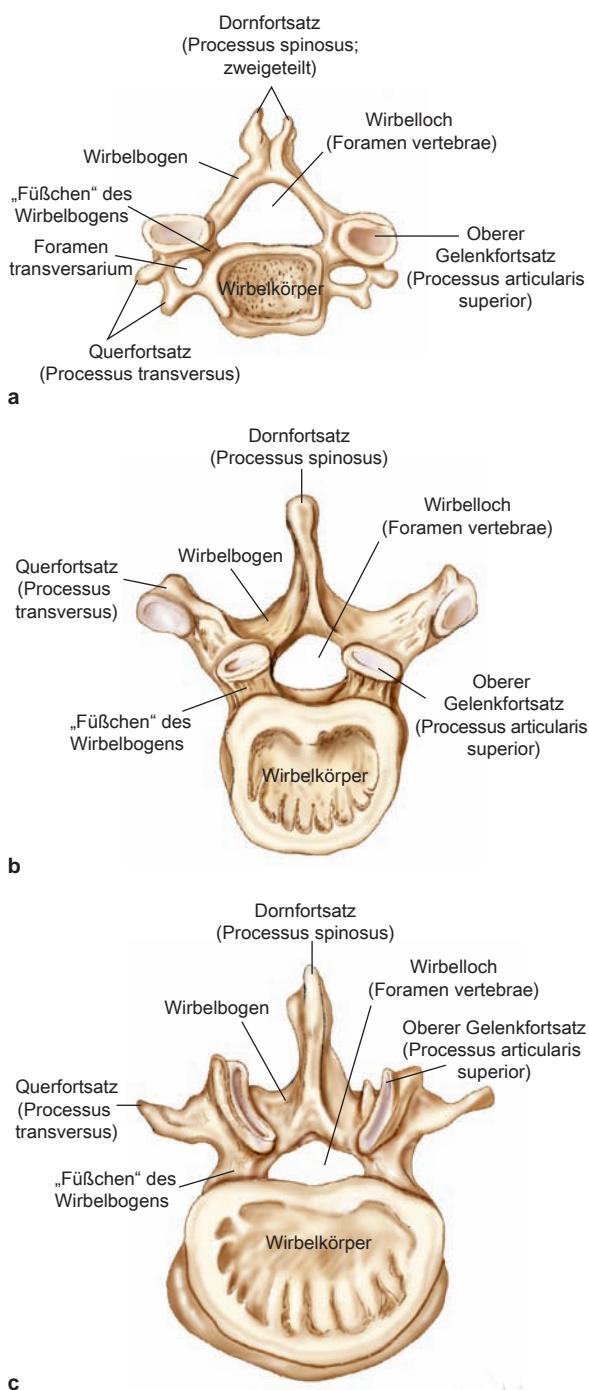


Abb. 6.16 Mit Ausnahme der verwachsenen Wirbel von Kreuz- und Steißbein haben alle Wirbel eine vergleichbare Anatomie. Die Wirbelkörper (der anterior gelegene Anteil) werden zum Becken hin immer kräftiger, da sie hier mehr Gewicht aufnehmen müssen. **a:** 5. Halswirbel (C5). **b:** thorakaler (Th) oder Brustwirbel. **c:** lumbaler (L) oder Lendenwirbel. Alle Wirbel sind in der Ansicht von oben gezeigt.

Brustwirbel Th3 und der 5. lumbale oder Lendenwirbel L5. Je weiter fußwärts (kaudal) ein Wirbel liegt, umso mehr Körpergewicht muss er tragen. Somit wird die Wirbelsäule von C1 nach L5 zunehmend massiver und größer, um dem zunehmen-

den Gewicht und den damit steigenden Belastungen standzuhalten (► Abb. 6.16).

Am oberen Ende der Wirbelsäule befinden sich die sieben **zervikalen** (Hals-)Wirbel, die den Kopf stützen. Die Halswirbelsäule ist sehr flexibel, damit der Kopf die erforderliche Beweglichkeit erhält. Als Nächstes folgen die zwölf **thorakalen** (Brust-)Wirbel. Jedes Paar Rippen ist posterior mit einem Brustwirbel verbunden. Anders als die Halswirbelsäule (HWS) ist die Brustwirbelsäule (BWS) relativ unbeweglich. Unter der BWS befindet sich die **lumbale** (Lenden-)Wirbelsäule (LWS), die aus fünf Wirbeln besteht. Diese sind die massivsten von allen Wirbeln. Die LWS ist ebenfalls flexibel und erlaubt Bewegungen in mehrere Richtungen. Die fünf Sakral- oder Kreuzbeinwirbel sind fest miteinander zum **Kreuzbein** (Os sacrum) verwachsen. Die vier (oder fünf) Steißbeinwirbel sind ebenfalls miteinander verwachsen und bilden das **Steißbein** (Os coccygis). Etwa 55 % der Wirbelsäulenverletzungen betreffen die HWS und je 15 % die BWS, den thorakolumbalen Übergang oder die lumbosakrale Region.

Bänder und Muskeln halten die Wirbelsäule von der Schädelbasis bis zum Becken zusammen. Sie bilden eine Hülle, welche die knöchernen Teile der Wirbelsäule umgibt, in ihrer Form hält und Bewegungen erlaubt. Reißen diese Bänder oder Muskeln, können sich einzelne Wirbel relativ zu den anderen übermäßig bewegen. Die Dislozierung eines oder mehrerer Wirbel kann den Spinalkanal einengen und somit das Rückenmark schädigen.

Die vorderen und hinteren Längsbänder (Ligamentum longitudinale anterius und posterius) verbinden die Wirbelkörper vor der Wirbelsäule und innerhalb des Spinalkanals. Die Bänder zwischen den Dornfortsätzen unterstützen Flexions- und Extensionsbewegungen (vor- und rückwärts). Andere Bänder zwischen den Bogenplatten bieten eine Stützfunktion während der lateralen Flexion (seitlicher Biegung; ► Abb. 6.18).

Der Kopf balanciert auf der Spitze der Wirbelsäule, und diese wiederum wird vom Becken gestützt. Der Schädel sitzt auf dem ringförmigen 1. zervikalen Wirbel (C1), dem **Atlas**. Der **Axis** (C2) ist ebenfalls eher ringförmig, hat aber zusätzlich einen Dorn (Dens axis), der wie ein Zahn nach oben gerichtet ist. Dieser besitzt auf seiner Vorder- und Rückseite eine Gelenkfläche und endet mit einer abgerundeten Spitze. Der Dens liegt auf der ventralen Seite des Atlas-Rings. Dieses Gelenk erlaubt dem Kopf einen Bewegungsspielraum von ungefähr 180° (► Abb. 6.19).

Der menschliche Kopf wiegt mit ca. 7–10 kg etwas mehr als eine durchschnittliche Bowlingkugel. Gewicht und Position des Kopfes auf dem dünnen, flexiblen Hals, die auf den Kopf einwirkenden Kräfte, die eher schwache Muskulatur und die fehlende Schutzfunktion durch Rippen oder andere Knochen sind Faktoren, welche die HWS anfällig für Verletzungen machen. Auf der Höhe von C3 füllt das Rückenmark etwa 95 % des Spinalkanals aus, im Vergleich dazu sind es in der Lumbalregion nur etwa 65 %. Nur 3 mm bleiben zwischen Rückenmark und der Wand des Rückenmarkkanals. In dieser Region kann schon eine kleine Dislokation zu einer Kompression des Rü-

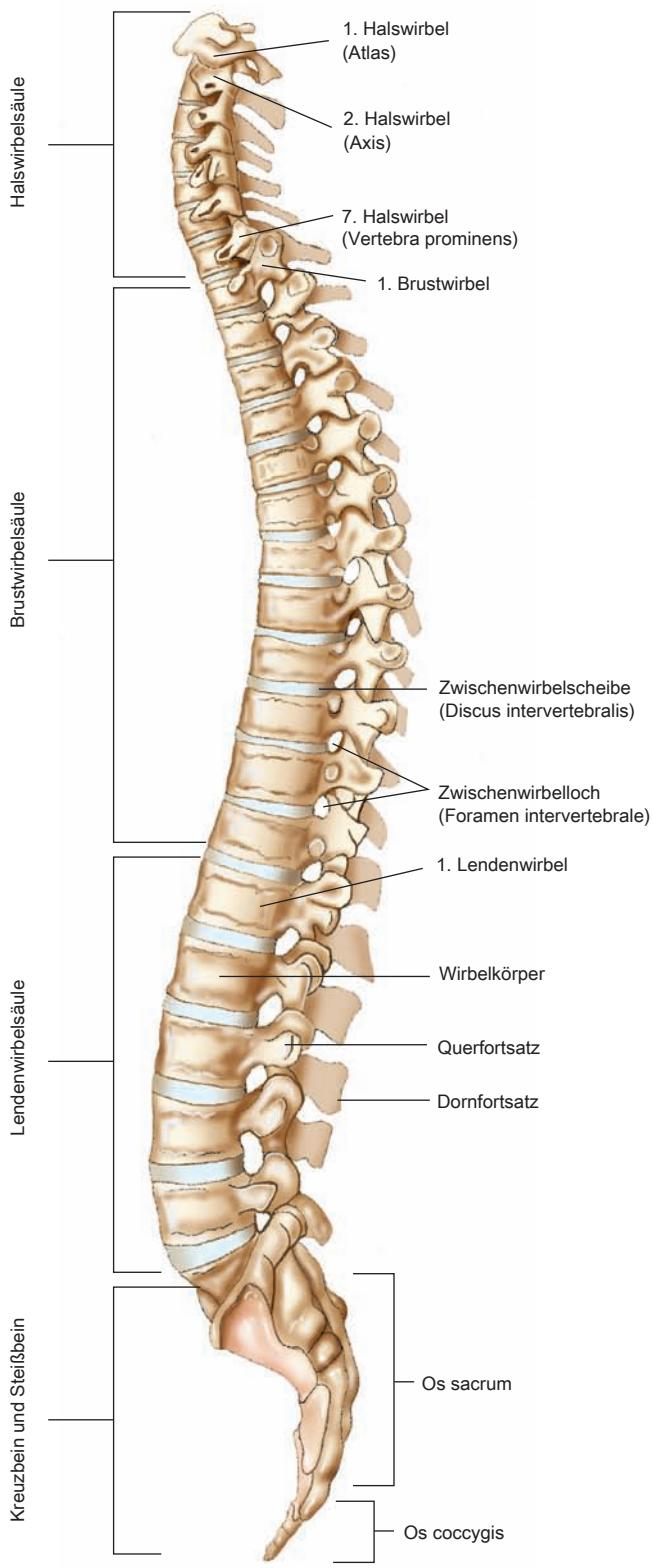


Abb. 6.17 Die Wirbelsäule ist kein gerader Stab, sondern eine doppelt S-förmige Aneinanderreihung von Knochenblöcken, die Bewegungen in verschiedene Richtungen erlaubt. In jeder der „Kurven“, die durch die doppelte S-Form entstehen, ist die Wirbelsäule anfälliger für Frakturen, daher der Spruch: „Das S bricht beim Fallen.“

ckenmarks führen. Die hinteren Halsmuskeln sind stark und lassen maximal eine 60-prozentige Flexion (Beugung) und 70-prozentige Extension (Streckung) des Kopfes zu, ohne das Rückenmark zu dehnen. Trotzdem können plötzliche, heftig

beschleunigende, bremsende oder seitlich auf den Körper einwirkende Kräfte durch das Gewicht des Kopfes auf dem dünnen Hals die Folgen der plötzlichen Bewegung verstärken. Daher können Auffahrkollisionen zu schweren HWS-Verletzun-

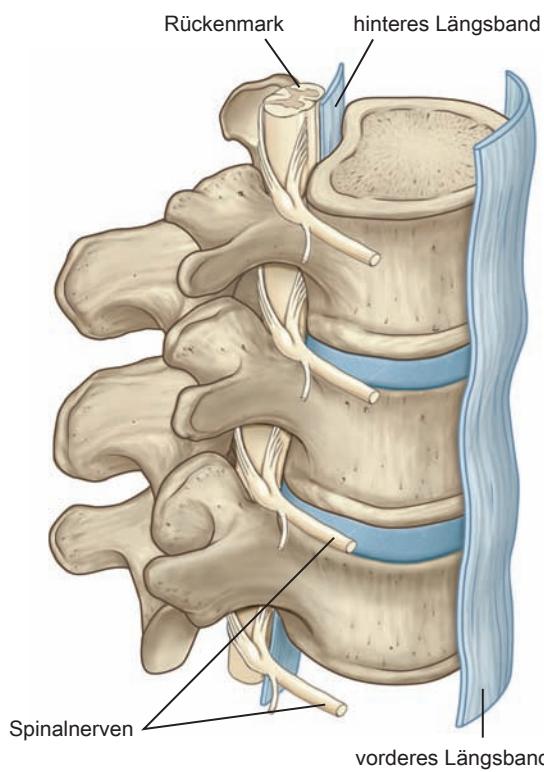


Abb. 6.18 Zum Bandapparat der Wirbelsäule gehören das vordere (Ligamentum longitudinale anterius) und das hintere Längsband (Ligamentum longitudinale posterius).

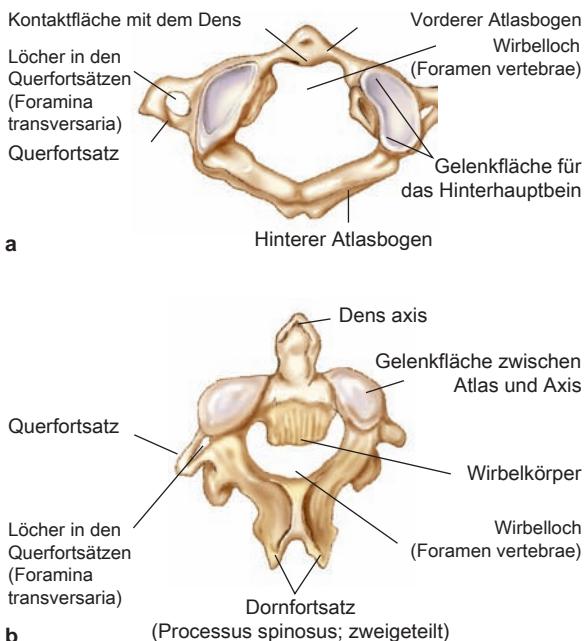


Abb. 6.19 Der 1. (a: Atlas) und der 2. (b: Axis) Halswirbel (Ansicht jeweils von oben) sind anders aufgebaut als die restlichen Halswirbel. Sie stützen den Schädel und erlauben Drehbewegungen sowie anteroposteriore Bewegungen des Kopfes.

gen führen, vor allem dann, wenn die Nackenstütze falsch eingesetzt ist.

Das **Kreuzbein** (Os sacrum) ist die Basis der Wirbelsäule, die Plattform, worauf die Wirbelsäule ruht. 70–80 % des Körpergewichts lasten auf ihm. Es ist sowohl Teil der Wirbelsäule als auch des Beckengürtels und mit diesem durch unbewegliche Gelenke (Iliosakralgelenk) verbunden.

Anatomie des Rückenmarks

Das Rückenmark (Medulla spinalis) geht kontinuierlich in das Gehirn über. Es beginnt im Hirnstamm, passiert das Loch in der Schädelbasis, das Foramen magnum, und läuft durch den Wirbelkanal bis ungefähr auf Höhe des 2. Lendenwirbels (L2). Die Blutversorgung des Rückenmarks erfolgt durch die Vertebral- und Spinalarterien.

Das Rückenmark ist umgeben von Gehirn-Rückenmarkflüssigkeit, dem sogenannten Liquor cerebrospinalis, und umhüllt vom Durasack. Die Dura umgibt das Gehirn und das ganze Rückenmark bis zum sackartigen Ende auf der Höhe des 2. Kreuzbeinwirbels. Dieses sackartige Ende stellt zugleich ein Reservoir (Zisterne) für Liquor dar. Der im Gehirn gebildete Liquor umgibt das Rückenmark und wird unter anderem in der Zisterne absorbiert. Er dient Gehirn und Rückenmark als Puffer bei schnellen und heftigen Bewegungen.

Das Rückenmark selbst besteht wie das Gehirn aus weißer und grauer Substanz. Die weiße Substanz umfasst die markhaltigen Nervenfasern. Diese werden unterschieden in aufsteigende und absteigende Bahnen, die auch Faserbündel genannt werden (> Abb. 6.20).

Aufsteigende oder afferente Nervenbahnen leiten sensorische Signale vom Körper ins Gehirn. Die aufsteigenden Bahnen lassen sich in verschiedene Anteile unterscheiden: Bahnen für die verschiedenen Schmerzempfindungen, Temperatur, Berührungsempfindungen und die Körperstellung. Teilweise kreuzen diese Bahnen den Körper: Schmerzempfindungen oder Temperaturwahrnehmungen der linken Körperseite werden durch Bahnen der rechten Rückenmarkseite hinauf ins Gehirn geleitet. Im Gegensatz dazu kreuzen Nervenwurzeln, die sensorische Informationen zu Vibrationen und leichten Berührungen weiterleiten, die Körperseite nicht. Somit werden diese Signale auf derselben Körperseite Richtung Hirn geleitet.

Absteigende oder efferente Bahnen sind verantwortlich für die Weiterleitung motorischer Informationen vom Gehirn in den Körper. Sie kontrollieren die Bewegungen und den Tonus aller Muskeln des Menschen. Die motorischen Bahnen kreuzen die Seite innerhalb des Rückenmarks nicht. Somit steuern die motorischen Bahnen der rechten Rückenmarkseite die Muskeln derselben Körperseite. Trotzdem koordiniert die linke Hirnhälfte die Bewegungen der rechten Körperseite (und umgekehrt) – die Signale wechseln die Seite schon auf Höhe des Hirnstamms.

Aus dem nach unten ziehendem Rückenmark zweigt auf Höhe jedes Wirbels ein Nervenpaar ab und versorgt verschiedene

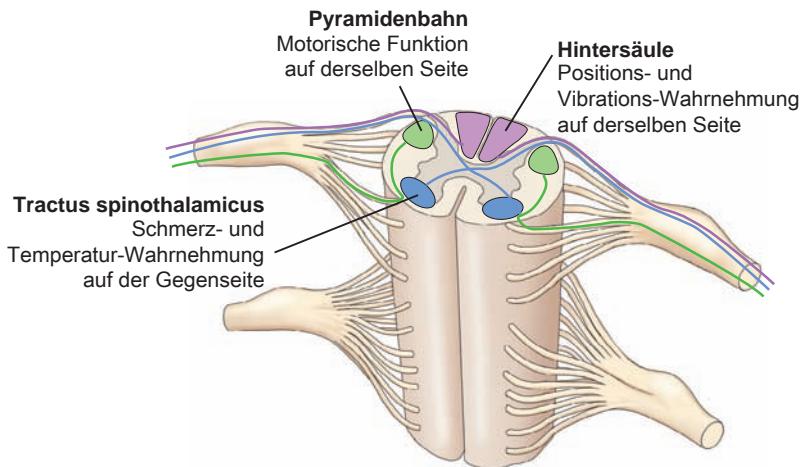


Abb. 6.20 Spinales Nervenbahnen

dene Regionen des Körpers mit Signalen (► Abb. 6.21). Es gibt 31 Paare solcher Spinalnerven, die nach der Höhe der Austrittsstelle benannt werden. Jeder Nerv hat auf jeder Körperseite zwei Wurzeln: Die **dorsale (hintere) Wurzel** leitet sensorische Impulse, die **ventrale (vordere) Wurzel** leitet motorische Impulse weiter. Jeder Nervenimpuls gelangt auf dem Weg vom oder zum Gehirn durch das Rückenmark und bestimmte Wurzeln der Spinalnerven. Die Spinalnerven passieren die Wirbel durch ein unteres seitliches Loch hinter dem Wirbalkörper, durch das Zwischenwirbelloch oder **Foramen intervertebrale**. Die zwischen dem Körper aller Wirbel befindlichen knorpeligen Zwischenwirbel- oder „Bandscheiben“ dienen der Schockabsorption

Die Spinalnervenbahnen haben vielfältige Kontrollfunktionen. Das Einzugsgebiet eines Spinalnervs wird Dermatom genannt. Ein **Dermatom** ist der sensorische Körperabschnitt, für den eine bestimmte Nervenwurzel zuständig ist. Somit werden alle sensorischen Signale eines Dermatoms durch die gleiche Spinalwurzel ins Hirn geleitet. ► Abb. 6.22 zeigt das Bild des Körpers mit den verschiedenen Dermatomen. Das Schema hilft dem Rettungsfachpersonal bzw. Notarzt, bei Verletzungen des Rückenmarks den Ort der Verletzung einzugrenzen. Zwei Landmarken sind wichtig: Den Brustwarzen entspricht Th4, dem Bauchnabel Th10.

Der Prozess von Inspiration und Exspiration erfordert zweierlei – Thoraxexkursionen und ausreichende Zwerchfellbewegungen. Das Zwerchfell wird vom Zwerchfellnerv, dem Nervus phrenicus, innerviert. Dieser ist der wichtigste Nerv des Halsgeflechts, des Plexus cervicalis, dieser entspringt dem Rückenmark zwischen C2 und C5. Wird das Rückenmark oberhalb von C2 durchtrennt und der Nervus phrenicus verletzt oder die Nervenbahn aus einem anderen Grund unterbrochen, kann der Patient nicht mehr spontan atmen. Betroffene ersticken, bevor der Rettungsdienst vor Ort ist, wenn nicht Ersthelfer mit einer Mund-zu-Mund-Beatmung beginnen. Solche Patienten benötigen während des gesamten Transports eine Überdruckbeatmung.

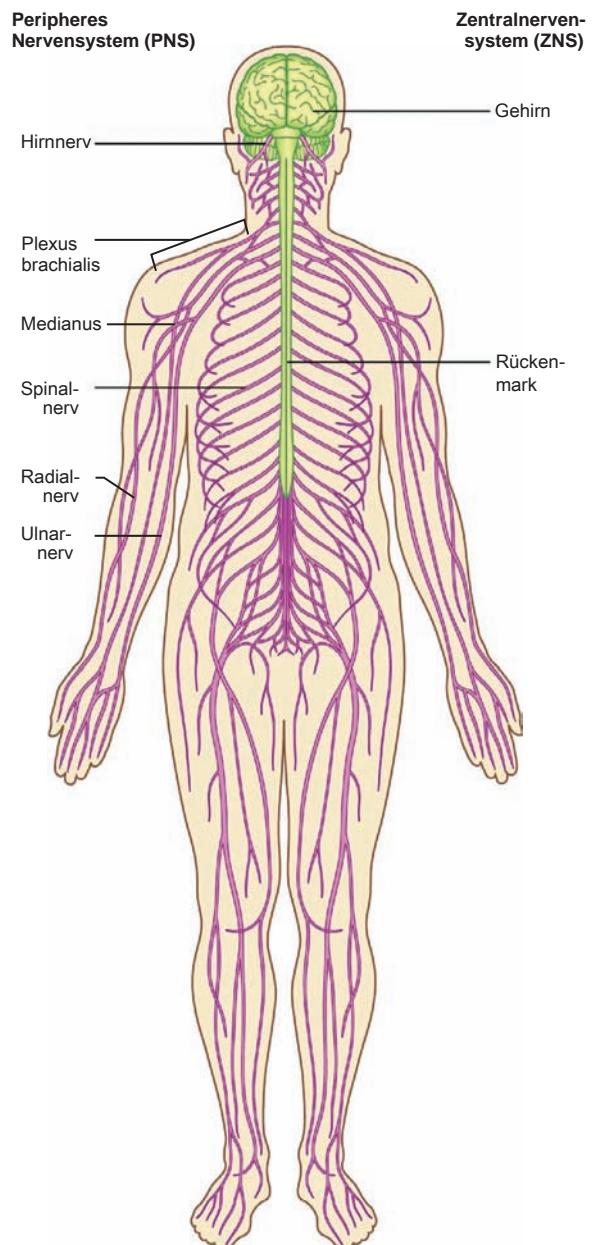


Abb. 6.21 Zentrales Nervensystem (ZNS) und peripheres Nervensystem (PNS)

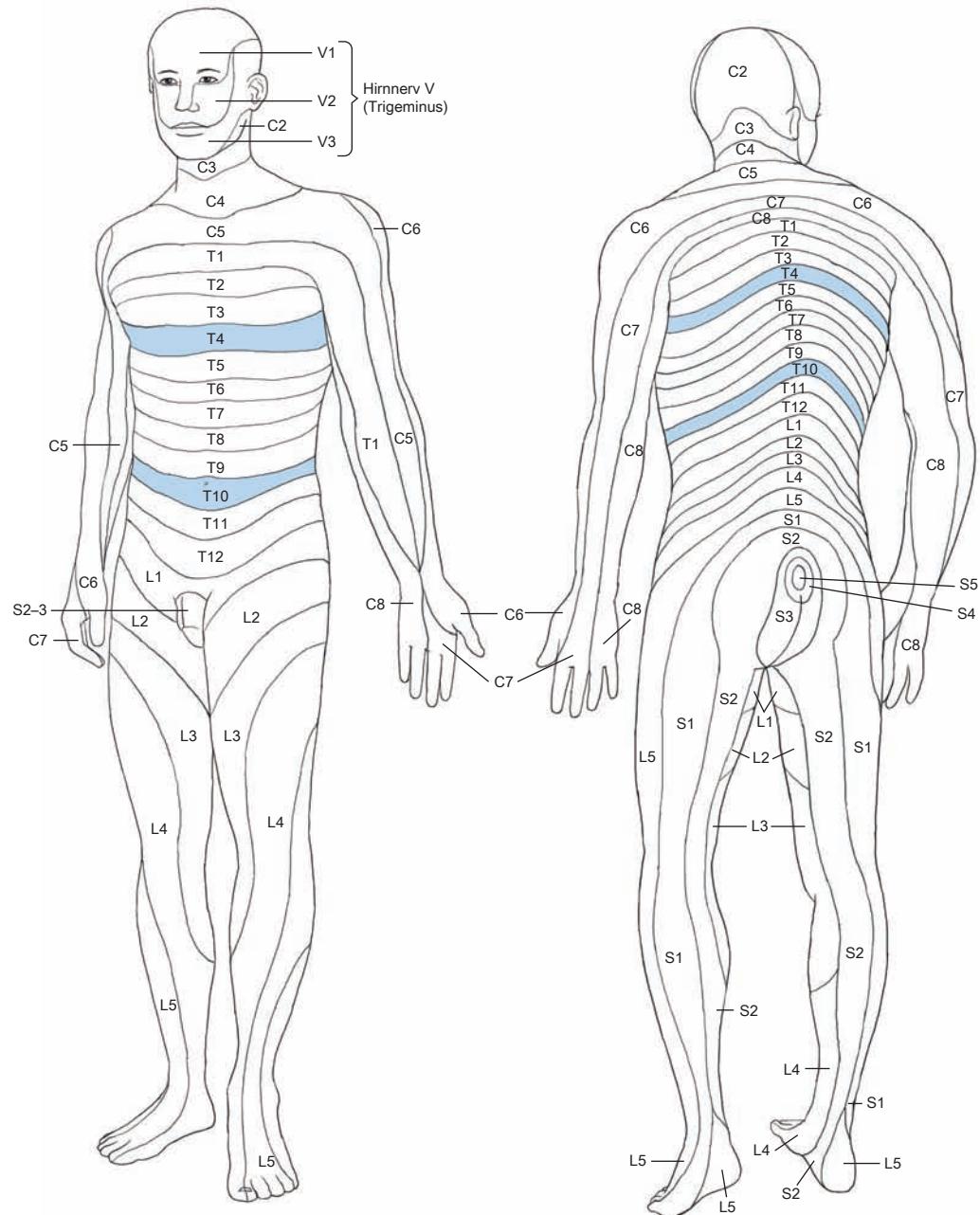


Abb. 6.22 Die Darstellung der Dermatome zeigt, welcher Spinalnerv welches Segment der Hautoberfläche innerviert. Ein Sensibilitätsverlust in einem bestimmten Dermatom deutet auf eine Verletzung des dafür zuständigen Spinalnervs hin (C: zervikal; Th: thorakal; L: lumbal; S: sakral; CX: kogzygeal).

6.2.2 Pathophysiologie

Skelettverletzungen

Folgende Verletzungsformen der Wirbelsäule sind bekannt:²⁸

- Kompressionsfrakturen der Wirbel, die zu Berstungsbrüchen oder den Wirbelkörpern komplett flachdrücken
- Frakturen, bei denen Knochensplitter ins Rückenmark gepresst werden können

- **Subluxation**, worunter eine teilweise Dislokation eines Wirbels aus seiner normalen Ausrichtung innerhalb der Wirbelsäule verstanden wird
- Überdehnung oder Reißen von Bändern und Muskeln mit Instabilitäten zwischen den Wirbeln als Folge. Jede dieser Verletzungen kann bereits zum Zeitpunkt des Eintretens zur irreversiblen Durchtrennung, Kompression oder Überdehnung des Rückenmarks und folglich zu einer Querschnittslähmung führen. Bei einigen Patienten können Schä-

den der Wirbelsäule oder der Bänder auch **instabile Wirbelsäulenverletzungen** als Folge haben, bei denen das Rückenmark nicht sofort betroffen ist. Patienten, die eine HWS-Verletzung erleiden, haben in ca. 10 % der Fälle noch eine weitere Wirbelsäulenfraktur. Deshalb muss bei Patienten mit einer Indikation für eine HWS-Immobilisierung immer der gesamte Rücken fixiert werden.

Ein fehlendes neurologisches Defizit schließt eine knöcherne Schädigung oder eine instabile Wirbelsäule nicht aus. Obwohl gute motorische und sensorische Reaktionen der Extremitäten anzeigen, dass das Rückenmark zurzeit intakt ist, können eine Fraktur von Wirbelkörpern oder eine Verletzung der Bänder nicht ausgeschlossen werden. Eine signifikante Anzahl von Patienten mit Wirbelfrakturen hat keine neurologischen Symptome. Eine vollständige Untersuchung ist nötig, um die Notwendigkeit für eine Immobilisierung zu ermitteln.

Spezifische Verletzungsmechanismen, die zu Rückenmarkverletzungen führen können

Eine **axiale Belastung** kann auf verschiedenste Arten Schäden herbeiführen. Am häufigsten kommt es zur Kompression der Wirbelsäule, wenn der Kopf durch einen harten Gegenstand gebremst wird und sich der Körper mit seinem ganzen Gewicht in Richtung des gestoppten Kopfes weiterbewegt. Dies ist etwa bei einem Kopfsprung in seichtes Wasser der Fall, beim Aufschlag des Kopfes an der Frontscheibe eines Autos, falls die Person nicht angegurtet ist, oder wenn jemand aus großer Höhe fällt und aufrecht stehend landet. Dabei wird das Gewicht von Kopf und Thorax nach unten gegen die Lendenwirbelsäule gepresst, während das Kreuzbein an Ort und Stelle verbleibt. Dies kann zu schweren Verletzungen im Bereich des thorakolumbalen Übergangs führen. Etwa 20 % der Stürze aus über 5 m Höhe gehen mit Lendenwirbelfrakturen einher. Bei derartig großen Energieeinwirkungen kommt es kurzfristig zu einer Übersteigerung der normalen S-förmigen Kurven, was zu Frakturen und Kompressionen dieser Areale führen kann. Da die Wirbelsäule S-förmig ist, bewirken diese Kompressionskräfte quasi, dass „das S des Patienten gebrochen wird“. Bei solchen Belastungen werden die konkaven Seiten komprimiert, die konvexen Areale stärker geöffnet.

Exzessive Flexion oder Beugung (**Hyperflexion**), **exzessive Extension** oder Streckung (**Hyperextension**) oder **exzessive Rotation** oder Drehung (**Hyperrotation**) können jeweils zu Knochenverletzungen und Bänder- bzw. Muskelüberdehnungen führen. Daraus kann eine Stauchung oder Dehnung des Rückenmarks resultieren.

Plötzliches und heftiges seitliches Biegen führen bereits durch viel kleinere Auslenkung zu Schäden als eine Flexion/Extension. Bei seitlicher Gewalteinwirkung werden Rumpf und Brustwirbelsäule nach lateral bewegt. Der Kopf tendiert dazu, am Ort zu bleiben, bis er durch den Körper mitgerissen wird. Der Schwerpunkt des Kopfes liegt vor und oberhalb der Verbindungsstelle zur Wirbelsäule. Deshalb tendiert er dazu, seit-

lich wegzurollen. Diese Bewegungen führen häufig zu Dislokationen und Frakturen.

Eine **Distraktion** oder **Auseinanderziehung der Wirbelsäule** erfolgt, wenn ein Teil der Wirbelsäule stabil ist und der Rest sich in einer Längsbewegung befindet. In solchen Fällen kommt es schnell zu einer Dehnung und Zerreißung des Rückenmarks. Diese Art von Verletzung ist bei Patienten üblich, die sich erhängt haben, wird jedoch auch bei Unfällen auf Kinderspielplätzen gesehen. Hier kann es durch Stürze zur Strangulation an Spielgeräten kommen. Meist spielen dabei Täue, die eigentlich nicht zum Klettergerät gehören, oder Schnüre in der Bekleidung eine Rolle.

Obwohl beim betroffenen Patienten jede der genannten schädlichen Einzelbewegungen als Ursache für eine Wirbelsäulenverletzung im Vordergrund stehen kann, kommen oft mehrere dieser Verletzungsmuster gleichzeitig vor.

Rückenmarkverletzungen

Primäre Verletzungen oder Primärschäden entstehen direkt zum Zeitpunkt, während die Kräfte einwirken. Sie können zu einer Kompression des Rückenmarks, zu direkten Rückenmarkschädigungen (häufig verursacht von scharfen, instabilen Knochenfragmenten oder Projektilen) oder zu einer Unterbrechung der Blutversorgung führen. Sekundäre Verletzungen oder Sekundärschäden entstehen im Anschluss an die initiale Schädigung aufgrund von Schwellung, Ischämie oder Bewegung von Knochenfragmenten.²⁹

6.2.3 Beurteilung

Verletzungen des Rückenmarks sollten immer im Zusammenhang mit den anderen Verletzungen und Zuständen beurteilt werden. Der Primary Survey hat die höchste Priorität. Häufig muss der Patient allerdings zunächst bewegt werden, um die Sicherheit aller Beteiligten an der Einsatzstelle zu gewährleisten. Deshalb muss mittels einer raschen Beurteilung der Geschehnisse und des Ablaufs abgeschätzt werden, ob eine Verletzung des Spinaltrakts möglich ist. In einem solchen Fall muss die Wirbelsäule des Patienten manuell geschützt werden. Der Kopf wird, außer bei bestehenden Kontraindikationen (siehe weiter unten), in einer neutralen sogenannten **Inline-Position** fixiert. Der Kopf wird so lange in dieser Position belassen, bis die Untersuchung ergibt, dass keine Indikation für eine Immobilisierung besteht, oder der Patient auf einem Spineboard oder einer Vakuummatratze definitiv immobilisiert wurde.

Neurologische Untersuchung

Der First Responder bzw. Rettungsassistent oder Notarzt führt eine kurze neurologische Untersuchung durch, um offensichtliche neurologische Ausfälle zu erkennen. Der Patient wird auf-

gefordert, seine Arme, Hände und Beine zu bewegen, wobei Auffälligkeiten registriert werden müssen. Danach untersucht man den Patienten von der Schulter bis zu den Füßen, ob die Sensibilität noch intakt ist. Eine vollständige neurologische Untersuchung ist in der Prälklinik nicht erforderlich, weil sie keine Informationen liefert, welche die Behandlung, und weil sie nur dazu führt, dass mehr Zeit vor Ort verbracht wird. Die kurze neurologische Untersuchung sollte erneut durchgeführt werden, sobald der Patient immobilisiert ist und jedes Mal, wenn der Patient bewegt wurde. Dies hilft dabei, neurologische Veränderungen zu erkennen, die sich nach der initialen Untersuchung einstellen.

Rückenmarkverletzungen anhand des Unfallmechanismus einschätzen

Zur Abschätzung der Indikation einer Wirbelsäulen-Immobilisierung sollten die motorische und sensorische Funktion, die Schmerzlokalisation und die Klarheit des Patienten mitberücksichtigt werden. Zusätzlich können andere, schmerhaftere Verletzungen den Patienten von Rückenbeschwerden ablenken, beispielsweise eine Femurfraktur.³⁰ Auch Alkohol und Medikamente bzw. Drogen können das Schmerzempfinden des Patienten verändern und schwerwiegende Verletzungen maskieren.

Das Rettungsteam sollte sich auf klare Indikationen festlegen, bevor ein Patient immobilisiert wird.³¹⁻³⁸

Wenn nach einer vorsichtigen und exakten Untersuchung keine Indikation für eine Wirbelsäulen-Immobilisierung gefunden wurde, dann ist auch keine nötig! Der Grundpfeiler für eine suffiziente Behandlung von Rückenverletzungen ist der gleiche wie für die Versorgung von Traumapatienten insgesamt: eine gute Beurteilung und angemessene, rechtzeitige Behandlung.

Stumpfes Trauma

Die wichtigsten Ursachen für Rückenverletzungen bei Erwachsenen sind:

- Verkehrsunfälle
- Sprünge in seichtes Wasser
- Motorradunfälle
- alle anderen Unfälle und Stürze
- Sportverletzungen.

Die wichtigsten Ursachen für Rückenverletzungen bei Kindern sind:

- Stürze aus großen Höhen (üblicherweise die 2- bis 3-fache Körpergröße des Patienten)
- Stürze vom Dreirad oder Fahrrad
- von motorisierten Fahrzeugen angefahren werden.

Als Leitlinie sollte für professionelle Helfer gelten, dass sie nach folgenden Situationen mit Rückenmarkverletzungen bzw. einer instabilen Wirbelsäule rechnen und nach einer Beurteilung die Indikation für eine Immobilisierung stellen:

- jeglicher stumpfe Mechanismus, der zu einem harten Schlag auf Kopf, Hals, Thorax oder Becken führte (z. B. nach KörpERVERLETZUNG)
- Unfälle mit plötzlichen Beschleunigungen/Abbremsungen oder seitlichen Krafteinwirkungen auf Nacken oder Thorax (mittlere Geschwindigkeiten und Hochrasanztraumata, vom Auto angefahrenen Fußgänger, Explosionen)
- jegliche Stürze, vor allem bei älteren Patienten
- Unfälle, bei denen das Opfer aus dem Fahrzeug geschleudert wurde, und Stürze von Fahrzeugen (Skateboard, Fahrrad, Motorrad)
- jegliche Unfälle im seichten Wasser (z. B. nach Kopfsprung).

Andere Situationen, die häufig mit einer HWS-Verletzung in Verbindung gebracht werden, sind:

- Kopfverletzungen mit jeglichem Grad von Bewusstseinseintrübung
- signifikante Schäden am Helm
- schweres stumpfes Trauma am Rumpf
- Frakturen der Beine und Hüfte
- signifikante Verletzungen in der Region der Wirbelsäule.

Bei diesen Verletzungsmechanismen muss eine gründliche und sorgfältige Untersuchung durchgeführt werden, um festzustellen, ob eine Indikation zur Wirbelsäulen-Immobilisierung gegeben ist.

Die Einführung der Sicherheitsgurte führte dazu, dass nach Verkehrsunfällen weniger Todesfälle und weniger schwere Verletzungen des Kopfes, Gesichts und Thorax aufraten. Aber auch bei korrekt getragenen Gurten kann eine Verletzung der Wirbelsäule nicht ausgeschlossen werden. Vor allem bei heftigen Frontalkollisionen wird der angegurtete Rumpf schlagartig gebremst, der ungesicherte Kopf jedoch folgt der Bewegung nach vorne. Durch die kräftige Nackenmuskulatur wird er gestoppt, deshalb kann der Kopf nur eine kleine Vorförwartsbewegung machen. Falls die Bremskräfte heftig sind, rotiert der Kopf nach vorne und prallt mit dem Kinn gegen die Brust. Oft dreht sich der Kopf leicht und wird von den Schultern aufgefangen. Solche schnellen, kräftigen Hyperflexionen (Überbeugungen) und Torsionen (Verdrehungen) können zu Frakturen der Halswirbel, zur Dislokation der Gelenke zwischen den Wirbeln und/oder zu einer Überdehnung des Rückenmarks führen. Andere Mechanismen können bei angeschnallten Insassen ein spiniales Trauma bei seitlichen Kollisionen bzw. Auffahrunfällen bewirken. Die Kinematik, die Schäden an den Fahrzeugen und die weiteren Verletzungen des Patienten sind Schlüsselkriterien bei der Entscheidung, ob der Patient eine Wirbelsäulen-Immobilisierung benötigt oder nicht.

Ob ein Patient laufen kann oder nicht, ist kein Entscheidungsfaktor bei der Frage, ob er eine Immobilisierung benötigt. Viele Patienten, die eine chirurgische Intervention zwecks Stabilisierung ihrer instabilen Wirbelsäule benötigten, wurden zunächst an der Einsatzstelle herumlaufend angetroffen oder sind selbstständig in die Notaufnahme gekommen.

Penetrierendes Trauma

Patienten mit einem penetrierenden Trauma (z. B. Stichverletzung) werden bezüglich der Wirbelsäulen-Immobilisierung speziell diskutiert.³⁹ Im Allgemeinen kann man sagen: Wenn zum Zeitpunkt, als die Verletzung stattfand, kein neurologisches Defizit auftrat, gibt es wenig Grund zur Besorgnis, dass sich daraus eine Rückenmarkverletzung entwickelt. Dies liegt daran, dass dieser Verletzungsmechanismus und die kinematische Energie selten zu instabilen Verletzungen der Wirbelsäule führen. Auch bewirken sie – im Gegensatz zum stumpfen Trauma – im Allgemeinen keine instabilen Verletzungen am Bandapparat oder Knochen.

Ein penetrierendes Objekt verursacht Verletzungen längs des Weges, den es genommen hat. Falls das Objekt das Rückenmark während der Penetration nicht direkt verletzt hat, ist es unwahrscheinlich, dass eine Rückenmarkverletzung später auftritt. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass instabile Wirbelsäulenverletzungen sehr selten von penetrierenden Traumata des Kopfes, Halses oder Rumpfes^{40–45} röhren und solche Verletzungen **keine** Indikation zur Wirbelsäulen-Immobilisierung darstellen.

Zudem haben die anderen durch den penetrierenden Gegenstand verursachten Verletzungen oft eine höhere Priorität als die Verletzungen der Wirbelsäule, sodass eine Immobilisierung nicht erforderlich ist.

Indikationen für eine Wirbelsäulen-Immobilisierung

Der Verletzungsmechanismus kann bei der Prüfung, ob eine Indikation für eine Wirbelsäulen-Immobilisierung besteht, hilfreich sein (► Abb. 6.23). Entscheidend ist immer die komplette körperliche Untersuchung, gepaart mit einem guten klinischen Urteilsvermögen. Dieses Vorgehen wird das Retungsteam zu einer Entscheidung führen. Dabei gilt: **Im Zweifel immobilisieren!**

Falls Patienten eine penetrierende Verletzung (z. B. Schuss- oder Stichverletzung) im Kopf, Hals oder Rumpfbereich haben und über neurologische Beschwerden wie Taubheitsgefühl, Kribbelparästhesien, Verlust der Sensibilität oder Motorik klagen oder eine Bewusstlosigkeit vorliegt, ist davon auszugehen, dass der Verletzungsmechanismus dies verursacht hat. Bei unauffälliger Neurologie und ohne Vorliegen von sekundären Verletzungen muss keine Wirbelsäulen-Immobilisierung durchgeführt werden, obgleich ein Spineboard oder Ähnliches zum Anheben des Patienten oder zum Transport benutzt werden kann.

Bei Patienten nach einem stumpfen Trauma muss bei folgenden Situationen eine Immobilisierung der Wirbelsäule durchgeführt werden:

- **herabgesetzter Bewusstseinszustand:** GCS-Wert (Glasgow Coma Scale) von weniger als 15 Punkten. Jeder Faktor, der

die Schmerzwahrnehmung des Patienten einschränkt, verhindert eine gute Beurteilung, z. B.

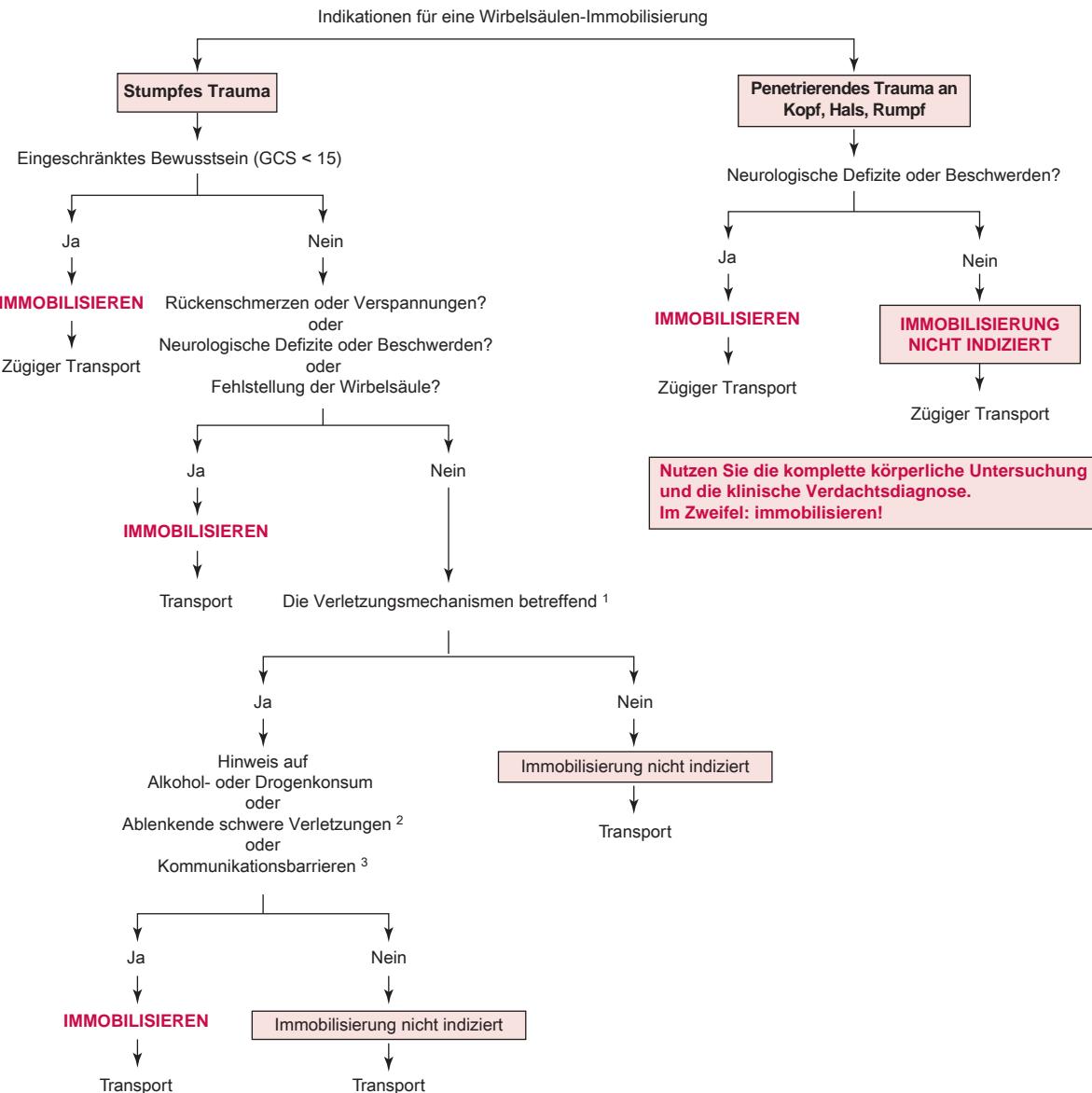
- Schädel-Hirn-Trauma (SHT)
- andere Gründe für einen eingeschränkten Mentalstatus, z. B. bei Patienten mit psychiatrischen Vorerkrankungen, Morbus Alzheimer oder Intoxikationen
- Maskierung des Schmerzes durch akute Stressreaktionen
- **Rückenschmerzen oder -verspannungen**, inklusive Ruheschmerz, Bewegungsschmerz, Verspannungen und Deformationen in der Gegend der Wirbelsäule
- **neurologische Ausfälle**, inklusive bilaterale Ausfälle, Teilausfälle, Parese (Schwäche), Taubheitsgefühl, Kribbelparästhesien und Symptome eines spinalen Schocks; Dauererektion des Penis (Priapismus) kann auf eine Rückenmarkverletzung hinweisen
- **anatomische Deformierungen der Wirbelsäule**, die im Rahmen der körperlichen Untersuchung festgestellt werden. Allerdings schließt das Fehlen der oben genannten Zeichen eine knöcherne Wirbelsäulenverletzung nicht aus (► Kasten 6.2).

6.2 Anzeichen und Symptome für Wirbelsäulenverletzungen

- Schmerzen im Bereich von Hals oder Rücken
- Schmerzen bei Bewegungen des Halses oder Rückens
- Schmerzen bei Palpation der Halsrückseite oder der Mitte des Rückens
- Deformierungen der Wirbelsäule
- muskuläre Abwehrspannung im Hals- oder Rückenbereich
- Lähmungen, Paresen, Taubheit oder Kribbeln in Beinen oder Armen zu jeglichem Zeitpunkt nach dem Ereignis
- Symptome eines neurogenen Schocks
- Priapismus

Ein Patient mit entsprechendem Unfallmechanismus, aber ohne die beschriebenen Symptome muss vom professionellen Helfer hinsichtlich seiner „Glaubwürdigkeit“ beurteilt werden. Ein glaubwürdiger Patient ist ruhig, kooperativ und wirkt nüchtern, ein unglaublich glaubwürdiger könnte dagegen folgende Auffälligkeiten zeigen:

- **Intoxikationen** Ein Patient unter Drogen- oder Alkoholeinfluss muss immobilisiert und wie ein kooperativer Patient mit Wirbelsäulenverletzung behandelt werden, bis er ruhig, kooperativ und nüchtern ist.
- **Ablenkende schwere Verletzungen** Sehr schmerzhafte Verletzungen können einen Patienten von Rückenproblemen ablenken und eine aussagekräftige Selbstbeurteilung verhindern.³⁰ Beispiele dafür sind ein gebrochener Oberschenkel oder großflächige Verbrennungen.
- **Kommunikationsbarrieren** Probleme in der Kommunikation entstehen bei Sprachproblemen, Taubheit, beim Umgang mit sehr jungen Patienten oder bei Personen, die aus einem sonstigen Grund nicht gut kommunizieren können. Der Patient sollte kontinuierlich dahingehend beurteilt werden, ob er noch einen vertrauenswürdigen Eindruck macht. Wenn er zu irgendeinem Zeitpunkt Symptome oder Zeichen



Anmerkungen:

¹ Die Verletzungsmechanismen betreffend:

- Jeder Mechanismus, der zur Gewalteinwirkung gegen Kopf, Hals, Rumpf oder Becken geführt hat (z.B. Körperverletzung; Aufenthalt in einem eingestürzten Gebäude)
- Zwischenfälle mit plötzlich und ggf. seitlich einwirkenden Beschleunigungs- oder Verzögerungskräften auf Hals oder Rumpf (z.B. Verkehrsunfälle, Hochrasanztraumata, angefahrenen Fußgänger, Verwicklung in Explosionen etc.)
- Jegliche Stürze, insbesondere bei älteren Personen
- Stürze von motorisierten oder andersartig angetriebenen Fahrzeugen (z.B. Motorroller, Skateboards, Fahrräder, Motorräder, Campingbusse oder sonstige Freizeitfahrzeuge) oder Herausgeschleudertwerden aus Pkw, Lkw, Bus oder Ähnlichem
- Opfer eines Kopfsprungs in flachem Gewässer.

² Ablenkende Verletzungen: Jegliche Verletzung, die die Fähigkeiten des Patienten, andere Verletzungen wahrzunehmen, beeinflussen kann.

Ablenkende Verletzungen sind z.B.: Langknochenfrakturen; Eingeweideverletzungen, die eine chirurgische Behandlung erfordern; große Fleischwunden, Ablederungen oder Quetschwunden; großflächige Verbrennungen; jede andere Verletzung, die eine funktionelle Beeinträchtigung hervorruft (modifiziert nach: Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR: Selective cervical spine radiography in blunt trauma: methodology of the National Emergency X-Radiography Utilization Study [NEXUS], Ann Emerg Med 461, 1998).

³ Kommunikationsbarrieren: Betrifft alle Patienten, die aus Gründen, die oben noch nicht aufgeführt worden sind, außerstande sind, im Rahmen ihrer Untersuchung adäquat zu kommunizieren; Beispiele: Sprache und/oder Hörvermögen sind beeinträchtigt, Patient spricht nur eine fremde Sprache, Kleinkinder.

Abb. 6.23 Indikationen zur Wirbelsäulen-Immobilisierung

einer Wirbelsäulenverletzung zeigt oder seine Glaubwürdigkeit angezweifelt wird, muss eine Wirbelsäulenverletzung angenommen und der Patient unverzüglich immobilisiert werden.

In vielen Situationen besteht aufgrund des Verletzungsmechanismus keine Gefahr für eine Halsverletzung (z. B. bei einem Sturz auf die Hand mit Radiusfraktur). Vorausgesetzt, es wurde eine ausreichende Untersuchung und gute Beurteilung durchgeführt, ist bei diesen Patienten keine Wirbelsäulen-Immobilisierung notwendig.

6.2.4 Management

In den Vereinigten Staaten ist das übliche Vorgehen bei Verdacht auf eine Wirbelsäulenverletzung, dass der Patient in Rückenlage auf einem Spineboard in einer neutralen Inline-Position immobilisiert wird. In vielen anderen Ländern wird stattdessen eine sogenannte Vakuummatratze zur Ruhigstellung verwendet.

Kopf, Hals, Körper und Becken sollten jeweils in einer neutralen Inline-Position fixiert werden, um jede weitere Bewegung der instabilen Wirbelsäule zu verhindern, damit diese keine Schädigung des Rückenmarks hervorruft. Die Immobilisierung der Wirbelsäule folgt den allgemeinen Prinzipien der Fixierung von Frakturen: Ruhigstellung der Gelenke ober- und unterhalb des Bruches. Aufgrund der Anatomie der Wirbelsäule und der durch die einwirkenden Kräfte verursachten Interaktionen zwischen den Wirbeln muss die Immobilisierung auf die Gelenke ober- und unterhalb der gesamten Wirbelsäule ausgeweitet werden. Das „Gelenk“ oberhalb der Wirbelsäule ist der Kopf, das „Gelenk“ unterhalb ist das Becken.

Frakturen eines Gebiets der Wirbelsäule sind häufig assoziiert mit Verletzungen anderer Wirbel.⁴⁵ Deshalb wird die gesamte Wirbelsäule (Hals-, Brust-, Lenden- und Sakralbereich) als Einheit betrachtet und immer als Ganzes immobilisiert. Die liegende Position ist die stabilste Position, um eine fortgesetzte Versorgung des Patienten während des Tragens oder des Transports (im Fahrzeug) zu gewährleisten. Sie bietet zudem den besten Zugang zum Patienten für weitere Untersuchungen und jegliche Interventionen. Wenn der Patient auf dem Rücken liegt, können gleichzeitig Atemwege, Mund und Nase, Augen, Thorax und Abdomen beobachtet werden.

Meistens trifft man einen Patienten in einer der folgenden vier Körperhaltungen vor: sitzend, vornüber gebeugt, liegend oder stehend. Sobald die Einsatzkräfte den Patienten erreichen, muss die Wirbelsäule umgehend vor Bewegungen geschützt und stabilisiert werden. Diese manuelle Kontrolle muss aufrechterhalten werden, bis der Patient mit Hilfsmitteln auf einem Spineboard oder Ähnlichem immobilisiert ist. Für eine komplettte Stabilisierung der Wirbelsäule sind Fertigkeiten – wie die manuelle Immobilisierung, das korrekte Logroll-Manöver (achsengerechtes Drehen) und die schnelle Rettung (rapid extrication) bei gleichzeitiger manueller Immobilisierung – sowie Materialien wie das Spineboard oder das Rettungskorsett wichtig. Diese ermöglichen es, den Patienten sicher von der aufgefundenen Posi-

tion in eine stabile Lage auf dem Spineboard oder Ähnlichem zu bringen. Eine Studie legt nahe, dass ein bestimmter Schaufeltragentyp genauso effektiv sein kann wie ein Spineboard.

Oft wird den technischen Hilfsmitteln mehr Aufmerksamkeit gewidmet als dem Verständnis der grundlegenden Prinzipien der Immobilisierung und wie diese modifiziert werden können, um auf die individuellen Bedürfnisse des Patienten einzugehen. Spezifische Methoden und Hilfsmittel können nur sicher benutzt werden, wenn anatomisches Basiswissen vorhanden ist, das auf jegliche verwendeten Hilfsmittel und Techniken übertragbar ist. Wird die Anwendung eines Hilfsmittels statisch und aus dem Zusammenhang gerissen erlernt, sodass jede Einzelheit festgelegt ist, so wird dies den unterschiedlichen Anforderungen im Einsatz nicht gerecht. Unabhängig von den verwendeten Hilfsmitteln und Methoden sollte die Behandlung eines Patienten mit einer instabilen Wirbelsäule grundsätzlich den nachfolgend aufgeführten Schritten folgen.

Grundsätzliche Vorgehensweise

Sobald die Entscheidung getroffen wurde, einen Traumapatienten zu immobilisieren, sollten folgende Prinzipien beachtet werden:

1. Bringen Sie den Kopf des Patienten zuerst in eine neutrale Inline-Position (außer bei Kontraindikationen; siehe nächsten Abschnitt). Führen Sie die manuelle Inline-Immobilisierung ohne Unterbrechung fort.
2. Schätzen Sie den Patienten mittels Primary Survey ein und führen Sie alle notwendigen lebensrettenden Interventionen durch.
3. Kontrollieren Sie die motorischen Funktionen, die Sensibilität und die Durchblutung aller Extremitäten des Patienten.
4. Untersuchen Sie den Hals des Patienten und legen Sie nach Bestimmung der korrekten Größe bzw. Einstellung eine effektiv schützende Zervikalstütze an.
5. Legen Sie dem Patienten – abhängig von der Situation – z. B. ein Rettungskorsett an oder positionieren Sie ihn beispielsweise auf dem Spineboard.
6. Fixieren Sie den Rumpf so auf dem Spineboard, dass er sich weder nach oben noch nach unten bzw. links oder rechts bewegen kann.
7. Unterpolstern Sie je nach Bedarf den Kopf des Patienten oder – bei Kindern – den Brustkorb.
8. Immobilisieren Sie den Kopf des Patienten in einer neutralen Inline-Position.
9. Sobald der Patient auf einem Spineboard liegt, sind seine Beine so zu fixieren, dass sie nicht seitlich wegrutschen können.
10. Fixieren Sie die Arme des Patienten am Spineboard.
11. Führen Sie erneut einen Primary Survey durch und – falls es der Zustand des Patienten erlaubt – bewerten Sie noch einmal Motorik, Sensibilität und Durchblutung aller vier Extremitäten.

Manuelle Inline-Stabilisierung des Kopfes

Falls aufgrund des Unfallmechanismus mit einer Wirbelsäulenverletzung gerechnet werden muss, ist der 1. Schritt die manuelle Inline-Stabilisierung. Der Kopf des Patienten wird – sofern nicht kontraindiziert (siehe weiter unten) – mit den Händen vorsichtig in eine neutrale Stellung gebracht. Eine gute manuelle Fixierung in neutraler Inline-Position erfolgt ohne nennenswerten Zug am Kopf. Beim sitzenden oder stehenden Patienten soll nur so viel Zug ausgeübt werden, wie nötig ist, um die Wirbelsäule zu entlasten (das heißt, um das Gewicht des Kopfes vom Axis und dem Rest der Wirbelsäule zu nehmen). Die manuelle Stabilisierung des Kopfes muss kontinuierlich aufrechterhalten bleiben, bis Rumpf und Kopf in neutraler Position mit Hilfsmitteln komplett fixiert sind oder aber die Untersuchung keine Notwendigkeit für eine Immobilisierung ergibt. Auf diese Art werden Kopf und Hals des Patienten sofort immobilisiert, und dieser Zustand wird bis nach der Untersuchung im Krankenhaus aufrechterhalten. Es ist weniger riskant, den Kopf des Patienten in eine neutrale Position zu bringen, als ihn für Lagerung und Transport in einer abgewinkelten Position zu belassen. Sowohl die Immobilisierung als auch der Transport des Patienten sind zudem viel einfacher, wenn sich der Kopf in Neutralposition befindet.

In einigen Fällen ist es kontraindiziert, den Kopf des Patienten in eine neutrale Position zu bringen. Falls vorsichtiges Bewegen des Kopfes und Halses zu folgenden Symptomen führt, muss die **Bewegung sofort gestoppt werden:**

- falls ein Widerstand gegen die Bewegung bemerkt wird
- Halsmuskelkrämpfe
- Zunahme der Schmerzen
- neue oder verstärkte neurologische Symptome, wie Taubheit, Kribbeln oder Verlust der Motorik
- Beeinträchtigung von Atemwegen oder Ventilation.

Der Kopf sollte dann ebenfalls nicht in eine neutrale Position gebracht werden, wenn der Patient so schwer verletzt ist, dass der Kopf nicht mehr in der Mittellinie zwischen den Schultern zu liegen scheint (starke Fehlstellung). In solchen Fällen muss der Kopf des Patienten in der aufgefundenen Position so gut wie möglich immobilisiert werden. Solche Fälle sind zum Glück aber sehr selten.

Starre Zervikalstützen

Eine starre Zervikalstütze allein bewirkt keine adäquate Immobilisierung, sie hilft nur, den Hals zu stabilisieren und Bewegungen einzuschränken. Starre Zervikalstützen schränken die Flexion (Beugung) um etwa 90%, die Extension (Überstreckung), Rotation (Drehung) und das seitliche Kippen um jeweils etwa 50% ein. Eine starre Zervikalstütze ist ein wichtiges Mittel für die Immobilisierung, muss aber immer mit manueller Stabilisierung oder zusätzlicher mechanischer Immobilisierung verbunden werden. Eine weiche Zervikalstütze ist im präklinischen Einsatz unbrauchbar.

Primäre Aufgabe der Zervikalstütze ist, die HWS vor Stauchung zu schützen. Die präklinischen Immobilisierungsmethoden lassen kleinste Bewegungen noch zu, weil der Patient nur äußerlich fixiert wird und die Haut bzw. die Muskulatur auf dem Skelett selbst dann noch beweglich ist, wenn der Patient exzellent fixiert ist. Eine gut sitzende Zervikalstütze sitzt auf dem Brustkorb, der Brustwirbelsäule, den Schlüsselbeinen und den Trapeziusmuskeln, weil dort die Beweglichkeit des Gewebes minimal ist. Sie erlaubt weiterhin Bewegungen der Wirbel C6, C7 und Th1, verhindert aber deren Stauchung. Der Kopf wird durch den Halskragen am Kieferwinkel und Hinterkopf fixiert. Die starre Zervikalstütze nimmt die Belastung des Kopfes vom Rumpf und entlastet dabei die Wirbelsäule.

Obwohl die Zervikalstütze keine vollständige Immobilisierung bewirkt, trägt sie dazu bei, Kopfbewegungen so weit wie möglich zu begrenzen. Der starre Vorderteil der Zervikalstütze stellt zudem einen sicheren Weg für das Spannen des unteren Kopffixierbandes über den Hals dar.

Die Zervikalstütze muss die richtige Größe für den jeweiligen Patienten haben. Ein Kragen, der zu kurz ist, wird uneffektiv sein und eine signifikante Flexion erlauben. Eine zu große Zervikalstütze verursacht eine Hyperextension. Falls das Kinn sich innerhalb des Kragens befindet, ist sogar eine volle Beweglichkeit möglich. Deshalb muss eine Zervikalstütze sehr gut sitzen. Ein zu lockerer Kragen wird kaum Bewegungen des Kopfes vermeiden, kann aber durch Verrutschen Kinn, Mund oder Nase bedecken und somit gegebenenfalls noch den Atemweg des Patienten beeinträchtigen. Eine Zervikalstütze, die zu eng angelegt ist, kann zu einer Komprimierung der Halsvenen führen, was eine Steigerung des intrakraniellen Drucks (ICP) bewirken kann.

Eine Zervikalstütze sollte dem Patienten erst angelegt werden, nachdem sein Kopf in eine neutrale Inline-Position gebracht wurde. Falls der Kopf nicht in eine neutrale Position gebracht werden kann, ist die Anlage schwierig und sollte in diesem Falle nicht erwogen werden. Stattdessen kann improvisierend versucht werden, den Kopf z. B. mit einer Decke oder Tücherrolle zu fixieren. Bei einer Zervikalstütze, die das Öffnen des Mundes nicht ohne Bewegung der Wirbelsäule ermöglicht, kann es zu einer Aspiration kommen, wenn der Patient erbrechen muss. Deshalb sollte diese nicht verwendet werden. Alternative Methoden, um die HWS zu stabilisieren, wenn eine Zervikalstütze nicht benutzt werden kann, sind Dinge wie Decken, gerollte Tücher oder Pflasterstreifen. Im präklinischen Umfeld muss das Rettungsfachpersonal kreativ sein, um in solchen Situationen zu improvisieren. Welche Methode auch immer benutzt wird, die Grundregeln der Immobilisierung (> Kasten 6.3) sollten beachtet werden.

6.3 Anwendungsleitlinie für starre Zervikalstützen

- Führen allein nicht zur vollständigen Immobilisierung.
- Müssen an die Größe jedes Patienten angepasst werden.
- Dürfen nicht verhindern, dass der Patient noch den Mund öffnen kann bzw. First Responder den Mund des Patienten im Falle von Erbrechen öffnen können.
- Sollten die Atmung in keinerlei Weise behindern bzw. den Atemweg nicht beengen.

Immobilisierung des Rumpfes am Hilfsmittel

Unabhängig davon, welches Hilfsmittel angewandt wird, muss der Rumpf so fixiert werden, dass er sich weder nach oben oder unten noch nach links oder rechts bewegen kann. Der Körper wird am starren Hilfsmittel (z. B. Spineboard) mittels Gurten festgebunden. Das Hilfsmittel wird so am Körper angelegt, dass Kopf und Hals stabilisiert werden und das Festziehen der Gurte zu einer Immobilisierung führt. Rumpf und Becken des Patienten werden so immobilisiert, dass die Wirbelsäule thorakal, lumbal und sakral fixiert ist und sich nicht mehr bewegen lässt. **Der Rumpf sollte zeitlich vor dem Kopf auf dem Hilfsmittel fixiert werden.** So führen Bewegungen des Hilfsmittels, die beim Anziehen der Gurte auftreten können, nicht zur Verbiegung der Wirbelsäule.

Es existieren viele Möglichkeiten, den Rumpf am Hilfsmittel zu immobilisieren. Bewegungen nach oben/unten oder links/rechts sowohl im oberen Rumpfbereich (Schultern oder Brustkorb) als auch im unteren Rumpfbereich (Beckenregion) sollten verhindert werden. So können Kompressionen und seitliche Bewegungen der Wirbelsäule vermieden werden. Für eine suffiziente Immobilisierung des oberen Rumpfes sollten gewisse anatomische Besonderheiten beachtet werden. Grundlegende Kenntnisse der Anatomie sind deshalb essenziell. Bewegungen in Richtung Kopf können verhindert werden, wenn der Patient im Schulterbereich beidseits korrekt fixiert wird, indem die Gurte über die Schultern geführt und an einem Punkt weiter fußwärts fixiert werden. Ähnliches gilt für Bewegungen in Richtung der Füße: Diese werden durch eine korrekte Fixierung des Beckens und der Beine verhindert.

Eine Methode sieht vor, dass die am Spineboard festgemachten Gurte beidseits über die Schulter laufen und dann quer über den oberen Thorax gespannt werden, um auf der gegenüberliegenden Seite auf Höhe der Achsel wiederum am Brett befestigt zu werden, sodass ein X entsteht. Dadurch werden jegliche Bewegungen des oberen Rumpfbereichs nach oben/unten oder links/rechts vermieden. Zusätzlich kann noch ein Band über den Thorax gespannt werden. Dabei muss aber beachtet werden, dass fest angezogene Gurte die Atmung nicht behindern. Eine gleich-

artige Immobilisierung kann erreicht werden, indem ein Gurt am Spineboard befestigt, durch die Achsel über den Brustkorb und dann durch die gegenüberliegende Achselhöhle geführt wird. Dort wird der Gurt wiederum am Spineboard befestigt. Weitere Gurte werden danach über die Schultern geführt und jeweils am „Achselgurt“ befestigt, wie bei einem Hosenträger.

Bei einem Patienten mit einem gebrochenen Schlüsselbein wird die Immobilisierung des Oberkörpers durchgeführt, indem die Gurte rucksackartig um jede Schulter durch die Achselhöhlen geführt und dann am gleichen Haltegriff befestigt werden. Die Bänder bleiben somit an den seitlichen Rändern des Oberkörpers und führen nicht über die Schlüsselbeine. Bei all diesen Methoden befinden sich die Gurte über dem oberen Brustkorbdrittel und können eng angezogen werden, ohne die Atmung derart zu beeinträchtigen, wie es bei Gurten der Fall wäre, die weiter unterhalb angelegt werden.

Der untere Rumpfteil kann mit einem einzelnen straffen Gurt oberhalb des Schambeins über die Beckenschaufern fixiert werden. Falls der Patient auf dem Spineboard eine Treppe hinuntergetragen werden muss, sollte er mit zusätzlichen Gurten in der Leistengegend fixiert werden.

Seitliche Bewegungen oder anteriore Bewegungen vom Spineboard weg können durch zusätzliche Gurte im Bereich des mittleren Brustkorbes vermieden werden. Alle Gurte, die im Bereich zwischen dem oberen Brustkorb und den Beckenschaufern gespannt werden, sollten zwar fest sitzen, dürfen aber weder die Atmung behindern noch den intraabdominalen Druck signifikant erhöhen.

Lagerung des Kopfes in neutraler Inline-Position

Bei vielen Patienten kann man beobachten, dass nach Verbringen des Kopfes in eine neutrale Inline-Position zwischen Hinterkopf und Unterlage ungefähr 1,5–9 cm Distanz liegen (► Abb. 6.24 a). Deshalb brauchen die meisten Erwachsenen eine Unterlage unter dem Kopf, bevor dieser auf einem Spineboard oder Ähnlichem



Abb. 6.24 a: Bei einigen Patienten kann eine starke Überstreckung des Kopfes bewirkt werden, wenn der Kopf auf das Niveau des Spineboards gebracht wird.

b: Eine Polsterung zwischen Kopf und Spineboard verhindert eine wie in a dargestellte starke Überstreckung.



fixiert wird (► Abb. 6.24 b). Für eine effektive Immobilisierung sollte dieses Material nicht zu stark komprimierbar sein. Harte Kissen oder gefaltete Tücher eignen sich am besten als Unterlage des Kopfes. Die richtige Höhe der Unterlage ist individuell verschieden und sollte an den jeweiligen Patienten angepasst werden – einige brauchen mehr, andere sogar gar keine Unterlage. Falls eine zu dünne oder zu weiche oder gar keine Unterlage verwendet wird, besteht die Gefahr, dass die Halswirbelsäule beim Straffen der Kopffixierbänder stark überstreckt (Hyperextension) wird. Bei einer zu dicken Unterlage wird der Kopf gebeugt (Flexion). Sowohl Überstreckung als auch Beugung können Rückenmarkläsionen verstärken und sind daher kontraindiziert.

Die gleichen anatomischen Beziehungen zwischen Kopf und Rücken gelten bei den meisten Patienten, wenn sie auf dem Rücken liegen, egal ob auf dem Boden oder einem Spineboard. Bei den meisten Erwachsenen fällt der Kopf in Rückenlage in eine stark überstreckte Haltung (Hyperextension). Bei Ankunft am Notfallpatienten sollte dessen Kopf in eine neutrale Inline-Position gebracht und manuell in dieser Position gehalten werden, was bei vielen Patienten bedeutet, dass der Kopf oberhalb des Bodens gehalten werden muss. Sobald der Patient auf dem Spineboard liegt und man den Kopf auf dem Brett fixieren möchte, ist häufig eine Unterlage unter dem Kopf nötig (wie oben beschrieben), um die neutrale Position aufrechtzuerhalten. Diese Grundsätze sollten bei allen Patienten angewendet werden, auch bei Sportlern mit Schulterpolstern oder Patienten mit abnormer Krümmung der Wirbelsäule.

Bei kleinen Kindern, dies gilt immer bei 7-jährigen oder jüngeren Kindern, ist der Kopf, anders als bei Erwachsenen, im Verhältnis zum Körper noch relativ groß.⁴⁶ Zudem ist ihre Rückenmuskulatur schwächer ausgebildet. Wenn der Kopf eines kleinen Kindes sich in einer neutralen Inline-Position befindet, liegt der Hinterkopf üblicherweise 2,5–5 cm unterhalb der Rückenlinie. Werden kleine Kinder direkt auf einer starren Unterlage fixiert, wird ihr Kopf gebeugt (► Abb. 6.25 a).

Die Immobilisierung von kleinen Kindern auf einem Spineboard führt zu einer ungewollten Beugung des Kopfes. Deshalb muss ein langes Brett entweder eine Vertiefung aufweisen oder

derart modifiziert werden, dass ein Polster unter den Rumpf gelegt wird, um den Kopf in einer neutralen Inline-Position fixieren zu können (► Abb. 6.25 b). Die Dicke dieses Polsters sollte so gewählt sein, dass der Kopf in einer neutralen Inline-Position fixiert wird – ein zu dickes Polster führt zu einer Überstreckung, ein zu dünnes zu einer Beugung des Kopfes. Das Polster sollte fest und gleichmäßig geformt sein, sodass es keine Bewegungen oder Falschaufrichtung der Wirbelsäule zulässt, es darf sich auch nicht lediglich unter den Schultern befinden.

Komplette Immobilisierung

Kopf

Sobald der Rumpf des Patienten auf einem Spineboard fixiert und der Kopf angemessen gepolstert wurde, sollte dieser ebenfalls auf dem Brett fixiert werden, aber erst nach Fixierung des Rumpfes. Weil der Kopf rund ist, kann er auf einer flachen Unterlage logischerweise nicht fixiert werden, wenn nur Bänder oder Tapes benutzt werden. Dann sind seitliche oder Rotationsbewegungen des Kopfes trotzdem noch möglich. Ein einzelnes Fixierband oder Tape, das über die Stirn gespannt wird, gilt als unzuverlässig und kann leicht abrutschen, etwa weil feuchte Haut und Haare einen rutschigen Untergrund darstellen.

Der Kopf ist zwar etwa so schwer wie eine Bowlingkugel, hat aber eine ganz andere Form: eher eiförmig, länger als breit und auf beiden Seiten abgeflacht, ähnlich einer Bowlingkugel, der man rechts und links jeweils 5 cm abgeschnitten hat. Unabhängig von der Methode oder der Gerätschaft kann eine adäquate Immobilisierung daher ausschließlich mit seitlichen Stützen oder gerollten Tüchern erreicht werden, die an den flachen Seiten des Kopfes angebracht werden müssen. Zusätzlich werden die Stützen bzw. Tücher mit Pflasterstreifen oder Bändern gesichert. Bei westenartigen Hilfsmitteln wird dies mit „Klappen“ erreicht, die seitlich ausschwenkbar und Bestandteil dieser Westen sind.

Die seitlichen Stützen, egal ob es sich um vorgeformte Schaumstoffblöcke oder gerollte Tücher handelt, werden links und rechts



Abb. 6.25 a: Dadurch, dass bei Kindern der Kopf im Verhältnis zum Körper recht groß und die Rückenmuskulatur noch nicht so entwickelt ist, führt eine Lagerung auf dem Spineboard zu einer starken Beugung des Kopfes.
b: Eine Polsterung im Rückenbereich vermeidet diese starke Beugung.



vom Kopf platziert. Sie sollten mindestens ein Areal umfassen, das die Ohren einbezieht und bis zu den Augen reicht oder noch darüber hinaus. Zwei Gurte oder Pflasterstreifen ziehen die beiden seitlichen Stützen zusammen. Ist der Kopf zwischen zwei Tücherrollen oder den Kopfblöcken eingepackt, hat er hinten eine flachere Auflagefläche und kann somit auf dem flachen Spineboard gut fixiert werden. Der obere Fixierungsgurt oder Pflasterstreifen wird straff über den unteren Bereich der Stirn (oberhalb der Augenhöhlen) gespannt, um anteriore Bewegungen des Kopfes zu vermeiden. Die Fixierung sollte so straff gespannt werden, dass die Kopfblöcke oder Tücherrollen fest an den Kopf gedrückt werden. Sandsäcke als seitliche Stützen werden nicht empfohlen, denn falls der Patient auf die Seite gedreht werden muss, drückt ein zu hohes Gewicht gegen Kopf und Hals.⁴⁷

Ein Kinnsschutz oder Bänder, die das Kinn umgeben, sollten nicht eingesetzt werden. Sie könnten beim Erbrechen verhindern, dass der Patient den Mund öffnen kann. Das Hilfsmittel, das den Kopf fixiert, benötigt auch im unteren Bereich einen Gurt, damit die Seitenstützen im unteren Kopfbereich angedrückt und zusätzlich verankert werden. Damit wird zudem verhindert, dass der untere Kopfbereich und der Hals sich nach anterior bewegen können. Das Band bzw. der Pflasterstreifen wird von einer seitlichen Stütze über den vorderen stabilen Anteil der Zervikalstütze auf die andere Seite geführt. Es sollte aber nicht zu viel Druck auf die Zervikalstütze ausgeübt werden, weil dies im Halsbereich zu einer Einengung der Atemwege oder Behinderung des venösen Rückflusses führen könnte.

Beine

Eine signifikante Außenrotation der Beine kann zu einer Bewegung des Beckens nach anterior und somit auch zu Bewegungen der unteren Wirbelsäule führen. Zusammengebundene Füße verhindern diese Bewegungen. Eine zusammengerollte Decke oder eine Polsterung zwischen den Beinen des Patienten erhöht den Komfort.

Die Beine des Patienten werden mit zwei oder mehr Bändern auf dem Spineboard fixiert: ein Band proximal der Knie, etwa in der Mitte des Oberschenkels, das andere Band distal der Knie.

Beim durchschnittlichen Erwachsenen ist die Hüfte ca. 35–50 cm breit, die beiden Fußgelenke zusammen aber nur 15–23 cm. Liegen die Füße nah beieinander, führt dies von den Hüften bis zu den Fußgelenken zu einer V-Stellung der Beine. Logischerweise sind die beiden Füße zusammen schmäler als ein Spineboard. Sind diese nun einfach mit einem Gurt im unteren Beinbereich gesichert, sind sie zwar gegen Bewegungen nach anterior geschützt, aber ist es möglich, dass sie sich von einer Seite zur anderen verschieben können. Falls das Spineboard abgewinkelt oder gedreht wird, rutschen die Beine in Richtung untere Kante des Spineboards. Diese seitlichen Bewegungen können zu Bewegungen des Beckens und damit der Wirbelsäule führen.

Eine Möglichkeit, die Beine effektiv zu fixieren, besteht darin, sie mehrmals mit einem Band zu umschlingen, bevor sie am Brett befestigt werden. Sie können in der Mitte des Spineboards gehalten werden, indem man zwischen jedem Bein und den

Kanten des Spineboards eine aus einer Decke gefertigte Rolle platziert, bevor die Gurte gespannt werden. Es ist hierbei wichtig, dass die Gurte nur so straff gespannt werden, dass die Durchblutung der Beine nicht beeinträchtigt wird.

Arme

Zur Sicherheit sollten die Arme am Spineboard fixiert oder gekreuzt über den Brustkorb gelegt werden, bevor der Patient getragen wird. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, ist, die Arme seitlich mit nach innen gerichteten Handflächen zu befestigen und sie mit einem über die Unterarme und den Rumpf gespannten Gurt zu sichern. Die Gurte sollten straff angezogen sein, aber die Durchblutung der Hände nicht behindern.

Die Arme des Patienten sollten nicht mit den Fixierungsgurten der Hüfte immobilisiert werden. Sind die Gurte so fest angezogen, dass sie Bewegungen des Beckens wirksam verhindern, wird die Durchblutung der Hände beeinträchtigt. Sind die Gurte hingegen lockerer, schützen sie das Becken und den Rumpf nicht ausreichend vor Bewegungen. Ein zusätzlicher Gurt, der ausschließlich die Arme fixiert, kann während der Fahrt mit dem Rettungswagen zum Zwecke der Blutdruckmessung oder zum Legen eines intravenösen Zugangs gelöst werden, ohne dass man die Immobilisierung aufheben muss. Fixiert der Armgurt auch den Rumpf, bewirkt eine Lockerung des Gurtes (um den Arm zu befreien) zugleich auch eine Lockerung der Immobilisierung des Rumpfes.

Die häufigsten Fehler bei der Immobilisierung

Die folgenden vier Fehler bei der Immobilisierung sind die am häufigsten auftretenden:

- **Inadäquate Immobilisierung** Der Rumpf lässt sich trotz der Fixierungshilfsmittel bewegen, der Kopf sogar noch stark.
- **Immobilisierung mit hyperextendiertem Kopf** Häufigste Ursache hierfür ist eine inadäquate Unterpolsterung des Kopfes.
- **Fixieren des Rumpfes erst nach dem Kopf** Dies verursacht Bewegungen des Rumpfes und führt wiederum zu Bewegungen im Bereich von Kopf und Halswirbelsäule.
- **Ungenügende Polsterung** Wenn die „Lücken“ unter einem Patienten nicht angemessen ausgefüllt werden, kann dies sowohl eine Bewegung der Wirbelsäule mit zusätzlichen Verletzungen als auch eine erhöhte Unbequemlichkeit für den Patienten bewirken.

Die komplette Wirbelsäulen-Immobilisierung ist für den Patienten keine angenehme Erfahrung. Je besser und kompletter ein Patient immobilisiert wird, desto unbequemer wird es für ihn. Die Wirbelsäulen-Immobilisierung ist ein Balanceakt zwischen der Notwendigkeit einer sicheren und vollständigen Fixierung der Wirbelsäule und der Erfordernis, dem Patienten keine zusätzlichen Schmerzen zuzufügen. Das ist der Grund, warum genau abgeschätzt werden sollte, ob die Indikation für eine komplette Immobilisierung vorliegt (➤ Kasten 6.4).

6.4 Kriterien zur Beurteilung des Immobilisierungserfolgs

Bevor man Immobilisierungstechniken am Notfallort anwendet, muss man die praktischen Fertigkeiten an Freiwilligen trainieren. In mindestens einer Studie konnte gezeigt werden, dass bei Patienten mit einer potenziellen Wirbelsäulenverletzung keine geeigneten Immobilisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden.⁴⁴ Bei der praktischen Anwendung oder auch bei der Beurteilung von neuen Methoden bzw. Hilfsmitteln eignen sich die folgenden Kriterien gut, um festzulegen, ob der „Patient“ tatsächlich effektiv immobilisiert wurde:

1. Führen Sie eine manuelle Inline-Stabilisierung sofort durch und halten Sie diese so lange aufrecht, bis sie durch ein Hilfsmittel abgelöst wurde.
 2. Prüfen Sie die neurologischen Funktionen in den distalen Körperregionen.
 3. Legen Sie eine Zervikalstütze in der richtigen Größe korrekt an.
 4. Immobilisieren Sie den Rumpf vor dem Kopf.
 5. Verhindern Sie Bewegungen des Rumpfes nach oben oder unten auf dem Hilfsmittel.
 6. Vermeiden Sie ebenso Bewegungen des oberen Rumpfbereichs nach links oder rechts.
 7. Der Rumpf soll sich nicht nach anterior, also weg von dem sternen Hilfsmittel, bewegen.
 8. Achten Sie darauf, dass keiner der quer über den Brustkorb gespannten Gurte eine Beeinträchtigung der Thoraxekursionen oder Beeinträchtigung der Atmung bewirkt.
 9. Stellen Sie den Kopf effektiv ruhig, sodass er sich in keine Richtung bewegen, auch nicht drehen kann.
 10. Positionieren Sie ein Polster unter dem Kopf, falls notwendig.
 11. Lassen Sie den Kopf in neutraler Inline-Position.
 12. Stellen Sie sicher, dass nichts das Öffnen des Mundes irgendwie behindert oder gar unmöglich macht.
 13. Befestigen Sie die Beine derart, dass sie sich weder vom Brett weg (nach anterior) bewegen noch verdrehen oder von einer zur anderen Seite rutschen können, auch dann nicht, wenn das Spineboard mit dem Patienten auf die Seite gedreht wird.
 14. Sorgen Sie dafür, dass sich Becken und Beine in neutraler Inline-Position befinden.
 15. Sichern Sie die Arme in angemessener Weise am Spineboard bzw. am Körper.
 16. Achten Sie darauf, dass die periphere Durchblutung keiner Extremität durch einen der Gurte beeinträchtigt wird.
 17. Falls der Patient beim Anlegen des Hilfsmittels gerüttelt, gestoßen oder sonst irgendwie bewegt wurde, sodass eine instabile Wirbelsäule zusätzlich beeinträchtigt werden könnte, dann untersuchen Sie ihn erneut.
 18. Führen Sie die komplette Immobilisierung in einem angemessenen Zeitraum durch.
 19. Machen Sie einen neurologischen Re-Check.
- Viele Methoden und Variationen können diese Kriterien erfüllen. Die Auswahl einer speziellen Methode oder eines speziellen Hilfsmittels basiert auf der Situation, dem Zustand des Patienten und den vorhandenen Ressourcen.

Adipöse Patienten

Immer häufiger treffen die Einsatzkräfte auf adipöse Patienten. In Deutschland sind bereits 75 % der Männer und 59 % der Frauen gemessen am Body-Mass-Index (BMI) übergewichtig. Dabei unterscheidet man nach der WHO drei Adipositas-Grade. Der Transport von Patienten mit über 180 kg Körperge-

wicht wird zum täglichen Geschäft werden und vielerorts hat man spezielle Rettungswagen entwickelt, in denen Betten transportiert werden können, die für adipöse Patienten geeignet sind (z.B. G-RTW der Feuerwehr Hamburg). Allerdings sind die derzeit üblichen, kommerziell erhältlichen Spineboards nur ca. 42 cm breit (einige wenige 46 cm) und ca. 183 cm lang. Bevor solche adipösen Patienten transportiert werden, muss das Gewichtslimit des jeweiligen Spineboards beachtet werden. Dieses schwankt je nach Fabrikat zwischen 113 und 272 kg!

Beim Transport stark übergewichtiger Patienten muss man besondere Achtsamkeit walten lassen, damit das Vorhaben nicht unsicher durchgeführt wird und weder Verletzungen der Einsatzkräfte noch des Patienten auftreten. Dafür wird zusätzliches Personal zum Anheben und Tragen der adipösen Patienten benötigt. Übergewichtige Traumapatienten sind eine Herausforderung für die Helfer: Einerseits sollen die Patienten sicher gelagert und transportiert werden, andererseits ist bei einem kritisch verletzten Patienten darauf zu achten, dass die Zeit an der Einsatzstelle kurz gehalten wird.

Langer Transport

Wie bei anderen Verletzungen sind bei langen Transportzeiten von Patienten mit Verdacht auf oder bewiesenen Rückenmarkverletzungen spezielle Überlegungen angebracht. Man sollte stets an das Ziel denken, dass ein Patient mit vermuteter Rückenmarkverletzung nur einmal bewegt werden sollte, und daher Sorge dafür tragen, dass das Spineboard vor der Rettung bzw. Immobilisierung des Patienten gepolstert wird. In dem Moment, wo der Patient auf dem gepolsterten Spineboard gelagert wird, sollte eine Stabilisierung der Halswirbelsäule erfolgen und Bewegungen der Wirbelsäule sollten vermieden werden. Diese Bemühungen sollen dazu beitragen, das Risiko für die Entstehung von Druckgeschwüren zu verringern. Jede Region, über die im Zuge der Immobilisierung Druck auf den Körper des Patienten ausgeübt werden kann, insbesondere exponierte Knochen, sollte gut gepolstert werden.

Patienten, die auf einem langen Spineboard immobilisiert werden, können bei Erbrechen aspirieren. In dem Moment, wo der Patient zu erbrechen beginnt, sollte das Spineboard auf die Seite gekippt werden. Zudem sollte eine Absaugeinheit immer in der Nähe des Patientenkopfes bereitstehen, damit sie sofort einsetzbar ist.

Patienten mit hohen Rückenmarkverletzungen haben möglicherweise eine eingeschränkte Funktion des Zwerchfells und der Atemhilfsmuskulatur (z.B. der Interkostalmuskeln), sodass bei ihnen besonders mit Atemversagen gerechnet werden muss. Straff gespannte Fixierungsbänder des Spineboards können ein drohendes Versagen der Atmung zusätzlich verstärken bzw. beschleunigen. Vergewissern Sie sich daher vor einem längeren Transport doppelt,

dass jegliche Bänder nicht die Thoraxexkursionen einschränken und der Rumpf im Bereich von Schultergürtel und Becken gesichert ist.

Eine Tachykardie in Verbindung mit einer Hypotension ist eher ein Zeichen für eine Hypovolämie als für einen neurogenen Schock. Eine sorgfältige Beurteilung hilft, eine mögliche Blutungsquelle zu lokalisieren. Die häufigsten Ursachen sind intraabdominelle Blutungen oder Beckenfrakturen. Der mit der Rückenmarkverletzung einhergehende Verlust der Sensibilität macht es einem Patienten bei Bewusstsein ggf. unmöglich, die Schmerzen und Beschwerden exakt anzugeben. So können z. B. ein schmerhaftes Abdomen oder andere Verletzungen unterhalb der Läsion übersehen werden.

Patienten mit Rückenmarkverletzungen haben eventuell starke Rückenschmerzen oder Schmerzen aufgrund von Begleitverletzungen. Wie in > Kap. 7 beschrieben, kann der Schmerz bis zur Besserung mit der fraktionierten Gabe von Analgetika behandelt werden. Analgetika können die Hypotension im neurogenen Schock verstärken. Ein angemessen gepolstertes Spineboard, wie zuvor beschrieben, verbessert den Komfort des Patienten mit einem Wirbelsäulentrauma.

Patienten mit Rückenmarkverletzungen büßen die Möglichkeit, die Körpertemperatur zu regulieren, teilweise ein. Dieser Verlust ist bei einer Querschnittslähmung auf höherem Niveau tendenziell stärker. Deshalb können die Verletzten eher eine Unterkühlung entwickeln, insbesondere in kühler Umgebung. Die Patienten sollten warm gehalten werden (normotherm). Aber Vorsicht: Zu starkes Wärmen kann zu einer Hyperthermie führen.

Wirbelsäulen- und Rückenmarkverletzungen werden am besten in Kliniken mit orthopädischen bzw. unfallchirurgischen und neurochirurgischen Abteilungen versorgt, die Erfahrung in der Behandlung solcher Patienten haben. Alle Traumazentren (USA: Level I und II; Deutschland: z. B. Universitätskliniken oder die BG-Unfallkliniken) sollten in der Lage sein, Rückenmark- und deren Begleitverletzungen zu behandeln. Einige Kliniken haben sich auf die Versorgung von Querschnittsverletzungen spezialisiert und akzeptieren nur isolierte Rückenmarkverletzungen (z. B. nach Kopfsprung in flaches Gewässer ohne Hinweis auf Aspiration).

Zusammenfassung

- Für das Outcome der Patienten ist es entscheidend, die präklinische Entwicklung einer Hypoxie und eines reduzierten zerebralen Blutflusses zu verhindern, sie zu erkennen und zu behandeln.
- Die Schwere eines Schädel-Hirn-Traumas ist nicht immer offensichtlich; die wiederholte neurologische Untersuchung des Patienten inklusive Glasgow Coma Scale und Pupillenstatus ist erforderlich, um eine Veränderung der Bewusstseinslage sicher zu erkennen.
- Ein Schädel-Hirn-Trauma ist häufig Teil eines Polytraumas. Die Behandlung von Atemweg (Airway), Atmung (Breathing) und Kreislauf (Circulation) haben nicht nur für alle Patienten Priorität, sie sind in der Behandlung des Schädel-Hirn-Trauma-Patienten zur Vermeidung von sekundären Hirnschädigungen besonders wichtig.
- Das präklinische Management des Schädel-Hirn-Trauma-Patienten beinhaltet die Gabe von Sauerstoff zum Erhalt einer Sauerstoffsättigung von mindestens 90 %, die Kontrolle aller Blutungen und die Aufrechterhaltung eines systolischen Blutdrucks von mindestens 90 mmHg.
- Die milde Hyperventilation wird nur bei Patienten mit Zeichen der Einklemmung gezielt eingesetzt.
- Die Wirbelsäule besteht aus 24 einzelnen Wirbelkörpern.
- Ihre Hauptfunktion besteht darin, das Körpergewicht zu tragen und Bewegungen zu stabilisieren.
- Das Rückenmark wird von der Wirbelsäule schützend umgeben und kann durch anormale Bewegungen verletzt werden. Wenn die stützende Funktion der Wirbelsäule nicht mehr gewährleistet ist, etwa durch Verletzungen der Wirbelkörper, der Muskeln oder des Bandapparates, die beide die Wirbelsäule stabilisieren, können Rückenmarkverletzungen auftreten.
- Da sich das Rückenmark nicht regeneriert, kann es zu permanenten Verletzungsfolgen wie Lähmungen kommen. Das Vorhandensein einer Rückenmarkverletzung und die Notwendigkeit einer Immobilisierung des Patienten können anhand von Begleitverletzungen erkannt werden, die typischerweise auftreten, wenn starke Kräfte plötzlich auf den Körper eingewirkt haben oder spezifische Zeichen und Symptome einer Verletzung der Wirbelsäule oder des Rückenmarks vorliegen.
- Eine Verletzung von Wirbelkörpern ist nicht immer offensichtlich. Auch wenn es beim Unfallgeschehen zunächst zu keiner Schädigung des Rückenmarks gekommen ist und neurologische Ausfallscheinungen nicht feststellbar sind, kann die Wirbelsäule dennoch instabil sein. Eine Immobilisierung der Wirbelsäule erfordert – wie bei anderen Frakturen auch – die Ruhigstellung der „Gelenke“ oberhalb und unterhalb der Verletzung. Auf die Wirbelsäule bezogen, sind Kopf und Hals „das Gelenk oberhalb“ und das Becken ist „das Gelenk unterhalb“ der Verletzung. Das verwendete Hilfsmittel sollte Kopf, Brustkorb und Beckenbereich in einer neutralen Inline-Position immobilisieren, wobei die Immobilisierungstechnik weder Bewegungen hervorrufen darf, noch sollte der immobilisierte Patient sich selbst bewegen können.

Lösung Fallbeispiel 2

Die Vitalwerte sind wie folgt: Puls 66/min, Atemfrequenz 14/min und der RR beträgt 96/70. Im Rahmen der weiteren Untersuchung bemerken Sie, dass die Patientin ihre Arme und Beine nicht bewegt. Bei ihr sind Anzeichen für einen neurogenen Schock erkennbar. Unterhalb der Rückenmarkverletzung führt der ungehinderte Einfluss des parasympathischen Nervensystems zu einer Erweiterung der Blutgefäße und somit zu einem relativen Volumenmangel. Die Reaktion des Körpers auf die verminderte Durchblutung der Gewebe ist oberhalb der Rückenmarkverletzung normal und stellt sich anhand der typischen Schocksymptome dar, die von der Reaktion des sympathischen Nervensystems hervorgerufen werden. Die Patientin reagiert auf die Rückenmarkverletzung mit einem erniedrigten Blutdruck und einer Bradykardie. Die höchsten Prioritäten bei der Versorgung bestehen darin, einen freien Atemweg und eine gute Oxygenierung aufrecht-

zuerhalten sowie die Atmung so weit wie nötig zu unterstützen, damit ein ausreichendes Atemminutenvolumen sichergestellt ist. Gleichzeitig wird zudem eine manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule durchgeführt. Lagern Sie die Patientin sorgfältig und effektiv auf einem Spineboard oder Ähnlichem und transportieren Sie sie in ein geeignetes Krankenhaus. Behandeln Sie die durch den neurogenen Schock hervorgerufene Hypotension mittels Verabreichung von Infusionen.

Die Ziele der präklinischen Versorgung dieser Patientin bestehen darin, weitere Schäden am Rückenmark zu verhindern, die Gewebeperfusion aufrechtzuerhalten und die Extremitätenverletzungen während des Transports zu versorgen, damit die Patientin ohne Verzögerung in ein Traumazentrum gelangt, wo eine definitive Versorgung möglich ist.

6.2.5 Besondere Kenntnisse

Logroll – achsengerechte Drehung

Prinzip: Einen manuell immobilisierten Patienten so zu drehen, dass die Wirbelsäule dabei so wenig wie möglich bewegt wird. Dies ist indiziert, um 1. einen Patienten auf einem Spineboard oder ähnlichem Gerät zu lagern oder 2. Patienten mit vermutetem Wirbelsäulentauma am Rücken zu untersuchen.

6



Abb. 6.26

Patient in Rückenlage

1. Während ein Helfer die manuelle Inline-Immobilisierung der Halswirbelsäule durchführt, legt ein zweiter Helfer eine korrekt abgemessene Zervikalstütze (Halskrause) an (► Abb. 6.26).

2. Während ein Helfer die manuelle Inline-Immobilisierung der Halswirbelsäule durchführt, kniet ein zweiter Helfer auf Höhe des Thorax und ein dritter Helfer auf Höhe der Knie des Patienten (► Abb. 6.27). Dessen Arme werden gerade an den Körper gelegt, die Beine ebenso neutral ausgerichtet. Der Patient wird an Schulter und Becken so gegriffen, dass die unteren Extremitäten in neutraler Position verbleiben. Dann wird der Patient achsengerecht auf die Seite gedreht (logrolled).



Abb. 6.27

3. Das Spineboard wird mit dem Fußende ungefähr zwischen Knien und Knöcheln positioniert, sodass das Kopfteil des Spineboards über den Kopf des Patienten hinausragt. Das Spineboard wird in schrägem Winkel am Rücken des Patienten positioniert. Der Patient wird achsengerecht auf das Spineboard gelegt und zusammen mit diesem zum Boden zurückgedreht ($>$ Abb. 6.28).



Abb. 6.28

4. Sobald das Spineboard auf dem Boden liegt, wird der Patient an Schultern, Becken und Beinen gegriffen ($>$ Abb. 6.29).



Abb. 6.29

5. Der Patient wird nun in Kopfrichtung und zur Brettmitte hin auf dem Spineboard bewegt. Die neutrale Inline-Position wird dabei aufrechterhalten, ohne am Kopf oder Hals des Patienten zu ziehen und ohne den Kopf dabei unnötig anzuheben ($>$ Abb. 6.30).



Abb. 6.30



Abb. 6.31

6. Der Patient ist jetzt auf dem Spineboard positioniert. Der Kopf liegt am Kopfende, der Körper liegt achsengerecht mittig auf dem Spineboard (> Abb. 6.31).

Patient in Bauchlage

Falls ein Patient in Bauchlage oder annähernder Bauchlage aufgefunden wird, kann eine Immobilisierungstechnik angewendet werden, die der in Rückenlage verwendeten Technik vergleichbar ist. Dieses Vorgehen beinhaltet die gleiche initiale Stabilisierung der Gliedmaßen des Patienten, die gleiche Positionierung und Platzierung der Hände der Helfer und die gleichen Aufgaben bei der achsengerechten Drehung.

Um den Patienten auf die Drehung vorzubereiten, sollten seine Arme eng an den Körper gelegt werden. In Bauchlage kann dem Patienten keine Zervikalstütze sicher und korrekt angelegt werden. Dies kann erst geschehen, wenn sich der Patient in Inline-Position und Rückenlage auf dem Spineboard befindet.



Abb. 6.32

1. Wann immer möglich, sollte der Patient entgegen seiner Blickrichtung gedreht werden. Ein Helfer gewährleistet die manuelle Inline-Stabilisierung von Kopf und Nacken. Hierbei sollten die Daumen des Helfers stets zum Gesicht des Patienten zeigen. Ein anderer kniet auf Höhe des Thorax und greift den Patienten an der gegenüberliegenden Schulter sowie am Handgelenk-/Beckenbereich. Ein dritter Helfer kniet auf Höhe der Knie des Patienten und greift den Handgelenk-/Beckenbereich des Patienten und die unteren Extremitäten (> Abb. 6.32).

2. Das Spineboard wird auf seiner seitlichen Kante aufgestellt, und zwar so, dass sich das Fußende zwischen den Kniekehlen und Fußgelenken des Patienten befindet (> Abb. 6.33).



Abb. 6.33

3. Der Patient wird achsengerecht auf die Seite gedreht (log-rolled). Bis der Patient auf der Seite liegt (in 90°-Position zum Boden), wird sein Kopf weniger gedreht als der Rumpf, sodass sich Kopf und Rumpf in einer Linie ausrichten (> Abb. 6.34).



Abb. 6.34

4. Sobald sich der Patient in Rückenlage auf dem Spineboard befindet, wird er nach oben und zur Mitte des Brettes hin geschoben. Das Team muss darauf achten, nicht am Patienten zu ziehen, die Inline-Stabilisierung aber dennoch aufrechtzuerhalten (> Abb. 6.35). Sobald der Patient in der richtigen Position auf dem Spineboard liegt, kann eine Zervikalstütze (in der richtigen Größe) angelegt und der Patient auf dem Spineboard gesichert werden.



Abb. 6.35

Spineboard-Anwendung beim stehenden Patienten

Prinzip: Vollständige Immobilisierung eines stehenden Patienten auf dem Spineboard, während Kopf und Hals in Neutralposition gehalten werden, sowie Minimierung des Risikos weiterer Verletzungen

Die Anwendung ist indiziert bei Traumapatienten, die zwar gehfähig sind, aber trotzdem eine Indikation zur Immobilisierung haben.

Es gibt zwei Methoden, um einen stehenden Patienten auf einem Spineboard zu immobilisieren: Die erste Möglichkeit sieht vor, Kopf und Rumpf des stehenden Patienten zu fixieren, bevor das Spineboard auf dem Boden abgelegt wird. Diese Methode kann für den Patienten unangenehm sein. Es kann nicht verhindert werden, dass der Patient leicht bewegt wird. Bei der zweiten Methode wird der Patient manuell auf dem Spineboard stabilisiert, während dieses abgelegt wird, und anschließend am Spineboard gesichert. Diese bevorzugte Variante kann mit zwei oder drei Retter durchgeführt werden.

Drei oder mehr Helfer

1. Die Einsatzkräfte können die manuelle Inline-Stabilisierung entweder vor oder hinter dem Patienten durchführen. Anschließend wird eine Zervikalstütze in korrekter Größenstellung angelegt. Das Spineboard wird hinter dem Patienten platziert und an ihn gedrückt (**> Abb. 6.36**). Befindet sich das Spineboard am Patienten, wird die manuelle Inline-Stabilisierung aufrechterhalten, bis der Patient darauf gesichert wurde.



Abb. 6.36

2. Zwei Helfer stehen auf beiden Seiten des Patienten und sind ihm dabei zugewendet. Jeder Helfer fasst mit seiner patientennahen Hand unter der Achsel des Patienten durch und ergreift den nächsten Griff am Spineboard, ohne die Schulter des Patienten zu bewegen. Die andere Hand greift einen höher gelegenen Griff ($>$ Abb. 6.37). Unter kontinuierlicher Inline-Stabilisierung werden Patient und Spineboard zu Boden gelassen.



Abb. 6.37

3. Wenn sich Patient und Spineboard dem Boden nähern, muss der Helfer hinter dem Patienten, welcher die manuelle Stabilisierung durchführt, seine Hände drehen, um die Stabilisierung weiter durchführen zu können ($>$ Abb. 6.38).



Abb. 6.38

4. Wenn sich Patient und Spineboard dem Boden nähern, müssen die seitlich stehenden Helfer das Brett weiter kopfwärts fassen und dabei unter den Armen des Kollegen durchgreifen, welcher die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule durchführt ($>$ Abb. 6.39).



Abb. 6.39



Abb. 6.40



Abb. 6.41

5. Sobald Patient und Spineboard auf dem Boden liegen, wird der Patient auf dem Spineboard gesichert (➤ Abb. 6.40).

Zwei Helfer

1. Wenn drei oder mehr Helfer nicht zur Verfügung stehen, kann die Immobilisierung auch durch zwei Helfer durchgeführt werden. Der erste Helfer führt die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule durch, während der zweite Helfer eine Halskrause abmisst und anlegt. Wenn die Halskrause angelegt ist, stellt der zweite Helfer ein Spineboard hinter den Patienten und vor den ersten Helfer (➤ Abb. 6.41).

2. Der zweite Helfer hält das Spineboard mit der spineboard-nahen Hand. Der zweite Helfer platziert nun mit leichtem Druck die andere Hand mit gestreckten Fingern seitlich am Kopf des Patienten, um die manuelle Stabilisierung zu unterstützen (➤ Abb. 6.42).



Abb. 6.42

3. Der erste Helfer kann nun den Kopf des Patienten loslassen, und zwar mit der Hand, die näher beim zweiten Helfer ist. Dann werden die Hände seitlich an den Kopf des Patienten gesetzt, während sich die Helfer seitlich positionieren und das Spineboard auf Höhe des Patientenkopfes oder höher greifen (➤ Abb. 6.43).



Abb. 6.43

4. Spineboard und Patient werden nun auf den Boden abgesenkt, während beide Helfer die manuelle Stabilisierung mit seitlichem Druck gegen den Kopf des Patienten aufrechterhalten (➤ Abb. 6.44). Die First Responder müssen sich, um eine maximale manuelle Stabilisierung zu gewährleisten, gut aufeinander abstimmen.

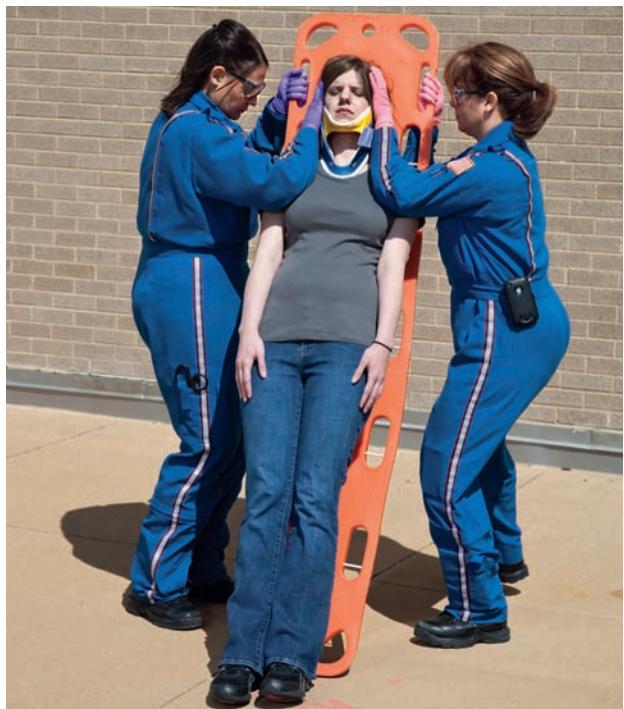


Abb. 6.44



Abb. 6.45

5. Wenn Patient und Spineboard den Boden erreicht haben, kann die manuelle Inline-Stabilisierung durch einen Helfer vom Kopfende her durchgeführt werden, bis der Patient auf dem Spineboard gesichert ist (► Abb. 6.45).

Sitzende Immobilisierung (Rettungskorsett)

Prinzip: Bewegung sitzender Traumapatienten ohne kritische Verletzungen erst nach erfolgter Immobilisierung

Diese Art der Immobilisierung wird beim sitzenden, nicht kritischen Traumapatienten angewendet, falls eine Wirbelsäulen-Immobilisierung indiziert ist.

Es gibt unterschiedliche Anbieter von Rettungskorsetts. Für diese Demonstration wird das KED®-System genutzt. Die Details (aber nicht das generelle Vorgehen) variieren je nach Modell oder Hersteller des Rettungskorsets.



Abb. 6.46

1. Eine manuelle HWS-Stabilisierung wird durchgeführt und eine angepasste Zervikalstütze angelegt (► Abb. 6.46).

2. Der Patient wird in eine aufrecht sitzende Position gebracht, wobei auf etwas Platz zwischen dem Patientenrücken und dem Sitz geachtet werden muss, um das Rettungskorsett zu platzieren ($>$ Abb. 6.47). **Beachte:** Bevor das Rettungskorsett hinter dem Patienten positioniert wird, müssen die beiden langen Leistengurte hinter dem Korsett platziert werden.



Abb. 6.47

3. Nachdem das Rettungskorsett hinter dem Patienten platziert wurde, werden die Seitenklappen des Korsets um den Patienten gelegt und bis zu den Achseln hochgezogen ($>$ Abb. 6.48).



Abb. 6.48

4. Dann werden die Brustgurte geschlossen, zuerst der mittlere, dann der untere Gurt. Jeder Gurt wird nach dem Schließen straff angezogen. Das Schließen des obersten Gurtes kann noch warten. Falls der Gurt schon geschlossen wird, sollte die Atmung des Patienten dadurch nicht eingeschränkt sein. Daher sollte der oberste Gurt erst unmittelbar vor der Rettung des Patienten straff gezogen werden ($>$ Abb. 6.49).



Abb. 6.49



Abb. 6.50



Abb. 6.51



Abb. 6.52

5. Alle Leistengurte werden positioniert und geschlossen. Jeder Gurt wird gesäßnah unter den Beinen des Patienten durchgeführt und auf derselben Seite ins Gurtschloss gesteckt, wo der Gurt der Weste entspringt. Durch Hin- und Herbewegen werden die Gurte unter die Oberschenkel und das Gesäß gezogen, bis sie quasi geradlinig von vorne nach hinten in der Gesäßfalte verlaufen. Sobald die Gurte korrekt liegen, werden sie angezogen, wobei darauf zu achten ist, dass die Gurte nicht über den Genitalien, sondern daneben verlaufen (> Abb. 6.50).

6

6. Das Polster wird zwischen Kopf und Rettungskorsett platziert, um eine Neutralstellung des Kopfes zu erreichen (> Abb. 6.51).

7. Der Kopf des Patienten wird dann am Kopfteil der Weste gesichert. Dabei ist darauf zu achten, dass weder der Gurt über den Unterkiefer gespannt wird, noch dass die Atemwege beeinträchtigt werden (> Abb. 6.52). **Beachte:** Die Brustgurte sollten nochmals überprüft und gegebenenfalls nachgezogen werden.

8. Alle Gurte sollten vor der Rettung überprüft werden.
Wenn der oberste Brustgurt noch nicht geschlossen wurde, sollte er nun angebracht und festgezogen werden
(> Abb. 6.53).



Abb. 6.53

9. Wenn möglich, sollte die Trage mit Spineboard zur offenen Fahrzeughütze gebracht werden. Das Spineboard wird unter das Gesäß des Patienten geschoben, sodass das Fußende sicher auf dem Fahrzeugsitz und das Kopfende auf der Trage aufliegen. Falls keine Trage verfügbar ist oder das Gelände die Verwendung nicht zulässt, können weitere Einsatzkräfte das Spineboard halten, während der Patient gedreht und aus dem Fahrzeug gehoben wird (> Abb. 6.54).

6



Abb. 6.54

10. Während der Patient gedreht wird, müssen seine Beine auf den Sitz gehoben werden. Wenn das Fahrzeug eine Mittelkonsole hat, sollten die Beine nacheinander darüber hinwegbewegt werden (> Abb. 6.55).



Abb. 6.55



Abb. 6.56

Schnelle Rettung – „rapid extrication“

Prinzip: Manuelle Stabilisierung eines Patienten mit kritischen Verletzungen vor und während der Rettung aus sitzender Position

Drei oder mehr Helfer

Sitzende Patienten mit lebensbedrohlichen Zuständen und Indikation für eine Wirbelsäulen-Immobilisierung können sehr schnell gerettet werden. Eine Immobilisierung mit einem Hilfsmittel bietet mehr Stabilität als eine rein manuelle Stabilisierung wie meist bei der Rapid-Extrication-Methode. Jedoch erfordert dies zusätzliche 4–8 Minuten. Das Einsatzpersonal kann das Rettungskorsett oder ein kurzes Spineboard (Halfboard) anwenden,

- wenn die Situation sicher und der Patientenzustand stabil sind und der Zeitfaktor keine Rolle spielt
- oder

11. Sobald der Patient mit dem Rücken Richtung Spineboard gedreht ist, wird er langsam auf dem Board abgelegt, während die Beine weiterhin hochgehalten werden. Wenn der Patient auf dem Spineboard liegt, werden die Leistengurte gelöst und die Beine des Patienten abgelegt. Dann wird der Patient mit dem Rettungskorsett so auf dem Spineboard hochgezogen, bis er korrekt positioniert ist. Die Einsatzkräfte sollten nun den obersten Brustgurt wieder lösen. Das Rettungskorsett wird, sobald der Patient korrekt positioniert ist, zur weiteren Immobilisierung von Kopf, Hals und Rumpf des Patienten mit verwendet und zusammen mit dem Patienten auf dem Spineboard gesichert. Die Beine werden ebenfalls am Spineboard gesichert, das anschließend auf der Trage fixiert wird (➤ Abb. 6.56).

- wenn eine spezielle Rettungssituation vorliegt, die es mit sich bringt, dass man in beachtlichem Maße Hebel bzw. technische Hebevorrichtungen einsetzen muss und dies zu unerwünschten Bewegungen des Patienten führen würde, bevor die Immobilisierung in Rückenlage auf einem langen Spineboard durchführbar wäre.

In folgenden Situationen ist dagegen eine schnelle Rettung indiziert:

- wenn der Patient bereits im Primary Survey als „kritisch“ eingestuft wird und eine Behandlung im Fahrzeug nicht erfolgversprechend ist,
- wenn die Einsatzstelle für Patient und Einsatzpersonal unsicher ist und eindeutige Gefahren existieren, sodass man sich rasch an einen sicheren Ort zurückziehen muss,
- wenn ein Patient den Zugang zu anderen Schwerverletzten versperrt.

Beachte: Die schnelle Rettung ist nur indiziert, wenn der Patient lebensgefährlich verletzt ist, und nicht, weil jemand persönlich diese Technik bevorzugt.



Abb. 6.57

1. Sobald die Entscheidung zur schnellen Rettung getroffen ist, werden zunächst Kopf und Hals manuell in Neutralposition stabilisiert. Dies geht am besten von hinten. Wenn es dem Helfer nicht möglich ist, hinter den Patienten zu gelangen, lässt sich die manuelle Stabilisierung auch von der Seite durchführen. Egal ob von hinten oder von der Seite – Kopf und Hals des Patienten werden in Neutralposition gebracht, der Patient wird schnell beurteilt und eine korrekt sitzende Zervikalstütze angelegt (➤ Abb. 6.57).

2. Während die manuelle Stabilisierung des Kopfes aufrecht erhalten wird, werden Brustkorb und Abdomen sowie Beine untersucht. Dann wird der Patient in kurzen, kontrollierten Bewegungen gedreht (> Abb. 6.58).



Abb. 6.58

3. Wenn das Fahrzeug eine Mittelkonsole hat, müssen die Füße jetzt darüber gehoben werden (> Abb. 6.59).



Abb. 6.59

4. Der Helfer dreht den Patienten weiter, bis die manuelle Stabilisierung nicht mehr durchgeführt werden kann. Ein weiterer Helfer übernimmt nun von außen die manuelle Stabilisierung der HWS (> Abb. 6.60).



Abb. 6.60



Abb. 6.61



Abb. 6.62



Abb. 6.63

5. Der erste Helfer verlässt nun seine Position im Fahrzeug und übernimmt die Stabilisierung der HWS vom zweiten Helfer (> Abb. 6.61).

6. Die Drehung des Patienten wird fortgeführt, bis der Patient aus der geöffneten Fahrzeugtür gekippt und auf dem Spineboard abgelegt werden kann (> Abb. 6.62).

7. Das Spineboard wird mit dem Fußende auf dem Autositz und mit dem Kopfende auf der Trage abgelegt. Wenn die Trage nicht neben der Fahrzeugtür platziert werden kann, müssen weitere Einsatzkräfte das Spineboard halten, während der Patient daraufgelegt wird (> Abb. 6.63).

8. Sobald der Rumpf des Patienten auf dem Spineboard liegt, wird der Patient achsengerecht auf dem Spineboard nach oben gezogen. Der Helfer, der die manuelle HWS-Stabilisierung übernommen hat, muss darauf achten, dass er nicht am Patienten zieht, sondern Kopf und Nacken während der Bewegung lediglich stützt. Wenn der Patient auf dem Spineboard positioniert ist, können die First Responder den Patienten auf dem Spineboard und das Spineboard auf der Trage sichern. Der Oberkörper des Patienten wird zuerst gesichert, dann der untere Rumpf und das Becken, schließlich der Kopf. Die Beine des Patienten werden zuletzt gesichert. Wenn die Einsatzstelle unsicher ist, sollte der Patient erst in einen sicheren Bereich gebracht werden, bevor er auf dem Brett oder der Trage fixiert wird (► Abb. 6.64).

Beachte: Dies ist nur ein Beispiel für die schnelle Rettung. Weil die wenigsten Situationen an Einsatzstellen ideal sind, müssen die First Responder das entsprechende Vorgehen der Umgebung und dem einzelnen Patienten anpassen. Ein Grundsatz der schnellen Rettung sollte in allen Situationen erhalten bleiben: permanentes Aufrechterhalten der manuellen HWS-Stabilisierung und der Inline-Position für die gesamte Wirbelsäule ohne ungewollte Bewegungen während der Rettung. Dabei kann jede funktionierende Position des First Responders die Richtige sein! Zu viele Positionswechsel sollten jedoch vermieden werden, da dies eine Unterbrechung der manuellen Stabilisierung eher begünstigt.

Die Methode der schnellen Rettung kann sehr effektiv sein, um einen Patienten mit manueller Stabilisierung von Kopf, Halswirbelsäule und Rumpf aus einem Fahrzeug zu retten. Im Folgenden sind drei wesentliche Punkte der schnellen Rettung aufgeführt:

- Ein Helfer stabilisiert die ganze Zeit über Kopf und HWS des Patienten, ein zweiter Helfer dreht und stabilisiert den Rumpf und ein dritter Helfer bewegt und kontrolliert Becken und untere Extremitäten.
- Die kontinuierliche Stabilisierung ist nicht möglich, wenn versucht wird, den Patienten in einer einzigen kontinuierlichen Bewegung zu drehen. Die Einsatzkräfte müssen jede Bewegung nach einem Stück stoppen, sich neu positionieren und für den nächsten Schritt bereitmachen. Unnötige Hast führt letztlich zu Verzögerungen und kann zu Bewegungen der Wirbelsäule führen.
- Die Prinzipien der schnellen Rettung müssen für jede Einsatzsituation und jeden Patienten angepasst werden. Dies kann nur funktionieren, wenn die Einsatzkräfte darin geübt sind. Jeder Anwender muss die Maßnahmen und nächsten Schritte aller Einsatzkräfte im Team kennen.



Abb. 6.64



Abb. 6.65

Zwei Helfer (Boa-Rettung)

In manchen Situationen sind nicht genügend Einsatzkräfte vor Ort, um einen kritischen Patienten schnell zu retten. In diesen Situationen ist die Zwei-Helfer-Methode sinnvoll.

1. Ein Helfer übernimmt die manuelle Stabilisierung von Kopf und HWS in Inline-Position. Ein zweiter Helfer legt eine korrekt sitzende Zervikalstütze an und legt ein zusammengerolltes Laken („Boa“) von vorne um den Hals des Patienten. Die Mitte der Boa wird vorne in der Mittellinie des Patienten auf der festen Zervikalstütze des Patienten positioniert. Die Enden der Boa werden im Nacken des Patienten überkreuzt und unter den Armen des Patienten nach vorne durchgeführt (> Abb. 6.65).

2. Mit den Enden der Boa wird der Patient nun gedreht, bis sich sein Rücken mittig in der Türöffnung befindet (> Abb. 6.66).



Abb. 6.66

3. Der erste Helfer zieht die beiden Enden der Boa unter die Schultern des Patienten und diesen dann auf das Spineboard, während der weite Helfer Rumpf, Becken und Beine des Patienten befreit und nachführt (> Abb. 6.67).



Abb. 6.67

Helmabnahme

Prinzip: Abnahme eines Motorradhelms, sodass das Risiko weiterer Verletzungen minimiert wird

Patienten, die einen Integralhelm tragen, muss dieser frühzeitig während der Einschätzung abgenommen werden. Nur dies garantiert einen schnellen Zugang für den First Responder, um den Patienten hinsichtlich seiner Atemwege und Atmungsfunktion zu beurteilen und zu behandeln. Die Abnahme des Helms hilft, verdeckte Blutungsquellen im hinteren Helmbereich zu erkennen, und gestattet dem First Responder, den Kopf aus der durch große Helme bedingten Beugung in eine neutrale Ausrichtung zu bringen. Zudem erlaubt sie eine komplette Untersuchung des Kopfes und Nackens während des Secondary Survey und erleichtert eine mögliche Wirbelsäulen-Immobilisierung.

Die Einsatzkräfte erklären dem Helmträger das Vorgehen. Wenn der Patient sagt, dass der First Responder ihm den Helm nicht abnehmen soll, erklären die First Responder, dass das gut trainierte Team den Helm so abnimmt, dass die Wirbelsäule geschützt bleibt. Zwei Helfer werden hierfür benötigt.

1. Ein Helfer übernimmt die Position oberhalb des Kopfes des Patienten. Mit seitlich gegen den Helm gepressten Handflächen, wobei die Finger den unteren Rand des Helmes umfassen, werden Helm, Kopf und Nacken in einer weitgehend neutralen Position stabilisiert, wie es der Helm erlaubt. Ein zweiter Helfer kniet neben dem Patienten, öffnet oder entfernt das Visier, soweit erforderlich, und löst oder durchtrennt den Kinngurt (**> Abb. 6.68**).



Abb. 6.68

2. Der Unterkiefer des Patienten wird zwischen Daumen und Zeige-/Mittelfinger am Kieferwinkel gegriffen. Die andere Hand greift unter den Nacken des Patienten an den Hinterkopf, um die manuelle Stabilisierung der HWS zu übernehmen. Um hierbei eine größere Stabilität zu erlangen, sollten die Unterarme des zweiten Helfers auf dem Boden oder seinen Schenkeln aufliegen (**> Abb. 6.69**).



Abb. 6.69



Abb. 6.70



Abb. 6.71

3. Der erste Helfer zieht die Seiten des Helmes vorsichtig auseinander, weg vom Patientenkopf, und zieht den Helm mit vorsichtigen Auf-und-ab-Bewegungen langsam vom Kopf des Patienten. Vorsicht ist besonders in der Phase geboten, in der der Helm die Nase des Patienten passiert (> Abb. 6.70).

4. Sobald der Helm abgenommen ist, sollten Polster unter den Kopf des Patienten gelegt werden, um eine neutrale Inline-Position zu gewährleisten. Die manuelle Immobilisierung der HWS wird kontinuierlich aufrechterhalten und eine korrekt ausgemessene Zervikalstütze wird dem Patienten angelegt (> Abb. 6.71).

Beachte: Zwei wesentliche Elemente sind für eine Helmabnahme wichtig:

- Während ein Helfer die manuelle Immobilisierung von Kopf und Nacken aufrechterhält, führt der andere Helfer Bewegungen aus. Nie dürfen beide Helfer gleichzeitig Bewegungen durchführen.
- Der Helfer muss den Helm in verschiedene Richtungen drehen: zuerst, um die Nase des Patienten zu befreien, und dann, um den Hinterkopf des Patienten zu befreien.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Centers for Disease Control and Prevention: Traumatic Brain Injury. Quelle: www.cdc.gov/ncipc/tbi/TBI.htm. Letzter Zugriff: 18.8.2010.
2. Marmarou A, Anderson RL, Ward JL, et al.: Impact of ICP instability and hypotension on outcome in patients with severe head trauma, *J Neurosurg* 75:S59, 1991.
3. Miller JD, Becker DP: Secondary insults to the injured brain, *J R Coll Surg Edinb* 27:292, 1982.
4. Miller JD, Sweet RC, Narayan RK, et al.: Early insults to the injured brain, *JAMA* 240:439, 1978.
5. Silverston P: Pulse oximetry at the roadside: a study of pulse oximetry in immediate care, *BMJ* 298:711, 1989.
6. Stocchetti N, Furlan A, Volta F: Hypoxemia and arterial hypotension at the accident scene in head injury, *J Trauma* 40:764, 1996.
7. Plum F: The diagnosis of stupor and coma, ed 3, New York, 1982, Oxford University Press.
8. Langfitt TW, Weinstein JD, Kassell NF, Simeone FA: Transmission of increased intracranial pressure. I. Within the craniospinal axis, *J Neurosurg* 21:989, 1964.
9. Langfitt TW: Increased intracranial pressure, *Clin Neurosurg* 16:436, 1969.
10. Marmarou A, Anderson RL, Ward JL, et al.: Impact of ICP instability and hypotension on outcome in patients with severe head trauma, *J Neurosurg* 75:S59, 1991.
11. Manley GT, Pitts LH, Morabito D, et al.: Brain tissue oxygenation during hemorrhagic shock, resuscitation, and alterations in ventilation, *J Trauma Injury Infect Crit Care* 46:261, 1999.
12. Brain Trauma Foundation: Glasgow Coma Score. In Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury, New York, 2000, The Foundation.
13. American College of Surgeons: Advanced trauma life support, Chicago, 2004, The College.
14. Servadei F, Nasi MT, Cremonini AM: Importance of a reliable admission Glasgow Coma Scale score for determining the need for evacuation of post-traumatic subdural hematomas: a prospective study of 65 patients, *J Trauma* 44:868, 1998.
15. Winkler JV, Rosen P, Alfrey EJ: Prehospital use of the Glasgow Coma Scale in severe head injury, *J Emerg Med* 2:1, 1984.
16. Brain Trauma Foundation: Hospital transport decisions. In Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury, New York, 2000, The Foundation.
17. Kihtir T, Ivatury RR, Simon RJ, et al.: Early management of civilian gunshot wounds to the face, *J Trauma* 35:569, 1993.
18. American Academy of Neurology: The management of concussion in sports (summary statement), *Neurology* 48:581, 1997.
19. Rimer RW, Giordani B, Barth JT: Moderate head injury: completing the clinical spectrum of brain trauma, *Neurosurgery* 11:344, 1982.
20. Brain Trauma Foundation: CT scan features. In Management and prognosis of severe traumatic brain injury, ed 2, New York, 2000, The Foundation.
21. Davis DP, Dunford JV, Poste JC, et al.: The impact of hypoxia and hyperventilation on outcome after paramedic rapid sequence intubation of severely head injured patients, *J Trauma* 57:1, 2004.
22. Badjatia N, Carney N, Crocco TJ, et al.: Treatment: Cerebral Herniation. In Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury, 2nd Edition. *Prehosp Emergency Care* 12:Suppl 1:1–52, 2008.
23. DeVivo MJ: Causes and costs of spinal cord injury in the United States, *Spinal Cord* 35:809, 1997.
24. Spinal Cord Injury Information Pages: www.sci-info-pages.com/facts.html. Letzter Zugriff 15.11.2009.
25. Jackson AB, Dijkers M, DeVivo MJ, Pocztak RB: A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years, *Arch Phys Med Rehabil* 85:1740, 2004.
26. Meldon SW, Moettus LN: Thoracolumbar spine fractures: clinical presentation and the effect of altered sensorium and major injury, *J Trauma* 38:1110, 1995.
27. Ross SE, O'Malley KF, DeLong WG, et al.: Clinical predictors of unstable cervical spine injury in multiply injured patients, *Injury* 23:317, 1992.
28. Marion DW, Pryzybylski G: Injury to the vertebrae and spinal cord. In Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, editors: *Trauma*, New York, 2000, McGraw-Hill.
29. Tator CH, Fehlings MG: Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with special emphasis on vascular mechanisms, *J Neurosurg* 75:15, 1991.
30. Bilello JP, Davis JW, Cunningham MA, et al.: Cervical spinal cord injury and the need for cardiovascular intervention, *Arch Surg* 138:1127, 2003.
31. Ullrich A, Hendey GW, Geiderman J, et al.: Distracting painful injuries associated with cervical spinal injuries in blunt trauma, *Acad Emerg Med* 8:25, 2001.
32. Domeier RM, Evans RW, Swor RA, et al.: Prospective validation of out-of-hospital spinal clearance criteria: a preliminary report, *Acad Emerg Med* 4:643, 1997.
33. Domeier RM, Swor RA, Evans RW, et al.: Multicenter prospective validation of prehospital clinical spinal clearance criteria, *J Trauma* 53:744, 2002.
34. Hankins DG, Rivera-Rivera EJ, Ornato JP, et al.: Spinal immobilization in the field: clinical clearance criteria and implementation, *Prehosp Emerg Care* 5:88, 2001.
35. Stroh G, Braude D: Can an out-of-hospital cervical spine clearance protocol identify all patients with injuries? An argument for selective immobilization, *Ann Emerg Med* 37:609, 2001.
36. Dunn TM, Dalton A, Dorfman T, Dunn WW: Are emergency medical technician-basics able to use a selective immobilization of the cervical spine protocol? A preliminary report, *Prehosp Emerg Care* 8:207, 2004.
37. Domeier RM, Frederiksen SM, Welch K: Prospective performance assessment of an out-of-hospital protocol for selective spine immobilization using clinical spine clearance criteria, *Ann Emerg Med* 46:123, 2005.
38. Domeier RM, National Association of EMS Physicians Standards and Practice Committee: Indications for prehospital spinal immobilization, *Prehosp Emerg Care* 3:251, 1997.
39. Connell RA, Graham CA, Munro PT: Is spinal immobilization necessary for all patients sustaining isolated penetrating trauma? *Injury* 34:912, 2003.
40. Chong CL, Ware DN, Harris JH: Is cervical spine imaging indicated in gunshot wounds to the cranium? *J Trauma* 44:501, 1998.
41. Kaups KL, Davis JW: Patients with gunshot wounds to the head do not require cervical spine immobilization and evaluation, *J Trauma* 44:865, 1998.
42. Lanoix R, Gupta R, Leak L, Pierre J: C-spine injury associated with gunshot wounds to the head: retrospective study and literature review, *J Trauma* 49:860, 2000.
43. Barkana Y, Stein M, Scope A, et al.: Prehospital stabilization of the cervical spine for penetrating injuries of the neck: is it necessary? *Injury* 34:912, 2003.
44. Cornwell EE, Chang DC, Boner JP, et al.: Thoracolumbar immobilization for trauma patients with torso gunshot wounds—is it necessary? *Arch Surg* 136:324, 2001.
45. American College of Surgeons Committee on Trauma: Advanced trauma life support for doctors, student course manual, ed 7, Chicago, 2004, American College of Surgeons.
46. DeBoer SL, Seaver M: Big head, little body syndrome: what EMS providers need to know, *Emerg Med Serv* 33:47, 2004.
47. Nesathurai S: Steroids and spinal cord injury: revisiting the NASCIS 2 and NASCIS 3 trials, *J Trauma* 45:1088, 1998.

KAPITEL

7

Trauma des Bewegungsapparates

| | | | | | |
|------------|--|-----|------------|-------------------------------|-----|
| 7.1 | Anatomie und Physiologie | 190 | 7.4 | SpezielleÜb erlegungen | 200 |
| 7.2 | Beurteilung | 190 | 7.4.1 | Kritische Polytraumapatienten | 200 |
| 7.2.1 | Verletzungsmechanismen | 191 | 7.4.2 | Amputationen | 200 |
| 7.2.2 | Primary und Secondary Survey | 193 | 7.4.3 | Crush-Syndrom | 201 |
| 7.2.3 | Begleitverletzungen | 194 | 7.4.4 | Zerstörte Extremitäten | 202 |
| 7.4.5 | Verstauchungen | 202 | | | |
| 7.3 | Spezifische Verletzungen des Bewegungsapparates | 194 | 7.5 | LangeT ransportwege | 202 |
| 7.3.1 | Blutungen | 194 | 7.6 | BesondereK enntnisse | 203 |
| 7.3.2 | Instabilität durch Frakturen und Luxationen | 195 | 7.6.1 | Schienungssysteme | 203 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- Frakturen, Verstauchungen und Dehnungen zu definieren,
- die drei Verletzungskategorien des Bewegungsapparates aufzuzählen und in der Abfolge der Behandlung einzuordnen,
- Primary und Secondary Survey mit Verletzungen des Bewegungsapparates in Verbindung zu bringen,
- die Bedeutung von Blutungen durch offene und geschlossene Frakturen der langen Röhrenknochen, des Beckens und der Rippen zu erörtern,

- die fünf wichtigsten pathophysiologischen Probleme in Verbindung mit Verletzungen des Bewegungsapparates zu nennen, die einer präklinischen Versorgung bedürfen,
- die Versorgung von Verletzungen des Bewegungsapparates sowohl als isoliertes Trauma als auch als Teil eines Polytraumas zu erklären,
- die geeignete Schiene bei Verletzungen von Extremitäten auszuwählen und korrekt anzuwenden,
- die Besonderheiten bei der Versorgung von Oberschenkelfrakturen zu beschreiben,
- die Versorgung von Amputationsverletzungen zu beschreiben.

Fallbeispiel

Sie werden zu einer Baustelle gerufen. Ein Arbeiter klagt über Schmerzen am rechten Oberschenkel, nachdem er von einem Gabelstapler erfasst und gegen einen Container gedrückt worden war. Nachdem Sie sich davon überzeugt haben, dass die Unfallstelle sicher betreten werden kann, entdecken Sie den auf dem Boden liegenden Patienten. Er ist in der Lage, den Unfallhergang zu beschreiben, wirkt aber müde, hat große Schmerzen und erscheint kaltschweißig und blass. Sie stellen fest, dass die Atemwege frei sind und der Patient ohne Schwierigkeiten mit etwa 24 Atemzügen pro Minute atmet. Der Patient klagt lediglich über Schmerzen im

Bereich des rechten Oberschenkels sowie Verlust von Sensibilität und Motorik unterhalb der Verletzung. Seine Herzfrequenz beträgt 120 Schläge/min, der Blutdruck liegt bei 104/76 mmHg. Nach Freilegung des rechten Beins bemerken Sie eine Schwellung am mittleren Drittels des Oberschenkels und eine Verkürzung der nach außen rotierten Extremität. **Was verrät die Kinematik des Unfallgeschehens über mögliche Verletzungen des Patienten? Welche Art von Verletzung hat der Patient und welche Prioritäten setzen Sie bei der Behandlung?**



Abb. 7.1 Einige Verletzungen der Extremitäten sehen sehr dramatisch aus – sind aber nicht lebensbedrohlich.

Extremitätenverletzungen stellen, obwohl sie bei Traumapatienten häufig vorkommen, selten eine sofortige Lebensgefahr dar. Sie können jedoch bedrohlich werden, wenn sie einen schweren Blutverlust nach außen oder innen zur Folge haben.

Bei der präklinischen Versorgung von Traumapatienten mit kritischen Extremitätenverletzungen sind drei Punkte wichtig:

- Halten Sie an den Beurteilungsprioritäten fest; lassen Sie sich nicht von dramatischen, aber nicht lebensbedrohlichen Verletzungen (**> Abb. 7.1**) fehlleiten.
- Erkennen Sie potenziell lebensgefährliche Verletzungen des Bewegungsapparates.
- Beurteilen Sie die Kinematik, die zu der Verletzung geführt hat, und suchen Sie nach weiteren lebensbedrohlichen Verletzungen, die durch die Energieübertragung hervorgerufen worden sein könnten.

Wird während des Primary Survey ein (potenziell) lebensbedrohlicher Zustand festgestellt, darf nicht mit dem Secondary Survey (detaillierte Anamnese und körperliche Untersuchung) begonnen werden. Sämtliche im Primary Survey festgestellten Probleme müssen in der Reihenfolge des ABC vor dem Secondary Survey behoben werden. Das kann heißen, dass der Secondary Survey erst im Fahrzeug durchgeführt oder gar bis in die Notfallaufnahme aufgeschoben wird.

Jeder kritische Traumapatient mit Verdacht auf Frakturen wird in Rückenlage auf dem Rettungsbrett (Spineboard) in einer anatomisch korrekten Position immobilisiert. Diese Position wird **anatomische Schienung** genannt. Ist der Patient richtig auf dem Rettungsbrett fixiert, so ist praktisch jeder Knochen und sind alle Gelenke gut geschiert. Wird diese Maßnahme effizient angewandt, wird sie die Helfer nicht von kritischen Problemen des Patienten ablenken. Der Helfer, der die präklinische Versorgung durchführt, hat nicht die Aufgabe, einzelne Verletzungen detailliert zu diagnostizieren, sondern lebensbedrohliche Zustände zu erkennen und zu behandeln.

7.1 Anatomie und Physiologie

Anatomische und physiologische Grundkenntnisse des menschlichen Körpers sind wichtig und gehören zum Grundwissen des professionellen Helfers. Anatomie und Physiologie bilden das Fundament, auf dem Patientenbeurteilung und Behandlung aufbauen. Ohne gute Kenntnis über den Aufbau von Muskeln und Knochen können Verletzungsmechanismus und äußerliche Verletzungen nicht mit inneren Verletzungen in Verbindung gebracht werden. Dieses Buch erläutert nicht alle Aspekte der Anatomie und Physiologie, es sollen lediglich einige wesentliche Grundlagen wiederholt werden.

Das menschliche Skelett besteht aus etwa 206 Knochen (**> Abb. 7.2**): Man unterscheidet lange Knochen, kurze Knochen, flache Knochen, irreguläre Knochen und Sesambeine:

- **Lange** Knochen sind Femur, Humerus, Ulna, Radius, Tibia und Fibula.
 - Zu den **kurzen** Knochen gehören die Mittelhandknochen (Metakarpalia), die Mittelfußknochen (Metatarsalia) und die Finger- bzw. Zehenknochen (Phalangen).
 - **Flache** Knochen sind dünn und kompakt wie z. B. Brustbein (Sternum), Rippen (Costae) und Schulterblatt (Skapula).
 - **Irreguläre** Knochen sind z. B. gewisse Schädelknochen (z. B. Siebbein, Keilbein, Felsenbein etc.).
 - **Sesambeine** sind Knochen, die in Sehnen eingebettet sind; die Kniescheibe (Patella) ist das größte Sesambein des Körpers.
- Der menschliche Körper umfasst mehr als 700 Muskeln (**> Abb. 7.3**), die nach ihrer Funktion eingeteilt werden. In diesem Kapitel werden nur Skelettmuskeln besprochen. Sie werden so genannt, weil sie das Skelett willkürlich bewegen.

Außerdem werden in diesem Kapitel die Sehnen und Bänder besprochen. **Sehnen** sind starke, unelastische, faserreiche Strukturen, die Muskeln mit Knochen verbinden. Sie sind weiß und befinden sich an den Enden der Muskeln. Die Sehnen eines Muskels sind fest mit dem Knochen verbunden, den sie bewegen. **Bänder** sind ebenfalls starke, faserreiche Strukturen, die Knochen direkt miteinander verbinden und Gelenke zusammenhalten.

7.2 Beurteilung

Verletzungen des Bewegungsapparates können in drei Kategorien eingeteilt werden:

- isolierte, nicht lebensbedrohliche Verletzung des Bewegungsapparates (z. B. einfache Extremitätenfraktur)
- nicht lebensbedrohliche Verletzung des Bewegungsapparates in Verbindung mit einem lebensbedrohlichen Polytrauma
- lebensbedrohliche Verletzungen des Bewegungsapparates (z. B. Becken- oder Femurfraktur mit lebensbedrohlichem Blutverlust).

Der Sinn des Primary Survey liegt in dem Erkennen und der Behandlung lebensbedrohlicher Verletzungen. Das Vorhandensein nicht lebensgefährlicher Verletzungen des Bewegungs-

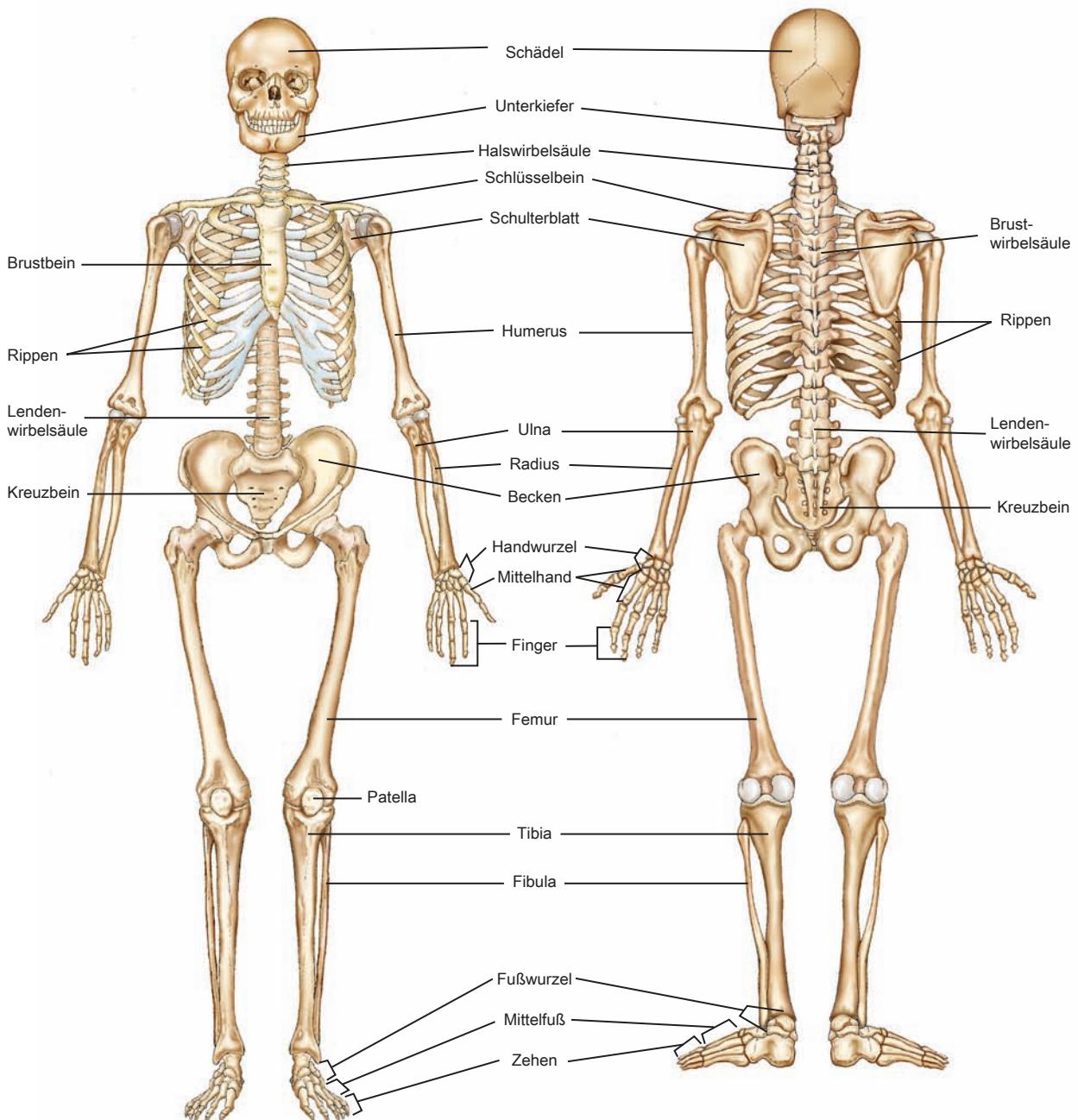


Abb. 7.2 Das menschliche Skelett

apparates kann auf ein mögliches Polytrauma hinweisen und sollte den Retter nicht von einer vollständigen ersten Untersuchung abhalten. Verletzungen des Bewegungsapparates sollten zwar nicht von der Versorgung lebensbedrohlicherer Umstände ablenken, müssen aber als mögliche Indikatoren für potentiell lebensgefährliche Verletzungen angesehen werden. Die Interpretation des Verletzungsmechanismus, der zu den offensichtlichen Verletzungen geführt hat, kann dabei helfen, weniger offensichtliche Verletzungen nicht zu übersehen.

7.2.1 Verletzungsmechanismen

Den Verletzungsmechanismus zu verstehen, ist eines der wichtigsten Hilfsmittel für die Beurteilung und das Management von Traumapatienten. Den Verletzungsmechanismus schnell zu bestimmen und zwischen hoher und niedriger Energieübertragung (z. B. Sturz vom Fahrrad im Vergleich zum Sturz mit einem Motorrad) zu unterscheiden, ist für den präklinischen Helfer wichtig, um kritische Verletzungen zu erkennen. Die beste Informationsquelle hinsichtlich des Unfallmechanismus

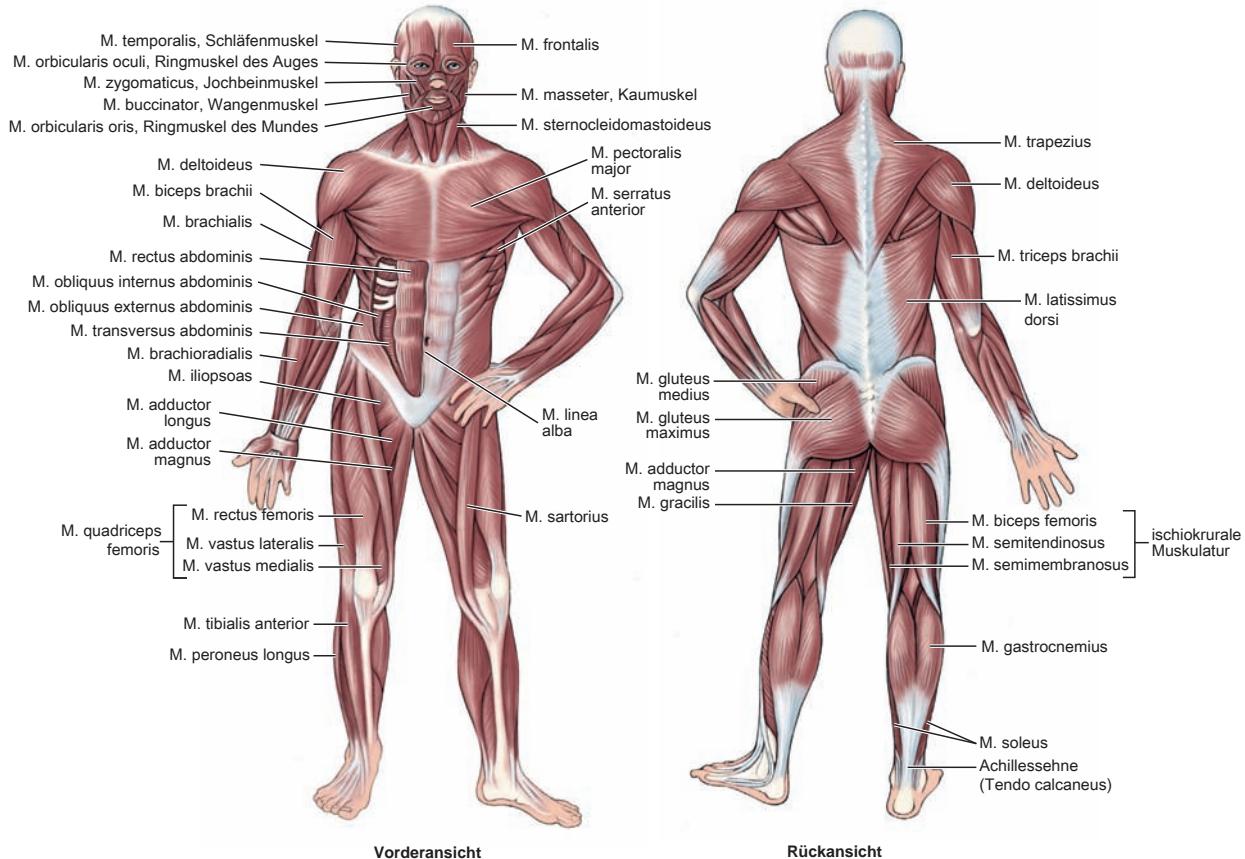


Abb. 7.3 Die wichtigsten Muskeln des Menschen (Aus: Herlihy B, Maebius NK: *The human body in health and illness*, 2. Aufl., St. Louis, 2003, Saunders)

ist der Patient selbst. Sollte dieser bewusstlos sein, können Augenzeugen Informationen über den Unfallhergang liefern. Bei unbeobachteten Ereignissen liefert das Verletzungsmuster oft Hinweise, die eine Einschätzung des Unfallmechanismus erlauben. All diese Informationen sollten der nachbehandelnden Klinik zur Verfügung gestellt und auf dem Einsatzprotokoll gut dokumentiert werden.

Anhand des Unfallmechanismus kann eine erste Vermutung über die mögliche Schwere der Verletzungen formuliert werden. Primäre Verletzungen sind offensichtlich und aus dem Unfallmechanismus einfach abzuleiten. Diese Verletzungen des Bewegungsapparates sind jedoch nicht bedrohlich und können gegebenenfalls mit Schienen versorgt werden, sofern sie nicht mit großem Blutverlust einhergehen. Sekundäre Verletzungen sind häufig nicht so deutlich ersichtlich, können jedoch ermittelt werden, indem man dem „Verletzungspfad“ folgt. Die folgenden Beispiele illustrieren die Unterschiede zwischen primären und sekundären Verletzungen:

- Springt eine Person mit den Füßen voran aus dem Fenster, müssen Sie primäre Verletzungen an Füßen, Tibia, Fibula, Femur, Becken und Rücken suchen und an eine Abschreitung der Aorta denken. Sekundäre Verletzungsmuster könnten abdominelle Verletzungen oder Kopfverletzungen durch das Vorrückstaumeln nach dem Aufprall sein.

• Fährt ein Motorradfahrer gegen eine Straßenlampe und prallt mit dem Kopf auf den Laternenmast, betreffen primäre Verletzungen Kopf, Halswirbelsäule und Thorax. Sekundäre Verletzungsmuster könnten am Femur entstehen, wenn der Patient mit dem Oberschenkel gegen den Lenker schlägt. Ein weiteres Beispiel ist der Beifahrer eines Fahrzeugs bei einem Seitenauftprall. Wie in > Kap. 2 beschrieben, besagt Newtons Trägheitsprinzip, dass ein Körper so lange in gleichförmiger Bewegung bleibt, bis er durch äußere Kräfte gezwungen wird, diese Bewegungsbahn zu verlassen. Das Fahrzeug ist dieser Körper, der Unfallgegner die äußere Kraft. Die Tür des getroffenen Fahrzeugs wird eingedrückt, sie drückt gegen den Oberarm, dieser dann wiederum gegen den Brustkorb. Rippenbrüche, Lungenquetschungen und eine Humerusfraktur können die Folge sein. Die zugrunde liegende Kinematik deutet somit auf primäre Verletzungen des Bewegungsapparates – hier Frakturen von Humerus, Becken und Femur – hin. Als sekundäre Verletzungen sind Rippenbrüche, Verletzungen der Muskeln der Brustwand sowie der Lunge und des Herzens zu erwarten. Auch die Zündung des Airbags kann zu sekundären Verletzungen in Form von Abschürfungen führen.

Eine weitere Ursache für sekundäre Verletzungen im Rahmen eines Seitenauftpralls kann ein nicht angeschnallter Beifahrer sein, der selbst zum Geschoss wird. Vom Aufprall beschleunigt, verbleibt er so lange in Bewegung, bis ihn ein an-

deres Objekt stoppt. Dies ist häufig der Fahrer. Die Verletzungen auf der unfallnahmen Seite sind meist schwerer als die auf der unfallfernen. Für den Fahrer wird also der Beifahrer zum „Unfallmechanismus“.

Sich das Gesamtgeschehen von der ersten Bewegung bis hin zu allen daraus resultierenden Folgebewegungen vorzustellen, ist die Herausforderung, die es zum vollständigen Verstehen des Unfallmechanismus und dem daraus resultierenden Verletzungsmuster zu bewältigen gilt.

7.2.2 Primary und Secondary Survey

Der erste Schritt jeder Beurteilung an der Einsatzstelle ist der Eigenschutz und die Beurteilung der Lage. Sobald der Einsatzort sicher ist, kann mit der Patientenversorgung begonnen werden. Beim **Primary Survey** werden lebensbedrohliche Zustände identifiziert und behoben. Die Versorgung eines amputierten Beines ist unwichtig, wenn der Patient nicht atmet. Atemweg, Atmung und Kreislauf, das ABC (airway, breathing, circulation), sind und bleiben die wichtigsten Punkte der Beurteilung. Größere Blutungen werden im Primary Survey erkannt und müssen, wenn sie als lebensbedrohlich eingestuft werden, gestillt werden.

Wenn der Patient keine lebensgefährlichen Verletzungen aufweist, kann der Helfer zum Secondary Survey übergehen. Die genaue Untersuchung der Extremitäten erfolgt während des **Secondary Survey**. Um die Untersuchung zu ermöglichen, sollte der Rettungsdienstmitarbeiter sämtliche Kleidung entfernen, die nicht bereits während des Primary Survey entfernt worden ist (sofern es die Umweltbedingungen zulassen). Bei unklarem Unfallmechanismus können der Patient oder Augenzeugen zum Unfallhergang befragt werden. Der Patient sollte auch nach Schmerzen in den Extremitäten gefragt werden. Die meisten Patienten mit signifikanten Verletzungen des Bewegungsapparates verspüren Schmerzen; es sei denn, es liegt gleichzeitig eine Rückenmarksverletzung oder Verletzung peripherer Nerven vor. Die Untersuchung der Extremitäten beinhaltet die Beurteilung von Schmerz, Durchblutung, Motorik und Sensibilität.

- Knochen und Gelenke** Die Untersuchung wird vervollständigt durch die Überprüfung von Fehlstellungen (Inspektion), die Ausdruck von Frakturen oder Luxationen sein könnten (> Tab. 7.1), sowie das Abtasten der Extremität nach Druckschmerz und Krepitation (Palpation). **Krepitation** (Knochenreiben) ist ein spürbares Knirschen, das entsteht, wenn die beiden Enden eines frakturierten Knochens aneinanderreiben. Krepitationen können ausgelöst werden, indem man die Fraktur selbst tastet oder indem man die gesamte Extremität bewegt. Wenn Sie Krepitationen auslösen können, sollten Sie dies nicht wiederholen, da dies für den Patienten äußerst schmerhaft ist und dabei Folgeschäden entstehen können. Wenn Sie einmal eine Krepitation wahrgenommen haben, werden Sie dieses Gefühl nicht wieder vergessen.

Tab. 7.1 Häufige Fehlstellungen bei Gelenkluxationen

| Gelenk | Richtung | Fehlstellung |
|----------------------|-----------------------|--|
| Schulter | anterior posterior | Kontur verstrichen Blockierung in Innenrotation |
| Ellenbogen | posterior | Ellenhaken (Olekranon) steht nach hinten prominent ab |
| Hüfte | anterior | Flexion, Abduktion, Außenrotation |
| | posterior | Flexion, Adduktion, Innenrotation |
| Knie | anteroposterior | verstrichene Kontur, Extension |
| Oberes Sprunggelenk | meist lateral | Außenrotation, prominenter Innenknöchel (Malleolus medialis) |
| Unteres Sprunggelenk | meist lateral | nach lateral verschobenes Fersenbein (Calcaneus) |

- Weichteilverletzungen** Der First Responder schaut nach Hautfarbe, Schwellungen, Risswunden, Schürfwunden und Blutergüssen (Hämatomen). Jede Wunde in der Nähe einer Fraktur kann ein Hinweis auf das Vorliegen einer offenen Fraktur sein. Feste und gespannte Weichteile können außerdem auf das Vorhandensein eines Kompartmentsyndroms hinweisen.
- Durchblutung (Perfusion)** Ob die Durchblutung einer Extremität erhalten ist, wird durch die Palpation der distalen Pulse (A. radialis und A. ulnaris an der oberen Extremität, A. dorsalis pedis und A. tibialis posterior an der unteren Extremität) überprüft. Zusätzlich kann die kapilläre Füllungszeit der Finger oder Zehen untersucht werden. Das Fehlen der distalen Pulse einer Extremität kann ein Hinweis auf die Durchtrennung einer Arterie, auf eine Kompression des Gefäßes durch ein Hämatom oder Knochenfragment oder auf ein Kompartmentsyndrom sein. Große oder expandierende Hämatome können auf die Verletzung eines großen Blutgefäßes hinweisen.
- Neurologische Funktion** Der First Responder untersucht sowohl die motorische Funktion als auch die sensible Innervation der Extremitäten. Wenn eine Fraktur eines langen Röhrenknochens vermutet wird, sollte der Patient nicht aufgefordert werden, seine Gliedmaße zu bewegen, da diese Bewegung heftige Schmerzen hervorrufen kann. Kommt es dabei zu einer Durchspießung der Weichteile von innen durch scharfkantige Knochenfragmente, wird aus einer geschlossenen Fraktur eine offene Fraktur. In der Prälkklinik reicht in den meisten Situationen eine grob orientierende neurologische Untersuchung aus.
- Motorische Funktion** Diese kann untersucht werden, indem man den Patienten zunächst nach einem Kraftverlust in der betreffenden Extremität fragt. Zur Prüfung der Motorik der oberen Extremität lässt man den Patienten die Faust öffnen und schließen, anschließend bittet man den Patienten, die Finger des Rettungsdienstmitarbeiters zu ergreifen

Tab. 7.2 Untersuchung peripherer Nerven der oberen Extremität

| Nerv | Motorische Funktion | Sensibilität | Verletzung |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| N. ulnaris | Abduktion des Zeigefingers (Dig. II) | kleiner Finger (Dig. V) | Ellenbogenverletzung |
| N. medianus (distal) | Daumenballenmuskulatur (Thenar) und Opposition im Daumengrundgelenk | Zeigefinger (Dig. II) | Handgelenkluxation |
| N. medianus (N. interosseus anterior) | Flexion des Zeigefingerendgliedes | | distale (suprakondyläre) Humerusfraktur (Kinder) |
| N. musculocutaneus | Flexion im Ellenbogengelenk | lateraler Unterarm | vordere Schulterluxation |
| N. radialis | Extension in den Fingergrundgelenken (Metacarpophalangealgelenke) | erster dorsaler Interdigitalraum | distale Humerusschaftfraktur, vordere Schulterluxation |
| N. axillaris | Deltamuskel (M. deltoideus) | laterale Schulter | proximale Humerusfraktur, vordere Schulterluxation |

(Aus: American College of Surgeons Committee on Trauma: *Advanced trauma life support*, 8. Aufl., Chicago, 2009, ACS.)**Tab. 7.3** Untersuchung peripherer Nerven der unteren Extremität

| Nerv | Motorische Funktion | Sensibilität | Verletzung |
|---------------------------|---|--|---|
| N. femoralis | Extension im Kniegelenk | Knie ventral | Frakturen des Schambeins (Os pubis) |
| N. obturatorius | Adduktion im Hüftgelenk | medialer Oberschenkel | vordere Beckenringfraktur |
| N. tibialis posterior | Flexion der Zehen | Fußsohle | Kniegelenkluxation |
| N. peroneus superficialis | Pronation im oberen Sprunggelenk | lateraler Rückfuß | proximale Fibulafraktur, Kniegelenkluxation |
| N. peroneus profundus | Extension im oberen Sprunggelenk, Extension der Zehen | erster bis zweiter dorsaler Interdigitalraum | proximale Fibulafraktur, Kompartmentsyndrom |
| N. ischiadicus | Flexion im oberen Sprunggelenk | Fuß | hintere Hüftgelenkluxation |
| N. glutealis superior | Abduktion im Hüftgelenk | – | Azetabulumfraktur |
| N. glutealis inferior | Extension im Hüftgelenk (M. gluteus maximus) | – | Azetabulumfraktur |

(Aus: American College of Surgeons Committee on Trauma: *Advanced trauma life support*, 8. Aufl., Chicago, 2009, ACS.)

und fest zuzudrücken. Im Bereich der unteren Extremität lässt man den Patienten mit den Zehen wackeln.

- **Sensibilität** Zur Untersuchung der Sensibilität fragt man zunächst nach Missemmpfindungen oder Taubheit und berührt verschiedene Stellen der Extremität (einschließlich der Finger und Zehen), um herauszufinden, ob diese Berührungen vom Patienten wahrgenommen werden. ➤ Tab. 7.2 und ➤ Tab. 7.3 geben Auskunft über eine detailliertere neurologische Untersuchung der Extremitäten.
- Die neurologische Untersuchung und die Kontrolle des Pulsstatus sollten nach jeder Manipulation (z. B. Anlage einer Schiene) wiederholt werden.

die mit bestimmten Frakturen assoziiert sind. Beispielhaft wäre eine Thoraxverletzung zu nennen, die bei einer Verletzung der Schulter auftritt. Die gewissenhafte Untersuchung des gesamten Körpers soll sicherstellen, keine Verletzung zu übersehen. In ➤ Tab. 7.4 sind Beispiele für besonders häufige Begleitverletzungen aufgeführt.

7.3 Spezifische Verletzungen des Bewegungsapparates

Extremitätenverletzungen führen präklinisch zu zwei relevanten Problemen, die beachtet werden müssen: Blutung und Instabilität.

7.2.3 Begleitverletzungen

Während der eingehenden körperlichen Untersuchung des Secondary Survey können Anhaltspunkte auf den genauen Verletzungsmechanismus aufgedeckt und ein bestimmtes Verletzungsmuster vermutet werden. Das angenommene Verletzungsmuster kann den Mitarbeiter des Rettungsdienstes dazu animieren, nach häufig übersehenen Verletzungen zu suchen,

7.3.1 Blutungen

Blutungen können dramatisch oder nur gering sein. Ganz gleich, ob es sich um die kapillare Blutung einer großen Schürfung, eine dunkelrote Blutung nach einer oberflächlichen Risswunde oder um eine hellrote, spritzende Blutung einer Arteri-

Tab. 7.4 Begleitverletzungen, die mit Verletzungen des Bewegungsapparates vergesellschaftet sein können

| Verletzung des Bewegungsapparates | Begleitverletzung/häufig übersehene Verletzung |
|--|--|
| Klavikulafraktur, Skapulafraktur, Fraktur und/oder Luxation der Schulter | schweres Thoraxtrauma, insbesondere Rippenfrakturen und Lungenkontusion |
| dislozierte Fraktur der Brustwirbelsäule | thorakale Aortenruptur |
| Wirbelsäulenfraktur | intraabdominelle Verletzung |
| Fraktur/Luxation des Ellenbogen-gelenks | Verletzung der A. brachialis, Verletzung des N. medianus, N. ulnaris und N. radialis |
| schweres Beckentrauma (Fahrzeuginsasse) | Schädel-Hirn-Trauma, Thoraxtrauma, Abdominaltrauma |
| schweres Beckentrauma (Motorradfahrer oder Fußgänger) | Gefäßverletzung des Beckens mit innerer Blutung |
| Femurfraktur | Schenkelhalsfraktur hintere Hüftgelenkluxation |
| hintere Kniegelenkluxation | Femurfraktur hintere Hüftgelenkluxation |
| Kniegelenkluxation oder dislozierte Tibiakopffraktur | Verletzung der A. poplitea und des N. popliteus |
| Kalkaneusfraktur | Wirbelsäulenverletzung Tibiakopffraktur Fraktur/Luxation des Rückfußes |
| offene Fraktur | 70 % Inzidenz einer Begleitverletzung außerhalb des Bewegungsapparates |

enverletzung handelt, der tatsächliche Blutverlust und seine Geschwindigkeit entscheiden darüber, ob der Patient den Verlust ausgleichen kann oder in einen hypovolämischen Schock fällt. Halten Sie sich dabei an die Regel: „Keine Blutung ist geringfügig, jedes rote Blutkörperchen zählt!“ Sogar eine kleine, tropfende Blutung kann bedrohlich werden, wenn sie über längere Zeit ignoriert wird.

Äußere arterielle Blutungen sollten während des Primary Survey erkannt werden. Gewöhnlich sind solche Blutungen leicht erkennbar. Schwierigkeiten bei der Beurteilung entstehen lediglich, wenn sie unter dem Körper des Patienten versteckt sind oder durch schwere, dunkle Kleidung verdeckt werden. Wenn genügend Helfer vorhanden sind, wird eine äußere Blutung idealerweise kontrolliert, während Atemweg und Atmungstätigkeit des Patienten geprüft werden. Ansonsten sollte eine Blutung bei der Überprüfung des Kreislaufs identifiziert werden oder wenn der Patient entkleidet wird. Die Schätzung des Blutverlusts einer äußeren Blutung ist ausgesprochen schwierig: Während Unerfahrene einen äußeren Blutverlust oft überschätzen, kann eine Blutung auch unterschätzt werden, wenn die Zeichen nicht offensichtlich sind. Der Patient ist vielleicht bereits vom Unfallort entfernt worden oder das Blut wurde von den Kleidern aufgesogen; im Wasser oder bei Regen kann das Blut weggewaschen werden oder im Boden versickern.

Tab. 7.5 Ungefährer Blutverlust bei Frakturen

| Frakturiert Knochen | Blutverlust nach innen (ml) |
|------------------------|-----------------------------|
| Rippe | 125 |
| Elle oder Speiche | 250–500 |
| Oberarm | 500–750 |
| Schien- oder Wadenbein | 500–1.000 |
| Oberschenkel | 1.000–2.000 |
| Becken | 1.000–massiv |

Innere Blutungen sind bei Verletzungen des Bewegungsapparates ebenfalls häufig. Sie können durch beschädigte große Gefäße, durch gerissene Muskeln oder aus dem Knochenmark im Rahmen von Knochenbrüchen entstehen. Eine zunehmende Schwellung einer Extremität oder kalte, blasses Extremitäten ohne Puls weisen auf eine innere Blutung aus größeren Arterien oder Venen hin. Frakturen können einen starken Blutverlust verursachen (► Tab. 7.5). Sie müssen als First Responder sowohl die offensichtlichen äußeren als auch die möglichen inneren Blutverluste durch ein Extremitätentrauma einschätzen. Auf diese Weise können Sie eine verminderte Perfusion und einen Schock vorhersehen, sich auf eine systemische Verschlechterung des Patienten einstellen und das Management entsprechend anpassen.

Management

Das Management einer äußeren Blutung beginnt mit direktem Druck. Wie bereits in ► Kap. 6 besprochen, bringt das Anheben einer Extremität bei einer Blutung keine Verminderung des Blutverlusts und kann bei Verletzungen des Bewegungsapparates die Verletzung sogar verschlimmern. Falls die Blutung durch direkten Druck oder Anlage eines Druckverbandes nicht kontrolliert werden kann, sollte ein Tourniquet zur Abbindung angelegt werden.

Ist die lebensbedrohliche Extremitätenblutung unter Kontrolle, sollte man den Primary Survey wiederholen und einen raschen Transport in eine geeignete Zielklinik durchführen.

7.3.2 Instabilität durch Frakturen und Luxationen

Bei Knochenbrüchen, Verletzungen von bedeutenden Muskeln, Sehnen oder anderen stützenden Gelenkstrukturen kann die Stabilität des Bewegungsapparates beeinträchtigt sein. Zwei Verletzungsarten können eine Knochen- oder Gelenkininstabilität hervorrufen: Frakturen und Luxationen.

Frakturen

Ist ein Knochen gebrochen, können weitere Verletzungen und Schmerzen durch eine Immobilisierung vermindert werden. Die Bewegung der spitzen oder scharfen Enden eines gebrochenen



Abb. 7.4 a: Offene und geschlossene Fraktur, b: geschlossene Fraktur des Oberschenkels, c: offene Fraktur des Schienbeins

Knochenschaden kann Schaden an Blutgefäßen verursachen und zu inneren sowie äußeren Blutungen führen. Zusätzlich können auch Muskeln und Nerven Schaden nehmen.

Allgemein werden Frakturen als offen oder geschlossen klassifiziert. Bei einer geschlossenen Fraktur wurde die Haut nicht durch die Knochenstücke verletzt, bei einer offenen Fraktur ist die Integrität der Haut unterbrochen (**> Abb. 7.4 a**). Orthopäden und Chirurgen unterscheiden die Frakturen unter anderem nach radiologischen Kriterien z.B. in Grünholz- oder Trümmerfrakturen. Für die präklinische Versorgung sind diese Unterscheidungen insgesamt bedeutungslos.

Geschlossene Frakturen sind Brüche, bei denen die Haut intakt ist (**> Abb. 7.4 b**). Zeichen einer geschlossenen Fraktur sind Schmerzen, Deformierungen, Hämatome und Krepitationen. Distal der Fraktur müssen Sie immer Puls, Motorik und Sensibilität prüfen. Aktive Bewegungen einer gebrochenen Extremität können zu einer offenen Fraktur führen. Eine Fraktur kann nicht ausgeschlossen werden, nur weil der Patient die Extremität willkürlich bewegen kann; verletzte Patienten stehen unter vermehrter Adrenalinausschüttung und tolerieren Dinge, die sie sonst keinesfalls dulden würden. Einige Patienten haben zudem eine extrem hohe Schmerzschwelle.

Offene Frakturen entstehen normalerweise durch scharfe Knochenstücke, welche die Haut von innen durchbohren, oder durch Verletzungen, die zu einer Zerstörung des Weichteilmantels von außen führen (**> Abb. 7.4 c**). Durchdringt ein Knochen die Haut, kann das Knochenende von Bakterien der Haut oder der Umwelt kontaminiert werden. Offene Frakturen können deshalb zu einer Knocheninfektion, einer **Osteomyelitis**, führen, welche die Frakturheilung stark beeinträchtigen kann. Obwohl die Hautwunde bei einer offenen Fraktur nicht mit starken Blutungen einhergeht, kann es erheblich aus dem Knochenmark bluten, oder Hämatome im Muskel können durch die Wunde nach außen entlastet werden.

Jede offene Wunde in der Nähe einer vermuteten Fraktur sollte als offene Fraktur angesehen und als solche behandelt werden. Sie sollten keinesfalls versuchen, den Knochen oder das Knochenende in die Wunde zurückzudrücken. Die Kno-

chen kehren gelegentlich annähernd in ihre ursprüngliche Position zurück, wenn die Extremität achsengerecht immobilisiert wird. Inadäquate Schienung oder grobe Bewegungen können eine geschlossene Fraktur in eine offene umwandeln. Während Knochenfragmente, die aus einer Wunde herausragen, ziemlich einfach zu erkennen sind, können Weichteilverletzungen in der Nähe einer Fraktur oder Deformation auch durch eine Durchspießung von innen entstanden sein, bevor die Knochenenden wieder in ihre ursprüngliche Stellung zurückgewichen sind.

Wie bereits erwähnt, können Frakturen mit einem erheblichen Blutverlust in das umliegende Gewebe einhergehen. Die beiden Frakturen, die am häufigsten mit schweren Blutungen einhergehen, sind Femur- und Beckenfrakturen. Eine erwachsene Person kann 1.000–2.000 ml Blut pro Oberschenkel verlieren. Ein Patient kann also bei bilateralen Femurfrakturen durchaus an einem hypovolämischen Schock sterben.

Auch Beckenfrakturen gehen oft mit einem erheblichen Blutverlust einher (**> Abb. 7.5**). Im Becken liegen viele kleine Arterien und Venen dem Knochen an und können im Rahmen von Frakturen durch Knochenenden verletzt werden oder durch Verschiebungen des Iliosakralgelenks reißen und zu einem starken Blutverlust führen. Übermäßige Palpation oder Manipulationen an einem instabilen Becken können den Blutverlust signifikant erhöhen. Um das verletzte Becken zu beurteilen, dürfen Sie dies einmalig sanft palpieren. Durch behutsamen Druck von anterior nach posterior und von beiden Seiten können Sie eventuell eine Krepitation oder eine Instabilität feststellen. Die Beckengegend kann eine große Menge an Blut fassen – ein großer Blutverlust innerhalb eines Beckens ist nur schwer von außen feststellbar. Offene Beckenfrakturen bei einem von einem Auto angefahrenen Passanten oder einem aus dem Fahrzeug geschleuderten Insassen sind besonders gefährlich und teils sogar tödlich. Bei einem Sturz aus großer Höhe muss ebenfalls mit einer Beckenfraktur gerechnet werden. Grundsätzlich muss bei jedem Verletzungsmechanismus, der mit einer größeren Energieübertragung auf das Becken einhergegangen ist, und bei



Abb. 7.5 Röntgenaufnahme einer anteroposterioren Kompressionsfraktur des Beckens. Die Symphyse ist erheblich erweitert, das Iliosakralgelenk geöffnet und ein Schambeinast gebrochen.

jeder Schmerzäußerung im Bereich des Beckens von einer Beckenfraktur ausgegangen werden. Durch Verletzungen von Rektum und Vagina kann es zu schweren sekundären Infektionen kommen.

Management

Offene und geschlossene Frakturen

Das Management hat primär die Blutungskontrolle und die Schockbekämpfung zum Ziel. Durch direkten Druck und mittels Druckverbänden können die meisten äußeren Blutungen präklinisch kontrolliert werden. Offene Wunden oder Knochenenden sollten Sie mit sterilen Tüchern abdecken. Innere Blutungen werden primär durch eine Immobilisierung kontrolliert, die auch zur Schmerzlinderung beiträgt. Ziehen sich die Knochenstücke im Rahmen der Schienung in die Wunde zurück, muss dies durch das Rettungsdienstpersonal auf dem Einsatzbericht genau dokumentiert und zusätzlich dem Personal der Notfallaufnahme kommuniziert werden.

Eine verletzte Extremität sollte so wenig wie möglich bewegt werden. Primäres Ziel einer Schienung ist die Ruhigstellung der betroffenen Extremität. Dadurch werden die Schmerzen des Patienten gemindert und weitere Gewebeschädigungen sowie Blutungen verhindert. Um einen langen Knochen einer Extremität effektiv zu immobilisieren, müssen Sie die ganze Gliedmaße fixieren. Dazu sollten Sie die Extremität manuell fixieren und sowohl den Knochen als auch das Gelenk proximal und distal der Verletzung immobilisieren. Verschiedene Schienungssysteme sind auf dem Markt erhältlich, die meisten sind sowohl zur Immobilisierung geschlossener wie offener Frakturen geeignet (► Kasten 7.1). Nahezu alle Schienen erschweren die Inspektion der Extremität nach der Immobilisierung, weshalb eine genaue Beurteilung der Verletzung vor dem Anlegen der Schiene erfolgen sollte.

Generell werden die meisten Frakturen in der Position immobilisiert, in der sie vorgefunden werden. Eine Ausnahme

bilden Frakturen mit pulslosen Extremitäten und Patienten mit Frakturen in einer außergewöhnlichen Position, die den Transport beeinträchtigt.

Vier zusätzliche Punkte sollten bei allen Methoden der Schienung beachtet werden:

- Polstern Sie starre Schienen innen aus, damit Druckstellen verhindert werden und der Patient möglichst bequem liegt.
- Entfernen Sie Schmuck und Uhren, damit die Zirkulation im Falle einer zunehmenden Schwellung nicht behindert wird. Fingerringe lassen sich mit Gleitmittel besser entfernen.
- Untersuchen Sie vor und nach dem Anlegen der Schiene Durchblutung, Motorik und Sensibilität distal der Verletzung und überprüfen Sie diese anschließend regelmäßig weiter. Eine pulslose Extremität deutet entweder auf eine Gefäßverletzung oder auf ein Kompartmentsyndrom hin. Ein zügiger Transport in eine adäquate Zielklinik ist in diesem Fall umso wichtiger.
- Nach der Schienung lagern Sie die Extremität hoch, um eine zusätzliche Ödembildung und das pochende Schmerzempfinden zu verringern. Das Kühlen der Verletzung kann eine Schwellung verringern und die Schmerzen lindern.

7.1 Schienentypen

Diverse Schienungsmaterialien stehen zur Verfügung, unter anderem (► Abb. 7.6):

- **Formstabile Schienen:** Die zu schienende Körperpartie muss auf die Schiene passen. Beispiele für solche „steifen“ Schienen sind feste Holz-, Metall- oder Kunststoffschienen sowie Luftkamferschienen. Auch Spineboards und Schaufeltragen gehören in diese Gruppe. Diese Schienen können vor allem bei Frakturen großer Röhrenknochen sinnvoll sein.
- **Anformbare Schienen:** können der Fehlstellung verletzter Extremitäten angepasst werden. Zu diesen Schienen gehören Vakumschienen und -matratzen, Drahtleiterschienen sowie anformbare und gepolsterte Alublechschienen (z. B. SAM Splint®). Schienen dieser Gruppe sind besonders für Handgelenk und Knöchel, aber auch für große Röhrenknochen geeignet.
- **Extensionsschienen:** halten mechanisch einen achsgerechten Zug aufrecht und reponieren so die Extremität. Sie werden vor allem bei Femurfrakturen eingesetzt.

Femurfrakturen

Femurfrakturen stellen aufgrund der Oberschenkelmuskulatur bei der Schienung eine besondere Situation dar. Das Femur bildet ein starkes Gegenlager, an dem die kräftigen Oberschenkelmuskeln fixiert sind. Bricht der Oberschenkelknochen im mittleren Schaftbereich durch, versagt dieses Gegenlager und die Muskeln kontrahieren. Dadurch bohren sich die Knochenstücke in die Muskeln, was zu Blutungen und Schmerzen führt und gegebenenfalls offene Frakturen verursacht. Wenn kein lebensbedrohender Zustand vorliegt, sollten Sie eine im mittleren Bereich lokalisierte Oberschenkelfraktur mittels einer Extensionschiene stabilisieren. Manuell oder durch Hilfsmittel ausgeübter Zug an der Extremität hilft innere Blutungen zu verringern und die Schmerzen des Patienten zu lindern. Eine präklinische



Abb. 7.6 **a:** Anformbare Schiene, **b:** Extensionsschiene, **c:** Vakumschiene, **d:** formstabile Schienen (hier: Board splint), **e:** spezielle Schienungssysteme (hier: Fracpac)
(b und c aus: Sanders MJ: *Mosby's paramedic textbook*, 3. Aufl., St. Louis, 2006, Mosby)

Studie zum Gebrauch von Traktionsschienen hat jedoch gezeigt, dass diese in 40 % der Fälle entweder mit Komplikationen behaftet oder sogar kontraindiziert sind.¹ Kontraindikationen bei der Anwendung von Traktionsschienen sind:

- Verdacht auf Beckenfrakturen
- Verdacht auf Oberschenkelhalsfraktur
- traumatische Amputationen von Knöchel oder Fuß
- Verdacht auf Frakturen im Bereich der Kniegelenke.

Weist ein Patient mit einer Oberschenkelschaftfraktur andere lebensbedrohliche Verletzungen auf, dürfen Sie keine Zeit mit einer Traktionsschiene verlieren. In einer solchen Situation müssen Sie sich auf die vitalen Probleme des Patienten konzen-

trieren. Der Oberschenkel wird durch die Fixierung des Patienten auf einem Rettungsbrett ausreichend stabilisiert.

Beckenfrakturen

Beckenfrakturen variieren von leichteren Verletzungen bis zu komplexen Frakturen mit massiven inneren und äußeren Blutungen. Frakturen des Beckenrings sind lediglich mit einer Mortalität von etwa 6 % verbunden. Bei offenen Beckenfrakturen steigt diese auf über 50 %. Volumenmangel ist bei Beckenverletzungen die Haupttodesursache; die restlichen Patienten versterben an begleitenden Hirnverletzungen sowie Multorganversagen. Da das Becken ein besonders stabiler Knochen ist,

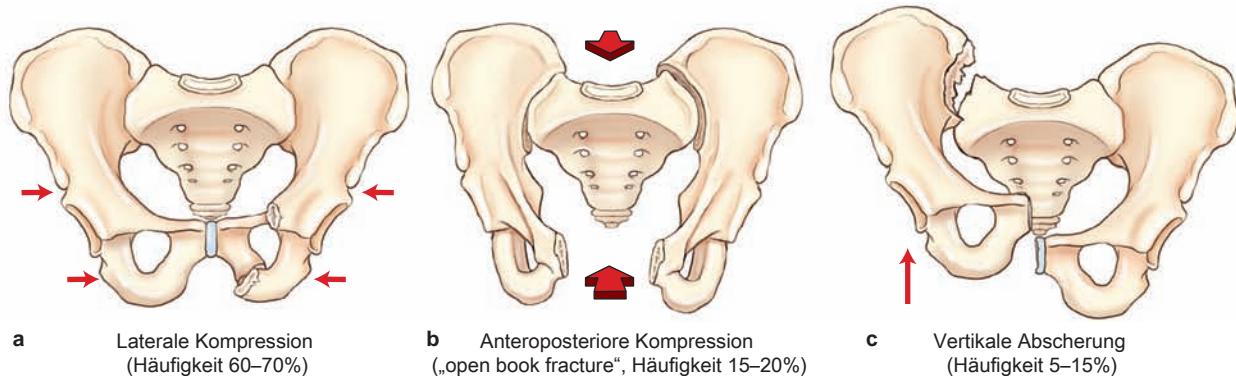


Abb. 7.7 Beckenringfrakturtypen

sind Beckenfrakturen häufig mit Begleitverletzungen wie Schädel-Hirn-Traumata (51 %), Frakturen der großen Röhrenknochen (48 %), Thoraxverletzungen (20 %), Verletzungen der Harnröhre beim Mann (15 %), Milzverletzungen (10 %) sowie Verletzungen von Leber und Nieren (jeweils 7 %) verbunden. Arten der Beckenfraktur sind:

- **Frakturen der Sitzbeinäste** Isolierte Frakturen des oberen bzw. unteren Astes des Sitzbeins sind in der Regel harmlose Verletzungen, die keiner chirurgischen Intervention bedürfen. Bei Patienten, die mit hoher Energie auf die Genitalien aufprallen („Reitersitz-Verletzungen“), können ggf. alle vier Sitzbeinäste frakturieren. Sitzbeinast-Frakturen gehen meist nicht mit nennenswerten inneren Blutungen einher.
- **Azetabulumfrakturen (Einbruch der Hüftpfanne)** Diese Frakturen entstehen, wenn das Femur mit hoher Energie in die Hüftpfanne (Azetabulum) des Beckens getrieben wird. Zur Wiederherstellung der vollen Beweglichkeit ist meist eine operative Versorgung notwendig. Azetabulumfrakturen können mit erheblichen inneren Blutungen verbunden sein.
- **Beckenringfrakturen** Frakturen des Beckenrings werden in drei Gruppen unterteilt. Bei vertikalen Scherfrakturen ist das Risiko von massiven Blutungen am höchsten, auch wenn alle Beckenringfrakturen mit erheblichem Blutverlust einhergehen können. Praktisch können Krepitation und Instabilität des Beckens mit allen Formen von Beckenringfrakturen verbunden sein. Nach dem Verletzungsmechanismus unterscheidet man:
 - **Laterale Kompressionsfraktur** Diese häufigste Beckenringfraktur entsteht, wenn das Becken von der Seite belastet wird (z. B. bei einem Fahrzeug angefahrenem Fußgänger). Das vom Becken umschlossene Volumen wird dabei verringert (► Abb. 7.7 a).
 - **Anteroposteriore Kompressionsfrakturen des Beckens** Ihr Anteil beträgt etwa 15 % der Beckenringfrakturen (► Abb. 7.7 b). Diese Verletzungen entstehen, wenn das Becken von vorne nach hinten belastet wird (z. B. Einklemmung einer Person zwischen einem Fahrzeug und einer Wand). Man spricht auch von „open book fracture“, da die Symphyse gesprengt wird und sich das vom Becken umschlossene Volumen massiv vergrößert.

– **Vertikale Scherbrüche des Beckens** Diese Frakturform mit dem kleinsten Anteil an den Beckenringfrakturen hat die höchste Mortalität (► Abb. 7.7 c). Vertikale Scherbrüche entstehen, wenn vertikale Kräfte auf eine Hälfte des Beckens wirken (z. B. Sturz aus großer Höhe, wobei ein Bein zuerst aufkommt). Da eine Beckenhälfte vom Rest abgeschnitten wird, werden häufig Blutgefäße zerriissen, sodass erhebliche innere Blutungen resultieren.

Schwere Beckenfrakturen stellen den Helfer praktisch vor zwei große Probleme. Die größte Sorge bereitet der oft schwer zu kontrollierende innere Blutverlust.

Patienten mit sehr instabilen Beckenfrakturen sind nur sehr schwer zu bewegen. Sogar eine Drehung in Inline-Position kann eine innere Blutung verschlimmern, weil Knochenfragmente verschoben werden. Mittels einer Schaufeltrage können diese Patienten am besten bewegt werden. Ist eine solche nicht vorhanden, sollten Sie den Patienten nur so weit drehen, dass ein Rettungsbrett vorsichtig unter seinem Rücken platziert werden kann.

Luxationen

Gelenke werden durch Bänder zusammengehalten. Knochen sind durch Sehnen mit den Muskeln verbunden. Extremitäten werden bewegt, indem Muskeln kontrahieren (sich verkürzen). Die Verkürzung der Muskeln führt zu einem Zug an den Sehnen, die wiederum an einem Gelenk die Extremität bewegen. Bei einer **Luxation** werden beide gelenkbildenden Knochen voneinander separiert (so springt z. B. der Gelenkkopf aus der Gelenkpfanne). Dabei kommt es zu einer Zerreißung der Bänder, die das Gelenk normalerweise stabilisieren (► Abb. 7.8 und ► Abb. 7.9). Eine Luxation bewirkt also ähnlich einer Fraktur eine Instabilität, die praktisch immobilisiert werden muss. Luxationen können starke Schmerzen verursachen und sind nur schwer von Frakturen zu unterscheiden; gelegentlich sind sie mit Frakturen assoziiert. Bänder von Patienten, die bereits eine Luxation erlitten haben, sind meist gedehnt und instabiler und neigen zu weiteren Luxationen, solange keine chirurgische Korrektur vorgenommen wird. Diese Patienten sind nicht selten mit ihrer



Abb. 7.8 Bei einer Luxation springt ein Knochen aus dem Gelenk.
(Aus: McSwain NE Jr, Paturas JL: *The basic EMT: comprehensive prehospital patient care*, 2. Aufl., St. Louis, 2001, Mosby)



Abb. 7.9 Luxation des rechten Kniegelenks nach vorn, das Schienbein (Tibia) ist vor den Oberschenkel geschoben
(Aus: Ferrera PC, Colucciello SA, Marx JA, et al: *Trauma management: an emergency medicine approach*, St. Louis, 2001, Mosby)

Verletzung vertraut und können dann bei der Beurteilung und Stabilisierung helfen.

Management

Generell sollten Luxationen in der vorgefundenen Lage ruhiggestellt werden. Sanfte Gelenkbewegungen sind sinnvoll, um die Zirkulation zu verbessern, wenn der Puls initial fehlt oder schwach ist. Bei kurzem Transportweg sollten jegliche Manipulationen unterlassen werden, um keine Zeit zu verlieren. Manipulationen sind für den Patienten äußerst schmerhaft, weshalb dieser auf jegliche Gelenkbewegungen vorbereitet werden sollte. Benutzen Sie eine Schiene, um das Gelenk ruhigzustellen. Dokumentieren Sie die initiale Gelenkstellung, jegliche Bewegungen, Puls, Sensibilität und Hautfarbe vor und nach Fixierung. Mittels Kühlung können Sie während des Transports Schmerzen lindern und stärkere Schwellungen vermeiden.

Die Nationale Vereinigung der US-amerikanischen Notärzte (NAEMSP) empfiehlt die Reposition nur im Falle langer Transportwege, da sich Gelenke umso schwieriger reponieren lassen, je länger sie disloziert waren.² Bevor Sie präklinisch reponieren, sollten Sie darin ausgebildet werden und die entsprechenden Techniken kennen. Halten Sie sich dabei an die lokalen Vorgaben und dokumentieren Sie die Maßnahme.

Die Nationale Vereinigung der US-amerikanischen Notärzte (NAEMSP) empfiehlt die Reposition nur im Falle langer Transportwege, da sich Gelenke umso schwieriger reponieren lassen, je länger sie disloziert waren.² Bevor Sie präklinisch reponieren, sollten Sie darin ausgebildet werden und die entsprechenden Techniken kennen. Halten Sie sich dabei an die lokalen Vorgaben und dokumentieren Sie die Maßnahme.

7.4 Spezielle Überlegungen

7.4.1 Kritische Polytraumapatienten

Bei Patienten, die neben ihrer Extremitätenverletzung ein Multisystemtrauma erlitten haben, am Primary Survey festzuhalten, bedeutet nicht, die Extremitätenverletzung zu ignorieren oder eine Progredienz der Verletzung in Kauf zu nehmen. Allerdings gilt bei Patienten, die eine nicht vital bedrohlich blutende Verletzung des Bewegungsapparates haben, der Grundsatz „life before limb“, also **Überleben geht vor Gliedmaße**. Konzentrieren Sie sich in diesen Fällen auf die Vitalfunktionen und kümmern Sie sich erst nachgeordnet um die verletzte Extremität, unabhängig davon, wie dramatisch diese aussieht. Wenn Sie den Patienten vollständig auf einem Spineboard immobilisieren, sind auch alle Extremitäten in anatomischer Lage stabilisiert. Ein Secondary Survey ist nachrangig, solange ein lebensbedrohlicher Zustand weiterhin eine Behandlung erfordert oder der Transportweg nur kurz ist. Wird kein Secondary Survey durchgeführt, sollten die Gründe hierfür aus der Einsatzdokumentation klar hervorgehen.

7.4.2 Amputationen

Werden Gewebeteile von einer Extremität komplett abgetrennt, so werden sie nicht mehr mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt. Diese Verletzungen werden als Amputation oder Ablederung bezeichnet. **Amputation** nennt man das komplett Abtrennen einer Gliedmaße, **Ablederung** (Avulsion) das Abreißen von Weichteilen. Initial sind die Blutungen im Rahmen solcher Verletzungen möglicherweise schwer; durch Kontraktion der Gefäße und die Gerinnung nimmt der Blutverlust aber wieder ab. Bei Bewegungen kann die Verletzung erneut zu bluten beginnen, wenn sich dadurch Blutgerinnung lösen. Auch partielle Amputationen können von schweren Blutungen begleitet sein.

Amputationsverletzungen sind am Einsatzort offensichtlich (**> Abb. 7.10**). Sie erregen bei Augenzeugen großes Aufsehen, und die Patienten wissen zum Teil gar nicht, dass ihnen



Abb. 7.10 Komplette Amputation des rechten Beines im Rahmen eines Arbeitsunfalls

eine Extremität fehlt. Auf psychologischer Ebene muss der Helfer sehr behutsam mit einer solchen Verletzung umgehen. Der Patient ist unter Umständen noch nicht bereit, eine solche Information zu verarbeiten, und sollte deshalb erst nach einer medizinischen Beurteilung und initialen Behandlung informiert werden. Die abgetrennte Extremität sollte gesucht und mitgenommen werden, damit sie gegebenenfalls replantiert werden kann. Selbst wenn eine vollständige Wiederherstellung der Funktion nicht immer möglich ist, so kann doch eine Teilfunktion oft wiedererlangt werden. Der Primary Survey sollte vor der Suche nach einem Amputat durchgeführt werden. Zwar sind Amputationsverletzungen grausam anzusehen, doch wenn der betroffene Patient nicht atmet, ist ihre Bedeutung sekundär.

Amputationen sind häufig sehr schmerhaft. Sobald lebensbedrohliche Zustände im Rahmen des Primary Survey ausgeschlossen worden sind, sollte daher eine suffiziente analgetische Therapie erfolgen. Manchmal beklagen die Patienten Schmerzen distal der Verletzung, sogenannte **Phantomschmerzen** in der fehlenden Extremität. Diese entstehen gewöhnlich noch nicht zum Zeitpunkt der Verletzung.

Bei der Amputatversorgung sind folgende Punkte zu beachten:³

- Reinigen Sie das Amputat durch sanftes Spülen mit einer Ringer-Laktat-Lösung.
- Umwickeln Sie das Amputat mit durch Ringer-Laktat angefeuchteten Tüchern und legen Sie es in einen Plastikbeutel.
- Beschriften Sie den Behälter und legen Sie ihn in einen zweiten, mit Eiswasser gefüllten Beutel.
- Frieren Sie das Amputat nicht ein, vermeiden Sie direkten Kontakt mit Eis oder den Zusatz anderer Kühlmittel wie Trockeneis.
- Transportieren Sie den Patienten zusammen mit dem Amputat zum nächsten geeigneten Zielkrankenhaus.

Je länger das Amputat ohne Sauerstoffversorgung ist, desto geringer sind die Chancen einer erfolgreichen Replantation. Durch das Kühlen – ohne zugleich Erfrierungen zu produzieren – wird der Metabolismus des Amputats verlangsamt und das Zeitfenster zur Replantation verlängert. Dennoch ist dies keine Garantie für eine erfolgreiche Replantation. Da Prothesen der

unteren Extremitäten heute eine fast normale Funktion erlauben, werden Replantationsversuche nicht immer durchgeführt. Zudem werden oft nur sauber abgetrennte Gliedmaßen von ansonsten gesunden, jungen Nichtraucherpatienten replantiert. Patienten mit abgetrennten Fingern oder Händen sollten in ein Traumazentrum transportiert werden, das über die nötigen Spezialisten und die notwendige Ausrüstung (Gefäßmikrochirurgie) verfügt.

Der Transport des Patienten sollte nicht durch die Suche des Amputats verzögert werden. Falls das Amputat nicht innerhalb kurzer Zeit gefunden werden kann, können Polizeibeamte oder andere Helfer vor Ort weitersuchen. Achten Sie darauf, dass die Helfer das Amputat richtig versorgen und das richtige Zielkrankenhaus anfahren. Wenn das Amputat gefunden ist, sollte das Zielkrankenhaus sofort informiert werden und der Transport zügig erfolgen.

7.4.3 Crush-Syndrom

Das Crush-Syndrom wird auch als **traumatische Rhabdomyolyse** bezeichnet und endet klinisch im Nierenversagen nach schwerem Muskelschaden. Erstmals wurde es im 1. Weltkrieg bei deutschen Soldaten beschrieben, die aus eingebrochenen Schützengräben gerettet worden waren. Im 2. Weltkrieg wies das Crush-Syndrom eine Mortalität von 90 % auf. Im Koreakrieg betrug die Sterblichkeit noch 84 %, sank nach Aufkommen der Hämodialyse aber auf 53 %. Im Vietnamkrieg blieb sie etwa gleich hoch bei 50 %.

Etwa 3–20 % der verletzten Überlebenden bei Erdbeben und etwa 40 % der Überlebenden nach einem Hauseinsturz weisen ein Crush-Syndrom auf.^{4,5} Bei einem Erdbeben nahe Peking wurden 1976 über 300.000 Menschen verletzt, 242.769 starben. Über 48.000 Tote erlagen dem Crush-Syndrom.

Ein Crush-Syndrom entsteht, wenn durch einen Muskel-schaden Myoglobin freigesetzt wird. **Myoglobin** ist ein Protein, das dem Muskel seine charakteristische rote Farbe verleiht. Es dient dem Muskel als intrazellulärer Sauerstoffspeicher. Gelangt es aus einem verletzten Muskel in die Blutbahn, kann es die Nieren schädigen und ein akutes Nierenversagen auslösen. Folgende Hinweise legen den Verdacht eines Crush-Syndroms nahe:

- Einklemmung über längere Zeit
- traumatische Verletzung einer großen Muskelmasse
- eingeschränkte Durchblutung im verletzten Gebiet.

Durch einen traumatischen Muskelschaden wird nicht nur Myoglobin freigesetzt, sondern auch Kalium. Sobald der Patient befreit ist, wird die betroffene Extremität mit frischem Blut reperfundierte. Dadurch wird das Blut mit dem hohen Gehalt an Myoglobin und Kalium ausgewaschen und in den restlichen Körper geschwemmt. Erhöhte Kaliumwerte können zu lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen führen, das vermehrte Myoglobin kann den Urin wie Tee oder Cola verfärbten und eventuell ein Nierenversagen auslösen.

Wichtigste Maßnahme bei der Therapie des Crush-Syndroms ist die frühe und intensive Flüssigkeitsgabe. Sich in eingeklemmten Gliedmaßen ansammelnde Toxine erfordern eine Flüssigkeitsgabe, noch bevor die Gliedmaßen befreit werden, um die toxische Wirkung von Myoglobin und Kalium möglichst gering zu halten.⁶ Einige Autoren haben vorgeschlagen, eine eingeklemmte Extremität erst dann zu befreien, wenn der Patient genügend intravenös hydriert worden ist.⁷ Eine Verzögerung der Flüssigkeitstherapie führt in 50 % der Fälle zu einem Nierenversagen; wird die Flüssigkeitsgabe um 12 Stunden verzögert, so kommt es in 100 % der Fälle zum akuten Nierenversagen. Ein eingeklemmter Patient kann bei unzureichender Hydrierung während des Rettungsvorgangs einen Herz-Kreislauf-Stillstand erleiden,⁸ da nach der Befreiung der eingeklemmten Gliedmaßen innerhalb kürzester Zeit große Mengen Kaliumionen und saure Metaboliten in den Blutkreislauf eingeschwemmt werden.⁹

7.4.4 Zerstörte Extremitäten

Komplexe Extremitätenverletzungen stehen in Verbindung mit hohem Energietransfer, wobei signifikante Verletzungen an zwei oder mehr der folgenden Strukturen entstehen: Haut, Muskeln, Sehnen, Knochen, Blutgefäße und Nerven (► Abb. 7.11). Verletzungen dieser Art entstehen häufig bei Verkehrsunfällen. Die Patienten werden oft im Schock angekommen, der entweder durch externen Blutverlust oder Blutungen aus weiteren Verletzungen verursacht wurde, häufig bei Unfällen mit hohem Energietransfer. Die meisten dieser Verletzungen gehen mit offenen Frakturen einher, in 50–75 % der Fälle ist eine Amputation notwendig. Der Erhalt der Gliedmaße ist im Einzelfall möglich und erfordert in der Regel 6–8 Operationen. Der Erfolg hängt in hohem Maße von der Erfahrung der Unfallchirurgen und Orthopäden ab.



Abb. 7.11 Zerstörte Extremität nach Einklemmung zwischen zwei Fahrzeugen. Der Patient weist multiple Frakturen und ausgedehnte Weichteilverletzungen auf.

Trotz dieser gravierenden Verletzungen dürfen Sie nicht vom Primary Survey abweichen, um lebensbedrohliche Zustände zu identifizieren und zu beheben. Blutstillung, gegebenenfalls unter Einsatz einer Abbindung, ist oft notwendig. Falls es der Zustand des Patienten erlaubt, sollte die verletzte Extremität geschient werden. Das Zielkrankenhaus sollte entsprechend der Verletzung gewählt werden.

7.4.5 Verstauchungen

Bei einer **Verstauchung** werden Bänder gezerrt oder zerrissen. Ursache ist eine plötzliche Verrenkung eines Gelenkes über den normalen Bewegungsumfang hinaus. Erhebliche Schmerzen, Schwellung und möglicherweise Hämatome charakterisieren eine solche Verletzung. Von außen betrachtet, gleichen Verstauchungen Frakturen und Luxationen. Eine definitive Diagnose kann nur mittels Röntgenbild gestellt werden. Aus diesem Grund ist es auch sinnvoll, eine Verstauchung präklinisch zu schienen, falls sich später eine Fraktur oder Luxation herausstellt. Kühlung und Analgetika helfen dabei, die Schmerzen zu mindern.

7.5 Lange Transportwege

Patienten mit einer Extremitätenverletzung weisen häufig weitere Verletzungen auf. Andauernder innerer Blutverlust kann durch abdominelle oder Thoraxverletzungen entstehen, weshalb der Primary Survey regelmäßig wiederholt werden muss, um eine bestehende oder entstehende mögliche Lebensbedrohung zu erkennen und zu behandeln. Sie müssen die Vitalfunktionen regelmäßig überprüfen.

Während langer Transporte müssen Sie besonders auf die Perfusion der Extremitäten achten. Eine anatomisch korrekte Lagerung kann bei beeinträchtigter Blutversorgung hilfreich sein und die Durchblutung verbessern. Bei Dislokationen mit verminderter distaler Durchblutung ist eine Reponierung vor Ort zu erwägen. Distale Perfusion sowie Puls, Hautfarbe, Hauttemperatur, Motorik und Sensibilität sollten regelmäßig reevaluiert werden.

Bieten Sie dem Patienten möglichst viel Komfort. Schienen sollten bequem sitzen und bei Bedarf ausgepolstert werden. Stellen Sie mögliche Druckpunkte an der Extremität fest, um Dekubitus besonders bei eingeschränkter Perfusion zu vermeiden. Überwachen Sie Atemfrequenz, Puls, Blutdruck.

Reinigen Sie kontaminierte Wunden, indem Sie mit steriler Lösung grobe Verschmutzungen wie Gras oder Erde ausspülen. Im Falle einer Amputationsverletzung sollte das Amputat regelmäßig darauf kontrolliert werden, dass es zwar kühl gelagert ist, ohne jedoch zu gefrieren oder durch Lagerung in Wasser zu mazerieren (aufzuquellen).

Zusammenfassung

- Bei mehrfach verletzten oder polytraumatisierten Patienten liegt der Schwerpunkt auf der prioritätenorientierten Untersuchung und Behandlung lebensbedrohlicher Verletzungen (einschließlich innerer und äußerer Blutungen) während des Primary Survey.
- Dabei sollte man sich nicht von dramatisch aussehenden, aber an sich nicht lebensbedrohlichen Verletzungen des Bewegungsapparates ablenken lassen, auch wenn der Patient um die Versorgung dieser Verletzungen bittet.
- Sobald der Patient vollständig untersucht wurde und sich herausstellt, dass es sich um eine isolierte Verletzung des Bewegungsapparates ohne Beteiligung des Gesamtorganismus handelt, sollte sich dieser nichtkritischen Verletzung zugewandt werden.
- Sämtliche Verletzungen des Bewegungsapparates sollten, in der Reihenfolge ihres Schweregrades, immobilisiert werden, um Folgeschäden zu vermeiden, einen schonenden Transport zu ermöglichen und dem Patienten Schmerzen zu nehmen.
- Sofern der Unfallmechanismus auf eine plötzliche, gewaltsame Beschleunigung oder Abbremsung (Akzeleration oder Dezeleration), Polytrauma oder Verletzungen der Wirbelsäule schließen lässt, muss der Helfer unter Berücksichtigung von Alter, Allgemeinzustand und Vorerkrankungen des Patienten mit einer systemischen Verschlechterung des Patienten rechnen.

Lösung Fallbeispiel

Mithilfe ihres Kollegen legen Sie eine Tractionsschiene am rechten Bein an, um die Femurschaftfraktur zu immobilisieren. Der Patient wird auf ein Rettungsbrett (Spineboard) gelagert und für den Transport ins Krankenhaus gemeinsam mit den Kollegen des Rettungsdienstes in den Rettungswagen

verbracht. Im Rettungswagen bekommt der Patient Sauerstoff über Maske, außerdem wird durch den Rettungsdienst ein i.v.-Zugang gelegt. Während des Transportes bleiben die Vitalzeichen unverändert.

7.6 Besondere Kenntnisse

7.6.1 Schienungssysteme



Abb. 7.12 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

Starre Schiene (z. B. Sam Splint®-Schiene)

- Prüfen Sie die distalen Pulse und stabilisieren Sie die Extremität ober- und unterhalb der Fraktur, bevor sie Manipulationen vornehmen (> Abb. 7.12).

2. Legen Sie die Schiene an beiden Seiten der Extremität an (\rightarrow Abb. 7.13).



Abb. 7.13 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

3. Befestigen Sie die Schiene mit einer Mullbinde von distal nach proximal. Überprüfen Sie anschließend nochmals das Vorhandensein des distalen Fußpulses (\rightarrow Abb. 7.14).



Abb. 7.14 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

Extensionsschiene

1. Prüfen sie die distalen Pulse, während Sie die betroffene Extremität unterstützen (\rightarrow Abb. 7.15).



Abb. 7.15 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)



Abb. 7.16 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)



Abb. 7.17 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)



Abb. 7.18 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

2. Befestigen Sie den Knöchelgurt und halten Sie dabei die Extremität unter manueller Extension. Prüfen Sie die distalen Pulse nach der Extension (➤ Abb. 7.16).

3. Bringen Sie die Schiene in die richtige Länge, indem Sie die unverletzte Extremität als Richtlinie nehmen (➤ Abb. 7.17).

4. Schieben Sie die Schiene unter die verletzte Extremität und befestigen Sie den Gurt am oberen Ende der Schiene. Anschließend prüfen Sie das Vorhandensein des distalen Fußpulses (➤ Abb. 7.18).

5. Befestigen Sie den Extensionsmechanismus am Knöchelgurt und bringen Sie anschließend die verletzte Extremität in Extension. Die manuelle Extension kann dabei aufgelöst werden (➤ Abb. 7.19).



Abb. 7.19 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

6. Überprüfen Sie nach Extension durch die Schiene nochmals den distalen Fußpuls (➤ Abb. 7.20).



Abb. 7.20 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

7. Befestigen Sie die übrigen Beinurte und sichern Sie die Extremität in der Schiene (➤ Abb. 7.21).



Abb. 7.21 (Aus: Chapleau W, Pons P: Emergency medical technician: making the difference, 2. Aufl., St. Louis, 2007, Mosby)

Vakumschiene



Abb. 7.22



Abb. 7.23



Abb. 7.24

1. Legen Sie die Schiene auf eine ebene Oberfläche und verteilen Sie das Kunststoffgranulat gleichmäßig. Saugen Sie etwas Luft aus der Schiene, damit die Seiten bei Anlage nicht zurückfallen und starr bleiben. Platzieren Sie die Schiene unterhalb der Extremität und biegen Sie diese in eine U-Form um die Extremität. Befestigen Sie die Klettbänder. Formen Sie die Schiene weiter an, sodass die Extremität komplett ruhiggestellt ist (➤ Abb. 7.22).

2. Saugen Sie mit einer Vakumpumpe die restliche Luft aus der Schiene (➤ Abb. 7.23).

3. Prüfen Sie die distalen Pulse an der betroffenen Extremität (➤ Abb. 7.24).

Armschlinge

1. Nach Prüfen der distalen Pulse und Sensibilität legen Sie dem Patienten die Armschlinge an (► Abb. 7.25).



Abb. 7.25

2. Befestigen Sie die Armschlinge mit einer Mullbinde oberhalb der Extremität, ohne dabei zu fest zuwickeln und die Atmung zu behindern (► Abb. 7.26).



Abb. 7.26

3. Überprüfen Sie nochmals die distalen Pulse und die Sensibilität nach kompletter Anlage der Armschlinge (► Abb. 7.27).



Abb. 7.27

QUELLENVERZEICHNIS

1. Williams B, Boyle M: Estimation of external blood loss by paramedics: Is there any point? *Prehosp Disaster Med* 22(6):502–506, 2007.
2. Wood SP, Vrahas M, Wedel S: Femur fracture immobilization with traction splints in multisystem trauma patients, *Prehosp Emerg Care* 7:241, 2003.
3. Goth P, Garnett G: Clinical guidelines for delayed or prolonged transport: II. Dislocations. Rural Affairs Committee, National Association of Emergency Medical Services Physicians, *Prehosp Disaster Med* 8(1):77, 1993.
4. Seyfer AE: Guidelines for management of amputated parts, Chicago, 1996, American College of Surgeons Committee on Trauma.
5. Pepe E, Mosesso VN, Falk JL: Prehospital fluid resuscitation of the patient with major trauma, *Prehosp Emerg Care* 6:81, 2002.
6. Better OS: Management of shock and acute renal failure in casualties suffering from crush syndrome, *Ren Fail* 19:647, 1997.
7. Michaelson M, Taitelman U, Bshouty Z, et al.: Crush syndrome: experience from the Lebanon war, 1982, *Isr J Med Sci* 20:305, 1984.
8. Pretto EA, Angus D, Abrams J, et al.: An analysis of prehospital mortality in an earthquake, *Prehosp Disaster Med* 9:107, 1994.
9. Collins AJ, Burzstein S: Renal failure in disasters, *Crit Care Clin* 7:421, 1991.

KAPITEL

8 Verbrennungen

| | | | | | |
|-------|--|-----|-------|--|-----|
| 8.1 | Anatomie | 212 | 8.4 | Behandlung | 218 |
| 8.2 | Charakteristika von Verbrennungen | 212 | 8.4.1 | Erstversorgung von Verbrennungsofern | 218 |
| 8.2.1 | Verbrennungsgrade | 213 | 8.4.2 | Flüssigkeitssubstitution | 219 |
| 8.3 | Beurteilung und Behandlung von Verbrennungen | 215 | 8.5 | SpezielleÜb erlegungen | 219 |
| 8.3.1 | Primary Survey und Sofortmaßnahmen | 215 | 8.5.1 | Verbrennungen durch elektrischen Strom | 219 |
| 8.3.2 | Secondary Survey | 216 | 8.5.2 | Umlaufende (zirkuläre) Verbrennungen | 220 |
| | | | 8.5.3 | Rauchgasinhalation/Inhalationstrauma | 220 |
| | | | 8.5.4 | Kindesmisshandlung | 221 |
| | | | 8.5.5 | Verätzungen | 222 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- verschiedene Verbrennungstiefen zu definieren,
- die verschiedenen Zonen einer Verbrennung zu definieren,
- zu verstehen, wie durch Eisbehandlung die Verbrennungstiefe zunehmen kann,
- die verbrannte Körperoberfläche durch Gebrauch der Neunerregel abzuschätzen,

- die adäquate präklinische Wundbehandlung bei Verbrennungen zu beschreiben,
- die Besonderheiten von Verbrennungen durch elektrischen Strom zu diskutieren,
- die Überlegungen bei Patienten mit umlaufenden (zirkulären) Verbrennungen zu diskutieren,
- die drei Elemente eines Inhalationstraumas zu diskutieren,
- die Kriterien zur Verlegung eines Verbrennungspatienten in ein Verbrennungszentrum zu diskutieren.

Fallbeispiel

Sie werden zu einem Wohnhausbrand gerufen. Als Sie an der Einsatzstelle ankommen, sehen Sie, wie das zweistöckige Gebäude vollständig in Flammen steht und dicker schwarzer Rauch aus dem Dach und den Fenstern aufsteigt. Sie werden zu einem Verletzten geführt (Patient 1), der bereits durch Ersthelfer versorgt wurde. Diese berichten, der Patient sei wieder in das Gebäude zurückgegangen, um seinen Hund zu retten, und dann von Einsatzkräften der Feuerwehr bewusstlos aus dem Haus getragen worden. Bei dem Patienten angekommen, sehen Sie einen schätzungsweise Mitte 30-jährigen männlichen Patienten, dessen Kleidung fast vollständig verbrannt ist. Er weist offensichtliche Verbrennungen des Gesichtes auf, seine Haare sind versengt. Er ist bewusstlos. Der Patient atmet spontan, aber angestrengt. Die Ersthelfer haben bereits mit der Sauerstoffgabe über Maske begonnen. Bei der Untersuchung stellen sich die Atemwege frei dar, die Atmung ist regelrecht. Beide Ärmel seines Hemdes sind ver-

brannt. An seinen Armen zeigen sich umlaufende (zirkuläre) Verbrennungen, der Puls ist jedoch gut zu tasten. Die Herzfrequenz beträgt 118 Schläge pro Minute, der Blutdruck 148/94 mmHg, die Atemfrequenz 22 Atemzüge pro Minute. Bei der klinischen Untersuchung stellen Sie fest, dass der Patient am gesamten Kopf, vorne an Brustkorb und Bauch sowie dem gesamten rechten und linken Arm einschließlich beider Hände verbrannt ist. Einige Meter entfernt befindet sich der Bruder des Patienten (Patient 2), der wegen des Zustandes seines Bruders außer sich ist. Von Ihrem Standort aus können Sie erkennen, dass Patient 2 Verbrennungen des gesamten rechten Armes und der rechten Hand aufweist, von den Fingerspitzen bis zur Schulter.

Wie groß ist das Ausmaß der Verbrennungen bei den beiden Patienten? Welche Schritte unternehmen Sie, um diese Patienten zu behandeln? Woran erkennt der First Responder ein Inhalationstrauma?

Viele Menschen betrachten Verbrennungen als die gefürchtetsten und schmerhaftesten Verletzungen. Fast jeder hatte schon mal eine kleinere oder größere Verbrennung und kennt den intensiven Schmerz und die Angst, die selbst mit kleineren Verbrennungen verbunden sind. Verbrennungen sind sowohl in Industrielandern als auch in überwiegend landwirtschaftlich geprägten Ländern weit verbreitet, in zivilen Gesellschaften genauso wie unter militärischen Bedingungen. Verbrennungen reichen von kleinen Verletzungen der Haut bis hin zu Verletzungen katastrophalen Ausmaßes, die große Körperregionen betreffen können.

Ein weit verbreitetes Missverständnis ist die Annahme, Verbrennungen seien nur auf die Haut beschränkt. Ganz im Gegenteil, ausgedehnte Verbrennungen können als Multisystemverletzungen auch lebensbedrohliche Auswirkungen auf das Herz, die Lungen, die Nieren, den Verdauungstrakt oder das Immunsystem haben. Die häufigsten Todesursachen von Verbrennungsoptfern sind nicht direkte Komplikationen der Verbrennungswunden, sondern Komplikationen aufgrund einer Ateminsuffizienz.

Obgleich Verbrennungen als eine Form des Traumas betrachtet werden, sind einige signifikante Unterschiede zu berücksichtigen. Nach Verletzungen, die beispielsweise im Rahmen eines Verkehrsunfalls oder eines Sturzes entstehen, nimmt der Körper diverse physiologische Anpassungen vor, um das Überleben zu sichern. Dabei kann es zu Kurzschlüssen des Blutkreislaufs (Shunt) kommen, das Herzminutenvolumen kann gesteigert oder die Produktion von schützenden Serumproteinen erhöht werden. Im Gegensatz dazu versucht der Körper im Falle einer Verbrennung, die physiologischen Vorgänge zu minimieren, der Patient fällt in einen Schock und stirbt. Ein Großteil der frühen Verbrennungsbehandlung zielt darauf ab, diesen initialen Schock zu verhindern.

Die Beurteilung der Verbrennungsursache wird dem First Responder helfen, sich selbst zu schützen und den Verletzten optimal zu behandeln. First Responder sollten dabei auch auf die Umstände achten, unter denen eine Verbrennung auftrat, da es sich bei einer großen Prozentzahl von Verbrennungen bei Kindern und Erwachsenen um vorsätzlich herbeigeführte Verletzungen handelt.

Eine Rauchgasinhalation ist eine häufige und lebensbedrohliche Begleiterscheinung einer Verbrennung und oft sogar gefährlicher als die Verbrennung an sich. Die Inhalation giftiger Rauchgase hat dabei einen höheren Vorhersagewert in Bezug auf die Mortalität als das Alter des Patienten oder die verbrannte Körperoberfläche.¹ Die Opfer müssen dabei nicht einmal große Mengen Rauch inhalieren, um lebensbedrohliche Komplikationen zu erleiden; diese treten oft erst nach einigen Tagen auf.

Etwa 20 % aller Verbrennungsoptfer sind Kinder und bei 20 % davon handelt es sich um Kindesmisshandlung.^{2,3} Die meisten First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter sind überrascht, wenn sie erfahren, dass Verbrennungen die zweithäufigste Ursache der Kindesmisshandlung darstellen, nur noch überboten durch direkte körperliche Gewalt gegen Kinder. Misshandlungen in Form von Brandwunden sind nicht

nur bei Kindern zu finden, sondern kommen auch bei Frauen und älteren, pflegebedürftigen Menschen in Form von häuslicher Gewalt und Missbrauch vor.

8.1 Anatomie

Die Haut erfüllt verschiedene komplexe Aufgaben wie zum Beispiel die Schutzfunktion vor äußeren Umwelteinflüssen, Regulation des Flüssigkeitshaushaltes, Wärmeregulation, Sinneswahrnehmung und Anpassung des Stoffwechsels (► Abb. 8.1). Die Haut eines erwachsenen Menschen bedeckt durchschnittlich eine Oberfläche von 1,5–2 m². Sie besteht aus zwei Hautschichten, der Epidermis und der Dermis, sowie der darunter liegenden Subkutis. Die **Epidermis** ist in einigen Regionen (z.B. den Augenlidern) nur zirka 0,05 mm dick und kann an den Fußsohlen eine Dicke von 1 mm erreichen. Die tiefer gelegene **Dermis** ist durchschnittlich 10-mal dicker als die Epidermis.

Männerhaut ist dicker als die Haut von Frauen, und die Haut von Kindern und Älteren ist dünner als diejenige von Erwachsenen. Dieser Umstand erklärt, weshalb die gleiche Verbrennungsquelle zu einer unterschiedlichen Verbrennungstiefe führen kann, je nachdem, wer betroffen ist. So erleidet ein Kind unter Umständen bei gleicher Hitzeexposition eine tiefere Verbrennung als ein Erwachsener.

8.2 Charakteristika von Verbrennungen

Verbrennungen können mit dem Braten von Eiern verglichen werden. Schlägt man ein Ei in eine heiße Pfanne, ist es zunächst dünnflüssig und klar. Wird das Ei nun hohen Temperaturen ausgesetzt, wird es undurchsichtig und fest. Die Proteine des

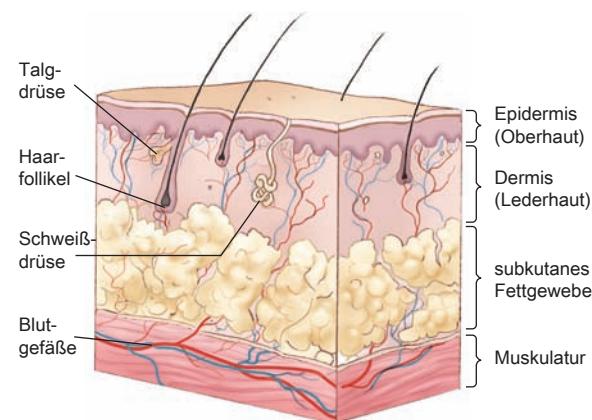


Abb. 8.1 Normale Haut. Die Haut setzt sich aus drei Gewebeschichten zusammen, der Epidermis (Oberhaut), der Dermis (Lederhaut) und der Subkutis (Unterhautfettgewebe). Einige dieser Schichten enthalten Hautanhangsgebilde wie Drüsen, Haarfollikel, Blutgefäße und Nerven. Alle diese Strukturen stehen mit der Aufrechterhaltung, dem Verlust und der Gewinnung der Körpertemperatur in Verbindung.

Eis verändern ihre Struktur und werden zerstört, was man als **Denaturierung** bezeichnet. Auch bei thermischer Schädigung der Haut, sei es durch hohe Temperatur (Verbrennung) oder durch besonders niedrige Temperatur (Erfrierung) – analog auch bei Schädigungen durch Strahlung oder Einwirkung chemischer Agentien –, kommt es zu strukturellen Veränderungen der Biomoleküle, was zu einer Denaturierung der Proteine führt. Die Schädigung der Haut kann in zwei Phasen erfolgen: sofort oder verzögert. Die Haut kann kurzzeitig Temperaturen von 40 °C tolerieren, bei länger andauernder Exposition steigt jedoch das Ausmaß der Gewebezerstörung logarithmisch an.⁴

Eine tiefe Verbrennung weist drei Zonen der Gewebeschädigung auf (► Abb. 8.2).⁵ Die zentrale Zone nennt man **Koagulationszone**. In dieser Region findet die größte Zerstörung statt. Die Haut wird nekrotisch und eine Gewebeheilung ist nicht möglich.

Daran grenzt eine Zone mit geringerer Schädigung an, die sog. **Stasezone**. Die Zellen in dieser Zone sind zwar geschädigt, aber nicht irreversibel zerstört. Wird die Sauerstoff- oder Blutversorgung dieser Zellen nachhaltig gestört, so sterben diese Zellen ab und werden ebenfalls nekrotisch. Man nennt diese Zone Stasezone, weil es unmittelbar nach der Verletzung zu einem Stillstand der Perfusion kommt. Eine zeitgerechte und angemessene Behandlung dieser Haut ermöglicht die Wiederherstellung von Blutversorgung und Sauerstofftransport der geschädigten Zellen. Bei inadäquater Behandlung des Patienten sterben die Zellen der Stasezone ab und die oberflächliche Wunde wird zu einer tiefen Brandwunde. Ein häufiger Fehler ist die Eiswendung durch Ersthelfer. Wenn Eis appliziert wird, um den Verbrennungsprozess zu stoppen, kommt es zu einer Vasokonstriktion, die eine Wiederherstellung des Blutflusses verhindert. Durch die Anwendung von Eis werden zwar die Schmerzen gelindert, aber mit der Gefahr einer zusätzlichen Gewebezerstörung. Aus diesem Grund sollte die Kühlung mit lauwarmem Wasser (Raumtemperatur) und die Analgesie mit parenteralen oder oralen Schmerzmitteln erfolgen.

Die äußerste Zone ist die **Hyperämiezone**. In dieser Zone entsteht nur ein minimaler Zellschaden; sie ist charakterisiert durch einen gesteigerten Blutfluss aufgrund einer sekundär auf die Verbrennung folgenden Entzündungsreaktion.

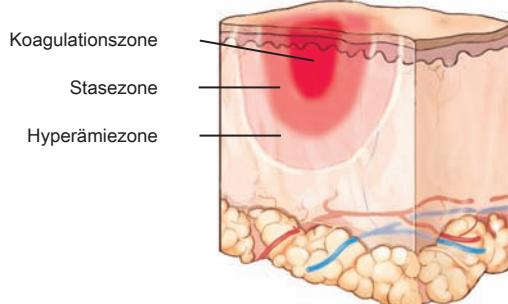


Abb. 8.2 Drei Zonen einer Verbrennung

8.2.1 Verbrennungsgrade

Die Verbrennungstiefe abzuschätzen, kann schwierig und trügerisch sein. Eine Wunde, die initial wie eine Verbrennung zweiten Grades aussieht, kann sich innerhalb von 24–48 Stunden als eine drittgradige Verbrennungswunde herausstellen. Auf den ersten Blick kann eine Brandwunde erst- oder zweitgradig erscheinen; wenn man die Wunde später debridiert (chirurgisch säubert), löst sich die oberflächliche Epidermis vollständig ab und es kommt drittgradiger Verbrennungsschorf (Eschar) zum Vorschein. Deshalb sollte die endgültige Diagnose nicht vor 48 Stunden gestellt werden. Oft ist es daher das Beste, den Patienten zu sagen, dass es sich um eine oberflächliche oder tiefe Verbrennung handelt, die Bestimmung der genauen Verbrennungstiefe aber Zeit braucht.

Verbrennungen 1. Grades

Bei erstgradigen Verbrennungen ist nur die Epidermis betroffen, die Wunde ist gerötet und schmerhaft (► Abb. 8.3). Solche Wunden sind selten von klinischer Relevanz, mit Ausnahme von großflächigen Sonnenbränden, bei denen der Patient über starke Schmerzen klagt und bei denen die Gefahr einer Dehydratation besteht, falls der Patient oral nicht genügend Flüssigkeit aufnimmt. Diese Wunden heilen typischerweise innerhalb einer Woche ohne Narbenbildung ab.

Verbrennungen 2. Grades

Bei Brandwunden 2. Grades sind die Epidermis und unterschiedliche Anteile der darunter liegenden Dermis betroffen (► Abb. 8.4). Verbrennungen 2. Grades werden weiter in oberflächliche (2a) und tiefe (2b) zweitgradige Läsionen unterteilt. Dies ist von großer klinischer Bedeutung, da oberflächliche zweitgradige Verbrennungen mit konservativer Therapie folgenlos ausheilen, tiefe zweitgradige Verbrennungen aber eine Operationsindikation darstellen und nicht ohne Narbenbildung abheilen können.

Solche Wunden können Blasen bilden (► Kasten 8.1) und sind äußerst schmerhaft. Zweitgradige Verbrennungen erscheinen glänzend und haben einen feuchten Grund, der auf Anritzen

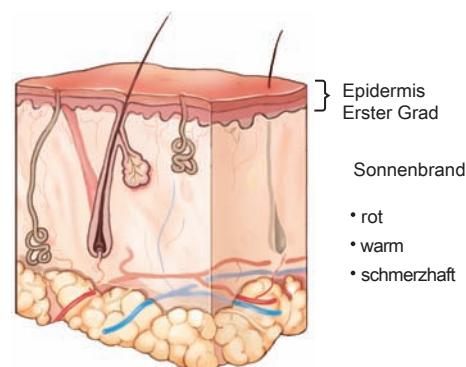


Abb. 8.3 Verbrennung 1. Grades

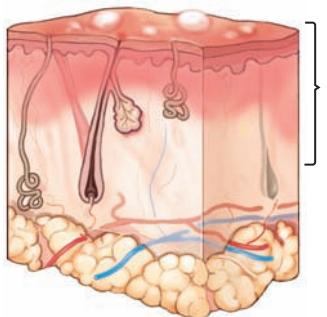


Abb. 8.4 Verbrennung 2. Grades

mit einer Kanüle spontane kapilläre Blutungen zeigt. Da nicht die ganze Dermis zerstört wird, besteht häufig die Möglichkeit einer Heilung innerhalb von zwei bis drei Wochen. Die Koagulationszone beinhaltet die ganze Epidermis und Teile der oberflächlichen Dermis mit unterschiedlicher Tiefe. Wenn solche Wunden nicht adäquat versorgt werden, kann die Nekrose in der Stasezone fortschreiten, wodurch sich die Brandwunde vergrößert und gegebenenfalls eine drittgradige Verbrennung entsteht. Man spricht hier auch vom „Abtiefen“ einer Verbrennung. Eine oberflächliche Verbrennung zweiten Grades (2a) heilt unter sorgfältiger Wundpflege aus. Tiefe Verbrennungen zweiten Grades (2b) erfordern oftmals eine chirurgische Korrektur.

14.1 Brandblasen

Über die Behandlung von Verbrennungsblasen ist in der Vergangenheit eine lebhafte Diskussion entfacht, insbesondere über die Frage, ob Blasen eröffnet werden sollten oder nicht. Blasen entstehen, wenn sich die Epidermis von der darunter liegenden Dermis ablöst, Flüssigkeit von den angrenzenden Gefäßen einsickert und die Blase füllt. Innerhalb der Blasen gibt es onkotisch aktive Proteine, die noch zusätzliche Flüssigkeit anziehen und die Blasen weiter anschwellen lassen. Der dadurch im Wundgebiet entstehende Druck verstärkt die Schmerzen. Viele denken, dass die Blasenhaut eine Schutzwirkung aufweist und eine Wundkontamination verhindert. Die Haut einer Blase ist jedoch nicht mehr intakt und kann somit nicht mehr als SchutzbARRIERE dienen. Außerdem kann bei intakter Blase keine lokale Behandlung mit antiseptischen Lösungen oder Salben erfolgen. Aus diesen Gründen sollten die Blasen in der Klinik unter sterilen Bedingungen geöffnet und debridiert werden, nicht jedoch im Rettungsdienst.⁶

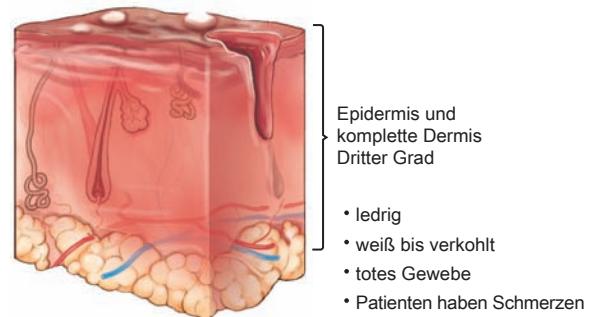


Abb. 8.5 Verbrennung 3. Grades



Abb. 8.6 Dieser Patient hat neben einem kleinen zweitgradig verbrannten Areal (Kreis) eine großflächige drittgradige Verbrennung erlitten, die durch das weiße, lederartige Aussehen charakterisiert ist.



Abb. 8.7 Beispiel einer tiefen drittgradigen Verbrennung mit Verkohlung der Haut und sichtbarer Thrombosierung oberflächlicher Blutgefäße.

Verbrennungen 3. Grades

Verbrennungen 3. Grades können verschiedene Erscheinungsbilder aufweisen (> Abb. 8.5). Meistens erscheinen solche Wunden als dicke, trockene, weiße, lederartige Wunden, unabhängig von Rasse oder Hautfarbe (> Abb. 8.6). In schweren Fällen haben die Wunden ein verkohltes Erscheinungsbild und man kann thrombosierte Gefäße sehen (> Abb. 8.7). Im Unterschied zur tiefen zweitgradigen Verbrennung ist bei der drittgradigen Verbrennung nach Anritzen mit einer Kanüle keine kapilläre Blutung zu erkennen, die Sensibilität ist erloschen. Zur Differenzierung gegenüber der zweitgradigen Verbrennung

wird in der Klinik der sogenannte Nadelstichtest durchgeführt, der sich allerdings in der Prälkklinik wegen des erhöhten Infektionsrisikos verbietet. Trotz der aufgehobenen Sensibilität haben die meisten Patienten Schmerzen, da die drittgradigen Verbrennungen normalerweise von zweitgradigen Arealen umgeben sind. Verbrennungen dieser Tiefe können lebensbedrohlich sein und zu bleibenden Behinderungen führen. Die prompte chirurgische Entfernung und eine intensive Rehabilitation in einem speziellen Verbrennungszentrum sind indiziert.

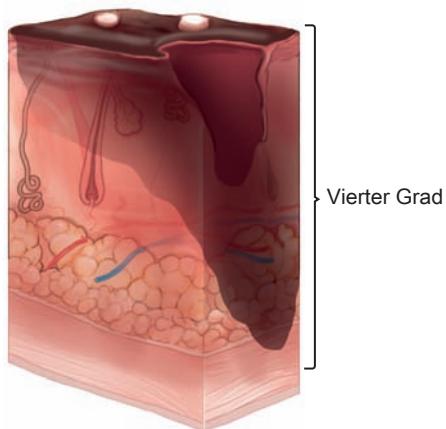


Abb. 8.8 Verbrennung 4. Grades

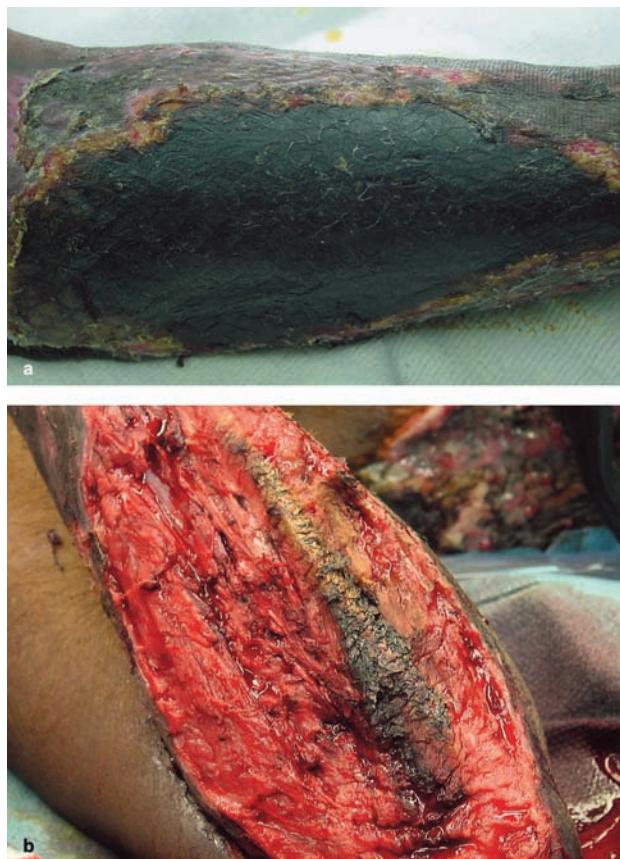


Abb. 8.9 Viertgradige Verbrennung (Verkohlung) des Armes. Hier ist nicht nur die Haut verbrannt, sondern auch das darunter liegende subkutane Fettgewebe, Muskeln und Knochen.

Verbrennungen 4. Grades

Bei Verbrennungen 4. Grades sind nicht nur alle Schichten der Haut betroffen, sondern auch das subkutane Fettgewebe sowie Muskeln, Knochen oder gar Organe verbrannt (> Abb. 8.8, > Abb. 8.9).

8.3 Beurteilung und Behandlung von Verbrennungen

8.3.1 Primary Survey und Sofortmaßnahmen

Das Ziel der Erstuntersuchung (Primary Survey) ist es, den Patienten systematisch zu untersuchen und lebensbedrohliche Störungen nach ihrer Priorität zu behandeln. Das ABCDE-Schema des Traumamanagements wird bei der Versorgung von Verbrennungspatienten gleichermaßen angewendet, auch wenn Verbrennungspatienten den Helfer bei jedem Behandlungsschritt vor große Herausforderungen stellen.

Schwere Verbrennungen sind häufig letale Verletzungen. Trotzdem sind Verbrennungen an sich, von verbrennungsbedingten Beeinträchtigungen von Atemwegen und Bronchien abgesehen, nicht sofort lebensbedrohliche Verletzungen. Das gesamte Erscheinungsbild kann sich dramatisch und sogar grotesk darstellen. Man sollte jedoch stets daran denken, dass der Patient zusätzlich auch noch ein mechanisches Trauma erlitten haben könnte und dass innere Verletzungen zwar weniger offensichtlich sind, dafür aber schneller zum Tod führen können.

Airway

Das Freihalten der Atemwege hat höchste Priorität bei der Behandlung von Verbrennungspatienten. Die Hitze eines Feuers kann oberhalb der Stimmbänder ein Ödem hervorrufen, das die Atemwege verschließen kann. Daher ist eine gründliche und wiederholte Beurteilung der Atemwege notwendig. Es wäre allerdings ein Fehler zu glauben, nur weil man nach Abschluss der ABC-Untersuchung einen Haken hinter das A gemacht hat, sei nun mit den Atemwegen alles in Ordnung. Ein Verbrennungspatient kann bei der ersten Untersuchung sehr wohl suffiziente Atemwege aufweisen. Mit fortschreitender Zeitspanne ist es wahrscheinlich, dass das Gesicht, ebenso wie auch die Atemwege, anschwillt. Dadurch können die Atemwege, die initial zufriedenstellend offen waren, nach 30 bis 60 Minuten kritisch eingeengt sein. Die Atemwege können so stark eingeengt sein, dass keine Luft mehr die Trachea passieren kann. Viel wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Atemwege nicht komplett verschlossen werden, sondern durch die Schwellung der Schleimhaut der Atemwegswiderstand erhöht wird. Die Erhöhung des Atemwegswiderstandes führt dazu, dass der Patient eine größere Atemarbeit aufbringen muss, wodurch er sich nach einer Weile erschöpft. Geschwollene Atemwege können also zu einer respiratorischen Insuffizienz bis hin zum Atemstillstand führen, ohne dass die Atemwege im eigentlichen Sinne verschlossen sind. Um eine dramatische Atemwegsverlegung zu vermeiden, sollten die Atemwege frühzeitig gesichert werden.

Breathing

Wie bei allen Traumapatienten kann die Atmung durch gebrochene Rippen, Pneumothorax oder offene Thoraxwunden beeinträchtigt sein. Bei zirkulär um den gesamten Thorax verlau-

fenden Verbrennungen kann die Dehnbarkeit des Thorax (und damit die Compliance der Lunge) so weit abnehmen, dass der Patient nicht einmal mehr einatmen kann. Die verbrannte Haut kontrahiert und wird härter, während gleichzeitig die darunter liegenden Weichteile anschwellen. Dadurch kann der Thorax eingeschnürt werden, als würde man mehrere Ledergürtel um den Oberkörper des Patienten festziehen, was die Thoraxexkursion massiv einschränkt.

Circulation

Die Beurteilung des Kreislaufs umfasst neben der Bestimmung des Blutdrucks auch die Beurteilung umlaufender (zirkulärer) Verbrennungen der Extremitäten und das Legen von intravénösen Zugängen. Eine exakte Blutdruckmessung kann bei Verbrennungen der Extremitäten schwierig oder unmöglich sein. Den ermittelten Blutdruck sollten Sie stets mit Vorsicht interpretieren, da er bei höhergradigen Verbrennungen mit Ödembildung an den Extremitäten nicht immer den systemischen Blutdruck widerspiegelt. Auch wenn Sie einen adäquaten Blutdruck messen können, kann die periphere Durchblutung der Extremität durch eine zirkuläre Verbrennung eingeschränkt sein. Eine verbrannte Extremität sollte während des Transports hoch gelagert werden, um die Schwellung der betroffenen Extremität zu verringern.

Disability

Verbrennungsoptiker sind als Traumapatienten anzusehen und haben unter Umständen neben ihren Brandwunden noch weitere Verletzungen erlitten. Richten Sie Ihr Augenmerk daher nicht nur auf die offensichtlichen Brandwunden, denn weniger augenfällige innere Verletzungen können weitaus bedrohlicher sein. Verbrennungsoptiker springen bei dem Versuch, vor dem Feuer zu fliehen, aus dem Fenster, es können brennende Teile herabstürzen und das Opfer unter sich begraben oder das Opfer kann nach einem Verkehrsunfall in einem brennenden Auto eingeschlossen sein. Suchen Sie deshalb beim Patienten stets nach neurologischen Ausfällen. Erkennen Sie Frakturen von langen Knochen und schienen Sie diese. Immobilisieren Sie die Wirbelsäule, wenn Sie eine Wirbelsäulenverletzung vermuten. Eine weitere lebensbedrohliche neurologische Störung, die häufig bei Verbrennungspatienten vorkommt, wird durch die Inhalation von Kohlenmonoxid und Blausäure (Zyanwasserstoff) hervorgerufen.

Expose and Environment

Entkleiden Sie den Patienten vollständig. Untersuchen Sie jeden Quadratzentimeter des Patienten. Sämtliche Kleidung sowie Schmuck sollten umgehend entfernt werden. Eine sorgfältige Untersuchung sämtlicher Körperregionen kann Verletzungen zum Vorschein bringen, die zuvor übersehen wurden. Bei Verbrennungspatienten kann die Entfernung der Kleidung auch einen therapeutischen Effekt haben. Wie schon erwähnt,

können diese Gegenstände die Verbrennung verschlimmern. Bei Verätzungen kann die Kleidung mit Chemikalien getränkt sein, die zu der Verätzung geführt haben. Demzufolge kann die unsachgemäße Handhabung der kontaminierten Kleidung zu weiteren Verletzungen sowohl des Patienten wie auch des Helfers führen.

Ein besonders wichtiger Punkt bei großflächigen Verbrennungen ist der Wärmeerhalt: Verbrennungsoptiker verlieren die Möglichkeit, sich selbst vor Auskühlung zu schützen, und sind daher besonders hypothermiegefährdet. Verwenden Sie mehrere Lagen von Tüchern, um einen Wärmeverlust zu vermeiden.

8.3.2 Secondary Survey

Nachdem Sie die Erstuntersuchung (Primary Survey) abgeschlossen haben, beginnen Sie mit der weiterführenden Untersuchung (Secondary Survey). Diese unterscheidet sich bei Verbrennungspatienten nicht von der anderer Traumapatienten. Führen Sie eine komplette Kopf-bis-Fuß-Untersuchung durch und suchen Sie nach weiteren Verletzungen oder Gesundheitsstörungen.

Ausdehnung der Verbrennung

Die Abschätzung der Verbrennungsfläche ist für eine adäquate Flüssigkeitssubstitution und zur Vorbeugung der durch den hypovolämischen Schock bedingten Komplikationen notwendig. Am weitesten verbreitet ist die **Neunerregel nach Wallace**. Diese Methode geht davon aus, dass größere Körperregionen bei Erwachsenen ungefähr neun Prozent der Körperoberfläche ausmachen ($>$ Abb. 8.10). Perineum (Damm) oder Genitalregion betragen ein Prozent.

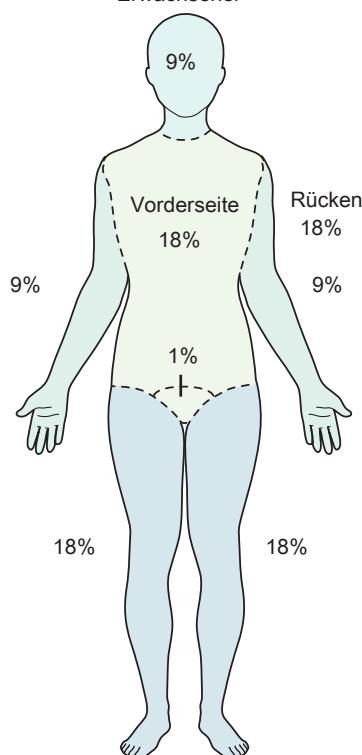
Kinder weisen andere Proportionen auf als Erwachsene, weshalb die Neunerregel bei Kindern angepasst werden muss. Kinder haben proportional einen größeren Kopf und kleinere Beine als Erwachsene. Da diese Proportionen in den verschiedenen Altersgruppen variieren können, lässt sich die Neunerregel bei kindlichen Patienten nicht anwenden.

Das **Lund-Browder-Diagramm** berücksichtigt zusätzlich auch die altersabhängigen Proportionen. Die Verbrennungsfläche kann anhand von schematischen Zeichnungen und Referenztabellen bestimmt werden ($>$ Abb. 8.11).

Hierzu ist es erforderlich, die verbrannten Areale auf einer Körperskizze einzuziehen und mit den Prozentangaben der Tabelle zu korrelieren. Die Komplexität dieser Methode macht die Anwendung im präklinischen Bereich allerdings schwierig.

Kleinere Verbrennungen können auch mithilfe der Handflächenregel bestimmt werden. Die Zuhilfenahme der Handfläche des Patienten zur Flächenbestimmung wird seit Langem allgemein akzeptiert.

Erwachsener



Kind

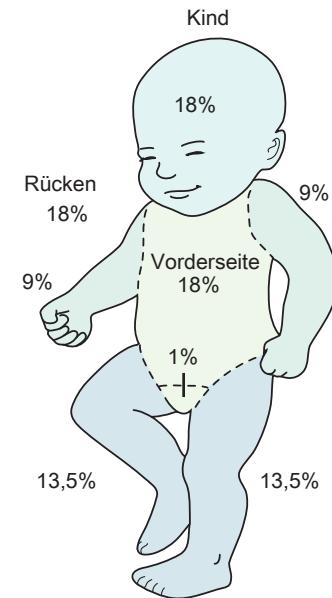
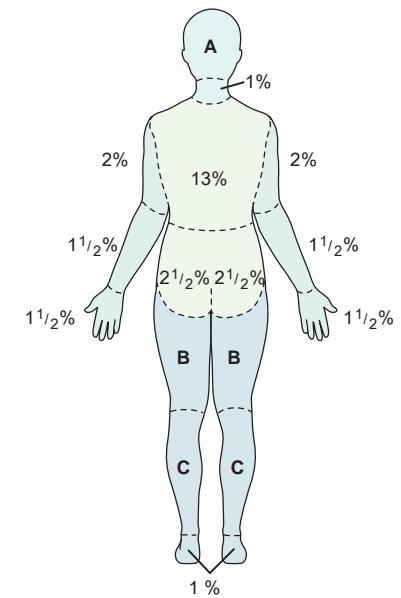
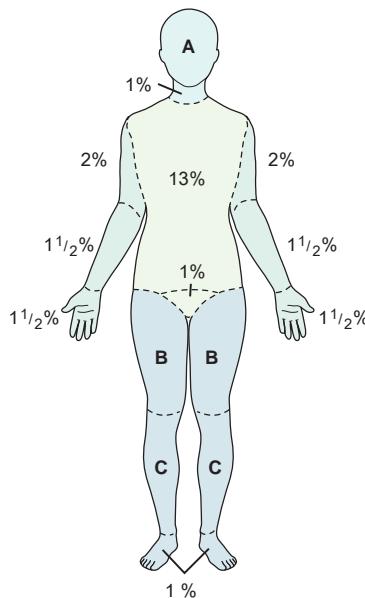


Abb. 8.10 Neunerregel nach Wallace



| Region | Alter 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | Erwachsener |
|--------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| A - 1½ Kopf | 9½% | 8½% | 6½% | 5½% | 4½% | 3½% |
| B - ½ Oberschenkel | 2¾% | 3¼% | 4% | 4¼% | 4½% | 4¼% |
| C - ½ Bein | 2½% | 2½% | 2¾% | 3% | 3¼% | 3½% |

Abb. 8.11 Lund-Browder-Diagramm

Verbände

Vor dem Transport sollten die Wunden verbunden werden. Zweck der Verbände ist es, einer weiteren Kontamination der Wunden vorzubeugen und außerdem den (schmerzhaften) Luftzug über den Wunden zu vermeiden.

Trockene, sterile Verbände in Form von sterilen Tüchern oder Wundaflagen reichen völlig aus. Darüber kommen mehrere Schichten von Rettungsdecken, um einen Wärmeverlust zu verhindern. Lokale Antibiotika und Brandsalben sollten präklinisch nicht angewendet werden.

Transport

Verbrennungspatienten, die neben ihren Verbrennungen multiple mechanische Verletzungen aufweisen (sogenannte thermomechanische Kombinationsverletzungen), sollten initial in ein Traumazentrum transportiert werden, in dem zunächst die lebensgefährlichen Verletzungen diagnostiziert und chirurgisch versorgt werden können. Nach Stabilisierung des Patienten kann dieser dann zur weiteren Behandlung und Rehabilitation sekundär in ein spezielles Verbrennungszentrum verlegt werden (► Kasten 8.2, ► Kasten 8.3).

8.2 Indikationen für die stationäre Behandlung in Zentren für Brandverletzte nach den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV)

Patienten mit schweren Verbrennungen sollten in Zentren mit besonderer Expertise und Ausstattung behandelt werden. Der unmittelbare Transport oder die frühe Verlegung in ein Verbrennungszentrum sollten mit einer niedrigeren Mortalitätsrate und weniger Komplikationen einhergehen. Einige Verbrennungszentren behandeln ausschließlich Erwachsene, andere ausschließlich Kinder und einige behandeln sowohl Erwachsene als auch Kinder.

- Erwachsene
 - Verbrennungen 2. Grades von 15 % und mehr der Körperoberfläche
 - Verbrennungen 3. Grades von 10 % und mehr der Körperoberfläche
- Kinder
 - Verbrennungen 2. Grades von 10 % und mehr der Körperoberfläche
 - Verbrennungen 3. Grades von 5 % und mehr der Körperoberfläche
- alle Patienten mit Verbrennungen an Gesicht/Hals, Händen, Füßen, Ano-Genital-Region, Achselhöhlen, Bereichen über großen Gelenken oder sonstiger komplizierter Lokalisation
- Patienten mit Inhalationstrauma
- Patienten mit mechanischen Begleitverletzungen
- Patienten mit Vorerkrankungen oder Alter unter 8 Jahren bzw. über 60 Jahren
- alle Patienten mit Verletzungen durch elektrischen Strom.

Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV), Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58–59, 10117 Berlin, www.verbrennungsmedizin.de.

8.3 Zentrale Anlaufstelle für die Vermittlung von Krankenhausbetten für Schwerbrandverletzte

Die Aufgaben der Zentralen Anlaufstelle für die Vermittlung von Betten für Schwerbrandverletzte (ZA-Schwerbrandverletzte) in der Bundesrepublik Deutschland werden seit September 1999 von der Rettungsleitstelle der Feuerwehr Hamburg durchgeführt.

Aufgabe der ZA-Schwerbrandverletzte ist es auf telefonische Anfrage die dem Schadensort am nächsten gelegene geeignete Einrichtung mit freien Kapazitäten und den dortigen Ansprechpartnern zu benennen. Die Einzelheiten des Transports und der Aufnahme sind dann zwischen den beteiligten Ärzten/Krankenhäusern eigenverantwortlich zu regeln.

Die Zentrale Anlaufstelle steht für die Vermittlung von Betten für Schwerbrandverletzte unter den **Telefonnummern**

040/4 28 51-39 98

040/4 28 51-39 99

und unter der

Telefaxnummer

040/4 28 51-42 69

sowie der **E-Mail-Adresse**

leitstelle@feuerwehr.hamburg.de

24 Stunden am Tag und an allen 7 Tagen der Woche zur Verfügung. Internet: www.hamburg.de/feuerwehr/108006/brandbettvermittlung-feuerwehr-hamburg.html, letzter Zugriff 13.3.2012

8.4 Behandlung

8.4.1 Erstversorgung von Verbrennungspatienten

Der erste Schritt in der Behandlung von Patienten mit Verbrennungen ist die Unterbrechung des Verbrennungsverlaufs. Die effektivste und am besten geeignete Methode, um den Verbrennungsprozess zu beenden, ist die Spülung mit großen Mengen Wasser mit Raumtemperatur. Kaltes Wasser oder Eis sind kontraindiziert. Die Anwendung von Eis wird zwar die Verbrennung terminieren und die Schmerzen lindern, gleichzeitig wird jedoch der Gewebedefekt in der Stasezone zunehmen. Entfernen Sie alle Kleidungs- und Schmuckstücke; diese können die Hitze speichern und den Verbrennungsprozess fortsetzen. Zusätzlich können Finger und Extremitäten bei zunehmender Schwellung durch Ringe oder andere Schmuckstücke eingeschnürt werden.

Die effektivste Art der Wundversorgung nach einer Verbrennung ist die Anwendung von trockenen, sterilen und nicht klebenden Verbänden. Wenn keine Verbände vorhanden sind, können Sie auch sterile chirurgische Abdecktücher oder saubere Leinentücher verwenden. Der trockene Verband verhindert einerseits die weitere Kontamination der Wunde und lindert andererseits die Schmerzen, da er die freiliegenden und empfindlichen Nervenendigungen in der verletzten Haut vor dem Luftstrom schützt (► Kasten 8.4).

8.4 Luftzug verhindern über verbrannter Haut

Die meisten Menschen kennen den Schmerz, der mit einem Loch im Zahn verbunden ist. Wenn wir einatmen und Luft über den freiliegenden Nerv strömt, nimmt der Schmerz erheblich zu. Bei einer zweitgradigen Verbrennung liegen Tausende von Nervenendigungen frei. Wenn die Luftströme der Umgebung die freiliegenden Nervenendigungen des Wundgrundes berühren, verursacht dies ebenfalls starke Schmerzen. Das Abdecken einer Verbrennungswunde wird also die Schmerzen des Patienten lindern.

Helper waren oft unzufrieden mit der Anwendung eines einfachen sterilen Verbandes bei Verbrennungen. Dennoch sollten keine Salben oder topischen Antibiotika angewendet werden, da dies eine spätere Wundinspektion erschwert. Bei Aufnahme in einem Verbrennungszentrum werden sämtliche Salben entfernt, um eine unverfälschte Darstellung der Wunden und damit die Beurteilung des Schweregrades zu ermöglichen. Außerdem können manche topischen Medikamente die Anwendung von künstlichen Hautersatzverfahren verkomplizieren.

Hochkonzentriert mit antimikrobiellen Substanzen beschichtete Verbände (z.B. Silverlon® oder Acticoat®) sind in Verbrennungszentren Standard (► Abb. 8.12). Diese Verbände sind mit Silber beschichtet, das nach und nach über mehrere Tage in die offene Wunde abgegeben wird. Das freigesetzte Silber bekämpft die Mikroorganismen schnell und deckt das übliche Keimspektrum ab. In jüngster Zeit wurden diese Verbände von den Verbrennungszentren auch in den präklinischen Bereich übernommen. Die großflächigen antiseptischen Verbandtücher können schnell auf die Verbrennungswunden aufgebracht werden und eliminieren dort sämtliche Mikroorganismen. Diese Art der Wundversorgung erlaubt die Anwendung eines nichtmedikamentösen Hilfsmittels, das die Kontamination von Brandwunden innerhalb von 30 Minuten signifikant reduziert.⁷⁻⁹ Weitere Vorteile solcher Verbände, vor allem im militärischen Bereich, sind ihre kompakte Größe und das geringe Gewicht.

8.4.2 Flüssigkeitssubstitution

Große Mengen intravenöser Flüssigkeit sind nötig, um einen drohenden hypovolämischen Schock abzuwenden. Nach einer



Abb. 8.12 Acticoat®-Wundauflage (Mit freundlicher Genehmigung: Smith & Nephew Wound Management.)

Verbrennung verlieren die Patienten große Mengen an intravasalem Volumen durch das obligate Ganzkörperödem und den Verdunstungseffekt (Evaporation) der Verbrennungswunde. Obwohl die Gesamtflüssigkeitsmenge im Körper gleich bleiben kann, entstehen große Flüssigkeitsverschiebungen. Insbesondere die Verluste durch Evaporation können beträchtlich sein.

8.5 Spezielle Überlegungen

8.5.1 Verbrennungen durch elektrischen Strom

Verbrennungen durch elektrischen Strom sind verheerende Verletzungen, die vom First Responder oft unterschätzt werden. In vielen Fällen spiegelt die sichtbare Gewebeschädigung nicht das ganze Ausmaß der Verletzung wider. Die größten Gewebezerstörungen entstehen im Körperinneren, nachdem der Strom durch den Patienten geflossen ist. Die Patienten zeigen äußere Brandwunden an der Ein- und Austrittsstelle des Stromes, häufig an den Kontaktstellen mit der Stromquelle oder an den Erdungspunkten. Im Vergleich zu den relativ klein erscheinenden Verletzungen an der Oberfläche werden auf dem Weg des elektrischen Stroms durch den Körper auch tiefe Gewebschichten zerstört (► Abb. 8.13).

Elektrische Verletzungen und sog. Crush-Verletzungen (z.B. ausgedehnte Quetschverletzungen, Einklemmungen, Kontusionen, Verschüttungen) haben viele Gemeinsamkeiten. Bei beiden Verletzungen kommt es zu einem massiven Untergang von Muskelgewebe mit anschließender Freisetzung von Kalium und Myoglobin (► Kap. 7). Die Freisetzung von Kalium aus dem Muskel führt zu einem signifikanten Anstieg des Serum-Kaliumspiegels, was zu Herzrhythmusstörungen führen kann. Der erhöhte Kaliumspiegel kann eine Kontraindikation für den Gebrauch des depolarisierenden Muskelrelaxans Succinylcholin darstellen.

Myoglobin ist ein Molekül, das im Stoffwechsel der quer gestreiften Skelettmuskulatur als Sauerstoffträger dient (ähnlich wie das Hämoglobin im Blut). Wird Myoglobin in größeren Mengen in den Blutkreislauf freigesetzt, kommt es zur Myoglobinurie, wodurch die Nieren geschädigt werden können (bis hin



Abb. 8.13 Patient mit Stromverletzung durch eine Hochspannungsleitung



Abb. 8.14 Urin eines Patienten nach Stromverletzung durch eine Hochspannungsleitung. Der Patient hat eine Myoglobinurie nach ausgedehntem Untergang von Muskelgewebe.

zum akuten Nierenversagen). Kennzeichnend für eine Myoglobinurie ist ein tee- oder fleischfarbener Urin (► Abb. 8.14).

Patienten können nach einem Stromunfall auch Begleitverletzungen aufweisen.¹⁰ Trommelfelle können einreißen, was zu einem Hörverlust führt. Intensive, anhaltende Muskelkontraktionen (Tetanie) können zu Frakturen der Wirbelsäule und der langen Röhrenknochen führen. Nach einem Stromunfall sollte deshalb die Wirbelsäule des Patienten immobilisiert werden. Bei Verdacht oder Hinweis auf Frakturen der langen Röhrenknochen sollten diese geschient werden. Auch intrakranielle Blutungen und Herzrhythmusstörungen können auftreten.

Verbrennungen durch Einwirkung von Lichtbögen entstehen infolge elektrischen Spannungsausgleichs durch die Luft, verbunden mit der Bildung von energiereichen Funken, Flammbögen oder Plasma.

8.5.2 Umlaufende (zirkuläre) Verbrennungen

Zirkuläre Verbrennungen am Körperstamm (Torso) oder an den Extremitäten können eine lebens- oder extremitätenbedrohende Situation darstellen. Sie sind imstande, wie ein Staubband einzuschnüren und den Blutfluss in die Extremität zu unterbrechen. Zirkuläre Verbrennungen am Thorax sind in der Lage, die Brustwand so weit zu komprimieren, dass der Patient nicht mehr atmen kann. Deshalb sollten alle zirkulären Verbrennungen als absolute Notfälle behandelt und sofort in ein Verbrennungszentrum transportiert werden.

8.5.3 Rauchgasinhalaion/Inhalationstrauma

Die führenden Todesursachen bei Bränden sind nicht die thermischen Verletzungen, sondern die Folgen von Rauchgasinhalaionen. Jeder Patient mit der Anamnese einer Rauchexposition in einem geschlossenen Raum muss als Risikopatient für eine

Rauchgasinhalaion angesehen werden. Jeder Patient mit Verbrennungen im Gesicht oder rufsigem Sputum ist ganz sicher ein Risikopatient. Fehlen diese Anzeichen, ist eine Rauchgasinhalaion jedoch nicht ausgeschlossen (► Kasten 8.6). An eine Rauchgasinhalaion zu denken, kann lebenswichtig sein, da sich die Symptome noch Tage nach dem Trauma entwickeln können.

Die drei Elemente einer Rauchgasinhalaion sind die thermische Verletzung (Inhalationstrauma), die Erstickung (Asphyxie) und die verspätete toxininduzierte Lungenschädigung (toxisches Lungenödem). Trockene Luft ist ein schlechter Wärmeleiter. Die Inhalation heißer trockener Luft führt selten zu thermischen Verletzungen unterhalb der Stimmbänder. Die große Oberfläche des Nasopharynx funktioniert als Wärmeaustauscher und kühl die inhalierte heiße Luft auf Körpertemperatur ab, bevor sie die Stimmbandebene erreicht. Wenn 300 °C heiße trockene Luft inhaliert wird, so weist sie auf Höhe der Trachea eine Temperatur von etwa 50 °C auf.¹¹ Die Stimmbänder dienen als weiterer Schutz, da sie reflexartig eine Adduktionsstellung einnehmen und so den Kehlkopf verschließen.¹² Anders verhält es sich bei der Inhalation von Dampf. Dampf hat eine 4.000-mal höhere Wärmebindungskapazität als trockene Luft und kann zu Verletzungen der unteren Atemwege bis zu den Bronchiolen führen.¹¹ Glücklicherweise sind Verletzungen mit Dampf selten.

8.6 Zeichen und Symptome eines Inhalationstraumas

- Verbrennungen, die sich der Patient in einem umschlossenen Raum zugezogen hat
- Verwirrtheit oder Agitiertheit
- Verbrennungen des Gesichtes und des Brustkorbs
- angesengte Augenbrauen oder Nasenhaare
- Ruß im Sputum
- Heiserkeit, Verlust der Stimme, Stridor

Erstickende Gase

Zwei Gase sind als Erstickungsgifte von Bedeutung: **Kohlenmonoxid** (CO) und **Zyanid** (CN, Blausäure). Beide Gase führen zu einer zellulären Hypoxie oder Asphyxie. Patienten haben nach der Inhalation von Rauch, der ein oder beide Gase enthält, trotz regelrechter Blutdruckwerte und normaler Pulsoxymetrie keinen adäquaten Sauerstofftransport ins Gewebe. Kohlenmonoxid bindet mit einer ca. 250-mal höheren Affinität an Hämoglobin als Sauerstoff. Die Symptome einer Kohlenmonoxidvergiftung sind abhängig von Dauer und Schweregrad der Intoxikation und den daraus resultierenden Serumkonzentrationen. Die Symptome können von Kopfschmerzen bis hin zum Koma reichen. Die typischerweise auftretende rosige (kirschrote) Gesichtsfarbe ist allerdings ein sehr spätes klinisches Zeichen und sollte daher nicht zur Diagnosestellung herangezogen werden.

Die Behandlung einer Kohlenmonoxidvergiftung besteht in der Entfernung der Noxe und der hochdosierten Gabe von Sauerstoff. Unter Raumluftinhalaion (21% Sauerstoff) eliminiert der Körper die Hälfte der CO-Menge innerhalb von 250 Minuten.¹³ Wenn der Patient 100-prozentigen Sauerstoff einatmet, verringert sich die Halbwertszeit des CO-Hämoglobin auf 40–60 Minuten.¹⁴

Zyanid (Blausäure) entsteht bei der Verbrennung von Kunststoffen oder Polyurethanen (Kunstharze). Es blockiert die Sauerstoff-Bindungsstelle in der Atmungskette der Körperzellen und verhindert so die Verwertung von Sauerstoff in der Zelle. Der Patient stirbt an einer „inneren Erstickung“, obwohl das Blut gut mit Sauerstoff gesättigt ist. Symptome einer Zyanidvergiftung sind Bewusstseinstrübung, Schwindel, Kopfschmerzen sowie Tachykardie oder Tachypnoe. Die Behandlung besteht neben der Gabe von 100 % Sauerstoff via Atemmaske in einem schnellen Transport in ein Notfallzentrum mit der Möglichkeit der Antidot-Therapie. In Europa wird 4-Dimethylaminophenol (4-DMAP) als Antidot bei Zyanidvergiftung eingesetzt. Dieses wandelt Fe(II) in Fe(III) um, was zu einer Methämoglobin-Bildung führt. Das Methämoglobin bindet die Zyanidionen. Gemessen am gesamten Hämoglobin genügt schon eine geringe Menge an Methämoglobin, um einen großen Teil des Zyanids zu binden. Anschließend wird eine 10-prozentige Natriumthiosulfat-Lösung verabreicht.

Toxisches Lungenödem

Thermische und asphyktische Komponenten eines Inhalationstraumas sind üblicherweise zum Zeitpunkt der Rettung bereits ersichtlich. Im Gegensatz dazu manifestieren sich toxininduzierte Lungenschäden erst nach Tagen. Die ersten Tage nach einer Rauchgasinhalation werden daher oft als „Honeymoon-Periode“ („Flitterwochen-Zeit“) bezeichnet. Während dieser Zeitspanne sind die Patienten stabil und zeigen keine oder nur geringe Lungenfunktionsstörungen. Der Schweregrad solcher Lungenverletzungen hängt weitgehend von zwei Faktoren ab: der Zusammensetzung des inhalierten Rauches und der Expositionsdauer.¹⁵

Vereinfacht ausgedrückt, ist Rauch das Produkt einer inkompletten Verbrennung, also chemischer Staub. Verbindungen wie Ammoniak, Chlorwasserstoff und Schwefeldioxid bilden ätzende Säuren und Laugen, wenn sie eingetaucht werden.¹⁸ Die Chemikalien im Rauch wirken auf die Zellen ein, die Trachea und Lungen auskleiden, und schädigen diese bis hin zur Zellnekrose.^{15–17}

Präklinisches Management

Eine regelmäßige Kontrolle der Atemwege ist notwendig. Veränderungen der Stimme des Patienten (z. B. Heiserkeit), Atemnotgeräusche (Stridor) sowie Schwierigkeiten mit Sekreten oder Speichel sind Zeichen einer drohenden Atemwegsverlegung.

Patienten mit einem Inhalationstrauma sollten auch ohne Oberflächenverbrennungen in ein Verbrennungszentrum transportiert werden. Verbrennungszentren betreuen eine wesentlich größere Zahl von Patienten mit Inhalationstraumata und haben daher eine größere Erfahrung in der Behandlung dieser Patienten sowie eine erweiterte technische Ausstattung zur maschinellen Beatmung.

8.5.4 Kindesmisshandlung

Ungefähr 20 % aller misshandelten Kinder weisen Verbrennungen oder Verbrühungen auf. Die meisten vorsätzlich verbrannten Kinder sind zwischen ein und drei Jahren alt.¹⁹

Die häufigste Form von thermischen Verletzungen bei Kindesmisshandlung entsteht durch gewaltsames Eintauchen in heißes Wasser. Oft findet dies als Strafe im Rahmen der „Reinlichkeitserziehung“ statt. Faktoren, die den Schweregrad einer solchen Verletzung beeinflussen, sind das Alter des Patienten, die Wassertemperatur und die Dauer der Exposition. Die Kinder erleiden tiefe zweit- oder drittgradige Verbrennungen an Händen oder Füßen, oft handschuh- oder strumpfförmig. Verdächtig sind vor allem symmetrische Verbrennungen ohne Spritzer (> Abb. 8.15 und > Abb. 8.16).²⁰ In Fällen von absichtlichem Verbrühen beugt das Kind vor Angst oder Schmerz seine Arme und Beine in einer schützenden Abwehrhaltung. Das resultierende Verbrennungsmuster zeigt Aussparungen in den Beugefalten der Kniekehlen, Ellenbeugen und Leisten. Scharfe Demarkationslinien zwischen verbrannter und gesunder Haut sind ein weiterer Hinweis auf Kindesmisshandlung; sie entstehen, wenn ein Kind in heißes Wasser getaucht wird (> Abb. 8.17).^{21,22}

Bei unabsichtlichen Verbrühungen weisen die Verletzungen unterschiedliche Verbrennungstiefen auf und sind unregelmäßig begrenzt. Von den größeren Arealen verbrühter Haut gehen häufig kleinere Verletzungen aus, was auf Spritzer hindeutet.²³

Kontaktverbrennungen

Kontaktverbrennungen – absichtlich oder versehentlich – sind bei Kindern die zweithäufigste Verbrennungsart. Jede Körperoberfläche weist ein gewisses Maß an Krümmung auf. Bei unabsichtlichen Verbrennungen sind die Wunden an den gekrümmten Stellen lokalisiert. Entweder wird der heiße Gegen-



Abb. 8.15 Strumpfförmige Verbrühung eines kindlichen Fußes, die einen Hinweis auf eine vorsätzliche Verletzung bei Kindesmisshandlung gibt



Abb. 8.16 Die geraden Linien des Verbrennungsmusters und die Abwesenheit von Spritzmarken legen den Verdacht einer Kindesmisshandlung nahe.

8

stand von der gekrümmten Oberfläche abgelenkt oder das Opfer zieht den Körperteil sofort zurück. Die resultierenden Wunden sind unregelmäßig begrenzt und weisen unterschiedliche Tiefen auf. Erfolgt eine Kontaktverbrennung absichtlich, wird das schädigende Hilfsmittel auf die Haut des Kindes gedrückt. In diesem Fall ist die Wunde scharf begrenzt und gleichmäßig tief.²²

Besteht der begründete Verdacht auf eine Kindesmisshandlung, muss dies dem aufnehmenden Klinikarzt unbedingt mitgeteilt werden. Gegebenenfalls ist außerdem das zuständige Jugendamt einzuschalten. Nur so kann eine fortgesetzte Kindesmisshandlung, oft mit schwerwiegenden Folgen und über mehrere Jahre, verhindert werden.

8.5.5 Verätzungen

Verätzungen sind häufig das Ergebnis einer länger andauernden Exposition mit dem auslösenden Agens (im Gegensatz zu thermischen Verletzungen, bei denen meist nur ein kurzer Kontakt besteht). Der Schweregrad einer Verätzung wird durch vier Faktoren beeinflusst: von den Eigenschaften der Chemika-



Abb. 8.17 Die Aussparung der Kniekehle und die scharfen Begrenzungslinien zwischen verbrannter und unverbrannter Haut zeigen, dass sich das Kind zum Zeitpunkt der Verletzung vermutlich in einer eng gebeugten Abwehrhaltung befand. Solche Haltungen legen den Verdacht nahe, dass es sich nicht um eine versehentliche Verbrühung handelt.

lie, von der Konzentration, von der Dauer der Exposition und vom Wirkungsmechanismus der Chemikalie.

Chemische Stoffe werden in Säuren und Basen sowie in organisch und anorganisch unterteilt. **Säuren** sind Chemikalien mit einem pH-Wert zwischen 7 (neutral) und 0 (stark sauer). **Basen** weisen einen pH-Wert zwischen 7 und 14 auf. Säuren schädigen das Gewebe durch eine **Koagulationsnekrose**. Dabei verwandelt sich das betroffene Gewebe in eine Barriere und verhindert dadurch das weitere Eindringen der Säure in die Tiefe. Im Gegenteil dazu zerstören alkalische Stoffe das Gewebe durch eine **Kolloquiationsnekrose**. Das Gewebe wird verflüssigt, wodurch die Chemikalie weiter in die Tiefe eindringen kann.

Behandlung

Oberste Priorität hat die Sicherheit des Personals am Einsatzort. Falls Unklarheiten über die Gefährlichkeit einer chemischen Substanz herrschen, fragen Sie Spezialisten, ob der Einsatzort sicher ist und ob gegebenenfalls zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig sind. Vermeiden Sie die Kontamination von Rettungsmaterial und Fahrzeugen. Versuchen Sie, die vorliegende Substanz so schnell wie möglich zu identifizieren.

Entfernen Sie die Kleidung des Patienten vollständig. Kleider könnten mit Flüssigkeiten oder Pulver kontaminiert sein. Ziehen Sie die Kleidung vorsichtig aus. Alle chemischen Partikel auf der Haut sollten abgewischt werden. Spülen Sie danach den Patienten mit großen Mengen Wasser ab. Durch das Waschen wird die chemische Substanz verdünnt. Die Menge der Spülösung sollte mehr als 1–2 l Wasser betragen, damit Sie die Chemikalien nicht nur auf dem Körper des Patienten verteilen. Dadurch können Sekundärschäden an unversehrten Hautstellen vermieden werden.^{24,25} Eine einfache Möglichkeit, das Abfließen der Spülösung zu gewährleisten, ist es, den Patienten auf

einem Rettungsbrett (Spineboard oder Schaufeltrage) oder einer Rettungsstrage zu fixieren, ein Ende anzuheben und unter das andere Ende einen Müllsack zu legen, um das kontaminierte Wasser aufzufangen.

Neutralisierende Substanzen sollten präklinisch vermieden werden. Häufig werden bei der Neutralisation große Mengen an Hitze durch eine exotherme Reaktion freigesetzt, wodurch thermische Verletzungen entstehen können. Die meisten im Handel erhältlichen Neutralisationslösungen sind nur zur Dekontamination von Gegenständen zugelassen, nicht aber von Menschen.

Gelangt eine alkalische Substanz in die Augen, ist auch bei nur geringer Exposition das Augenlicht massiv gefährdet. Die Augen sollten mit großen Mengen Flüssigkeit ausgespült werden. Hierzu wird der Kopf des Patienten zur Seite des verletzten Auges gerichtet, die Lider des betroffenen Auges werden mit zwei Fingern geöffnet und die Flüssigkeit wird aus ca. 10 cm Höhe in den inneren (medialen) Augenwinkel gegossen.

Kontakt mit speziellen Chemikalien

Zement ist ein alkalischer Stoff, der an den Kleidern des Patienten haften kann. Zement in Pulverform reagiert mit dem Hautschweiß, gibt Hitze ab und trocknet die Haut des Patienten extrem aus. Dadurch entstehen Stunden später thermische Verbrennungen.

Brennstoffe wie Benzin oder Kerosin können nach einer langen Expositionszeit Kontaktverbrennungen verursachen. Die organischen Stoffe zersetzen die Zellmembranen, was zu Hautnekrosen führt.²⁶ Eine lange Expositionszeit kann sogar zu einer systemischen Vergiftung führen. Die Dekontamination des Patienten erfolgt mit großen Mengen an Wasser.

Fluorwasserstoff ist eine gefährliche Säure, die im Haushalt, in der Industrie und beim Militär verwendet wird. Durch das Fluor-Ion können gefährliche Elektrolytveränderungen entstehen, vor allem bei Kalzium und Magnesium.²⁷ Unbehandelt werden die Gewebe verflüssigt und das Kalzium aus den Knochen freigesetzt. Die Behandlung besteht initial aus der Spülung mit Wasser, gefolgt von der Applikation von Kalzium-Glukonat-Gel in der Notfallaufnahme. Diese Patienten sollten sofort in eine Verbrennungsklinik transportiert werden.

Sulfur und **Senfgas** sind Komponenten, die zu den Blasenbildnern gezählt werden. Diese Substanzen wurden in chemischen Waffen verwendet. Bei Hautkontakt entstehen Verbrennungen und Blasen. Auch Augen und Lungen können betroffen sein. Nach einer Exposition klagen die Patienten über ein Brennen in den Augen und im Hals. Auf der Haut entstehen nach einigen Stunden Rötungen, gefolgt von Blasenbildung in den Achselhöhlen und im Leistenbereich. Nach einer intensiven Exposition entwickelt das Opfer tiefere Nekrosen und einen Atemstillstand.²⁸⁻³⁰ Praktisch besteht die Behandlung in erster Linie aus der Dekontamination.

Bei der Versorgung solcher Patienten müssen Sie sich durch das Tragen von geeigneten Handschuhen, Kleidern und Atemschutzgeräten schützen. Die Patienten müssen mit Wasser oder NaCl gespült werden. In den spezialisierten Notfallzentren werden weitergehende Maßnahmen getroffen.

Tränengas führt bei Kontakt schnell zu Irritationen von Haut, Lungen und Augen. Das Ausmaß der Verletzungen wird durch die Menge an appliziertem Tränengas bestimmt. Die Beschwerden dauern üblicherweise zwischen 30 und 60 Minuten an. Die Behandlung besteht aus dem Entfernen der Noxe, dem Ausziehen der kontaminierten Kleidung und dem Spülen von Augen und Haut.

Zusammenfassung

- Alle Verbrennungen sind ernste Verletzungen, unabhängig von ihrer Größe.
- Potenziell lebensbedrohliche Verbrennungen umfassen großflächige Verbrennungen, Verbrennungen durch elektrischen Strom und Verätzungen.
- Im Gegensatz zum mechanischen Trauma (z. B. stumpfe oder penetrierende Verletzungen) hat der Körper bei Verbrennungsverletzungen wenige bis überhaupt keine Kompressionsmechanismen, die sein Überleben sichern.
- Verbrennungen sind keine isolierten Verletzungen der Haut. Es handelt sich um eine systemische Verletzung von einzigartigem Ausmaß. Patienten mit schweren Verbrennungen erleiden häufig Störungen des Herz-Kreislauf-Systems, des Magen-Darm-Traktes, der Nieren und des Immunsystems.
- Im Gegensatz zu der Körperantwort nach stumpfem oder penetrierendem Trauma stellen bei Patienten mit schweren Verbrennungen durch das Auftreten eines hypovolämischen Schocks die meisten Organsysteme ihre Funktion ein. In dieser initialen Phase ist eine adäquate und aggressive Flüssigkeitstherapie erforderlich.
- Dramatische Verbrennungswunden lenken nicht selten die Aufmerksamkeit des First Responders von anderen, potenziell lebensbedrohlichen Verletzungen ab. Die schrittweise Durchführung einer standardisierten Erstuntersuchung (Primary Survey) und einer eingehenden körperlichen Untersuchung (Secondary Survey) soll helfen, die Wahrscheinlichkeit übersehener Verletzungen (z. B. Pneumothorax, Perikardtamponade, Milzruptur) zu reduzieren.
- Bei der Versorgung von Verbrennungspatienten ist eine ständige Wachsamkeit angezeigt, um nicht selbst ein Opfer zu werden. Bei der präklinischen Behandlung von Brandverletzten (wie auch bei Verletzungen durch chemische Stoffe, Rauch, Elektrizität oder Strahlung) sind häufig Gefahrenquellen vorhanden, die für den Helfer ein Verletzungsrisiko bergen.

- Auch Verbrennungen kleiner Flächen können in Körperregionen mit hoher Funktionalität (z. B. Hände, Gesicht, Gelenke, Perineum) durch Narbenbildung zu lang andauern den Beeinträchtigungen führen. Dies ist bei der Behandlung solcher Verbrennungen zu berücksichtigen, um für den Patienten ein optimales Ergebnis zu erzielen.
- Die häufigsten Todesursachen bei Verbrennungsofern sind Komplikationen eines Inhalationstraumas: Erstickung,

Rauchgasvergiftung, thermische Schädigung der Atemwege und ein zeitlich verzögertes toxisches Lungenödem. Häufig entwickeln die Patienten keine Symptome einer Ateminsuffizienz in den ersten 48 Stunden oder länger. Ein Inhalationstrauma ist daher auch ohne äußerlich sichtbare Verbrennungen der Haut eine Indikation für den Transport in ein Verbrennungszentrum.

Lösung Fallbeispiel

Patient 1

Der Patient hat sich kritische Verletzungen zugezogen. Aufgrund der Tatsache, dass er regungslos in einem brennenden Gebäude aufgefunden wurde, mit Verbrennungen des Gesichtes und angestrengter Atmung, muss davon ausgegangen werden, dass er große Mengen Rauch inhaliert hat.

Schauen Sie also immer wieder nach einer ödematischen Schwellung der oberen Atemwege und nach Anzeichen eines Inhalationstraumas. Der Sicherung der Atemwege gilt ein besonderes Augenmerk; trotzdem ist der Patient im Moment in der Lage, seine Atemwege selbst offenzuhalten. Bedenkt man, dass der Patient seinen Atemweg häufig am besten selbst freihalten kann, muss die voraussichtliche Transportzeit gegen die Schwierigkeiten einer invasiven Atemwegssi-

cherung bei einem Patienten mit möglicherweise ödematischer Schwellung der oberen Atemwege abgewogen werden. Aufgrund der Rauchgasexposition und einer fraglichen Asphyxie benötigt der Patient auf jeden Fall 100 % Sauerstoff.

Patient 2

Basierend auf den anamnestischen Angaben, hat auch dieser Patient das Risiko eines Inhalationstraumas. Er hat schwere Verbrennungen seines rechten Armes einschließlich der Hand. Der Patient hat einen intakten Atemweg und atmet spontan. Die Verbrennung des gesamten Arms und der Hand macht zusammen etwa 9 % der Körperoberfläche aus. Sie kühlen die Wunde mit Leitungswasser und bedecken sie mit sterilen Verbandtüchern.

QUELLENVERZEICHNIS

- Tredget EE, Shankowsky HA, Taerum TV, et al.: The role of inhalation injury in burn trauma: a Canadian experience, Ann Surg 212:720, 1990.
- Herndon D, Rutan R, Rutan T: Management of the pediatric patient with burns, J Burn Care Rehabil 14(1):3, 1993.
- Rossignol A, Locke J, Burke J: Pediatric burn injuries in New England, USA, Burns 16(1):41, 1990.
- Mortiz AR, Henrique FC, Jr: Studies of thermal injury: the relative importance of time and surface temperature in the causation of cutaneous burn injury, Am J Pathol 23:695, 1947.
- Robinson MC, Del Becarro EJ: Increasing dermal perfusion after burning by decreasing thromboxane production, J Trauma 20:722, 1980.
- Heggers JP, Ko F, Robson MC, et al.: Evaluation of burn blister fluid, Plast Reconstr Surg 65:798, 1980.
- Dunn K, Edwards-Jones VT: The role of Acticoat with nanocrystalline silver in the management of burns, Burns 30 (suppl):S1, 2004.
- Wright JB, Lam K, Burrell RE: Wound management in an era of increasing bacterial antibiotic resistance: a role for topical silver treatments, Am J Infect Control 26:572, 1998.
- Yin HQ, Langford R, Burrell RE: Comparative evaluation of the antimicrobial activity of Acticoat antimicrobial dressing, J Burn Care Rehabil 20:195, 1999.
- Layout TR, McMurry JM, McClain EJ, et al.: Multiple spine fractures from electrical injuries, J Burn Care Rehabil 5:373–375, 1984.
- Moritz AR, Henriques FC, McClean R: The effects of inhaled heat on the air passages and lungs, Am J Pathol 21:311, 1945.
- Peters WJ: Inhalation injury caused by the products of combustion, Can Med Assoc J 125:249, 1981.
- Forbes WH, Sargent F, Roughton FJW: The rate of carbon monoxide uptake by normal men, Am J Physiol 143:594, 1945.
- Mellins RB, Park S: Respiratory complications of smoke inhalation in victims of fires, J Pediatr 87:1, 1975.
- Crapo R: Smoke inhalation injuries, JAMA 246:1694, 1981.
- Herndon DN, Traber DL, Niehaus GD, et al.: The pathophysiology of smoke inhalation in a sheep model, J Trauma 24:1044, 1984.
- Till GO, Johnson KJ, Kunkel R, et al.: Intravascular activation of complement and acute lung injury, J Clin Invest 69:1126, 1982.
- Thommasen HV, Martin BA, Wiggs BR, et al.: Effect of pulmonary blood flow on leukocyte uptake and release by dog lung, J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol 56:966, 1984.
- Hight DW, Bakalar HR, Lloyd JR: Inflicted burns in children: recognition and treatment, JAMA 242:517, 1979.
- Chadwick DL: The diagnosis of inflicted injury in infants and young children, Pediatr Ann 21:477, 1992.
- Adronicus M, Oates RK, Peat J, et al.: Non-accidental burns in children, Burns 24:552, 1998.
- Purdue GF, Hunt JL, Prescott PR: Child abuse by burning: an index of suspicion, J Trauma 28:221, 1988.
- Lenoski EF, Hunter KA: Specific patterns of inflicted burn injuries, J Trauma 17:842, 1977.
- Bromberg BF, Song IC, Walden RH: Hydrotherapy of chemical burns, Plast Reconstr Surg 35:85, 1965.
- Leonard LG, Scheulen JJ, Munster AM: Chemical burns: effect of prompt first aid, J Trauma 22:420, 1982.
- Mozingo DW, Smith AD, McManus WF, et al.: Chemical burns, J Trauma 28:642, 1998.
- Mistry D, Wainwright D: Hydrofluoric acid burns, Am Fam Physician 45:1748, 1992.
- Willems JL: Clinical management of mustard gas casualties, Ann Med Milit Belg 35:1, 1989.
- Papirmeister B, Feister AJ, Robinson SI, et al.: The sulfur mustard injury: description of lesions and resulting incapacitation. In Medical defense against mustard gas, Boca Raton, Fla, 1990, CRC Press, p. 13.
- Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR: Medical aspects of chemical and biological warfare, Washington, DC, 1997, Office of the Surgeon General.

KAPITEL

9

Trauma durch Umwelteinflüsse und Notfallmedizin in der Wildnis

| | | | | | |
|------------|---|-----|------------|---|-----|
| 9.1 | Trauma durch Hitze und Kälte | 226 | 9.3 | Blitzschlag | 244 |
| 9.1.1 | Epidemiologie | 226 | 9.3.1 | Epidemiologie | 245 |
| 9.1.2 | Anatomie | 226 | 9.3.2 | Verletzungsmechanismen | 245 |
| 9.1.3 | Physiologie | 227 | 9.3.3 | Verletzungen durch Blitzschlag | 246 |
| 9.1.4 | Verletzungen durch Hitze | 228 | 9.3.4 | Beurteilung | 247 |
| 9.1.5 | Verletzungen durch Kälte | 232 | 9.3.5 | Management | 247 |
| 9.1.6 | Lange Transportwege | 237 | 9.3.6 | Längerer Transport | 248 |
| 9.1.7 | Schutz während der Arbeit | 238 | | | |
| 9.2 | Ertrinken oder Beinahe-Ertrinken | 241 | 9.4 | Notfallmedizin in der Wildnis | 248 |
| 9.2.1 | Epidemiologie | 241 | 9.4.1 | Richtige Patientenversorgung ist kontextabhängig | 249 |
| 9.2.2 | Unfallmechanismen | 241 | 9.4.2 | Was ist Wildnis-(Notfall-)Medizin? | 250 |
| 9.2.3 | Beurteilung | 242 | 9.4.3 | Entscheidungsfindung: Abwägen von Risiko und Nutzen | 251 |
| 9.2.4 | Management | 242 | 9.4.4 | Patientenversorgung in der Wildnis | 253 |
| 9.2.5 | Wasserrettung | 243 | 9.4.5 | Spezielle Notfallmedizin in der Wildnis | 256 |
| 9.2.6 | Längerer Transport nach Beinahe-Ertrinken | 243 | 9.4.6 | Rahmenlage der Wildnis-Medizin | 262 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- zu erklären, wann ein Hitzschlag lebensbedrohlich ist,
- zwischen einem Hitzschlag und einer Hyponatriämie zu differenzieren,
- zwei effektive Kühlungsmethoden bei Hitzschlag und -erschöpfung zu kennen,
- die aktuellen Richtlinien zur Flüssigkeitstherapie bei Dehydrierung in kalter und warmer Umgebung zu nennen,
- zwischen einer milden und einer schweren Hypothermie zu unterscheiden,
- die Zeichen einer leichten Erfrierung zu nennen und deren Fortschreiten zu verhindern,
- die folgende Aussage zu erklären: „Niemand ist tot, bevor er nicht warm und tot ist.“
- fünf Risikofaktoren für Beinahe-Ertrinken zu nennen,
- drei typische Symptome für Patienten nach einem Beinahe-Ertrinken zu nennen,
- fünf Methoden zur Verhinderung des Ertrinkens zu nennen,
- die 30–30-Regel zur Prävention von Blitzschlagverletzungen zu erklären,
- den Gebrauch der reversen Triage bei blitzschlagbedingten Vielfachnotfällen von dem bei anders ausgelösten Vielfachnotfällen zu unterscheiden,

- vier Faktoren zu nennen, welche die Versorgung unter den Rahmenbedingungen der „Wildnis“ von der Situation des normalen Einsatzgeschehens unterscheiden,
- abhängig von einem konkreten Fallbeispiel vier Faktoren zu nennen, welche die Entscheidung ermöglichen, ob die Anwendung der Vorgehensweisen der „Wildnis-Medizin“ oder des regulären Einsatzdienstes angemessener sind,
- Methoden einer improvisierten Rettung aus unwegsamem Gelände zu beschreiben,
- Methoden im Umgang mit den Ausscheidungsbedürfnissen des Patienten während der Evakuierung darzustellen und die möglichen Konsequenzen kennen, die eintreten, wenn man sie nicht beachtet,
- den Merksatz zu erläutern, dass jeder Patient in diesem Umfeld so lange als unterkühlt, unterzuckert und hypovoläisch zu betrachten ist, bis das Gegenteil feststeht,
- den Begriff „Sonnenschutzfaktor“ zu erklären,
- die Standardverfahren zur Blutstillung in abgelegenen Gebieten zu beschreiben,
- die Gründe, spezifischen Indikationen und Verfahren der Wundspülung aufzuzählen,
- zu erklären, wann im Rahmen der Notfallmedizin in der Wildnis Maßnahmen zur Herz-Lungen-Wiederbelebung angebracht sind und wann nicht.

Fallbeispiel 1

Sie werden an einem kalten und windigen Morgen (-2°C , Wind aus Nordost mit einer Geschwindigkeit von 40 km/h) um 2 Uhr zu einer 76-jährigen Patientin gerufen, die in einem Wohnheim für betreutes Wohnen lebt. Sie wurde seit dem vergangenen Abend um 18 Uhr vermisst und jetzt nach 8-stündiger Suche gefunden. Sie ist vor Kurzem in die neue Anlage eingezogen, um näher bei ihrer Tochter zu leben. Ein ehrenamtlicher Mitarbeiter des Rettungsdienstes fand die Dame ca. 350 Meter von der Einrichtung entfernt auf. Sie ist desorientiert und leicht mit einer Windjacke und einer Hose bekleidet. Sie lag in einem Dornengebüsch nahe eines gefrorenen Baches auf dem kalten und nassen Boden. Die Erstbeurteilung ergibt, dass die Patientin keine Reaktion auf An-

sprache zeigt, eine flache Atmung, einen schwach tastbaren Puls und kalte Haut hat.

Was sind die möglichen Gründe für den nächtlichen Ausflug und die medizinische Verfassung dieser Patientin? Wie sollten solche Patienten hinsichtlich kälteinduzierter Schäden und anderer potenzieller medizinischer Leiden am besten beurteilt werden? Befindet sich die Patientin in einer lebensbedrohlichen Situation? Wie würden Sie diese Patientin behandeln? Würden Sie versuchen, diese Patientin wieder zu erwärmen? Wenn Sie diese Patienten unverzüglich transportieren würden, wie sähe Ihre Behandlung während des Transportes bis zur nächsten Klinik aus? Wie schützen Sie die Patientin am besten vor weiterer Unterkühlung?

9.1 Trauma durch Hitze und Kälte

Temperaturextreme im Sommer und Winter können Menschen verletzen oder sogar töten. Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit gegenüber hohen und tiefen Temperaturen sind sehr junge Menschen, die ältere Population, Obdachlose, Personen mit spezifischer Vormedikation, chronisch Kranke und Alkoholiker.³⁻⁷ Meistens werden Sie in städtischen Gebieten zu Patienten mit einer **Hypothermie** oder **Hyperthermie** gerufen. Mehr und mehr Menschen begeben sich aber mit steigendem Interesse bei extremen Umweltbedingungen in die Wildnis und werden dabei Opfer extremer Temperaturen.⁸⁻¹¹

9.1.1 Epidemiologie

Verletzung durch Hitze

Zwischen 1979 und 1999 wurden in den USA 8.015 Todesfälle gezählt, die im Zusammenhang mit der Wirkung von Hitze standen.² Es starben mehr Menschen durch Hitze als durch Hurrikane, Blitzschlag, Tornados, Flutkatastrophen und Erdbeben zusammen. 48 % davon standen im Zusammenhang mit hohen Außentemperaturen. Das sind durchschnittlich 182 hitzbedingte Todesfälle in den vier wärmsten Monaten des Jahres. Die größte Altersgruppe der Toten waren die über 65-Jährigen.³ Morbidität und Mortalität können noch viel höher sein, wenn saisonale Hitzeperioden auftreten ($\geq 32^{\circ}\text{C}$ an mehr als drei aufeinanderfolgenden Tagen).

Verletzung durch Kälte

Milde oder schwere Kälte war zwischen 1978 und 1998 in den USA für 13.970 Todesfälle verantwortlich; das entspricht 699 Fällen pro Jahr. 6.857 Tote waren über 65 Jahre alt.⁴ Männer sterben etwa 2,5-mal häufiger an Kälte als Frauen. Die Armut in den Städten, sozioökonomische Faktoren, Alkoholabusus, schlechte Ernährung und das Alter tragen wesentlich dazu bei.^{4,7}

9.1.2 Anatomie

Die Haut, das größte Organ unseres Körpers, dient als Schnittstelle zur externen Umgebung und als Schutzschicht. Sie schützt vor Invasion durch Mikroorganismen, hält das Flüssigkeitsgleichgewicht aufrecht und reguliert die Temperatur. Die Haut besteht aus drei Schichten: Epidermis, Dermis und Subkutis (► Abb. 9.1):

- Die äußerste Schicht, die **Epidermis**, besteht hauptsächlich aus Epithelzellen und enthält keine Gefäße.
- Darunter folgt die dickere **Dermis** (oder Lederhaut). Sie ist 20- bis 30-mal dicker als die Epidermis und bildet ein Gerüst aus Bindegewebe, das Blutgefäße, Blutprodukte, Nerven, Talgdrüsen und Schweißdrüsen enthält.
- Die innere Schicht, die **Subkutis**, besteht aus elastischem und fibrösem Gewebe und Fettzellen. Darunter liegt die Muskulatur. Haut, Nerven, Blutgefäße und andere anatomische Strukturen spielen eine große Rolle bei der Regulation der Hauttemperatur.

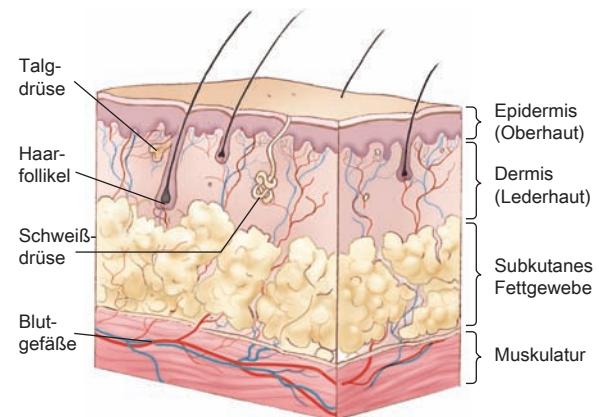


Abb. 9.1 Die menschliche Haut besteht aus drei Schichten: Epidermis, Dermis und subkutanes Fettgewebe sowie dazugehörenden Muskelschichten. Die oberen Schichten enthalten Schweißdrüsen, Haarfollikel, Blutgefäße und Nerven. All diese Strukturen sind gemeinsam verantwortlich für die Wärmeregulierung.

9.1.3 Physiologie

Thermoregulation

Menschen sind **Warmblüter** mit der Fähigkeit, ihre Temperatur unabhängig von unterschiedlichen Umgebungstemperaturen zu regulieren. Der Körper ist unterteilt in eine warme **Kernzone** (mit dem Gehirn und den Organen von Thorax und Abdomen) und einer **Außenhülle** mit der Haut und dem subkutanen Fettgewebe. Die **Kerntemperatur** wird durch ein Gleichgewicht von Wärmeproduktion und -abgabe reguliert. Die Temperatur der Haut und die Dicke der äußeren Hautschichten sind abhängig von der **Umgebungstemperatur**, das heißt, dass die Haut bei kälteren Temperaturen dicker und bei wärmeren Temperaturen dünner wird. Dies ist abhängig davon, ob der Haut Blut zugeführt oder entzogen wird. Diese Gewebeisolierung, induziert durch Vasokonstriktion, hat etwa die gleiche Schutzwirkung wie das Tragen eines leichten Anzugs. Gute Winterkleider erzeugen eine 6- bis 8-fach bessere Isolation.

Unabhängig von den Außentemperaturen funktioniert der Körper nur in einem engen Kerntemperaturbereich normal, bei $37,0 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Die normale Körpertemperatur wird durch einen homöostatischen Mechanismus in engen Grenzen gehalten, der über den **Hypothalamus** reguliert wird. Das **Thermo regulationszentrum** funktioniert als Thermostat des Körpers und steuert die neurologischen und endokrinen Regulationsmechanismen. Wie bereits beschrieben, kann diese Hirnregion durch ein Trauma verletzt werden, was zu einem Temperaturungleichgewicht führt.

Der Mensch verfügt über zwei Systeme, welche die Körpertemperatur regulieren: verhaltengesteuerte und **physiologische Thermoregulation**. Die **verhaltengesteuerte Regulation** basiert auf dem individuellen Temperaturempfinden, indem man durch eine bewusste Handlung das thermische Unbehagen korrigiert, z. B. durch Anziehen einer Jacke bei kalten Temperaturen. Die Prozesse dieses sensorischen Feedbacks thermischer Informationen an das Gehirn sind nicht vollkommen erforscht, aber das Feedback-System reagiert schneller auf Temperaturänderungen als die physiologischen Regulationsmechanismen.¹²

Wärmeproduktion und -abgabe

Die **metabolische Wärmeproduktion** ist ein Nebenprodukt des Stoffwechsels, das vor allem durch die großen Organe im Inneren und die Muskelkontraktionen entsteht. Die produzierte Wärme wird durch das zirkulierende Blut im ganzen Körper verteilt. Wärmeproduktion und -fortleitung durch das kardiovaskuläre System sind wichtig im Rahmen der Patientenbeurteilung und des Managements bei Hitzekrankheiten, die noch näher besprochen werden.

Maximales Zittern erhöht die metabolische Rate – maximal um das 5- bis 6-Fache^{13,14} – durch Steigerung der Muskelspannung, was zu einer wiederholten Abfolge von Kontraktion und Entspannung führt. Die individuellen Unterschiede, wann man zu zittern beginnt und wieder damit aufhört, sind sehr groß. Typischerweise beginnt das Zittern bei einer Kerntemperatur zwi-

schen $34,4$ und $36,0^{\circ}\text{C}$ und hält bis zu einer Kerntemperatur von 31°C an.¹³ Durch das Zittern wird auch der Blutfluss in den Muskeln gesteigert, wodurch der isolierende Effekt der Außenschale im Rahmen der Vasokonstriktion verloren geht. Dadurch verliert der Körper die Wärme durch zunehmende Konvektion, Wärmeleitung, -strahlung und Verdunstung. Maximales Zittern kann zudem mit den koordinierten Muskelaktivitäten interagieren.

Wärmegleichgewicht

Die physiologischen Systeme zur Thermoregulation sind gut erforscht. Zwei Prinzipien sind zum Verständnis der Temperaturregulation wichtig: thermischer Gradient und thermischer Ausgleich. Der **thermische Gradient** ist der Temperaturunterschied zwischen zwei Gegenständen, der **thermische Ausgleich** der Wärmetransfer von einem wärmeren zu einem kälteren Objekt, bis es zu einem Temperaturausgleich zwischen den beiden kommt.

Wenn die Temperatur steigt, beginnt der Körper zu schwitzen, und die Haut wird vermehrt durchblutet. Der größte Teil der Körperwärme wird an der Oberfläche durch Wärmeleitung, -strahlung, Konvektion und Verdunstung abgegeben. Sie müssen diese Mechanismen der Wärmeübertragung verstehen, um eine Hypo- oder Hyperthermie adäquat behandeln zu können (> Abb. 9.2):

- **Wärmestrahlung** ist elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich des Spektrums. Der Energietransfer erfolgt stets vom wärmeren zum kälteren Objekt. Abstrahlung von Wärme braucht kein Medium wie Luft oder Wasser. Durch Wärmestrahlung wärmt die Sonne die Erde auf.
- **Wärmeleitung** (Konduktion) ist der direkte Transfer von kinetischer Energie (ohne Materialtransfer) zwischen zwei Objekten, die sich dazu berühren müssen, z. B. wenn ein Patient auf dem kalten Boden liegt. Patienten verlieren die Wärme schneller, wenn sie auf kaltem Boden liegen, als in kalter Luft.
- **Konvektion** oder **Wärmeströmung** ist der Energietransfer zwischen einem festen Objekt und einem Medium, das den festen Gegenstand umströmt. Ein warmer Körper in kaltem Wasser oder kalter Luft verliert Energie durch Konvektion. In kaltem Wasser verliert ein Mensch 25-mal schneller seine Wärme als in kalter Luft. Achten Sie deshalb darauf, die Patienten präklinisch möglichst trocken zu halten.
- **Verdunstung** (Evaporation) über den Schweiß und die Atmung ist eine sehr effektive Methode, Wärme abzugeben. Sie ist stark abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit. Grundsätzlich verliert der Körper Wasser und Wärme durch die ausgeatmete Luft, über die Haut und die Schleimhäute (Perspiratio insensibilis). Normalerweise werden ca. 10 % der Körperwärme über Verdunstung an die Umgebung abgegeben. Diese Menge kann sich in kalter, trockener und windiger Umgebung drastisch erhöhen.

Konvektion und Verdunstung sind die wichtigeren Formen des Wärmetransfers, da sie durch den Körper reguliert werden, um die Kerntemperatur des Körpers zu kontrollieren.

Eine **Hyperthermie** entsteht hauptsächlich durch eine der folgenden drei Ursachen:

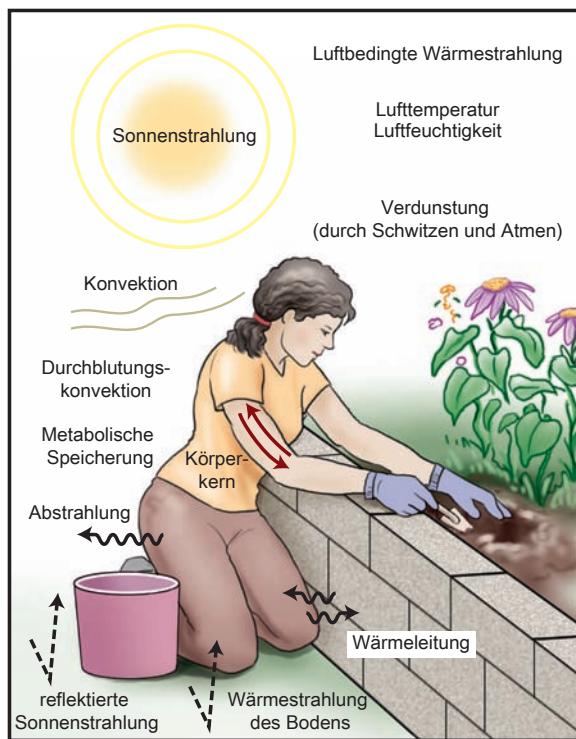


Abb. 9.2 Wärmeaustausch des Körpers mit der Umgebung

- als normale Antwort auf eine körperliche Anstrengung, wobei die produzierte Wärme die Kerntemperatur erhöht und dadurch die Wärmeabgabe etwa durch Schwitzen und verstärkte Hautdurchblutung auslöst,
- wenn die Summe aus körperlicher Wärmeproduktion und externer Wärmeaufnahme größer ist als die Menge der abgegebenen Wärme,
- durch Fieber.

Anders als bei den ersten beiden Varianten entsteht Fieber im Rahmen einer Entzündung aufgrund einer Änderung des Soll-Wertes der Thermoregulation in Höhe von 38–41 °C. Die Wärmeproduktion wird nur temporär bis zur Erreichung des neuen Sollwerts erhöht, um infektiösen Keimen eine möglichst unwirtliche Umgebung zu bieten.¹⁵

9.1.4 Verletzungen durch Hitze

Risikofaktoren

Individuen tolerieren Hitze ganz unterschiedlich.¹⁶ Diese Unterschiede können einerseits durch körperliche, andererseits durch medizinische Faktoren erklärt werden (> Kasten 9.1). Vorübergehende Umstände können die Flugreise von einem kälteren Gebiet in ein wärmeres sein. Jetlag, Alkoholkonsum, Dehydrierung, unangemessene Ernährung und wenig Schlaf während der Reise können insbesondere in den ersten Tagen nach der Reise dazu beitragen. Andere begleitende Faktoren können ge-

wöhnliche Krankheiten sein wie eine fiebrige Erkältung oder Diarröh mit ungenügender Flüssigkeitsaufnahme.^{19,20}

Chronische Faktoren, die im Zusammenhang mit einem höheren Risiko für eine hitzebedingte Krankheit stehen, sind körperliche Fitness, Körpergröße, Alter, medizinische Gegebenheiten und Medikamente.^{17,18}

9.1 Risikofaktoren einer Hitzeerkrankung

Erkrankungsfördernde Umstände

- kardiovaskuläre Erkrankungen
- Dehydrerung
- autonome Neuropathien
- Parkinson-Krankheit
- Dystonie
- Hautveränderungen: Schuppenflechte, Sonnenbrand, Verbrennungen
- endokrine Funktionsstörungen
- Fieber
- Delirium tremens
- Psychosen
- Neugeborene und ältere Personen
- Vorgesichte eines Hitzschlags
- Fettsucht
- geringe Fitness

Toxine/Drogen

Hitzetreibende Substanzen

- Schilddrüsenhormone
- zyklische Antidepressiva
- Halluzinogene wie LSD
- Kokain
- Amphetamine

Durstmindernde Substanzen

- Haloperidol
- ACE-Hemmer

Die Schweißproduktion vermindern Substanzen

- Antihistamika
- Anticholinergika
- Phenothiazine
- Glutethimid
- Betablocker

Den Wasserverlust steigernde Substanzen

- Diuretika
- Ethanol
- Nikotin

Erkrankungsförderndes Verhalten

- unangemessene Anstrengungen
- unangepasste Kleidung
- schlechte Akklimatisierung
- zu geringe Flüssigkeitsaufnahme
- zu wenig Überwachung
- hohe Motivation
- Athlet
- Militärangehörige

(Modifiziert nach: Tek D, Olshaker JS: Heat illness, *Emerg Med Clin North Am* 10(2):299, 1992)

Fitness und Body-Mass-Index

Schlechte körperliche Fitness durch genetische Faktoren oder falschen Lebenswandel mit nur geringer täglicher körperlicher Aktivität reduzieren die Toleranz gegenüber Hitze. Wer körper-

Tab. 9.1 Hitzebedingte körperliche Störungen

| | Grund | Symptome | Behandlung |
|-------------------------|---|---|--|
| Muskelkrämpfe | NaCl, das durch Schwitzen ausgeschieden wurde, kann nicht mehr ersetzt werden, und es kommt zu Problemen mit den Elektrolyten und den Muskeln | schmerzhafte Muskelkrämpfe in Beinen oder Abdomen | kühlen Platz suchen, Massage der Muskeln, isotonische Getränke; bei weiteren Symptomen aus dieser Liste Transport in eine Klinik |
| Dehydrierung | Durch Schwitzen verursachter Wasserverlust kann nicht ausgeglichen werden | Durst, Übelkeit, Ermüdung, Hypovolämie, veränderte Thermoregulation, reduzierter physischer und mentaler Status | Ruhe an kühlem Platz, verlorene Flüssigkeit mit isotonischen Lösungen ausgleichen |
| Hitzeerschöpfung | exzessive Hitzeanstrengung mit inadäquater Wasserzufuhr Probleme mit venösem Pooling, reduzierte Herzfüllzeit, reduzierter kardialer Auswurf | geringe Urinproduktion, Tachykardie, Schwäche, unsicherer Gang, extreme Übelkeit, feuchte Haut, Kopfschmerzen, Erschöpfung, Kollaps, führt unbehandelt zum Hitzschlag | Patienten an kühlen Ort bringen, kühlen und isotonische Getränke geben, ggf. 0,9% NaCl-Lösung oder Ringer-Laktat i. v. infundieren |
| Hitzschlag | Körperkerntemperatur > 40,6 °C, Zellzerstörung und Multiorganversagen, neurologische Fehlfunktionen inklusive Verlust der zentralen Temperaturregulation | mentale Veränderungen, irrationales Verhalten oder Delir, Zittern, initiale Tachykardie, im weiteren Verlauf Bradykardie, Hypotension, schnelle, flache Atmung, trockene oder feuchte heiße Haut, Bewusstlosigkeit, Krämpfe, Koma | Im Notfall: Schnelles Kühnen des Patienten, bis Körpertemperatur < 39 °C, ggf. Schockbehandlung und schneller Transport in die Notaufnahme |
| Hyponatriämie | geringe Na ⁺ -Plasmakonzentration, typisch bei Personen mit anhaltender Aktivität in heißer Umgebung, durch vermehrte Flüssigkeitszufuhr (> 1 l/h) Ausgleich des Wasserverlusts durch Schwitzen, nicht aber Ersatz von Na ⁺ | Übelkeit, Erbrechen, Missstimmung, Verwirrtheit, Ataxie, Kopfschmerzen, wechselnde Bewusstseinszustände, Polyurie, Zeichen von Hirndruck, Krämpfe, Koma, Kerntemperatur < 39 °C, täuscht Zeichen einer Hitzeerkrankung vor | Wasserzufuhr einschränken, salziges Essen, Bewusstlose nach ABC-Schema versorgen, 15 l/min O ₂ über Maske, i. v. Zugang, langsam 0,9% NaCl infundieren und umgehend Transport in Klinik |

lich fit ist, hat eine kardiovaskuläre Reserve, um das Herzschlagvolumen im Rahmen der Thermoregulation aufrechtzuerhalten.

Übergewichtige reagieren auf Hitze mit einer Vasodilatation der Hautgefäße und vermehrtem Schwitzen. Durch die Kombination von geringer Fitness, Mangel an Hitzeakklimatisierung und hohem Body-Mass-Index brauchen sie mehr Energie für Bewegungen, wodurch sie einem größeren Risiko für die Hitzeerkrankheit ausgesetzt sind.

Alter

Thermoregulationsfähigkeit und Hitzetoleranz nehmen mit zunehmendem Alter ab. Dies kann durch gute Fitness und einen normalen Body-Mass-Index verbessert werden.

Geschlecht

Wie neuere Studien zeigen, sind Frauen ebenso hitzelolerant wie Männer. Entscheidend ist also nicht das Geschlecht, sondern körperliche Fitness und **Hitzeakklimatisierung**.

Vorerkrankungen

Eine milde Form von Hitzeerkrankheit bei Menschen ist der Hitzeausschlag, der zu einer verminderten Hitzetoleranz führt. Weitere medizinische Zustände können die Hitzeverträglichkeit verschlechtern: Diabetes mellitus, Schilddrüsenerkrankungen und Nierenkrankheiten. Herz-Kreislauf-Krankheiten werden durch Hitzeexposition verschlimmert.

Medikamente

Gewisse rezeptfreie und rezeptpflichtige Medikamente können das Risiko für eine Hitzeerkrankheit erhöhen (➤ Kasten 9.1).

Bestimmte Medikamente erhöhen die metabolische Hitzeproduktion, unterdrücken kühlende Mechanismen, reduzieren die kardiale Reserve und verändern über die Niere den Elektrolyt- und Wasserhaushalt.

Dehydratation

Der menschliche Körper besteht zu 45–70 % aus Wasser. Ein 70 kg schwerer Mann beispielsweise besteht aus 45 l Wasser (60%). Exzessive Veränderungen der normalen Wasserbalance des Körpers (**Euhydratation**), durch eine übermäßige Einnahme von Wasser (**Hyperhydratation**) oder durch einen Flüssigkeitsverlust (**Hypohydratation**), können diese Homöostase verändern und dementsprechende Zeichen und Symptome auslösen. Akute Dehydratation (**Hypohydratation**) ist eine chronische Form der Dehydratierung) kann eine schwerwiegende Folge von Hitze- oder Kälteeinwirkung sein oder eine gefährliche Nebenwirkung von Diarröh, Erbrechen und Fieber.

Krankheiten durch Hitze

Beachten Sie, dass Sie präklinisch oft keine Progression von Symptomen, sondern nur ein Stadium einer hitzebedingten Krankheit erleben. Krankheiten durch Hitze beginnen mit milden Symptomen wie einem Hitzekrampf und reichen bis zu schwereren Symptomen wie einem Hitzschlag.^{9,18,21} In den meisten Fällen kann der Körper die Körperwärme abgeben und die Kerntemperatur im normalen Bereich halten (➤ Tab. 9.1).

Geringgradige Funktionsstörungen

Hitzeausschlag

Der Hitzeausschlag ist ein roter, juckender, papulöser Ausschlag der Haut, normalerweise im Bereich eng sitzender Kleidung und bei starkem Schwitzen. Verursacht wird dies durch eine Entzündung der Schweißdrüsen, die den Drüsengang blockiert. Die betroffenen Areale können nicht mehr richtig schwitzen.

Management Die Behandlung besteht aus Kühlen und Trocknen der betroffenen Hautstellen und Vermeidung von weiterem Schwitzen.

Hitzeödem

Das Hitzeödem ist ein mildes Ödem an den Extremitäten wie Händen, Füßen und Knöcheln, das häufig im Rahmen der frühen Akklimatisierung auftritt. Es entsteht durch eine Ausdehnung des Plasmavolumens im Rahmen der vermehrten Zirkulation bei der Thermoregulation. Das Hitzeödem hat keine klinische Bedeutung und ist selbstlimitierend. Es wird häufiger bei Frauen beobachtet.

Management Behandelt wird das Hitzeödem durch Lockern der Kleidung und Hochlagerung der betroffenen Extremität(en). Diuretika sind nicht indiziert.

Hitzetetanie

Die Hitzetetanie ist eine seltene, selbstlimitierende Krankheit. Sie tritt auf, wenn eine Person für kurze Zeit intensiver Hitze ausgesetzt ist. Hauptgrund ist die Hyperventilation bei Hitzeexposition mit konsekutiver Alkalose, Parästhesien und Tetanie.

Management Die Behandlung besteht darin, die Hitzequelle zu vermeiden und die Hyperventilation zu kontrollieren. Eine Dehydrierung entsteht nicht durch eine kurze Hitzeexposition.

Hitzekrampf

Muskelhitzekrämpfe sind kurze, schmerzhafte Muskelkontraktionen, oft in den Waden- oder Bauchmuskeln. Sie entstehen während Anstrengungen mit übermäßigem Schwitzen oder während der folgenden Erholungsphase. Glatte Muskulatur, Herzmuskel und Zwerchfell sind nicht betroffen. Die Krämpfe können idiopathisch oder im Rahmen einer Hitzeerschöpfung auftreten. Die genauen Ursachen sind unklar, man glaubt jedoch, dass eine Elektrolyttörung verantwortlich ist. Eine Substitution von Salz kann eine Linderung der Beschwerden bewirken. Salzhaltige Nahrungsergänzung im Rahmen einer Diät kann die Häufigkeit des Auftretens von Muskelkrämpfen verringern.

Management Behandeln Sie die Krämpfe durch Wechseln in eine kühlere Umgebung, Stretchen des betroffenen Muskels und Trinken. Intravenöse Flüssigkeitsgaben sind selten notwendig, lange und schwere Muskelkrämpfe können jedoch mittels Infusion von Kochsalzlösung aufgelöst werden. Verabreichen Sie keine Salztabletten, da diese den Magen-Darm-Trakt überlasten.

Hitzesynkope

Hitzesynkopen entstehen bei längerem Stehen in warmer Umgebung und werden durch einen niedrigen Blutdruck verursacht. Die Hitze führt zu einer Vasodilatation mit vermehrtem venösem Pooling.

Management Bringen Sie die Patienten in eine kühlere Umgebung, lagern Sie die Beine hoch und verabreichen Sie oral oder intravenös Flüssigkeit. Falls ein Patient gestürzt ist, müssen Sie ihn hinsichtlich weiterer Verletzungen untersuchen. Patienten mit einer neurologischen oder kardialen Vorgeschichte sollten im Hinblick auf weitere Synkopenursachen in einem Krankenhaus untersucht werden.

Gravierende Funktionsstörungen

Überanstrengung

Diese Krankheit kommt vor, wenn jemand nach einer starken Anstrengung kollabiert.^{22,23} Während einer Anstrengung unterstützen die Muskelkontraktionen der Beine den venösen Rückstrom zum Herzen. Nach der Anstrengung fehlen diese, und der venöse Rückstrom nimmt signifikant ab. Daraus resultiert ein verminderter Herzauswurfsvolumen mit einer konsekutiven Unterversorgung des Gehirns mit Blut.

Beurteilung Symptome sind Übelkeit, Benommenheit, Kollaps oder Synkope. Die Patienten fühlen sich in liegender Position besser (**orthostatische Hypotonie**). Übermäßiges Schwitzen ist nicht ungewöhnlich. Die Patienten sind tachypnoeisch und haben einen schnellen Puls. Die Kerntemperatur ist nicht oder nur leicht erhöht. Eigentliche Ursache ist nicht eine Hypovolämie, aber die Patienten müssen unbedingt weiter abgeklärt werden, wenn ein synkopales Ereignis während einer körperlichen Anstrengung eintritt (Ausschluss kardiovaskulärer Probleme).

Management Bringen Sie den Patienten in eine kühlere Umgebung und legen Sie ihn hin. Beginnen Sie, falls notwendig, eine orale Rehydratierung. Wie bei jedem Kollaps müssen die Patienten weiter untersucht werden, um neurologische oder kardiale Ursachen auszuschließen.

Hitzeerschöpfung

Eine Hitzeerschöpfung treffen die präklinischen Helfer am häufigsten an. Dieses Krankheitsbild kann sich über mehrere Tage entwickeln, z. B. bei Älteren in schlecht klimatisierten Räumen oder akut bei Athleten. Es entsteht, wenn das Herzminutenvolumen den erhöhten Bedarf an Zirkulation nicht mehr decken kann, weil die Thermoregulationsmechanismen konkurrierend wirken; durch den erhöhten Blutfluss in der Haut, das reduzierte Plasmavolumen und den vasodilatationsbedingt verminderten venösen Rückstrom sowie den Verlust von Elektrolyten und Wasser durch Schwitzen steht dem Herz zu wenig Volumen zur Verfügung.²⁰ Patienten mit einer Hitzeerschöpfung weisen meistens eine rektale Temperatur < 40 °C auf, was aber kein zuverlässiges Zeichen ist.²³

Die Unterscheidung zwischen einer schweren Hitzeerschöpfung und einem Hitzschlag ist nicht immer einfach, aber durch

eine kurze Erhebung des mentalen Status kann das Ausmaß der neurologischen Beteiligung festgestellt werden. Wenn eine Hitzeerschöpfung nicht adäquat therapiert wird, kann sich das lebensbedrohliche Zustandsbild des Hitzschlags entwickeln. Hitzeerschöpfung ist eine **Ausschlussdiagnose**, wenn keine Zeichen eines Hitzschlags gefunden werden.

Beurteilung Zeichen und Symptome sind geringe Flüssigkeitsaufnahme, verminderter Urinvolumen, frontale Kopfschmerzen, Schwindel, Euphorie, Übelkeit, Verwirrtheit, Angst, Müdigkeit und Apathie. Die Patienten fühlen sich in liegender Position meistens besser. Starkes Schwitzen ist nicht ungewöhnlich. Die Betroffenen sind tachypnoisch und haben einen schnellen Puls. Ihr systolischer Blutdruck ist normal oder leicht erniedrigt. Die Körperkerntemperatur ist normal oder leicht erhöht, aber meistens < 40 °C. Eine genaue Anamneseerhebung betreffend Hitzeerschöpfung in der Vorgeschichte und der genauen Dauer und Art der Hitzeexposition ist wichtig.

Management Bringen Sie den Patienten schnellstmöglich in eine kühlere Umgebung. Lagern sie ihn flach und entfernen Sie alles, was die Wärmeabgabe behindern könnte. Eine orale Rehydratierung kann erwogen werden, wenn der Patient trinken kann und kein Aspirationsrisiko besteht. Verwenden Sie isotonische Sportlergetränke zur Hälfte verdünnt mit Wasser. Zu große Trinkmengen können den Magen blähen und zu Übelkeit und Erbrechen führen.

Da die Hitzeerschöpfung schlecht vom Hitzschlag unterschieden werden kann und Letzteres durch Kühlen behandelt wird, sollten Sie alle Patienten mit Hitzeerschöpfung kühlen. Eine gute Kühlung wird erreicht, wenn Sie Kopf und Thorax mit Wasser besprühen und danach den Patienten befächern, um die Wärmeabgabe durch **Konvektion** zu erhöhen. Transportieren Sie Patienten in eine Klinik, die bewusstlos sind, sich nur schlecht erholen oder eine medizinische Vorgeschiede haben. Kontrollieren Sie dabei die Umgebungstemperatur und überwachen Sie stets die Vitalfunktionen.

Hitzschlag

Der Hitzschlag ist eine lebensbedrohliche Hitzekrankheit. Er ist definiert als eine abnormale Form der Hyperthermie mit Totalausfall der Thermoregulationssysteme. Die Körperkerntemperatur steigt auf über 40 °C, und es treten zentralnervöse Ausfälle wie Delirium, Krampfanfälle und Koma auf.^{21,24}

Der größte Unterschied zur Hitzeerschöpfung sind **neurologische Ausfälle**, die sich als Veränderung des mentalen Status äußern. Die Schwere der Komplikationen ist nicht gänzlich von der Erhöhung der Körpertemperatur abhängig, da pathophysiologische Veränderungen zu einem Multiorganversagen führen können.^{21,25} Der Hitzschlag kann nur klinisch durch eine weitere Evaluation im Krankenhaus von der Hitzeerschöpfung unterschieden werden. Morbidität und Mortalität hängen direkt von der Dauer der Erhöhung der Körperkerntemperatur ab. Trotz schneller und adäquater präklinischer Behandlung kann ein Hitzschlag tödlich enden oder bleibende neurologische Schäden verursachen.

Tab. 9.2 Klassischer vs. anstrengungsbedingter Hitzschlag

| | Klassischer Hitzschlag | Anstrengungsbedingter Hitzschlag |
|---------------------------|--|----------------------------------|
| Hauptbetroffene | Ältere | männlich, 15–45 Jahre |
| Gesundheitsstatus | chronisch krank | gesund |
| Entsprechende Aktivitäten | sitzend | hochaktiv |
| Medikamente | Diuretika, Antidepressiva, Anticholinergika, Antipsychotika | meist keine |
| Schwitzen | meist nicht vorhanden | normalerweise vorhanden |
| Laktatazidose | liegt normalerweise nicht vor; schlechte Prognose wenn vorhanden | üblich |
| Hyperkaliämie | normalerweise nicht | oft möglich |
| Hypokaliämie | unüblich | häufig |
| Hypoglykämie | unüblich | üblich |
| Kreatinin | leicht erhöht | stark erhöht |
| Rhabdomolyse | leicht | teilweise stark |

Modifiziert nach: Knochel JP, Reed G: Disorder of heat regulation. In: Kleeman CR, Maxwell MH, Narin RG, Hrsg. In: *Clinical disorder of fluids and electrolyte metabolism*, New York, 1987, McGraw-Hill

Der Hitzschlag präsentiert sich klinisch auf zwei Arten (\rightarrow Tab. 9.2):

- Der **klassische Hitzschlag** betrifft vor allem Kleinkinder, fiebrige Kinder, Arme, Ältere, Alkoholiker und Kranke mit gewissen Risikofaktoren. Der klassische Patient hält sich über mehrere Tage in einem unbelüfteten, zu warmen und zu feuchten Raum auf, was zu Dehydrierung und erhöhter Körperkerntemperatur führt. Oft haben die Patienten aufgehört zu schwitzen (**Anhidrose**). Die Beurteilung des Notfallortes liefert deutliche Hinweise für dieses Krankheitsbild.
- Der **anstrengungsabhängige Hitzschlag** ist eine vermeidbare Krankheit, die oft junge, schlecht hitzeakklimatisierte Personen während einer kurzen, heftigen körperlichen Aktivität bei erhöhter Umgebungstemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit befällt. Bei diesen Bedingungen steigt die Wärmeproduktion des Körpers rapide an, was die Wärmeabgabemechanismen überfordert. Die Patienten schwitzen meist sehr stark, sodass sie mit Hitzeerschöpfungspatienten wechselt werden können.

Beurteilung Hitzschlagpatienten weisen häufig eine heiße, gerötete Haut auf. Zum Teil schwitzen sie, in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen und der Entstehung der Krankheit. Ihr Blutdruck kann erhöht oder erniedrigt sein, ihr Puls ist schnell und schwach. Die Patienten können leicht eingetrübt bis völlig bewusstlos sein; während der kühlenden Therapie entstehen oft Krampfanfälle.²⁴ Die rektale Temperatur liegt meist zwischen 40 und 47 °C.^{21,24}

Die Kriterien zur Unterscheidung von Hitzeerschöpfung und Hitzschlag sind die Körperkerntemperatur und der mentale

Status. Jeder Patient, der sich warm anfühlt und Veränderungen des mentalen Status aufweist (verwirrt, desorientiert, aggressiv, bewusstlos), gilt als Hitzschlagpatient und sollte intensiv behandelt werden.

Management Der Hitzschlag ist ein ernsthafter Notfall. Die Kühlung des Patienten sollte bereits während der Patientenbeurteilung beim Primary Survey beginnen. Verwenden Sie, was immer vorhanden ist. Früher glaubte man, dass Kühlung mit Eiswasser zu peripherer Vasokonstriktion und Zittern führt, wodurch die Wärmeabgabe erschwert wäre und zusätzliche Wärme produziert würde. Neuere Studien haben aber gezeigt, dass diese Maßnahme die Senkung der Körpertemperatur nicht behindert.^{26,27} **Wichtigste präklinische Maßnahme ist (neben dem ABC) das Kühlen des ganzen Körpers, um die Körperkerntemperatur zu senken.**

Die Kühlmaßnahmen sollten schon vor dem Transport beginnen. Entfernen Sie jegliche Kleidung, bedecken Sie den Patienten nur mit einem Tuch, das Sie mit Wasser befeuchten und befächern. Eispackungen werden in der Leistengegend, in den Achseln und im vorderen und seitlichen Halsbereich platziert.¹⁸ Sie allein können die Kerntemperatur nicht genügend senken und sollten nur als zusätzliche Maßnahme betrachtet werden.⁴ Messen Sie alle 5–10 Minuten die rektale Temperatur, um eine erfolgreiche Kühlung sicherzustellen und eine Hypothermie zu vermeiden. Unterbrechen Sie die aktive Kühlung, wenn die Rektaltemperatur 39 °C beträgt.^{4,27} Verabreichen Sie Sauerstoff, beatmen Sie, falls notwendig, assistiert.

Vorbeugung

Durch präventive Maßnahmen kann die Inzidenz hitzebedingter Erkrankungen minimiert werden. Als First Responder werden Sie je nach Region mit heißen Umweltbedingungen in Kontakt kommen, weshalb Sie sich auf solche Situationen durch Verbesserung Ihrer körperlichen Fitness, Akklimatisierung, richtige Ernährung und genügende Flüssigkeitsaufnahme vorbereiten sollten.²⁸

9.1.5 Verletzungen durch Kälte

Dehydratation

Eine Dehydratation tritt in einer kalten Umgebung sehr leicht auf, insbesondere bei körperlicher Aktivität. Drei Gründe sind dafür hauptverantwortlich:

- Schweißverdunstung
- vermehrter Verlust von Wärme und Flüssigkeit durch die Atemluft wegen der Trockenheit der kalten Luft
- kälteinduzierte Diurese.

Die kälteinduzierte Diurese ist ein normaler, physiologischer Prozess, der aus der Vasokonstriktion der Haut resultiert. Das ist die Antwort des Körpers auf Kälte, um den Wärmeverlust zu minimieren, indem Blut aus der Körperperipherie ins Zentrum verlagert wird. Daraus resultiert ein Anstieg des mittleren

arteriellen Druckes, des Schlagvolumens und des Herzminutenvolumens.²⁹ Das expandierte Blutvolumen produziert die kälteinduzierte Diuresesteigerung, erkennbar am häufigeren Wasserlassen. Das Plasmavolumen kann dadurch um 7–15 % vermindert werden, was zu Hämokonzentration und Dehydrierung führt. Ähnlich wie bei der Hitzeexposition muss gemäß den Richtlinien für Infusionstherapien auch in der kalten Umgebung die Dehydratation bekämpft werden, um die damit verbundenen Symptome wie Erschöpfung, physische und psychische Veränderungen zu bekämpfen. Da der Durst in kalter Umgebung unterdrückt wird, ist die Dehydratation ein nicht zu unterschätzendes Risiko.

Krankheiten durch Kälte

Geringgradige Funktionsstörungen

Kontaktverletzungen

Wenn sehr kaltes Material mit ungeschützter Haut in Kontakt kommt, können sofort lokale Frostbeulen entstehen. Berühren Sie deshalb bei tiefen Außentemperaturen keine Metalloberflächen, Alkohol, Benzin, Frostschutzmittel oder Schnee mit bloßen Händen (weitere Angaben siehe Abschnitt Frostbeule unten).

Frostriss

Ein Frostriss ist der Vorläufer einer Frostbeule und ruft eine reversible lokale Schädigung des oberflächlichen Gewebes her vor. Es tritt am häufigsten im Gesicht, der Nase und den Ohren auf.¹⁰ Ein Frostriss ist selbstlimitierend und bedarf keiner weiteren Versorgung, wenn die Kälte nicht weiter einwirkt.

Schneebblindheit

Ohne Schutz vor der trockenen Luft und dem Sonnenlicht, das vom Schnee stark reflektiert wird, ist das Risiko deutlich erhöht, durch ultraviolette Strahlung eine Verletzung an Haut oder Augen zu erleiden. Das Risiko ist umso größer, in je höheren Regionen man sich aufhält. Die Schneebblindheit ist eine heimtückische Erkrankung, da sie innerhalb einer Stunde entstehen kann, aber erst nach 6–12 Stunden symptomatisch wird.

Das Management richtet sich nach den Symptomen (ausgeprägter Tränenfluss, Schmerzen, Rötungen, Schwellungen der Augenlider, Photophobie, Kopfschmerzen, Gefühl von „Sand in den Augen“ und eingeschränktes, trübes Sehen). Decken Sie betroffene Augen ab, wenn keine andere Möglichkeit als Schutz vor den ultravioletten Strahlen besteht. Wenn verfügbar, können Augentropfen die Schmerzen des Patienten lindern. Wichtig ist, den Schweregrad zu ermitteln und, falls notwendig, Analgetika und Antibiotika zu verabreichen.

Gravierende Funktionsstörungen

Lokalisierte Kälteverletzungen der Haut

Kälteverletzungen kommen in der Körperperipherie vor und werden in frostinduzierte (Frostbeule) und nicht frostinduzier-

te Verletzungen (Eintauchen in kaltes Wasser) eingeteilt. Lokale Verletzungen können verhindert oder reduziert werden, indem man sich gut auf die Kälteexposition vorbereitet, die beginnende Schädigung früh erkennt und adäquat gegensteuert und behandelt. Frostbeulen beinhalten das Risiko des Verlusts eines Körperteils und müssen deshalb unbedingt versorgt werden.

Es ist zwingend erforderlich, Kälteverletzungen zu erkennen, zu behandeln und eine Escalation von einer milden zu einer schweren Verletzung zu verhindern. Nikotinabusus, Alkoholintoxikation, Obdachlosigkeit und schwere psychiatrische Störungen sind prädisponierende Risikofaktoren.³⁰ Afroamerikaner haben ein höheres Risiko, kälteinduzierte Verletzungen zu erleiden, da pigmentierte Hautzellen empfindlicher auf Kälte reagieren als nicht pigmentierte. Enge oder einschnürende Kleidung, mehrere Lagen Socken und enges Schuhwerk können die Entstehung von Frostbeulen begünstigen. Durch eine Zunahme von Abenteuersportarten und anderen Aktivitäten, die im Winter durchgeführt werden, sind lokale Kälteschäden häufiger zu finden. Verhindern Sie einen weiteren Verlust von Körperwärme und schützen Sie exponierte Hautpartien vor Frostbeulen bei Patienten, die über längere Zeit der Kälte ausgesetzt waren.

Nicht-frostinduzierte Verletzungen

Nicht-frostinduzierte Verletzungen entstehen durch eine Schädigung der peripheren Gewebe aufgrund von Stunden bis Tage anhaltender Kälte- und Feuchtigkeitsexposition.^{31–33} Nicht-frostinduzierte Verletzungen können zusätzlich zu einer frostinduzierten Verletzung wie einer Frostbeule auftreten. Sie betreffen vor allem die Füße und sind in zwei Varianten bekannt:

- **Fußbrand** kommt vor allem bei Soldaten im Rahmen langer Infanterieübungen vor und entsteht durch anhaltende Kälteexposition mit eingeschränkter Zirkulation in den Füßen.³¹
- Der **Immersionsfuß** wird durch anhaltende Exposition mit Nässe und Kälte verursacht. Betroffen sind häufig Obdachlose, Alkoholiker und Ältere, Wanderer und Jäger, Ausdauerathleten (nach mehreren Tagen) oder Schiffbrüchige.^{31,34,35} Oft wird das Krankheitsbild im Rahmen einer Patientenbeurteilung übersehen, da das medizinische Personal keine Erfahrungen mit diesem Krankheitsbild hat.³¹

Klinik Das Syndrom entsteht, wenn die unteren Extremitäten während Stunden kühlen Temperaturen (0–18 °C) ausgesetzt sind. Die Haut an den Füßen erleidet Verletzungen, die als **Macerationen** bezeichnet werden. Dadurch besteht eine erhöhte Gefahr von Infektionen. Die Verletzungen betreffen vor allem die peripheren Nerven und Blutgefäße, verursacht durch sekundäre ischämische Schäden. Milde, nicht frostinduzierte Verletzungen sind initial selbstlimitierend, werden aber durch anhaltende Kälteexposition irreversibel. Wenn die Füße nass und kalt sind, ist das Risiko dieses Krankheitsbildes erhöht und der Verletzungsmechanismus wird beschleunigt, da nasse Socken schlecht isolieren und Wasser wirksamer kühl als Luft gleicher Temperatur. Alle Faktoren, welche die Zirkulation einschränken, wie enge Kleidung, Schuhe, wenig Bewegung, Hypothermie und kauernde Stellung, fördern die Entstehung der Krankheit.

Beurteilung Da der Patient der Kälte ausgesetzt war, müssen Sie eine Hypothermie und eine Dehydrierung ausschließen. Nicht frostinduzierte und frostinduzierte Verletzungen sind heimtückisch, da die Extremität so kühl ist, dass während des Entstehens der Verletzungen eine Anästhesie besteht.

Schlüsselpunkt im Management ist das Erkennen des Krankheitsbildes während der Beurteilung. Im Rahmen der initialen Beurteilung erscheint das verletzte Gewebe mazeriert, ödematos, blass, gefühllos, pulslos und immobil, aber nicht gefroren. Den Patienten fällt das Gehen schwer und sie stolpern. Nach dem Erwärmten nimmt der periphere Blutfluss wieder zu und das ischämische Gewebe wird reperfundierte. Die Extremität wechselt die Farbe von blass zu marmoriert-blassblau, bleibt dabei jedoch kalt und gefühllos. Die Diagnose kann meistens gestellt werden, wenn sich diese Zeichen nach der Erwärmung nicht verbessern. 24–36 Stunden nach dem Erwärmten treten eine Hyperämie und starkes Brennen auf; die Sensibilität kehrt proximal der Läsion wieder zurück, nicht aber distal. Dies wird durch die venöse Vasodilatation verursacht. Es bilden sich Ödeme und Blasen, wenn das Gewebe reperfundierte wird. Die Haut bleibt schlecht durchblutet, nachdem die Hyperämie aufgetreten ist, und beginnt sich im Rahmen der Ausbreitung der Verletzung abzulösen. Jede Pulslosigkeit nach 48 Stunden spricht für eine schwere Verletzung mit der großen Gefahr eines Gewebeverlusts.

Management Sobald eine nicht-frostinduzierte Verletzung erkannt worden ist, müssen Sie eine weitere Kühlung vermeiden, weitere Verletzungen verhindern und den Patienten abtransportieren. Erlauben Sie dem Patienten nicht, die betroffene Extremität zu belasten. Entfernen Sie vorsichtig Schuhe und Socken. Bedecken Sie die verletzte Extremität locker mit trockenen, sterilen Verbänden, schützen Sie sie vor Kälte, und beginnen Sie mit einer passiven Erwärmung. Ein aktives Wiedererwärmen ist nicht notwendig. Massieren Sie das betroffene Gewebe nicht, denn dadurch kann das Ausmaß der Verletzung zunehmen.

Frostinduzierte Verletzungen

Klinik Wird peripheres Gewebe dauerhaft der Kälte ausgesetzt, entstehen dabei Frostisse, Frostbeulen mit geringer bis schwerer Schädigung des Gewebes und möglichem Verlust der Gewebsregion.^{6,10} Die gegenüber **Frostbeulen** empfindlichsten Körperteile weisen ein großes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen auf, wie Ohren und Nase, und sind weit vom Körperkern entfernt, wie Hände, Finger, Füße, Zehen und die männlichen Genitalien. Diese Regionen sind besonders anfällig, weil sie eine große Anzahl von arteriovenösen Kapillaranastomosen aufweisen, die das Blut im Rahmen einer Vasokonstriktion bevorzugt umgeht. Die normale Reaktion des Körpers auf eine zu niedrige Umgebungstemperatur besteht darin, den Blutfluss in die Haut zu reduzieren, damit der Wärmeaustausch mit der Umgebung vermindert wird. Der Körper erreicht dies, indem er die peripheren Gefäße verengt, damit das warme Blut vermehrt im Körperzentrum zirkuliert und die Körperkerntemperatur aufrechterhält. Durch die Reduktion des Blutflusses in der Peripherie wird auch weniger Wärme dorthin transportiert.

Je länger die Kälteexposition, desto mehr ist der Blutfluss in der Peripherie reduziert. Der Körper konserviert die Kerntemperatur auf Kosten der peripheren Temperatur und der Hauttemperatur. Die Wärmeabgabe wird in diesen peripheren Geweben größer als ihre Wärmezufuhr.

Gewebe gefriert bei 0 °C nicht, da die Zellen Elektrolyte und andere gelöste Stoffe enthalten, die ein Gefrieren verhindern, bis die Hauttemperatur etwa –2 °C erreicht. Bei dieser Temperatur gefriert die Flüssigkeit intra- und extrazellulär. Dabei entstehen Eiskristalle. Diese verursachen lokale Gewebeschäden. Auch Blutklumpen können sich bilden, welche die Zirkulation im betroffenen Gebiet weiter einschränken.

Das Ausmaß frostinduzierter Verletzungen wird vor allem durch die Dauer der Exposition und die Art der Kälte bestimmt. Frostbeulen werden durch die Tiefe der Verletzung und die klinische Präsentation klassifiziert.¹⁰ Das Ausmaß der meisten Verletzungen wird erst nach 24–72 Stunden ersichtlich. Eine kurze, aber sehr intensive Kälteexposition erzeugt eine oberflächliche Verletzung, während Frostbeulen bei anhaltender Exposition eine ganze Extremität betreffen können. Direkte Kälteverletzungen sind gewöhnlich reversibel, aber permanenter Gewebeschaden droht während der Erwärmung. In schweren Fällen können sich trotz korrekter Erwärmung mikrovaskuläre Thrombosen entwickeln, die zu Gangrän und Nekrose führen. Wenn die verletzten Extremitäten auftauen und erneut einfrieren, entwickelt sich eine noch schwerere Thrombose mit vaskulärem Schaden und Gewebeuntergang. Der First Responder muss aufgetaute Extremitäten auf jeden Fall vor einem erneuten Erfrieren schützen. Frostbeulen werden anhand des initialen Erscheinungsbildes nach dem Erwärmen (> Abb. 9.3 und > Abb. 9.4) eingeteilt:

Obwohl Frostbeulen in vier Schweregrade eingeteilt werden, ist es für Sie als Helfer einfacher, nur zwischen tief und oberflächlich zu unterscheiden:^{36–38}

- **Oberflächliche** Läsionen betreffen die Haut und das subkutane Gewebe; nach dem Erwärmen entstehen klare Blasen.
- **Tiefe** Frostbeulen betreffen die Haut, Muskeln und Knochen; die Haut weist nach dem Erwärmen blutige Blasen auf.

In gewissen Situationen entstehen Frostbeulen auch ganz schnell:



Abb. 9.3 Ödem und Blasenbildung nach 24 Stunden, nach einer Erfrierung. (Aus: McCauley RL, Smith DJ, Robson MC, Heggers JP: Frostbite. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby. Foto mit freundlicher Genehmigung von Cameron Bangs, MD)

- Kohlenwasserstoff-Verbindungen spritzen auf die Haut. Beispielsweise kann Benzin durch schnelle Verdunstung und Wärmeleitung Temperaturen unter dem Gefrierpunkt erzeugen.
- Der Patient berührt mit der bloßen Hand extrem kaltes Metall.
- Durch intensiven Rotorwind eines Hubschraubers.

Beurteilung Beurteilen Sie während des Eintreffens die Sicherheit vor Ort und danach den Patienten hinsichtlich ABC. Bringen Sie ihn in eine wärmere Umgebung und schützen Sie ihn vor Feuchtigkeit, Kälte und Wind. Viele Patienten mit Frostbeulen weisen weitere medizinische Probleme auf wie Dehydratierung, Hypovolämie, Hypothermie, Hypoglykämie und traumatische Schädigungen. Entfernen Sie jegliche feuchten Kleidungsstücke. Im Zweifel behandeln Sie zuerst die Hypothermie. Die Umgebungstemperatur muss während der Exposition unter Null gewesen sein, damit eine Frostbeule entstehen kann.

Frostbeulen sind heimtückisch, da der Patient manchmal gar keine Schmerzen verspürt, wenn die Haut gefroren und durch Handschuhe oder Schuhe bedeckt ist. Das Entdecken solcher Läsionen erfordert die direkte Inspektion der empfindlichen Regionen. Durch sanfte Palpation können Sie feststellen, ob das Gewebe weich oder hart ist. Stellen Sie sicher, dass die betroffene Stelle nicht gerieben oder massiert wird, da das gefrorene Gewebe dadurch noch mehr geschädigt wird. Patienten mit oberflächlichen Erfrierungen klagen gewöhnlich über leichte Schmerzen während der Manipulation der betroffenen Gebiete. Tiefe Erfrierungen sind schmerzlos. Nach Inspektion der betroffenen Region erwärmen Sie das Hautareal.

Management Patienten mit oberflächlichen Erfrierungen positionieren Sie so, dass die betroffene Region mit einem warmen Körperteil in Kontakt kommt; beispielsweise können Ohren mit den warmen Händen des Patienten bedeckt werden, betroffene Finger kann der Patient in die Achselhöhlen oder die Leistengegend stecken. Oberflächliche Frostbeulen wärmen Sie mit normaler Körpertemperatur auf. Präklinisches Management tiefer Erfrierungen umfasst folgende Punkte:

1. Führen Sie unterstützende Maßnahmen durch und schützen Sie den Patienten vor weiterem Wärmeverlust.
2. Decken Sie die betroffenen Stellen lose mit trockenen, sterilen Verbänden ohne Kompression oder Verklebungen ab.
3. Untersuchen Sie das geschädigte Areal und entfernen Sie Kleidung und Schmuck.
4. Sollte eine Frostbeule distal einer Fraktur auftreten, versuchen Sie die Fraktur zu versorgen und, falls notwendig, zu reponieren, wenn kein Widerstand da ist.



Abb. 9.4 Tiefe Erfrierungen 2. und 3. Grades mit hämorrhagischen Bläschen ein Tag nach dem Auftauen. (Aus: McCauley RL, Smith DJ, Robson MC, Heggers JP: Frostbite. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby. Foto mit freundlicher Genehmigung von Murray P. Hamlet, DVM)

5. Bedecken Sie Flächen mit lockeren Verbänden.
6. Erlauben Sie dem Patienten nicht, die betroffene Extremität zu belasten, z. B. mit ihr zu gehen.
7. Finger und Zehen separieren Sie mittels Gaze.
8. Eröffnen Sie die Blasen nicht.
9. Hände und Füße werden geschiert und hoch gelagert, damit keine Ödeme entstehen.
10. Schützen Sie empfindliche Gewebe, damit auf dem Transport kein weiterer Schaden entsteht.
11. Verwenden Sie keine Wärmequelle, die wärmer als 39 °C ist.
12. Verhindern Sie, dass einmal aufgetautes Gewebe wieder einfriert.
13. Leiten Sie einen zügigen Transport in eine geeignete Klinik ein.

Je nach Bewusstseinszustand und weiteren Verletzungen kann der Patient warme, nichtalkoholische Getränke zu sich nehmen. Nikotinkonsum sollten Sie unterbinden, damit keine zusätzliche Vasokonstriktion entsteht.

Versuchen Sie nie, eine tiefe Erfrierung vor Ort zu erwärmen, da der Schaden dadurch massiv verstärkt werden kann (Ausnahme: verzögerter Transport).

Hypothermie

Unfallbedingte Hypothermie

Bei einer Hypothermie liegt die Körperkerntemperatur unter 35 °C, rektal gemessen (15 cm ab Anus).¹¹ Hypothermie ist eine Erniedrigung der Körperkerntemperatur, sodass der Betroffene unfähig ist, ausreichend Wärme zu erzeugen, um die Homöostase aufrechtzuerhalten und eine normale Funktion des Körpers zu gewährleisten. Eine Hypothermie kann durch kalte Luft, Ein- oder Untertauchen in kaltes Wasser (z. B. Beinahe-Ertrinken) entstehen; sie kann auch absichtlich im Rahmen einer Operation herbeigeführt werden.^{11,39,40} Zu einer Immersionshypothermie (Eintauchen in Wasser bis zum Hals) kommt es beispielsweise, wenn ein Opfer unvorbereitet in kaltes Wasser fällt. Dabei ist der Patient in unmittelbarer Gefahr unterzutauchen, da der Kälteschock zu einem Verlust der Motorik, zu Hypothermie und zum Ertrinken führt.

Im Gegensatz zu Frostbeulen kann eine Hypothermie auch bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt entstehen. Eine **primäre Hypothermie** entwickelt sich, wenn sich gesunde Personen unvorbereitet einer sehr kalten Umgebung aussetzen. Als direkte Folge der primären Hypothermie kann auch der Tod eintreten.¹¹

Sekundäre Hypothermie ist die normale Konsequenz einer systemischen Krankheit wie Hypothyreose, Trauma, Krebs und Sepsis. Wenn dieser Zustand nicht erkannt oder inadäquat behandelt wird, kann die Hypothermie innerhalb von zwei Stunden tödlich sein. Die Mortalität kann bis zu 50 % betragen, wenn die Hypothermie sekundär durch Komplikationen anderer Erkrankungen entstanden oder sehr schwer ist (Körperkerntemperatur < 32 °C).¹¹

Zügiger Wärmeerhalt ist besonders wichtig bei Traumapatienten, die bei allen Wetterbedingungen leicht unterkühlen.

Daher sollte der Patient möglichst schnell vom kalten Boden in eine warme Umgebung verbracht werden.

Immersionhypothermie

Verliert der Eingetauchte keine Wärme, ist das Wasser **thermoneutral**. In diesem Fall hat es eine Temperatur von 33–35 °C, wobei eine unbekleidete Person bis zum Hals im Wasser stehend rund eine Stunde lang die Körperkerntemperatur aufrechterhalten kann. Das Risiko eines Kälteschocks oder einer Hypothermie ist für Personen in thermoneutralem Wasser gleich Null.

Das größte Risiko einer Immersionhypothermie besteht bei Wassertemperaturen unter 25 °C.⁴¹ Da die Wärmeleitfähigkeit des Wassers 24-mal besser ist als die der Luft, ist die Gefahr einer Hypothermie im Wasser viel größer. Die ständige körperliche Aktivität im kalten Wasser kann sich im Verlauf nachteilig auswirken, denn der Wärmeverlust durch Konvektion nimmt zu und beschleunigt die Hypothermie. Zur Minimierung des Wärmeverlusts wird empfohlen, die in > Abb. 9.5 gezeigten Positionen einzunehmen.

Die tiefste Kerntemperatur eines Kindes im Rahmen einer unfallbedingten Hypothermie mit nach Genesung intakter Neurologie betrug 15 °C.⁴² Bei Erwachsenen war die tiefste gemessene Kerntemperatur 13,7 °C. Betroffen war eine 29-jährige Frau, die sich 40 Minuten aktiv zu retten versuchte, bis ihre Muskeln kältebedingt versagten.⁴³ Sie trieb dann weitere 80 Minuten im kalten Wasser, bevor ein Rettungsteam eintraf und eine Herz-Lungen-Wiederbelebung begann. Nach drei Stunden kontinuierlichen Erwärmens war die Körperkerntemperatur wieder normal, und die Patientin überlebte ohne Folgeschäden.

Dieser Fall einer akzidentellen Hypothermie illustriert, warum präklinisch die Behandlungsversuche von Hypothermie-Opfern nie eingestellt und diese für tot erklärt werden dürfen, bis sie auf eine Körperkerntemperatur von 35 °C erwärmt wor-

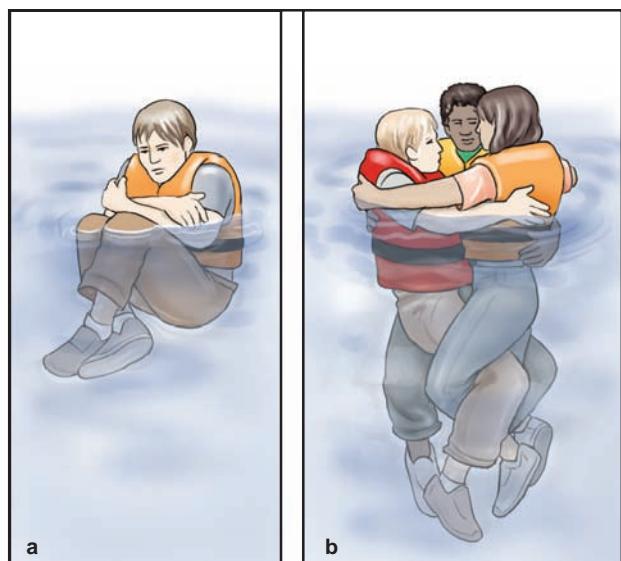


Abb. 9.5 Techniken, um das Auskühlen im Wasser zu verringern.
a: Position, die den Wärmeverlust einer einzelnen Person im Wasser verringert
b: Technik, sich als Gruppe im Wasser eng zu umschlingen

den und dann immer noch keine Lebenszeichen vorhanden sind. Es gibt viele Beispiele für Patienten, die unterkühlt waren, an der Einsatzstelle reanimiert wurden und das Krankenhaus ohne neurologische Defizite verließen. Daher gilt der Satz: „**Niemand ist tot, solange er nicht warm und tot ist.**“

Klinik Die Hypothermie beeinflusst alle größeren Organsysteme des Körpers, insbesondere Herz, Nieren und zentrales Nervensystem. Wenn die Kerntemperatur 35 °C erreicht, treten maximale Vasokonstriktion, Zittern und maximaler Stoffwechselumsatz verbunden mit Tachykardie, Tachypnoe und erhöhtem Blutdruck ein. Der Sauerstoffbedarf des zerebralen Metabolismus nimmt um 6–10% pro gesunkenem Grad Körperkerntemperatur ab, und der zerebrale Metabolismus wird geschont. Bei einer Kerntemperatur zwischen 30 und 35 °C nehmen kognitive Funktionen, Herzfunktion, Stoffwechselrate, Atemfrequenz und Zittern signifikant ab oder werden komplett unterbunden. An diesem Punkt verhindern die limitierten physiologischen Schutzmechanismen den Verlust von Körperwärme nicht, und die Kerntemperatur fällt rapide. Bei einer Kerntemperatur von 29,5 °C sind Herzminutenvolumen und Metabolismus um etwa 50% reduziert. Ventilation und Perfusion sind inadäquat und können den Bedarf des Stoffwechsels nicht mehr decken, es kommt zur zellulären Hypoxie, Laktatansammlung und metabolischen und respiratorischen Azidose. Oxygenierung und Blutfluss werden im Kern und im Gehirn aufrechterhalten.

In den meisten Fällen kommt es nun zu einer Bradykardie, da das Reizleitungssystem kälteanfällig sind.

Vorhofflimmern und extreme Bradykardien entstehen und bleiben unter Umständen auch bei Kerntemperaturen zwischen 32 und 28 °C bestehen. Wenn die Kerntemperatur zwischen 28 und 26,7 °C liegt, können jegliche Stimulationen des Herzens Kammerflimmern auslösen. Ein grober Umgang mit dem Patienten (Beurteilung, Management, Bewegungen) genügt, um Kammerflimmern auszulösen. Bei diesen extrem tiefen Kerntemperaturen sind Puls und Blutdruck nicht mehr detektierbar, und die Gelenke sind steif. Die Pupillen sind lichtstarr und dilatiert. Dennoch gilt: Niemand ist tot, bis er warm und tot ist.

Beurteilung Beim Eintreffen am Unfallort ist eine Beurteilung der Sicherheit vor Ort zwingend. Jeder präklinische Helfer muss sicher sein und sich vor der Kälte schützen. Denken Sie an eine Hypothermie, auch wenn die Umgebung (Wind, Feuchtigkeit, Temperatur) nicht unbedingt verdächtig wirkt. Einige Patienten beklagen sich vielleicht nur über Müdigkeit, Übelkeit, Erbrechen und Schwindel. Bei schwer verletzten und kritischen Patienten müssen Sie bereits bei der Beurteilung von einer Hypothermie ausgehen und den Patienten vor der kalten Umgebung schützen. Die Beurteilung beginnt mit dem ABC. Die neurologischen Funktionen sollten Sie regelmäßig überprüfen. Schwer hypotherme Patienten weisen gewöhnlich eine Tachypnoe, Stupor und Koma auf. Die Rektaltemperatur wird normalerweise präklinisch nicht gemessen und meistens auch nicht den Vitalzeichen zugeordnet. Thermometer für den präklinischen Einsatz haben meist eine Untergrenze von 35,5 °C. Elektronische Thermometer sind bei solch tiefen Temperaturen zu ungenau.

Tab. 9.3 Physiologische Merkmale der Hypothermie

| °C | Merkmale |
|------|---|
| 37,6 | normale rektale Temperatur |
| 37,0 | normale orale Temperatur |
| 36,0 | erhöhte Kreislaufwerte und Beginn des Kälteziterns |
| 35,0 | Urintemperatur 34,8 °C; maximales Muskelzittern |
| 34,0 | Amnesie und beginnende neurologische Defizite; normaler Blutdruck; Tachykardie, dann zunehmende Bradykardie |
| 33,3 | Ataxie und Apathie; Abnahme des zerebralen Metabolismus; abnehmendes Atemminutenvolumen |
| 32,0 | Stupor; 25% weniger Sauerstoffverbrauch |
| 31,0 | Kältezittern wird eingestellt |
| 30,0 | Vorhofflimmern und Herzrhythmusstörungen entwickeln sich; Herzauswurfleistung sinkt auf ½; Insulin wird ineffektiv |
| 29,0 | weiterer Verlust der Bewusstseinsebene; Pulsfrequenz und Atemfrequenz; Pupillen erweitert; paradoxes Entkleiden |
| 28,0 | erhöhte Gefahr des Kammerflimmerns; 50% verminderter Sauerstoffverbrauch |
| 27,0 | Verlust der Reflexe |
| 26,0 | Störung des Säure-Basen-Haushalts; keine Reaktion auf Schmerzreize |
| 25,0 | zerebrale Perfusion sinkt auf ½; Verlust der zerebralen Auto-regulation; Herzauswurfleistung nur noch 45%; eventuelle Lungenödeme |
| 24,0 | deutliche Hypotension und Bradykardie |
| 23,0 | keine Pupillenreaktionen |
| 22,0 | höchste Gefahr für Kammerflimmern; nur noch 25% Sauerstoffverbrauch |
| 20,0 | Puls sinkt auf 20% |
| 19,0 | elektroenzephalografische Stille |
| 18,0 | Asystolie |
| 15,0 | tiefste gemessene Temperatur eines überlebenden Kindes |
| 13,7 | tiefste gemessene Temperatur eines überlebenden Erwachsenen |
| 10,0 | 92% weniger Sauerstoffverbrauch |
| 9,0 | niedrigste therapeutische Hypothermie |

(Aus: Danzl DF: Accidental hypothermia. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby)

Zittern und Veränderungen des mentalen Status sind wichtige Hinweise für eine Hypothermie. Menschen mit milder Hypothermie (> 32 °C) schlöttern und zeigen eine leichte Einschränkung des Bewusstseins (Verwirrtheit, verwuschene Sprache, veränderter Gang, Schwerfälligkeit). Sie sind stark verlangsamt und werden meist nicht stehend, sondern sitzend oder liegend angetroffen. Helfer können den Zustand mit einer Drogen- oder Alkoholintoxikation verwechseln oder als Hirninfarkt-Folgezustand missdeuten. Ein eingeschränktes Bewusstsein ist kein guter Indikator für den Grad der Hypothermie. Einige Patienten sind noch bei Bewusstsein, wenn ihre Körperkerntemperatur nur 27 °C beträgt.

Wenn die Kerntemperatur unter 32 °C gefallen ist, spricht man von einer moderaten Hypothermie, wobei sich der Patient unter Umständen nicht über ein Kältegefühl beklagt. Zittern ist nicht vorhanden, das Bewusstsein ist eingeschränkt, gegeben-

nenfalls bis hin zum Koma. Die Pupillen reagieren sehr langsam oder sind dilatiert und lichtstarr. Die Pulse sind entweder sehr schwach oder fehlen, der systolische Blutdruck ist tief oder nicht messbar. Die Atemfrequenz ist auf bis zu zwei Atemzüge pro Minute verlangsamt. Ein EKG kann Vorhofflimmern anzeigen, die häufigste Form der Arrhythmie. Wenn das Myokard bei ungefähr 28 °C immer kühler und reizbarer wird, wird Kammerflimmern häufig beobachtet. Wegen der Veränderungen des Hirnmetabolismus kann es vorkommen, dass sich die Patienten paradoxerweise im Zuge ihres Verlusts der Thermo-regulation entkleiden, bevor sie das Bewusstsein verlieren.

Das klinische Management basiert auf der folgenden Einteilung der Hypothermien entsprechend der Körperkerntemperatur:

- **milde Hypothermie** > 34–36 °C
- **moderate Hypothermie** 30–34 °C
- **schwere Hypothermie** < 30 °C

Management Die präklinische Behandlung besteht aus der Vermeidung eines weiteren Wärmeverlusts, sanfter Behandlung, Vorbereitung eines zügigen Abtransports und Beginn der Wiedererwärmung. Dies beinhaltet, den Patienten von der Kältequelle zu entfernen und in das warme Rettungsfahrzeug zu bringen. Nasse Kleider sollten Sie mit der Rettungsschere entfernen, um keine unnötigen Bewegungen des Patienten zu verursachen. Bedenken hinsichtlich des Auslösens ventrikulärer Arrhythmien durch die Behandlung dürfen notwendige Interventionen nicht verzögern. Bedecken Sie Kopf und Körper des Patienten mit warmen Decken, darüber legen Sie windundurchlässiges Material, um Wärmeverlust durch Konvektion und Verdunstung zu vermeiden.

Falls der Patient bei Bewusstsein und geistesgegenwärtig ist, denken Sie an eine Hypoglykämie und verabreichen Sie warme, hochkalorische Flüssigkeit oder Glukoselösung. Vermeiden Sie Alkohol oder koffeinhaltige Getränke. Hypotherme Patienten brauchen hochkonzentrierten Sauerstoff, da ihr Gewebe nur ungenügend mit Sauerstoff versorgt wird. Die Oxyhämoglobin-Dissoziationskurve verschiebt sich nach links, wenn die Kerntemperatur abnimmt. Am meisten profitiert der Patient, wenn Sie den Sauerstoff auf 42–46 °C anwärmen und befeuchten.

Behandlungsrichtlinien für kältebedingte Krankheiten

Basic and Advanced Lifesaving Guidelines

Richten Sie sich nach den aktuellen Richtlinien der American Heart Association (AHA).⁴⁴

Updates des Basic Life Support

Lagern Sie hypotherme Patienten stets flach, um eine Hypotonie zu vermeiden, denn diese Patienten haben durch die Kälte-diurese häufig einen Volumenmangel. Es kann schwierig sein, die Atmung zu fühlen und den Puls zu palpieren. Beurteilen Sie während etwa 60 Sekunden zuerst die Atmung und dann den Puls, um einen der folgenden Zustände zu bestätigen:

- Atemstillstand
- pulsloser Herzstillstand (Asystolie, ventrikuläre Tachykardie, Kammerflimmern)
- Bradykardie (CPR-bedürftig).

Beatmen Sie den Patienten unverzüglich, falls keine Atmung vorhanden ist. Beginnen Sie bei hypothermen Patienten sofort mit CPR, wenn kein Puls fühlbar ist und keine Zeichen eines Kreislaufs ersichtlich sind.⁴⁴ Falls Sie hinsichtlich des Pulses im Zweifel sind, beginnen Sie mit der CPR. Enthalten Sie Hypothermiepatienten niemals BLS-Maßnahmen vor, bis sie wiedererwärmt sind. Befolgen Sie hinsichtlich des BLS-Algorithmus die aktuell gültigen Richtlinien.

Ein automatischer externer Defibrillator (AED) sollte verwendet werden, wenn eine pulslose ventrikuläre Tachykardie oder Kammerflimmern vorliegt. Führen Sie fünf Zyklen CPR über zwei Minuten durch, bevor Sie die erste Analyse initiieren. Wenn der Defibrillator einen Schock empfiehlt, sollten Sie diesen unverzüglich auslösen. Achten Sie hierbei besonders auf Ihre und die Sicherheit Ihres Kollegen. Nach der Schockauslösung fahren Sie bitte umgehend mit fünf Zyklen CPR fort. Wenn der Patient nicht auf den ersten Schock mit einem Rhythmus und einem fühlbaren Puls reagiert, sollten weitere Defibrillationen verschoben werden. Der Schwerpunkt liegt dann bei einer effektiven Herzdruckmassage und der Erwärmung auf über 30 °C.⁴⁵ Wenn Sie einen hypothermen Patienten reanimieren, müssen Sie mehr Kraft für die Thoraxkompressionen aufwenden, da der Thorax steifer ist als normal.⁴⁶

Wenn die Körperkerntemperatur des Patienten unter 30 °C liegt, ist ein Umspringen in einen geregelten Sinusrhythmus eher unwahrscheinlich, bis die Kerntemperatur über diesen Schwellenwert ansteigt. Die Bedeutung, unterkühlte Patienten nicht für tot zu erklären, bis sie wiedererwärmt wurden, ist heutzutage noch größer. Immer mehr Studien zeigen den protektiven Effekt der Kälte auf die Organe des Patienten.^{46,47}

9.1.6 Lange Transportwege

Unabhängig von der Lage des Einsatzortes und der Entfernung zur Zielklinik sind die ersten Prioritäten immer die Sicherheit am Einsatzort und das ABCDE. Wenn eine CPR begonnen wurde, empfiehlt die „Wilderness Medical Society“, sie fortzuführen, bis die Reanimation erfolgreich ist, die Helfer erschöpft sind oder sich in Gefahr begeben oder wenn nach etwa 30 Minuten immer noch keine Wirkung ersichtlich ist.⁴⁸

Hitzebedingte Krankheiten

Hitzschlag

- Kühlten Sie den ganzen Körper des Patienten so schnell wie möglich. Befeuchten Sie den Patienten mit irgendeiner Wasserquelle und befächern Sie ihn.

- Halten Sie möglichst Rücksprache mit dem ärztlichen Leiter, um das weitere Vorgehen zu besprechen.
- Stoppen Sie die kühlenden Maßnahmen, wenn die Kerntemperatur 39 °C erreicht hat. Schützen Sie danach den Patienten vor Hypothermie und Zittern.

Kältebedingte Krankheiten

Frostbeule

- Wenn sich der Transport signifikant verzögert, sollten Sie aktives Erwärmen in Betracht ziehen. Schnelles aktives Erwärmen kann die direkten Verletzungen durch Eiskristallbildung im Gewebe stoppen, aber nicht den Schweregrad der Verletzungen verändern. Einmal aufgetautes Gewebe darf nicht mehr einfrieren. Wann, wo und ob überhaupt mit dem aktiven Erwärmen begonnen wird, ist also eine kritische Entscheidung.
- Eine Standardmethode des aktiven Erwärmens ist das Eintauchen der betroffenen Extremität in 40–42 °C warmes Wasser. Weniger warmes Wasser wird das Gewebe nicht schnell genug auftauen und deshalb dem Überleben des Gewebes nicht dienlich sein. Noch wärmeres Wasser könnte Verbrennungen verursachen.¹⁰ Vermeiden Sie aktives Erwärmen mit starken Hitzequellen. Fahren Sie mit dem Erwärmen fort, bis das Gewebe weich und biegsam ist – dies kann bis zu 30 Minuten dauern. Aktive Bewegungen sind dabei hilfreich: Reiben oder massieren Sie die betroffene Extremität aber nicht.
- Eine Normalisierung von Hautfarbe, -wärme und Sensibilität sind gute Zeichen. Trocknen Sie die betroffenen Körperteile ab. Reiben Sie sie mit Aloe-vera-haltigen Cremes topisch ein, legen Sie sterile Gazen zwischen Finger und Zehen, binden Sie die betroffenen Stellen ein, immobilisieren Sie diese und lagern sie hoch. Bedecken Sie die Extremität mit isolierendem, wind- und wasserfestem Material.

Hypothermie

- Beginnen Sie mit aktivem Erwärmen.
- Verglichen mit externen Methoden ist Zittern die beste Methode, um Patienten mit einer milden Hypothermie präklinisch zu erwärmen. Hypotherme Patienten, die maximal zittern, erhöhen die Kerntemperatur um 3–4 °C pro Stunde.
- Externe Wärmequellen werden oft angewandt, helfen aber nur minimal.⁴⁰ Für den moderat bis schwer unterkühlten Patienten werden diese Methoden im Rahmen einer erweiterten Behandlung eingesetzt.
- Während elektrische Wärmekissen keinen zusätzlichen Nutzen zeigen, könnten folgende externe Wärmequellen sinnvoll sein:
 - warmer, angefeuchteter Sauerstoff
 - direkter Körperkontakt (nur bei milder Hypothermie)
 - Beheizte Luft ist bei milder Hypothermie etwa ebenso effektiv wie Zittern.
- Isolieren Sie einen unterkühlten Patienten, indem Sie ihn in warme Tücher wickeln. Bedecken Sie auch den Kopf des Patienten und belassen Sie eine Öffnung über dem Gesicht, um die weitere Beurteilung zu ermöglichen.
- Messen Sie den Blutglukoswert und verabreichen Sie Glukose, falls notwendig. (Durch das Zittern verbrauchen die Muskeln mehr Glukose.) Bewusstseinsklare Patienten können warme, zuckerhaltige Getränke zu sich nehmen.

9.1.7 Schutz während der Arbeit

Die Exposition gegenüber Hitze ist nicht nur ein Problem für den Patienten, sondern auch für den First Responder, welcher hohen Temperaturen ausgesetzt sein kann. Der Hitze-Stress-Index (\rightarrow Abb. 9.6) zeigt, wie die Kombination aus Temperatur

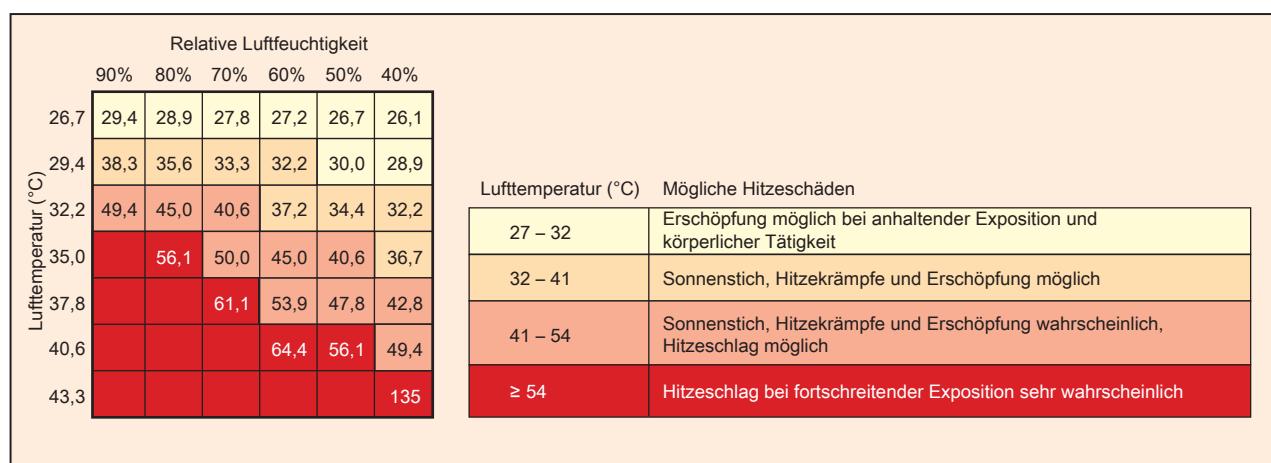


Abb. 9.6 Hitzeindex; aufgrund der Berechnungsmethode haben die Werte einen statistischen Fehler von $\pm 0,7$ °C. (Mit freundlicher Genehmigung des National Weather Service, Pueblo, Colo)

tur und Luftfeuchtigkeit bei mäßiger Hitze oder hoher Hitze Stressbedingungen schafft.

Seien Sie vorbereitet, wenn Sie großer Hitze ausgesetzt sind, durch die Strahlungswärme der Sonne oder in der Nähe eines Feuers. Dies vor allem bei Windstille oder harter Arbeit, wenn Sie ebenfalls Wärme produzieren.

Einige Unternehmen verwenden den WBGT-Hitzestressindex. Dieser Index, der oft über den lokalen Wetterdienst abrufbar ist, verwendet als Maßeinheiten die Lufttemperatur, die Feuchttemperatur und die Strahlungswärme sowie die Windgeschwindigkeit. Die Temperaturen werden gewichtet, um die Auswirkungen auf den Menschen während der Arbeit zu ermitteln.

- Feuchttemperatur (Feuchte) mit einem Anteil von 70 %
- Strahlungswärme und Windgeschwindigkeit mit einem Anteil von 20 %
- Lufttemperatur mit einem Anteil von 10 %.

Der Hitzestressindex berücksichtigt dabei nicht die Auswirkungen langer Stunden harter Arbeit und Dehydrierung oder die Auswirkungen der persönlichen Schutzkleidung und -ausstattung.

Wenn solche Hitzestressbedingungen vorhanden sind, müssen Sie Ihre Art zu arbeiten oder sportliche Aktivitäten auszuüben entsprechend anpassen. Reduzieren Sie Intensität oder Tempo. Es gibt individuelle Unterschiede in der Fitness, Akklimatisierung und Wärmetoleranz. Wenn Sie übertreiben, sind Sie besonders gefährdet, eine Störung des Wärmehaushaltes zu erleiden.

Wenn möglich beachten Sie folgende Grundsätze:

- Vermeiden Sie das Arbeiten in der Nähe von Wärmequellen.
- Arbeiten Sie vor allem während der kühleren Morgen- und Abendstunden.
- Passen Sie Ihre Aufgaben oder Ihre Ausrüstung an, um Ermüdungserscheinungen vorzubeugen.
- Legen Sie häufig Pausen ein.
- Vor allem: Nehmen Sie ausreichend Flüssigkeit zu sich.

Flüssigkeitshaushalt

Die Aufrechterhaltung des Flüssigkeitshaushaltes ist von wesentlicher Bedeutung für das Schwitzen und die Beseitigung der inneren Wärme bei körperlichen Aktivitäten. Zur Minimierung der Austrocknung und des Risikos einer Hyperthermie müssen Sie in ausreichender Menge Flüssigkeit vor, während und nach dem Training oder körperlicher Arbeit zu sich nehmen. Individuelle Merkmale (z. B. Körpergewicht, genetische Veranlagung, Anpassung an Hitze und metabolischer Zustand) beeinflussen die Schweißproduktion. Diese Faktoren haben Einfluss darauf, ob eine starke Schweißproduktion erfolgt oder nicht ausreichend Schweiß produziert wird. Beim Langstreckenlauf ist beispielsweise bekannt, dass der Körper in den Sommermonaten durchschnittlich 1,8 l Flüssigkeit pro Stunde (1,0 bis 2,6 l/Stunde)

verliert. Fußballer können in einer Stunde durchschnittlich 2,11 Flüssigkeit (1,1 bis 3,2 l/h) und bis zu 8,8 l am Tag verlieren.⁴⁹ Es sollte also selbstverständlich sein, bei großem Flüssigkeitsverlust häufig Pausen einzulegen, um sicherzustellen, dass der Körper während der gesamten Dauer der körperlichen Aktivität nicht mehr als 2 % des Körpergewichts verliert.

Vor Aufnahme der Aktivität sollten Sie viel Flüssigkeit trinken, um sich auf den Flüssigkeitsverlust vorzubereiten. Trinken Sie ausreichend Wasser, Fruchtschorlen oder ein isotones Sportgetränk. Vermeiden Sie übermäßigen Koffeingenuß, da dieser den Flüssigkeitsverlust über die Urinausscheidung erhöht. Es gibt keinen physiologischen Vorteil, wenn Sie übermäßig große Mengen an Flüssigkeit vor der körperlichen Aktivität zu sich nehmen. Das American College of Sports Medicine (ACSM) empfiehlt Flüssigkeiten langsam über mehrere Stunden vor einer körperlichen Aktivität zu sich zu nehmen. Der ausgeschüttete Urin sollte strohfarben in Erscheinung treten.

Während der Aktivität sollten Sie mehrmals Flüssigkeit zu sich nehmen, dabei gilt als Faustregel: ca. 250 ml Flüssigkeit/Stunde. Die individuelle Schweißproduktion kann variieren, damit ebenso die Menge an Flüssigkeit, die pro Stunde benötigt wird. Der Verbrauch von übermäßig viel Flüssigkeit, z. B. von mehr als 1,5 l/h über einen längeren Zeitraum, ist zu vermeiden, es sei denn, Ihre individuelle Verlustrate lässt dies zu. ACSM empfiehlt einen Ausgangspunkt von durchschnittlich 0,4 bis 0,8 l/Stunde bei der Ausübung intensiver Tätigkeiten (z. B. Marathon). Passen Sie die Menge an die individuell niedrigeren oder höheren Verlustraten bei schweißtreibenden Aktivitäten in kühlen oder warmen Umgebungen und für leichte und schwere Personen an.⁴⁹ Wasser ist das, was Sie am dringendsten benötigen, wenn Sie bei Hitze arbeiten.

Studien haben gezeigt, dass die meisten Menschen mehr trinken, wenn die Getränke leicht aromatisiert sind. Isotone Sportgetränke bieten hier eine gute Möglichkeit und helfen, den Flüssigkeitshaushalt sowie das Elektrolytniveau in Balance zu halten. Leider enthalten viele Sportgetränke große Mengen an Zucker, was die Aufnahme der aufgenommenen Flüssigkeit verlangsamt.

Nach der Aktivität müssen Sie weiter trinken, um Flüssigkeitsverluste auszugleichen. Um eine schnelle und vollständige Regeneration von Aktivitäten mit hohem Flüssigkeitsverlust zu erzielen, z. B. bei Feuerwehreinsätzen, trinken Sie ca. 1,5 l für jedes verlorene Kilogramm Körpergewicht.⁴⁹ Der Durst unterschätzt immer den eigentlichen Flüssigkeitsverlust. Sie sollten also mehr trinken, als Sie Durst haben. Die Aufnahme der Flüssigkeit wird verstärkt, wenn die zugeführten Flüssigkeiten Natrium und Kalium enthalten oder wenn Lebensmittel mit diesen Elektrolyten zusammen mit der Flüssigkeit eingenommen werden.

Natriumverlust durch Schwitzen kann leicht durch salzreiche Nahrung ausgeglichen werden. Nicht akklimatisierte Menschen verlieren in der Hitze mehr Salz, müssen also auch mehr

ersetzen. Allerdings darf auch der Konsum von Salz nicht übertrieben werden, da dies zur Beeinträchtigung der Temperaturregelung sowie zu Magenbeschwerden, Müdigkeit und anderen Problemen führen kann.

Machen Sie kaliumreiche Lebensmittel wie Bananen und Zitrusfrüchte zu einem festen Bestandteil Ihrer Ernährung und trinken Sie viel mit Zitrone gemischtes Wasser, Orangensaft oder Tomatensaft. Begrenzen Sie die Menge an Koffein, also Getränke wie Kaffee und Cola, denn Koffein erhöht den Flüssigkeitsverlust durch vermehrte Abgabe über den Urin. Vermeiden Sie alkoholische Getränke. Sie verursachen ebenfalls einen zusätzlichen Verlust an Flüssigkeit.

Sie können Ihren Flüssigkeitshaushalt überprüfen, indem Sie Menge, Farbe und Konzentration Ihres Urins beobachten: Geringe Mengen an dunklem, konzentriertem Urin und Schmerzen beim Wasserlassen deuten auf die Notwendigkeit einer Rehydratierung hin. Weitere Anzeichen für eine Austrocknung sind z.B. eine schnelle Herzfrequenz, Schwäche, starke Ermüdung und Benommenheit. Der rasche Verlust von mehreren Kilogramm Körpergewicht ist ein sicheres Zeichen für einen Flüssigkeitsmangel. Gleicht man diesen nicht aus, so kann das zu schweren Folgen wie Hitzschlag, Muskelabbau und Nierenversagen führen.

Schutzkleidung

Persönliche Schutzkleidung schafft ein Gleichgewicht zwischen notwendigem Schutz und Komfort. Aufgabe guter Schutzkleidung ist es nicht, die Hitze draußen zu halten, sondern übermäßige Körperwärme nach außen abzugeben, um die Temperaturregulierung im Gleichgewicht zu halten. Über 70 % der

Wärmebelastung, die während starker Aktivität erzeugt wird, kommt von innen. Nur 30 % stammt aus der Umwelt. Tragen Sie locker sitzende Kleidung, um die Luftzirkulation zu erhöhen. Tragen Sie T-Shirts und Unterwäsche aus Baumwolle, um dem Schweiß die Möglichkeit zu geben, zu verdunsten. Vermeiden Sie zusätzliche Schichten von Kleidung, die dazu beitragen, die Körperwärme zu erhöhen.

Individuelle Faktoren

Menschen unterscheiden sich in ihrer Reaktion auf Hitze. Einige Menschen haben ein höheres Risiko für Erkrankungen durch zu hohe Temperaturen. Die Gründe dafür sind meist genetisch bedingte Unterschiede in der Wärmetoleranz und der Möglichkeit, Schweiß zu produzieren. Übergewicht erhöht die metabolische Wärmeproduktion. Krankheiten, Drogen und Medikamente können ebenfalls Einfluss auf die Reaktion des Körpers in einer heißen Umgebung haben. Fragen Sie Ihren Arzt oder Apotheker, wenn Sie Medikamente einnehmen oder eine Erkrankung haben.

Trainieren und arbeiten Sie immer mit einem Partner zusammen, der im Falle eines Problems helfen kann. Erinnern Sie sich gegenseitig daran zu trinken und beobachten Sie sich gegenseitig. Wenn Ihr Partner eine Hypothermie entwickelt, behandeln Sie ihn sofort.

Jedes Jahr sterben oder verunfallen Menschen als Folge von Umwelteinflüssen wie Ertrinken und Beinahe-Ertrinken, Blitzschlag, Tauchunfällen und Höhenkrankheit. Aufgabe des Einsatzpersonals ist es daher, die Umwelteinflüsse zu verstehen, kleinere und größere Schädigungen zu erkennen und die dazugehörige Pathophysiologie zu verstehen.

Zusammenfassung

Vorbeugung

- Verbessern oder erhalten Sie ihre persönliche Fitness.
- Akklimatisieren Sie sich, um die Wärmeabgabe anzuregen.

Während der Aktivität

- Machen Sie sich die Arbeitsbedingungen bewusst (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftzirkulation).
- Legen Sie häufig Pausen ein.
- Vermeiden Sie zusätzliche Schichten Kleidung.
- Regulieren Sie ihr Arbeitstempo.

Flüssigkeitsersatz

- Der Flüssigkeitsersatz hat das Ziel, eine Dehydratation von mehr als 2 % des Körpergewichts zu verhindern.
- Trinken Sie vor der Arbeit mehrere Tassen Wasser, Saft oder ein Sportgetränk.
- Machen Sie während der Arbeit regelmäßig Pausen, um Flüssigkeit zu sich zu nehmen.

- Trinken Sie nach der Arbeit ebenfalls, um verlorenen Flüssigkeit in ausreichender Menge zu ersetzen.
- Denken Sie daran, dass nur Sie eine Austrocknung Ihres Körpers verhindern können.

Partner

- Arbeiten und trainieren Sie wenn möglich mit einem Partner.

Getränke

- Sportgetränke mit Kohlenhydraten (nicht mehr als 6–8 %; etwa 30–60 Gramm/Stunde) und Elektrolyten unterstützen die Flüssigkeitszufuhr, liefern Energie und verringern den Wasserverlust über den Urin. Kohlenhydrate helfen auch, die Funktion des Immunsystems und die geistige Leistungsfähigkeit zu erhalten.
- Getränke mit Koffein und Alkohol stören durch die Erhöhung der Urinausscheidung den Flüssigkeitsersatz.

Lösung Fallbeispiel 1

Die 76-jährige Patientin leidet an einer milden bis moderaten Form der Alzheimer-Erkrankung. Personen, die unter dieser Krankheit leiden, wandern umher und erleiden häufig Halluzinationen und Psychosen. Diese Patienten haben eine überdurchschnittlich hohe Mortalität aufgrund von Dehydratation, Hypothermie oder Ertrinken, wenn sie nicht innerhalb von 24 Stunden gefunden werden. Die Fatalitätsrate steigt noch weiter an bei Regen, sehr kalten und sehr warmen Außentemperaturen. Bei diesen Patienten ist die Sichtweise teilweise eingeschränkt, wodurch das Verhaltensmerkmal entsteht, dass die Patienten immer unsicher geradeaus gehen, bis ein Hinderniss auftaucht. Es ist für diese Patienten nicht unüblich, dass sie nach einem kürzlichen Umzug versuchen, zur alten Adresse zu gelangen, obwohl sie keine Ahnung haben, in welche Richtung sie gehen müssen. Begegnen Sie diesen Patienten von vorne und bewegen Sie sich langsam zur Seite. Diskussionen und Anweisungen werden selten zum gewünschten Resultat führen.

Nach einem schnellen ABC und der Anamnese nach weiteren Erkrankungen sollten Sie intensiv das „E“, die Umgebung, untersuchen, da die Patientin für mehrere Stunden bei einer gefühlten Temperatur von –9 °C draußen war. Wenn sie auf einer kalten Fläche saß oder lag, ist die Auskühlung deutlich beschleunigt worden. Daher muss schnell für Wärmeerhalt gesorgt werden; dieser Punkt ist umso wichtiger, wenn der Transport nicht sofort möglich ist. Achten Sie darauf, dass die Patientin vollständig in warme Decken eingehüllt ist. Behandeln Sie unterkühlte Patienten sehr vorsichtig, weil der Herzmuskel sehr empfindlich ist und auf Erschütterungen mit einer Tachykardie oder mit Kammerflimmern reagieren könnte. Verabreichen Sie Sauerstoff und überwachen Sie den Kreislauf. Denken Sie immer daran, dass der Patient nicht tot ist, bevor er erwärmt und im Krankenhaus für tot erklärt wird.

9.2 Ertrinken oder Beinahe-Ertrinken

Ertrinken ist eine häufige Todesursache,⁵⁰ insbesondere bei Kindern.⁵¹ Die aktuellen Definitionen von Ertrinken und Beinahe-Ertrinken lauten:^{52–55}

- Ertrinken Tod innerhalb von 24 Stunden nach einem Submersionsunfall (Unfall mit Versinken im Wasser)
- Beinahe-Ertrinken Überleben mindestens 24 Stunden nach einem Submersionsunfall.

9.2.1 Epidemiologie

Unabsichtliches Ertrinken ist die siebthäufigste Todesursache gemittelt über alle Altersklassen, die zweithäufigste Todesursache in den USA bei den 1- bis 14-Jährigen und die fünfhäufigste Todesursache bei Kindern unter einem Jahr.⁵⁰ Kinder sind gefährdet, in Badewannen, Wassereimern oder Toiletten zu ertrinken.⁵⁶ Die Inzidenz von Beinahe-Ertrinken ist etwa 500- bis 600-mal größer als das Ertrinken.⁵⁷ Jede Woche sterben ungefähr 40 Kinder durch Ertrinken, 115 werden in die Klinik eingeliefert und 12 erleiden irreversible Hirnschäden.⁵¹

Tab. 9.4 Tote durch Ertrinken und Beinahe-Ertrinken im Jahre 2006 in Deutschland

| Alter (Jahre) | Todesfälle |
|---------------|------------|
| 0–5 | 54 |
| 6–15 | 65 |
| > 15 | 1.241 |
| Gesamt | 1.360 |

Quelle: Todesursachen in Deutschland, Statistisches Bundesamt 2007

Die nicht tödlichen und tödlichen Verletzungen sind am häufigsten bei Kindern im Alter von 4 Jahren oder jünger (> Tab. 9.4) sowie bei Männern jeden Alters zu beobachten. Nicht tödliche Unfälle sind bei Männern etwa doppelt so häufig wie bei Frauen; bei den tödlichen Ertrinkungsunfällen sind es bei den Männern 5-mal so viel. Nicht tödliche Unfälle ereignen sich zu 75 % in Schwimmbädern, 70 % der tödlichen Unfälle spielen sich in natürlichen Gewässern ab.

9.2.2 Unfallmechanismen

Ein Unfall im Wasser beginnt häufig mit einer Panikreaktion, die zum Anhalten der Luft, konsekutivem Lufthunger und vermehrter körperlicher Aktivität führt, um an der Wasseroberfläche zu bleiben. Gemäß Augenzeugenberichten rufen oder winken Ertrinkungsoptiker nur selten um Hilfe, während sie sich über Wasser zu halten versuchen. Eher sieht man sie an der Oberfläche treiben, oder sie tauchen unter und schaffen es nicht mehr an die Oberfläche. Wenn sie länger unter Wasser tauchen, atmen sie reflexbedingt Wasser ein, was zu einem Hustenanfall und zu einem Laryngospasmus führt. Der Laryngospasmus ist der 1. Schritt beim Ersticken; danach werden die Betroffenen bewusstlos.

Ungefähr 15 % der Ertrinkungsoptiker erleiden ein „trockenes Ertrinken“, wobei der schwere Laryngospasmus das Eindringen von Wasser in die Lungen verhindert. Die anderen 85 % sind Opfer des „feuchten/nassen Ertrinkens“: Bei ihnen erschlafft der Laryngospasmus, die Glottis öffnet sich, und sie aspirieren Wasser in die Lungen.⁵⁸

Für den präklinischen Helfer sind diese Faktoren irrelevant. Die Hypoxie wird entweder durch einen Laryngospasmus oder durch Aspiration von Wasser hervorgerufen. Das Management am Einsatzort hat zum Ziel, die Hypoxie zu behandeln, um einen Herzstillstand zu vermeiden.

Überleben von Kaltwassersubmersion

Eine Hypothermie kann protektiv wirken. Sie entsteht rasant, wenn zusätzlich zur äußeren Kühlung eine Aspiration von kaltem Wasser erfolgt. Der schnelle Beginn einer Hypothermie nach Süßwasseraspiration ist auch Folge der raschen Absorption des kalten Wassers in der Lunge mit konsekutiver Kühlung des Gehirns.

Ein weiterer Faktor, warum vor allem Kinder einen Ertrinkungsunfall überleben, ist der **Tauchreflex von Säugetieren**. Dieser Reflex verlangsamt die Herzfrequenz, leitet Blut zum Gehirn um und verschließt die Atemwege. Es gibt jedoch Hinweise, dass nur etwa 15–30 % der Menschen über diesen Reflex verfügen.

- **Alter** Die kleinere Masse eines Kindes kühlst schneller aus als der Körper eines Erwachsenen, sodass weniger schädliche Nebenprodukte des anaeroben Stoffwechsels gebildet und geringere irreversible Schäden angerichtet werden.
- **Submersionszeit** Je kürzer die Zeit des Untertauchens, desto geringer das Risiko von Zellschäden durch Hypoxie. Reanimationsversuche sollten bis zu einer Submersionszeit von einer Stunde eingeleitet werden.
- **Wassertemperatur** Wassertemperaturen von $\leq 21^{\circ}\text{C}$ können eine Hypothermie verursachen.
- **Qualität der Wiederbelebung** Patienten, die adäquat wiederbelebt, erwärmt und nach ACLS-Richtlinien behandelt werden, haben bessere Chancen zu überleben. Sofortiger Beginn der CPR ist ein Schlüssel in der Behandlung hypothermer Patienten nach einem Submersionsunfall. Eine schlechte CPR-Technik ist gleichbedeutend mit einer schlechten Erfolgsquote.^{59,60}
- **Verletzungen oder Krankheiten** Patienten mit einer vorbestehenden Verletzung oder einer Erkrankung haben schlechtere Überlebenschancen.

9.2.3 Beurteilung

Die initialen Prioritäten sind:

1. Beugen Sie Verletzungen des Patienten und des Personals vor.
2. Planen Sie die Rettungsaktion aus dem Wasser schnell und führen Sie den Transport zügig aus.
3. Führen Sie die Rettung sicher aus. (Denken Sie an einen evtl. Sprung in seichtes Gewässer und die Notwendigkeit einer HWS-Immobilisation.)
4. Beurteilen Sie das ABC.
5. Behandeln Sie Hypoxie und Azidose.
6. Stellen Sie die kardiovaskulären Funktionen wieder her und halten Sie diese aufrecht.
7. Verhindern Sie weiteren Wärmeverlust des Körpers.

Am sichersten geht man initial davon aus, dass der Patient hypoxisch und hypotherm ist, bis das Gegenteil bewiesen ist. Behandeln Sie dementsprechend. Untersuchen Sie den Patienten kurz an Rumpf und an Extremitäten hinsichtlich lebensbedrohlicher Verletzungen und suchen Sie Schädel- und Rückenverletzungen insbesondere dann, wenn ein Trauma als Ursache des Unfalls nicht ausgeschlossen ist. Dennoch spielt eine

traumatische Schädigung bei den wenigsten Ertrinkungsunfällen eine Rolle.⁶¹ Ermitteln Sie die Vitalfunktionen und beurteilen Sie alle Lungenareale des Opfers; suchen Sie nach Kurzatmigkeit, Rasselgeräuschen, Brummen und Giemen. Diese Patienten können initial ohne Symptome sein, sich dann aber rapide verschlechtern und ein Lungenödem entwickeln.

9.2.4 Management

Patienten, die nach einem Ertrinkungsunfall vor Ort keinerlei Symptome zeigen, müssen trotzdem in einem Notfallzentrum weiter untersucht werden. Gewöhnlich werden alle symptomatischen Patienten mindestens 24 Stunden in einem Krankenhaus behandelt und überwacht. Viele asymptomatische Patienten werden nach 6–8 Stunden wieder entlassen, je nach klinischem Befund. Wichtig ist es, eine genaue Anamnese zu erarbeiten, mit dem genauen Unfallhergang und der Zeit unter Wasser sowie der medizinischen Vorgesichte.

Alle vermutlichen Ertrinkungsoptiker sollten mit 12–151 Sauerstoff pro Minute behandelt werden, unabhängig von ihrem klinischen Ersteindruck. Opfer von Beinahe-Ertrinken werden häufig erst nach 4–6 Stunden symptomatisch. Asymptomatische Patienten verweigern unter Umständen den Transport, weil sie keine unmittelbaren Beschwerden aufweisen. Nehmen Sie sich Zeit und erläutern Sie die Folgen des sekundären Ertrinkens. Überzeugen Sie die Patienten, sich in einer Notfallstation untersuchen und weiter überwachen zu lassen.

Bei einem symptomatischen Patienten nach Ertrinkungsereignis mit Zeichen von Angst, schneller Atmung, Atemproblemen und Husten müssen Sie von einer Lungenproblematik ausgehen, bis im Krankenhaus das Gegenteil bewiesen wird. Eine Immobilisierung der Halswirbelsäule ist bei allen Patienten mit Verdacht auf ein vorausgegangenes Trauma notwendig. Benutzen Sie bei bewusstlosen Patienten das Absauggerät, um die Atemwege zu reinigen, und halten Sie diese mit einem Hilfsmittel offen. Hypoxie und Azidose können durch eine adäquate Ventilation korrigiert werden.

Wiederbelebung

Ein rascher Beginn einer Herz-Lungen-Wiederbelebung nach ACLS-Richtlinien bedeutet für Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand nach einem Ertrinkungsunfall die beste Überlebenschance.⁵³ Die Opfer können eine Asystolie, pulslose elektrische Aktivität, eine pulslose ventrikuläre Tachykardie oder Kammerflimmern aufweisen. Befolgen Sie diesbezüglich die aktuell geltenden Richtlinien.

Wie in diesem Kapitel kurz erwähnt, ist es derzeit empfohlen, therapeutische Hypothermie bei Patienten mit Kreislaufstillstand durch Kammerflimmern anzuwenden. Dies kann auch bei anderen Formen des Kreislaufstillstandes einen positiven Effekt haben. Es gibt jedoch keinen Beleg für einen Benefit bei Patienten mit Beinahe-Ertrinken.

Routinemäßige HWS-Immobilisation ist bei Wasserrettung nicht notwendig, es sei denn, Anzeichen deuten auf eine mögliche Schädigung hin. Weiterhin kann sie die notwendige Atemspende verzögern.

CPR noch im Wasser ist aufgrund des fehlenden Widerstands ineffektiv. Achten Sie im Wasser vielmehr auf offene Atemwege und beatmen Sie apnoische Patienten bereits dort. Die Rettungsversuche sind am erfolgreichsten, wenn die Patienten in Flachlagerung gut beatmet werden und eine adäquate Thoraxkompression erfolgt. Es gibt keine Beweise dafür, dass Manöver zur Drainage der Lungen effektiv sind.

Unlängst ist empfohlen worden, das Heimlich-Manöver anzuwenden. Dieses ist aber weder für die Entfernung von Wasser aus den Lungen gedacht noch dazu, Erbrechen auszulösen, so dass das Risiko der Aspiration steigt. Aktuell rät die American Heart Association vom Heimlich-Manöver ab, es sei denn, ein Fremdkörper verlegt die Atemwege.⁶² Wenn der Patient

wieder spontan zu atmen beginnt, bringen Sie ihn in Seitenlage, um das Risiko einer Aspiration nach Erbrechen zu minimieren.

Befolgen Sie hinsichtlich des Abbruchs der Rettungsmaßnahmen und der Feststellung des Todes die lokalen Richtlinien. Generelle Richtlinien dafür sind ein Patient mit normaler Rektaltemperatur und Asystolie, Apnoe, Totenflecken, Totenstarre oder mit dem Leben nicht zu vereinbarenden Verletzungen. Patienten, die aus warmem Wasser gerettet wurden und trotz korrekter und suffizienter Wiederbelebungsmaßnahmen nach 30 Minuten immer noch keine Vitalzeichen zeigen, werden unter Umständen bereits vor Ort für tot erklärt.^{52,55} Bei Ertrinken im kalten Wasser richten sich die Rettungsmaßnahmen nach der Rektaltemperatur (gemäß ACLS-Leitlinien).

➤ Tab. 9.5 fasst Beurteilung und Management von Submersionopfern zusammen.

Tab. 9.5 Submersionopfer: Zusammenfassung von Beurteilung und Management

| Vorgesichte | Untersuchung | Maßnahme |
|---|--|---|
| Asymptomatischer Patient | | |
| Zeit unter Wasser | Aussehen | 8–10 l/min Sauerstoff |
| Unfallgeschehen | Vitalparameter | peripherenösen Zugang etablieren und offenhalten |
| Beschwerden | Kopf- oder Hals-verletzung? Auskultation aller Lungengrundröhren | Untersuchung bei Bedarf wiederholen |
| Patientenge-schichte | EKG-Monitor | Transport in die Notaufnah-me |
| Symptomatischer Patient | | |
| Unfallgeschehen | allgemeiner Ein-druck | 12–15 l/min Sauerstoff über Maske |
| Zeit unter Wasser, Wassertemperatur, Wasserqualität, Erbrechen, Art der Rettung | Bewusstseinssta-tus (AVPU) | peripherenösen Zugang le-gen und offenhalten; bei Bedarf frühe Intubation |
| Symptome | Vitalparameter, EKG-Monitor | Transport in die Notaufnah-me |
| Wiederbelebung vor Ort | ABCDE beurteilen, Vitalparameter, automatischer exter-ner Defibrillator (AED) oder EKG/Defibrillator | mit Herz-Lungen-Wiederbelebun-g beginnen; ggf. frühe Intubation; 100 % Sauerstoff über Beutel-Maske und Reservoir; Magensonde erwägen, um den Magen zu entlasten; ACLS/ALS-Richtlinien bei Kammerflim-mern und Asystolie beach-ten; ACLS/ALS-Hypothermie-Richtlinien beachten |

Modifiziert nach: Schoene RB, Nachat A, Gravatt AR, Newmann AB: Submersion incidents. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby Elsevier.

9.2.5 Wasserrettung

Helfen Sie durch Kommunikation mit, der Bevölkerung die Risikofaktoren im Bereich von Wasser zu vermitteln. Bilden Sie sich weiter, um sich im Rahmen eines Notfalleinsatzes am und im Wasser nicht selbst in Gefahr zu bringen. Ein ertrinkendes, um sein Leben kämpfendes und in Panik geratenes Opfer kann für den Helfer im Wasser ein Risiko darstellen. Erkennen Sie die Situation und schützen Sie sich selbst und Drittpersonen.

Viele Wasserrettungsorganisationen empfehlen den Einsatz von speziell trainierten Wasserrettern. Falls diese nicht vorhanden sind, gewährleisten Sie Ihre eigene Sicherheit, bevor Sie sich ins Wasser begeben. Versuchen Sie zuerst, den Patienten mit einer Stange an Land zu ziehen, oder werfen Sie ihm ein Seil oder einen Rettungsring zu. Falls Sie ins Wasser müssen, ist es empfehlenswert, dies mit einem Hilfsmittel wie einem Boot oder einem Surfbrett zu tun. Es sind schon viele Helfer ertrunken, die sich wohlwollend ins Wasser begeben haben, ohne ihre eigene Sicherheit zu gewährleisten.

➤ Abb. 9.7 zeigt einige Hilfsmittel zur Wasserrettung so wie zur Versorgung eines Traumapatienten (HWS-Immobilisation).

9.2.6 Längerer Transport nach Beinahe-Ertrinken

- Asymptomatische Patienten können im späteren Verlauf symptomatisch werden.
- Verabreichen Sie 12–15 l über eine Maske mit Reservoir.
- Bestimmen Sie den GCS-Wert und wiederholen Sie dies re-gelmäßig; anhand des Verlaufs können Aussagen zum kli-nischen Ergebnis gemacht werden.
- Messen Sie die Rektaltemperatur.

9.3 Blitzschlag

Fallbeispiel 2

An einem heißen, schwülen Sommertag haben Sie einen Einsatz am Golfplatz Höhe Loch 18. Es handelt sich um eine bewusstlose männliche Person. Auf dem Weg zum Einsatzort erhalten Sie die Information, dass ein schnell durchziehendes Gewitter mit Hagel, Regen und Blitzschlag den Golfplatz passiert hat. Als Sie den Einsatzort erreichen, sehen Sie einen Golfer auf dem Rasen liegend, einen zweiten sitzend gegen einen Baum gelehnt, mit einigen Helfern in der Nähe. Die Szene erscheint sicher, ein großer Ast ist zu Boden gestürzt und dunkle Wolken ziehen schnell ostwärts ab.

Während Sie die Verletzten aufsuchen, versuchen Kollegen weitere Informationen über den Notfall zu erhalten. Ein unverletzter Golfer der Gruppe berichtet, dass das Gewitter mit hoher Windgeschwindigkeit, starkem Regen, großen Blitz-

einschlägen und Donnern einhergegangen sei. Die beiden verletzten Golfer rannten zu einem großen Baum, die anderen beiden in das Clubhaus. Offenbar schlug dann ein Blitz in den Boden in unmittelbarer Entfernung zu den zwei schutzsuchenden Golfern ein. Sie dachten, dass beide vom Blitz getroffen wären – einer schien tot, der andere verletzt und benommen.

Ist diese Szene sicher? Wie leiten Sie die schnelle Versorgung der beiden Verletzten ein?

Welche Prioritäten setzen Sie bei der Triage? Wie werden Blitzschlagverletzungen versorgt?

Welche Überlegungen in Bezug auf Stromschlagverletzungen müssen Sie noch machen? Sind noch andere primäre oder sekundäre Verletzungen zu beachten?

Bei den Todesfällen aufgrund von Unwettern steht Blitzschlag direkt nach Flutschäden an zweiter Stelle. In den USA ereignen sich jedes Jahr etwa 100.000 Unwetter, fast immer verbunden mit Blitzschlag. Pro Jahr werden zirka 75.000 Waldbrände durch Blitzschlag entfacht.⁶⁴ Die größte Zerstörungskraft haben Blitze, die sich auf dem Erdboden entladen ([Abb. 9.8](#)). Sol-

che Blitze treten pro Jahr etwa 20 Millionen Mal auf, an einem Sommernachmittag zirka 50.000 pro Stunde ([Abb. 9.9](#)).^{65,66}

Jedes Jahr sterben in den USA 50–300 Menschen an Blitzschlag und zirka 1.000 werden durch Blitze verletzt.^{63,67} Die größten Gefahren stellen neurologische und kardiopulmonale Verletzungen dar.



Abb. 9.7 Hilfsmittel zur Wasserrettung und zur Versorgung eines Traumapatienten. **a:** Rettungsring mit Leine, **b:** Abschleppmöglichkeit, **c:** Wasserrettungssystem

9.3.1 Epidemiologie

Zwischen 1980 und 1994 starben in den USA 1.318 Menschen aufgrund eines Blitzschlags,⁶⁸ davon waren 85 % Männer und 68 % waren zwischen 15 und 44 Jahre alt. Die höchste Todesrate betraf die 15- bis 19-Jährigen. Eine Analyse zeigt, dass etwa 30 % der Opfer von Blitzeinschlägen sterben und 74 % der Überlebenden permanente Schäden davontragen. Opfer mit Verbrennungen am Kopf oder Beinen sind einem größeren Todesrisiko ausgesetzt.⁶⁹ 52 % der tödlich verletzten Opfer befanden sich im Freien, von diesen waren 25 % bei der Arbeit. In 63 % der Fälle trat der Tod innerhalb einer Stunde ein.⁶⁷

9.3.2 Verletzungsmechanismen

Verletzungen durch Blitzschlag können durch fünf Mechanismen entstehen:^{64,70,71}

- **Direkter Blitzschlag** kommt vor, wenn sich das Opfer in einer offenen Umgebung ohne Schutz befindet.



Abb. 9.8 Blitzschlag aus den Wolken in den Boden, hier ein sog. Fächerblitz (Aus: Cooper MA, Andrews CJ, Holle RL, Lopez RE: Lightning injuries. In Auerbach P: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby, Elsevier)

- **Überspringende Blitze** ereignen sich, wenn die Blitze auf ein Objekt (Gebäude, Baum) treffen und auf ein oder mehrere Opfer übertreten. Sie können von Person zu Person, von Baum zu Person oder auch von einem Telefon auf eine Person überspringen.

- **Kontakt** entsteht, wenn eine Person in direktem Kontakt mit dem getroffenen Objekt steht oder wenn der Blitz überspringt.

- **Schrittspannung** entsteht, wenn der Boden oder ein nahe gelegenes Objekt von einem Blitz getroffen wird. Der Strom breitet sich radial aus. Menschliches Gewebe bietet dem Strom weniger Widerstand als der Boden, weshalb der Strom beispielsweise das eine Bein hinauf- und das andere wieder hinunterfließen kann.

- **Indirekte Verletzung.** Ein stumpfes Trauma kann durch die von einem Blitz erzeugte Druckwelle entstehen. Eine Person kann dadurch 9–10 Meter durch die Luft geschleudert werden. Verletzungen können auch durch Waldbrände, Hausbrände und Explosionen nach Blitzschlag entstehen.

Sechs Faktoren beeinflussen den Schweregrad einer Verletzung durch Strom oder Blitzschlag: Art des Stromkreises, Dauer der Exposition, Spannung, Stromstärke, Gewebewiderstand und der Weg des Stroms. Die Hitze, die bei Kontakt mit dem Strom im Körper generiert wird, ist direkt proportional zur Stromstärke, zum Gewebewiderstand und zur Dauer des Kontakts. Wenn sich der Widerstand von einem Gewebe zum nächsten erhöht (von Nerven auf Muskeln und Knochen), so nimmt auch die freigesetzte Hitze zu, wenn der Strom hindurchfließt.

Wie > Tab. 9.6 zeigt, bestehen zwischen dem Verletzungsmechanismus bei einem Blitzschlag und bei Hochspannungsunfällen große Unterschiede.

Ein Blitzschlag generiert Millionen von Volt und die Exposition ist extrem kurz (Zehntel- bis Tausendstelsekunde). Die Temperatur eines Blitzes liegt durchschnittlich bei ungefähr 8.000 °C.⁷⁰ Im Gegensatz dazu ist man bei Hochspannungsunfällen einer viel kleineren elektrischen Spannung ausgesetzt.

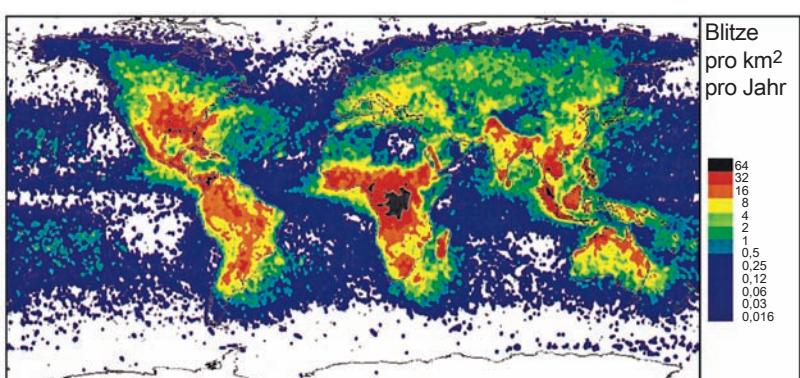


Abb. 9.9 Weltweite Häufigkeit von Blitzschlägen 1989–1996 (Aus: Huffines GR, Orville RE: Lightning ground flash density and thunderstorm duration in the continental United States, 1989–1996, *J Appl Meteorol* 38: 1.013, 1999)

Tab. 9.6 Vergleich von Blitzschlag und Starkstromverletzungen

| Parameter | Blitzschlag | Hochspannungsunfall |
|---------------------------|---|---|
| Energie | 30.000.000 Volt, 50.000 Ampere | meist deutlich geringer |
| Expositionszeit | kurz, schlagartig | ausgedehnt |
| Weg des Stroms | Lichtbogen, Austrittsverletzung | in der Tiefe, im Körper |
| Verbrennungen | oberflächlich, gering | in der Tiefe, im Körper |
| Kreislauf | sofortiger oder auch verzögter Kreislaufstillstand, Asystolie | Kammerflimmern |
| Niere | selten Myoglobin oder Blut im Urin | häufig Nierenversagen mit Myoglobin im Urin |
| Fasziotomie | selten notwendig | häufig, früh und ausgedehnt nötig |
| Ursache stumpfer Traumata | explosionsartige Wirkung des Donners | Stürze, Abstoßung durch die Stromquelle |

Modifiziert nach: Cooper MA, Andrews CJ, Holle RL, Lopez RE: Lightning injuries. In: Auerbach P: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby, Elsevier

Aber der Hauptunterschied zwischen Blitzschlag und einer Hochspannungsverletzung ist die Dauer der Exposition.⁷⁰

Blitze, die bis zu 0,5 Sekunden einwirken, können allerdings Verletzungen verursachen, die denen einer Hochspannungsverletzung ähnlich sind. Ein solcher „heißer Blitzschlag“ kann tiefe Verbrennungen hervorrufen, Bäume explodieren lassen und Brände entfachen. Blitze können Ein- und Austrittswunden erzeugen. Meist breiten sie sich aber über den ganzen Körper aus. Man bezeichnet dies als Funkenüberschlag. Dabei kann der Strom auch durch die Augen, Ohren, Nase oder Mund eintreten. Durch Funkenüberschlag kann Schweiß verdampfen und Teile von Kleidern oder die Schuhe können von einem Blitzschlagopfer weggeschleudert werden.

Tab. 9.7 Blitzschlagverletzungen: häufige Symptome und Therapien

| Verletzungsgrad | Symptome | Behandlung |
|-----------------|---|--|
| Leicht | Fehlempfindungen in den Extremitäten, Verwirrtheit, Amnesie, kurze Bewusstlosigkeit, Taubheit und/oder Blindheit; Riss des Trommelfells | Eigenschutz, ABCDE, Anamneseerhebung und Untersuchung, EKG-Monitor, Sauerstoffgabe und Transport zur Überwachung |
| Mittel-schwer | desorientiert, aggressiv, gelähmt, Frakturen, stumpfe Traumata, fehlende Pulse in den unteren Extremitäten, spinaler Schock, Krampfanfälle, kurzfristiger Kreislaufstillstand, Bewusstlosigkeit | Eigenschutz, ABCDE, Anamneseerhebung und Untersuchung, ggf. Reanimation, EKG-Monitor, Sauerstoffgabe und Transport zur Überwachung |
| Schwer | alle oben genannten, zusätzlich Flüssigkeit aus dem Gehörgang, Kammerflimmern oder Asystolie | Reanimation inkl. erweiterter Maßnahmen, bei mehreren Patienten „reverse“ Triage (CBA) |

Aus: O'Keefe GM, Zane RD: Lightning injuries, *Emerg Med Clin North Am* 22: 369, 2004 und Cooper MA, Andrews CJ, Holle RL, Lopez RE: Lightning injuries. In: Auerbach P: *Wilderness medicine*, 5. Aufl., St Louis, 2007, Mosby, Elsevier

- Trommelfellruptur
- vorübergehende Taubheit
- Erblindung
- vorübergehende Bewusstlosigkeit
- vorübergehende Parästhesien
- Muskelschmerzen
- Hautverbrennungen (selten)
- vorübergehende Lähmung.

Die Opfer weisen normale Vitalfunktionen oder eine milde Hypotonie auf und erholen sich gewöhnlich gut und komplett.⁷²

9.3.3 Verletzungen durch Blitzschlag

Verletzungen durch Blitzschlag reichen von kleinen, oberflächlichen Wunden bis zu Polytrauma und Tod. Um eine Aussage zu Erholung und Prognose machen zu können, werden die Verletzungen in drei Schweregrade eingeteilt: geringfügig, mittelschwer, schwer (Tab. 21.8).

Geringfügige Verletzungen

Die Patienten sind ansprechbar und berichten über ein unangenehmes Missemmpfinden (Dysästhesie) in der betroffenen Extremität. In schweren Fällen berichten sie, von einer Explosion getroffen worden zu sein, da sie sich der eigentlichen Ursache nicht bewusst sind. Die Betroffenen weisen folgende Symptome auf:

- Verwirrtheit
- Amnesie

Mittelschwere Verletzungen

Opfer mit moderaten Verletzungen haben progressive, einzelne oder mehrere Systeme betreffende Verletzungen, von denen einige lebensbedrohend sind. Einige Patienten dieser Kategorie weisen bleibende Schäden auf. Folgende Symptome können vorhanden sein:⁷²

Sofortige Symtome

- neurologische Symptome
- Krampfanfälle
- Schwindel
- Verwirrung
- Amnesie
- stumpfe Verletzungen
- Brustschmerzen, Muskelschmerzen
- Trommelfellriss
- Kopfschmerzen, Überkeit
- Kreislaufstillstand.

Langzeitfolgen können sein

- Gedächtnisstörungen
- neuropsychologische Veränderungen
- Reizbarkeit
- chronische Schmerzen
- Persönlichkeitsveränderungen
- Krämpfe.

Je nach Lokalisation des Blitz einschlags treten verschiedene Symptome auf. Wenn der Blitz das Atemzentrum im Gehirn beeinträchtigt, kann ein anhaltender Atemstillstand mit konsekutivem Herz-Kreislauf-Stillstand resultieren.⁷² Opfer dieser Kategorie können unter Umständen einen unmittelbaren Herz-Kreislauf-Stillstand erleiden, wobei das Herz spontan wieder einen Sinusrhythmus generieren kann.⁶⁹ Da ein unmittelbarer Herz-Kreislauf-Stillstand die größte Gefahr bei Blitzunfällen darstellt, müssen Sie sofort das ABC durchführen.

Schwere Verletzungen

Opfer mit schweren (kardiovaskulären und neurologischen) Verletzungen durch Blitzschlag oder mit verzögertem CPR haben eine schlechte Prognose. Sie werden oft mit Asystolie oder Kammerflimmern angetroffen. Blitzschlag bewirkt eine gleichzeitige Depolarisation des gesamten Myokards.⁷³ Die American Heart Association empfiehlt konsequente Reanimationsbemühungen für Patienten, die primär einen Kreislaufstillstand erlitten haben. Dies beruht auf sehr positiven Ergebnissen nach durchgeführten Reanimationen, da diese Patienten meist jung sind und keine kardialen Vorerkrankungen bestehen.⁷³

Es ist nicht ungewöhnlich, dass der anfängliche Herzstillstand in eine spontane Erholung der elektrischen Aktivität mündet, jedoch kann jeder anhaltende Atemstillstand eine sekundäre Hypoxie mit Herzstillstand nach sich ziehen. Wenn es zu einer längeren Ischämiezeit gekommen ist, werden die Reanimationsaussichten sehr schlecht.

Andere typische Verletzungen sind Trommelfellverletzungen mit Liquor- und Blutaustritt in den Gehörgang, Augenverletzungen sowie verschiedene Arten von stumpfen Traumata durch Stürze, z. B. Weichteilverletzungen, Schädel- und Rippenfrakturen, Extremitäten- sowie Wirbelsäulenfrakturen. Viele Verletzte weisen keinerlei Verbrennungen auf. Bei den Patienten mit Hautverbrennungen durch Blitzschlag sind meist weniger als 20 % der Körperoberfläche betroffen.⁷²

9.3.4 Beurteilung

Wie immer ist der erste Schritt die Beurteilung der Sicherheit am Einsatzort. Blitzschlag stellt im Umkreis von 16 Kilometern um ein Gewitter immer noch eine gewisse Gefahr dar.⁷⁰ Der Verletzungsmechanismus ist ohne Augenzeugen nicht immer klar, denn auch an einem als schön wahrgenommenen Tag kann sich ein Blitzschlag ereignen. Die Patienten weisen keine elektrische Ladung auf und können problemlos berührt werden.

Sobald der Patient stabil ist, muss eine Kopf-bis-Fuß-Untersuchung nach Verletzungen stattfinden. Beurteilen Sie das Bewusstsein und untersuchen Sie alle vier Extremitäten auf neurologische Veränderungen, da eine transiente (vorübergehende) Lähmung (bekannt als Keraunoparalyse) vorhanden sein kann. Opfer eines Blitzschlags zeigen oft eine Dysfunktion des autonomen Nervensystems mit dilatierten Pupillen, was als Schädel-Hirn-Trauma fehlinterpretiert werden könnte.⁷⁴ Untersuchen Sie die Augen – 55 % der Opfer erleiden okuläre Schädigungen. Suchen Sie Blut oder Liquor in den Gehörgängen; etwa die Hälfte der Opfer weist ein- oder beidseitige Trommelfellrupturen auf. Die Wahrscheinlichkeit, dass solche Patienten ein stumpfes Trauma erlitten haben, ist groß; immobilisieren Sie deshalb die Halswirbelsäule während der Patientenbeurteilung. Untersuchen Sie die Haut hinsichtlich Verbrennungswunden. Häufig werden sogenannte Lichtenberg-Blumen, gefiederte Hautzeichnungen, gefunden; diese sind keine Verbrennungen und verschwinden nach 24 Stunden wieder. Verbrennungen werden eher sekundär im Rahmen von entzündeten Kleidern oder heißem Schmuck beobachtet.

9.3.5 Management

Priorität im Management von Blitzschlagopfern haben die Ei gensicherung sowie die Sicherung und Stabilisierung der Atemwege, der Atmung und des Kreislaufs. Gehen Sie dabei nach den aktuell geltenden Richtlinien vor. Verabreichen Sie Sauerstoff. Fixieren Sie offensichtliche Frakturen und immobilisieren Sie die Halswirbelsäule. Im Falle eines Kreislaufstill standes starten Sie die CPR mit 5 Zyklen (2 Minuten), danach evaluieren Sie den Herzrhythmus mittels AED und verfahren gemäß den gültigen Richtlinien.⁶⁵ Nutzen Sie hierzu die Leitlinien der AHA für blitzinduzierte Kreislaufstillstände für ACLS und PALS, die anderweitig diskutiert werden.

Leiten Sie ggf. eine Schockbehandlung ein und achten Sie auf Hypothermie. Verabreichen Sie 100 % Sauerstoff bei mittleren und schweren Formen der Verletzung. Stabilisieren Sie Frakturen und führen Sie eine Immobilisation der HWS durch. Auch Leichtverletzte sollte vorsorglich ins Krankenhaus trans portiert werden.

Wie bereits erwähnt, haben Opfer eines Blitzunfalls eine höhere Wahrscheinlichkeit auf einen positiven Reanimationsausgang, wenn diese früh und effektiv begonnen wurde. Allerdings gibt es wenig Anhaltspunkte dafür, dass eine Reanimationszeit von über 20–30 Minuten noch zu einem Reanimationserfolg führt.⁶⁴ Bevor Sie Ihre Maßnahmen abbrechen, sollten alle Anstrengungen unternommen werden, um die Atemwege offen zu halten, den Patienten mit Sauerstoff zu beatmen.

Wenn mehrere Patienten von einem Blitzschlag getroffen wurden, so müssen Sie triagieren. Hierbei gilt allerdings die Regel, „die Toten zu reanimieren“, da diese entweder einen Atemstillstand oder einen Herz-Kreislauf-Stillstand haben und eine große Wahrscheinlichkeit für eine Erholung besteht.^{70,75} Bei Patienten dagegen, die einen Blitzschlagunfall überlebt ha-

ben, besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit für eine Verschlechterung ihres Zustandes, außer wenn die Verletzungen mit Traumata und okkulten Blutungen einhergingen.

9.3.6 Längerer Transport

- Beginnen Sie unmittelbar mit CPR.
- Wenden Sie in einer Situation mit mehreren Verletzten die „umgekehrte (reverse) Triage“ an: Reanimieren Sie zuerst

Patienten, die keine Lebenszeichen aufweisen. Dennoch haben ausgedehnte Wiederbelebungsversuche ein schlechtes Outcome. Bevor Sie die Wiederbelebungsmaßnahmen aufgeben, sollten Sie Maßnahmen zur Korrektur einer Hypoxie, Hypovolämie, Hypothermie und Azidose getroffen haben.

- Beurteilen Sie den Patienten hinsichtlich eines Hirnödems und eines erhöhten intrakraniellen Druckes. Bestimmen Sie den GCS und wiederholen Sie dies alle 10 Minuten, um den Verlauf beurteilen zu können (➤ Kap. 6)

Lösung Fallbeispiel 2

Bei Eintreffen am Einsatzort fällt Ihnen sofort eine bewusstlose männliche Person auf. Jedoch sollten Sie an mehrere Verletzte denken, da Golf ein Partnersport ist. Es ist häufig der Fall, dass bei Blitzschlägen auch die nahestehenden Personen mit verletzt werden. Daher ist es wichtig, nach evtl. weiteren Verletzten zu suchen. Achten Sie aber auf jeden Fall auf Ihre eigene Sicherheit. Auch wenn Sie keinen Donner hören, sollten Sie darauf hinweisen, dass weiterhin eine Gefahr von den dunklen Wolken ausgehen kann. Man weiß, dass ein Blitz mehrfach in denselben Bereich einschlagen kann, obwohl der Sturm bereits vorüber und weit entfernt ist. Die Verletzten sind nicht elektrisch aufgeladen und stellen somit keine Gefahr für das Einsatzteam dar. Die Hilfe sollte deshalb nicht verzögert einsetzen!

Bei mehreren Verletzten führen Sie als Erstes eine Triage durch und behandeln Sie die reanimationspflichtigen Patienten zuallererst. Die Wahrscheinlichkeit für die Wiederherstellung eines Spontankreislaufes ist sehr hoch, wenn sofort CPR und ACLS geleistet werden. Anschließend wird eine Untersuchung vom Kopf bis zu den Füßen eingeleitet, wobei

ein besonderes Augenmerk auf die Augen sowie den Gehörgang gelegt wird. Suchen Sie nach Anzeichen eines stumpfen Traumas und bestimmen Sie den GCS, da viele Opfer unter einer vorübergehenden Lähmung der unteren/oberen Extremitäten leiden können. Richten Sie Ihr Augenmerk auch auf Eintritts- oder Austrittsverletzungen. Direkte Verbrennungen durch Blitzschlag sind selten, können aber durch brennende Kleider, Schuhe oder heiße Gegenstände aus Metall, wie Gürtel oder Schmuck (der vom Körper entfernt werden sollte) entstehen.

Sobald alle Verletzten beurteilt worden sind, versorgen Sie alle Patienten mit schweren Verletzungen mit Sauerstoff in hoher Flussrate, schienen Sie Frakturen und immobilisieren Sie alle Verletzten mit stumpfen Traumata. Denken Sie frühzeitig an Hypothermie, wenn der Patient vom Regen nass ist und auf dem kalten Boden liegt. Alle Verletzten müssen zur weiteren Abklärung und Behandlung der Verletzung und ihrer Folgen in eine geeignete Notaufnahme transportiert werden.

9.4 Notfallmedizin in der Wildnis

Eine Suchmannschaft der Bergrettung ist mit einer Trage auf einem Wanderweg zu einem Patienten unterwegs, als ein Mitglied des Teams, eine gesunde 26-jährige Frau, ausrutscht und stürzt. Die Sturzhöhe beträgt zwar nur etwa einen halben Meter, sie landet jedoch mit dem Rumpf auf einem Felsen und leidet durch den Aufprall für etwa 1–2 Minuten unter akuter Atemnot. Nach kurzer Pause steht sie wieder auf und beteiligt sich erneut am Transport der Trage, nachdem sie versichert hat, keinerlei Beschwerden mehr zu haben. Etwa 3 km vom Ausgangspunkt des Wanderweges entfernt, wird der verletzte Wanderer mit einer Sprunggelenkfraktur aufgefunden. Er wird aufgenommen, und das Team beginnt den Rückweg zur Straße. Geplant ist, den Patienten mit dem dort wartenden Krankenwagen

Fallbeispiel 3

bodengebunden zur Notaufnahme eines etwa eine Stunde entfernten kleinen Kreiskrankenhauses zu bringen. Plötzlich klagt die Frau, die auf dem Hinweg gestürzt war, über Übelkeit und Schmerzen in der linken Schulter, dann über leichte Benommenheit. Bei der Untersuchung ist sie blass, der Puls ist bei noch normalem Blutdruck beschleunigt, und sie gibt einen leichten Druckschmerz im linken Oberbauch an.

Welche Verletzungen könnte die Mitarbeiterin der Bergrettung erlitten haben? Wie sollte das Team die vorhandenen Kräfte und Mittel aufteilen, um beide Patienten bestmöglich zu versorgen? Welche zusätzlichen Vorkehrungen sollten für den Transport der beiden Patienten getroffen werden?

9.4.1 Richtige Patientenversorgung ist kontextabhängig

Obwohl unser medizinisches Wissen, das Verständnis und die eingesetzten Technologien sich von Monat zu Monat weiterentwickeln, ändern sich die **Prinzipien** der medizinischen Versorgung im Verlauf von Jahren nur geringfügig. „*Der kritisch verletzte Patient muss so schnell wie möglich transportiert werden, ohne detaillierte Untersuchung und ohne Behandlung nicht kritischer Verletzungen.*“¹ Der Umfang einer angemessenen Versorgung ist dennoch kontextabhängig, und der Umfang der Maßnahmen, die mit „detaillierter Untersuchung“ und „Behandlung nicht kritischer Verletzungen“ bzw. Zustände gemeint sind, variiert abhängig von den Umgebungsbedingungen. Das Ausmaß der Maßnahmen wird bei gleichem Befund bei der Versorgung im Rahmen der Höhlenrettung deutlich von dem im Rahmen der innerstädtischen Rettung abweichen (► Abb. 9.10). Dieses Konzept wurde bereits im ► Kap. 1 vorgestellt: Die jeweilige Situation, der Ausbildungsstand und das Wissen der Helfer, die Bedingungen am Unfallort und die verfügbare Ausrüstung beeinflussen die Versorgung des Patienten.

Stellen Sie sich einen Patienten mit einer dislozierten, komplexen Schulterfraktur vor. Was wäre die korrekte Versorgung im Operationssaal? In den meisten Fällen wird sie eine offene Korrektur der Fehlstellung und eine osteosynthetische Versorgung mit einem Fixateur interne umfassen. Die korrekte Versorgung in einem Operationssaal entspricht nicht den Maßnahmen in der Notaufnahme. Es wäre nicht angemessen, dort eine offene, operative Versorgung anzustreben. In der Notaufnahme werden Röntgenaufnahmen erstellt, um das Ausmaß



Abb. 9.10 Wildnis

der Fraktur zu beurteilen, und eine kurz wirksame Schmerztherapie eingeleitet, um ggf. eine geschlossene Reposition durchzuführen. Dies erfolgt mit dem Ziel, die Schmerzen und die Schwellung zu reduzieren, die Knochen wieder achsengerecht zu stellen und damit den Druck auf Nerven und Blutgefäße zu verringern. Die definitive Versorgung wird dann wie oben beschrieben verzögert erfolgen.

Diese in der Notaufnahme angemessene Versorgung entspricht wiederum nicht den Maßnahmen, die am Unfallort durchgeführt werden.

Schließlich entspricht eine adäquate Versorgung im städtischen Umfeld sicher nicht einer adäquaten Versorgung in der Wildnis (► Abb. 9.11). Welche Maßnahmen sind möglich und sinnvoll, wenn der Patient bei einer Höhlenbegehung abgestürzt ist, wenn er sich bereits 1 km von ihrem Eingang entfernt hat? Es ist ein mehrstündiger Transport innerhalb der Höhle zu erwarten, an den sich dann noch die Fahrt in das nächstgelegene, vielleicht mehrere Stunden entfernte Krankenhaus anschließt. In den meisten Fällen bleibt eine korrekte Versorgung unabhängig vom Ort, an dem sie durchgeführt wird. Unterschiede und Begrenzungen sind vor allem durch das verfügbare Material und den Ausbildungsstand des Helfers bedingt.

Für eine kleine, jedoch nicht zu vernachlässigende Zahl von Situationen bestehen allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Notfallmaßnahmen, die im besiedelten Gebiet bzw. in der Wildnis jeweils als angepasst und sinnvoll zu bezeichnen sind. Dies führt uns zu den folgenden, wichtigen Fragen, die dann im weiteren Verlauf dieses Kapitels beantwortet werden sollen:

- Wann sind welche der für die reguläre notfallmedizinische Versorgung im städtischen Umfeld vorgesehenen Maßnahmen auch in der Wildnis sinnvoll?
- Welche Verfahren sollen angewendet werden, wenn man in der Wildnis von den regulären Vorgehensweisen abweichen muss? Gibt es dazu schriftliche Grundlagen?



Abb. 9.11 Die Versorgung von Unfällen wird in der Wildnis oft durch widrige Umweltbedingungen und schwieriges Gelände behindert – Rettungsmittel müssen an diese Lage angepasst werden (Foto: Karsten Ladehof).

- Wie reagiert man in Situationen, in denen man sich betreffs Art und Ausmaß der Verletzung unsicher ist? Wie soll man z. B. in den beschriebenen Fällen feststellen, ob es sich um eine dislozierte Fraktur handelt, wenn man den Patienten kaum erreichen kann, sei es in einem deformierten Fahrzeug oder in einer Höhle an einem Seil über eine Steilkante hängend?
- Wie entscheidet man für einen bestimmten Patienten in einer spezifischen Situation, ob man eher notfallmedizinische Standards anwendet oder ob eine Behandlung, die den Aspekt der verzögerten Versorgung berücksichtigt, also „Wildnis-Medizin“, besser geeignet ist?
- Welche Kriterien ermöglichen die Zuordnung zu einem dieser Systeme und wie reagiert man auf das Spektrum der Fälle, die nicht eindeutig zugeordnet werden können?

Denken Sie an den Patienten mit der dislozierten Schulterfraktur, wenn Sie weiterlesen. Eindeutige Antworten können in vielen dieser Fälle nicht gegeben werden, oft ist „abhängig von weiteren Rahmenbedingungen“ die korrekte Antwort. Trotzdem sollen hier wenigstens gute Hintergrundinformationen und Entscheidungshilfen dargestellt werden, auf deren Basis der Helfer dann seine Entscheidung für die Behandlungsmaßnahmen im Einzelfall fällen kann. Die Philosophie von TFR und PHTLS ist auch sonst, dass dem Anwender das Grundlagenwissen und die Prinzipien vermittelt werden, die ihm helfen, im konkreten Fall begründete Entscheidungen für eine möglichst optimale Versorgung des individuellen Patienten fällen zu können.

Dieses Kapitel beleuchtet mehrere Probleme, die im Zusammenhang mit „Wildnis-Medizin“ entweder für die Versorgung des Patienten unter diesen Bedingungen entscheidend sind oder die häufig vorkommen und bei denen die Vorgehensweise vom regulären Vorgehen abweicht. Es bietet aber vor allem einen Überblick über all die verschiedenen Bereiche, die durch Notfälle in der Wildnis berührt werden. Mitarbeiter, die häufig zu Notsituationen in der Wildnis zum Einsatz kommen, sollten ein spezifisches Training für diese Lagen absolvieren. Außerdem sollte die medizinische Beratung durch einen in diesem Bereich erfahrenen Arzt als integraler Bestandteil aller Aktivitäten im Bereich der „Wildnis-Medizin“ vorgesehen sein.

9.4.2 Was ist Wildnis-(Notfall-)Medizin?

Zahlreiche Begriffe werden für Gebiete verwendet, die entfernt von der Zivilisation liegen: Hinterland, Einöde, abgeschiedenes, wegloses Gelände, Wildnis, Einsamkeit. Im Rettungsdienst hat sich der Name „wilderness medicine“ etabliert. Merriam-Webster's Collegiate Dictionary definiert „wilderness“ folgendermaßen:⁷⁶

- 1a. I. Unbewohnte, unkultivierte Region
- II. Vom Menschen unbeeinflusste Region mit ursprünglicher Vegetation und Fauna
- 1b. Unbewohntes oder unwegsames Gebiet
- 1c. Teil eines Gartens mit natürlichem Bewuchs

2. Wilder oder unkultivierter Zustand

3a. Verwirrende Vielfalt oder Menge: unbestimmte große Anzahl oder Menge

3b. Verwirrende Situation.

Unsere Verwendung des Begriffes „Wildnis“ weicht allerdings von dieser Lexikon-Definition ab, da wir primär den Gesichtspunkt der Patientenversorgung betrachten. Unsere Definition ist tatsächlich die Antwort auf die Frage: „Wann sollten wir an ‘Wildnis-Rettungsmedizin’ denken?“ Genauer gesagt: „Wann sollten wir abweichend von den Prinzipien der regulären Rettungsmedizin denken und handeln?“ Die Antwort auf diese Frage geht über eine einfache geografische Zuordnung hinaus und berücksichtigt die folgenden Faktoren:

- Zugangswege zum Einsatzort
- Wetter
- Tageslicht
- Geländebeschaffenheit
- spezielle Ausrüstung für Rettung, Behandlung und Transport des Patienten
- Zugangsmöglichkeiten, Rettungs- und Transportzeiten
- verfügbares Personal
- Kommunikationsmittel und -wege.

In einer Stadt, die von einem Erdbeben getroffen wurde, kann der Zugang zu den verschütteten und verletzten Opfern erschwert sein. Es kann sowohl die Infrastruktur – einschließlich der Verkehrswege – zerstört als auch der lokale Rettungsdienst aus unterschiedlichsten Gründen handlungsunfähig sein. Beides führt dazu, dass Verletzte wahrscheinlich für einen längeren Zeitraum am Ort des Unfalls verbleiben müssen. Folglich sind die gleichen Bedürfnisse und Erfordernisse zu erwarten wie im Beispiel des Verletzten in den Bergen, der weitab vom nächstgelegenen Krankenhaus verunglückt ist.

Eine Person, die spät abends während eines Schneegestöbers den Hang einer städtischen Deponie hinunterstürzt, ist den gleichen Risiken ausgesetzt, wie wir sie in der Wildnis finden. Dieser Patient wird ebenfalls eine Rettungsmannschaft mit entsprechender Ausrüstung einschließlich Seilen, möglicherweise Eisäxten und Steigeisen benötigen, die über ausreichend Erfahrung im Umgang mit Hypothermie, Aspekten der verlängerten präklinischen Versorgung wie Ernährung und Flüssigkeitsgabe sowie deren Ausfuhr (oder Ausscheidung), Dekubitusprophylaxe und Wundversorgung verfügt.

Wir sprechen oft von „Wildnis-Notfallmedizin“, aber in Wirklichkeit verbirgt sich hinter der gesamten notfallmedizinischen Versorgung ein überaus breites Spektrum: Ein Extrem ist der Unfall in wenigen Metern Entfernung von einem Traumazentrum, das andere sind mögliche Unfallorte wie die Spitze des Mount Everest oder die tiefsten Anteile des Mammoth- und Flint-Ridge-Tropfsteinhöhlen-Systems in Kentucky.

Daher kann die Frage „Wo endet der reguläre Rettungsdienst und wo beginnt die Wildnis-Medizin?“ nur beantwortet werden mit: „Es hängt ganz davon ab.“ Insbesondere von der Entfernung zum Rettungsmittel und letztendlich zum nächsten Schockraum, vom Wetter und von der Geländebeschaffenheit. Noch wichtiger sind jedoch die Art der Verletzung oder

Erkrankung und die Fähigkeiten des Einsatzpersonals bzw. der Ersthelfer vor Ort. Mit dieser Thematik werden wir uns erneut am Ende dieses Kapitels beschäftigen.

Verletzungsmuster in der Wildnis

Wie bereits in > Kap. 1 beschrieben, lassen sich die Todesfälle nach einem Trauma in einer dreigipfligen Verteilungskurve darstellen:

- Der 1. Gipfel liegt innerhalb von Sekunden nach dem Trauma. Der Tod in dieser Periode tritt vor allem aufgrund von Verletzungen des Gehirns, des Hirnstamms, des oberen Rückenmarks, des Herzens, der Aorta oder anderer großer Gefäße auf und kann nur teilweise durch präventive Maßnahmen wie Schutzhelm oder Anschnallgurt vermieden werden. Nur ganz wenige dieser Patienten können gerettet werden und meist auch nur in der Nähe eines Traumazentrums und bei schneller Transportmöglichkeit.
- Der 2. Gipfel zeigt sich Minuten bis Stunden nach dem Ereignis. Todesfälle während dieser Periode ereignen sich aufgrund von sub- und epiduralen Hämatomen, Hämato- bzw. Pneumothorax, Milzrupturen, Lazerationen der Leber, Beckenfrakturen oder multiplen Verletzungen mit starkem Blutverlust. **Eine schnelle Patientenbeurteilung und ein schnelles Patientenmanagement können die Todesrate in dieser 2. Phase senken. Darauf zielt TFR und PHTLS vor allem ab.**
- Der 3. Gipfel liegt einige Tage bis Wochen nach dem initialen Ereignis; dabei handelt es sich meistens um Komplikationen wie Sepsis oder Organversagen.

In der „Wildnis“ haben die meisten Patienten den 1. und oft sogar den 2. Gipfel bereits überstanden, wenn wir sie lebend antreffen. Die Frage in der Wildnis ist also viel eher: „Was können wir jetzt tun, um ihren Tod morgen zu verhindern?“ Wir müssen uns darauf konzentrieren, dass die Patienten nicht an Folgeproblemen sterben: Nierenversagen aufgrund von unzureichender Flüssigkeitsgabe; Infektionen, die von durch Fehllagerung verursachten Dekubituswunden ausgehen, oder aufgrund der durch einen Nahrungsmangel verursachten schlechten Immunitätslage; Lungenembolien aufgrund einer tiefen Beinvenenthrombose etc.

Sicherheit

Auch oder gerade in der Wildnis hat die Sicherheit am Einsatzort oberste Priorität. Ein verletzter oder toter Helfer hat noch nie jemandem geholfen. Die Überlegungen, die man auch bei einem Unfall in der Großstadt anstellen sollte, können ebenfalls zutreffend sein – ein abgestürztes Flugzeug birgt ähnliche Gefahren wie ein Autounfall –, aber es sind noch ganz andere Faktoren, die Risiken verursachen. Die Gefahren in der Wildnis entwickeln sich meist nicht so schnell und werden häufig übersehen.

Raues Wetter, Wetterumschläge, giftige Tiere oder Pflanzen, schwieriges Gelände, Steinschlag, Lawinen, Hochwasser und



Abb. 9.12 Steile Abhänge, schwierige Wegverhältnisse und große Entfernung zur „Zivilisation“ erschweren eine Rettung aus der Wildnis (Foto: Karsten Ladehof).

vieles mehr stellen Gefahren am Einsatzort oder auf dem Transportweg dar (> Abb. 9.12). Wenn sich die Rettung über Stunden hinzieht, kann durch Wasser- und Nahrungsmangel zusätzlich eine Entkräftigung verursacht werden. Aus diesem Grund ist es entscheidend, dass angemessene Vorbereitungen und Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Sicherheit, Gesundheit und Einsatzfähigkeit der Rettungsmannschaft zu gewährleisten. Alle Mitglieder des Teams müssen mit den besonderen Bedingungen und Gefahren ihres speziellen Einsatzgebietes vertraut sein. Alle müssen ihre Grenzen kennen und sollten versuchen, diese nicht zu überschreiten, auch wenn es um die Rettung einer verunfallten Person geht. Jeder muss über angepasste Bekleidung und spezialisierte Ausrüstung verfügen. Die medizinische Betreuung der gesamten Rettungsmannschaft und die Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse müssen als entscheidende Komponenten des Gesamteinsatzes gesehen werden.

Wildnis ist überall

Im weiteren Kapitel werden wir von Wildnis-Notfallmedizin und Wildnis-Patient sprechen. Denken Sie jedoch daran, dass die „Wildnis“ bei schlechtem Wetter, kalten Temperaturen und Regen bereits wenige Kilometer neben einer Straße oder selbst in der Nähe einer Rettungswache beginnen kann. Bei einer Katastrophe kann dieser Notfall auch auf der Straße eintreten, wenn diese selbst zerstört oder unpassierbar sein sollte, wenn z.B. die nahe gelegenen Krankenhäuser selbst betroffen sind oder bereits durch Patienten „überrannt“ wurden (> Kap. 11).

9.4.3 Entscheidungsfindung: Abwägen von Risiko und Nutzen

Erfahrene Mitarbeiter aller Berufsgruppen in der Medizin wissen, dass Verfahren wie Atemwegssicherung oder Wundversorgung den einfachen Teil der Medizin darstellen. Der schwie-

rige und entscheidende Teil sind die Entscheidungen bzw. die Entscheidungsfindung, was wann und wo für den Patienten getan wird. Für die „Wildnis“ trifft noch mehr als für den urbanen Notfall zu, dass alle Risiken sorgfältig gegen ihren potenziellen Nutzen abgewogen werden müssen.

Für diesen Patienten in dieser Umgebung mit diesen speziellen Ressourcen zu genau diesem Zeitpunkt hat diese spezifische Intervention welche Risiken und welchen Nutzen? Die Kunst besteht darin, die jeweils möglichen Risiken gegen den potenziellen Nutzen abzuwägen.

Um diese Entscheidungsfindung besser darzustellen, setzen wir die Diskussion des Managements einer möglichen Wirbelsäulenverletzung aus > Kap. 6 hier fort.

HWS-Beurteilung und -Stabilisierung in der Wildnis

Eine gesunde 24-Jährige stürzte beim Felsklettern in einer Schlucht etwa 30 m ab. Ihre Klemmkeile wurden durch den Sturz nacheinander aus ihren Verankerungen gerissen, sodass sie zwar bis zum Boden abgestürzt ist, ihr Sturz jedoch trotzdem von jedem dieser Anker kurzeitig gebremst wurde. Sie trug einen Kletterhelm, war jedoch nach einem Anprall mit dem Kopf an einen Felsen kurzzeitig bewusstlos. Als Sie mit Ihrem Partner nach einstündigem Anmarsch durch die Schlucht am Unfallort eintreffen, ist sie wach und orientiert, klagt nicht über Beschwerden und die neurologische Untersuchung ist unauffällig. Es ist Spätherbst, wird langsam dunkel, und die nächste Landemöglichkeit für einen Hubschrauber befindet sich auf dem Parkplatz am Eingang zur Schlucht in einer Stunde Entfernung. Nach der Wettervorhersage werden nachts erste Schneestürme erwartet. Muss die Patientin immobilisiert werden? Sollten Sie ein Team alarmieren, das mit einer Korbtrage und einem Spineboard oder einer Vakuummatratze zu Ihnen stößt? Oder können Sie mit ihr gemeinsam zurückmarschieren?

9

Vorgehensweise des Einsatzdienstes im urbanen Kontext

Die Immobilisierung der Halswirbelsäule ist seit Jahrzehnten Standard bei der Versorgung schwerverletzter Patienten. Obwohl instabile HWS-Frakturen auch bei Traumapatienten selten auftreten und selbst als keine Evidenz vorlag, dass die Fixierung beim wachen Patienten eine Lähmung verhindern kann, so gab es doch wenige Gründe gegen diese nichtinvasive Maßnahme. Daher wurden in den letzten 30 Jahren präklinisch immer mehr Patienten HWS-immobilisiert. Mittlerweile gewinnt die Tatsache an Bedeutung, dass die Lagerung auf einem Spineboard zunehmende Schmerzen verursacht und Lage rungsschäden auslösen kann. In Studien wurden nach durch schnittlich 30 Minuten mäßige und nach 45 Minuten starke Schmerzen angegeben.

Nachdem die medizinische Ausbildungsqualität der Such- und Rettungsteams für unwegsames Gelände gesteigert und dabei viele urbane Standards übernommen wurden, stellte man jedoch in Bezug auf die routinemäßige Immobilisierung fest, dass diese in manchen Wildnissituationen weder sinnvoll noch notwendig ist.⁷⁷ Dies trifft im besonderen Maße auf Extremsituationen zu, in denen z. B. die Bergrettung des Patienten während eines Schneesturmes erfolgen muss und das nächstgelegene Krankenhaus 20 km entfernt und vor allem 3.000 m tiefer liegt. Such- und Rettungsmannschaften entwickelten gemeinsam mit erfahrenen Ärzten auf Grundlage der vorhandenen Literatur Leitlinien, die Kriterien festlegen und bei der Entscheidung helfen sollen, wann in unwegsamen Gelände eine Immobilisierung nicht erforderlich ist.

Die große, multizentrische NEXUS-Studie (National Emergency X-Radiography Utilization Study) von 1998 zeigte, dass Patienten auch ohne Röntgenkontrolle gegebenenfalls nicht immobilisiert werden müssen, wenn die folgenden Kriterien zutreffen:

- keine Schmerzen in der posterioren Mittellinie über der Halswirbelsäule
- keine (fokalen) neurologischen Ausfälle
- normaler Bewusstseinszustand
- keine Hinweise für eine Intoxikation
- keine starken Schmerzen, die den Patienten von der Rückenverletzung ablenken könnten.

Unterschiedliche Varianten dieser Kriterien wurden von verschiedenen Rettungsdiensten verwendet. Einige Studien weisen auf Probleme im Zusammenhang mit der Nutzung der Kriterien im realen Einsatz hin. Die Formulierungen der Protokolle einiger Organisationen für die „selektive Wirbelsäulen-Immobilisierung“ weichen doch deutlich von den oben genannten Formulierungen ab, weshalb mancher unsicher ist, ob die Kriterien der NEXUS-Studie damit noch erfüllt sind. Es ist jedoch weitgehend akzeptiert, dass die Kriterien der NEXUS-Studie bei korrekter Anwendung eine gute Entscheidungshilfe bieten, ob man einen Patienten immobilisieren sollte oder darauf verzichten kann. Dies ist unabhängig davon, ob der Notfall in der Stadt oder im unwegsamen Gelände „fern der Zivilisation“ eintritt. Dennoch sollte nicht vergessen werden, dass die NEXUS-Kriterien entwickelt wurden, um eine Entscheidung über die Notwendigkeit einer Halswirbelsäulen-Röntgendiagnostik zu fällen.

Das Problem ist jedoch im Rahmen der Wildnis-Medizin nicht ganz so einfach. Was ist, wenn der Patient die NEXUS-Kriterien nicht so ganz erfüllt? Heißt das, dass der Patient immobilisiert werden muss? Wie zuvor bereits diskutiert wurde, ist die Wildnis-Notfallmedizin die Kunst des Kompromisses, und nirgends wird das deutlicher als bei der Fragestellung der Wirbelsäulen-Immobilisierung.

Welche Maßnahmen sind angebracht, wenn eine Rückenverletzung möglich ist und die nächste Straße nur über einen zweistündigen Marsch durch unwegsames Gelände zu erreichen ist? Welche Vorgehensweise ist die richtige, wenn keine Ausrüstung zur Immobilisierung vorhanden ist? Was ist zu

tun, wenn sich der Patient in einer Höhle befindet und der Wasserspiegel steigt? Besteht die Gefahr, dass der Rückweg für Patient und Retter durch das steigende Wasser abgeschnitten wird? Was ist angemessen, wenn der Patient in den Bergen liegt, weitab von der nächsten Ambulanz, und eine Sturmfront aufzieht? Wie groß ist das Risiko, wenn die Helfer und der Patient die Nacht in den Bergen verbringen müssen?

- In jeder dieser Situationen haben die Helfer zwei Optionen:
- Bleiben und abwarten, bis die Ausrüstung zur Immobilisierung der Wirbelsäule eintrifft.
 - Beginn einer improvisierten Evakuierung ohne Immobilisierung.

Keine dieser Optionen ist ideal, und Sie als Helfer müssen sich entscheiden. Um die bestmögliche Entscheidung zu treffen, müssen Sie sich folgende Fragen stellen:

- Welche Risiken sind mit einer improvisierten Evakuierung ohne Immobilisierung verbunden und welche mit dem Warten auf geeignete Rettungsmittel für diesen speziellen Patienten?
- Welchen Nutzen hat dieser spezielle Patient davon, ohne Immobilisierung evakuiert zu werden, und welche Vorteile hat er, wenn gewartet wird?

Der Nutzen hängt von der Wahrscheinlichkeit ab, dass dieser spezielle Patient wirklich eine instabile Rückenverletzung hat.

In der NEXUS-Studie konnte gezeigt werden, dass bei nicht immobilisierten Patienten, bei denen eine Immobilisierung notwendig gewesen wäre, das Risiko einer spinalen Verletzung trotzdem sehr niedrig ist:

- Nur 2 % der Patienten, die nicht die NEXUS-Kriterien erfüllten und bei denen aufgrund der Anwendung der oben dargestellten Kriterien auf eine Immobilisierung nicht verzichtet werden konnte, hatten „klinisch signifikante“ Frakturen.
- Von diesen 2 % wiederum benötigte nur eine kleine Gruppe eine spezifische Behandlung.
- Von dieser kleinen Gruppe hatte wiederum nur ein geringer Anteil Frakturen, die das Rückenmark ohne Immobilisierung hätten gefährden können. Betroffen waren meist Patienten mit multiplen schweren Frakturen und lebensbedrohlichen Verletzungen.

Daher dürften weniger als 1 % der Patienten, die eine Verletzung so lange überlebt haben, dass sie schließlich gerettet werden konnten, eine instabile Rückenverletzung aufweisen.

Die Retter vor Ort müssen dieses potenzielle Risiko den möglichen Risiken einer verzögerten Evakuierung gegenüberstellen und die Entscheidung über ihr Vorgehen auf dieser Basis treffen.

Improvisierte Evakuierung

Bei der Diskussion der Wirbelsäulenverletzung in der Wildnis wurde die Option der improvisierten Evakuierung dem Warten auf die Nachführung einer Trage und weiterer Ausrüstung zur Wirbelsäulen-Immobilisierung gegenübergestellt (► Abb. 9.13).



Abb. 9.13 Aufgrund des schwierigen Geländes sind für eine sichere Evakuierung oft Kreativität und Kenntnisse in der technischen (seilgestützten) Rettung erforderlich.

Patienten in unwegsamem Gelände zu tragen, ist extrem schwierig, zeitaufwendig und gefährlich für Patient und Träger. Personen ohne Erfahrung mit Such- und Rettungseinsätzen in abgeschiedenen Gegenden unterschätzen meist Zeitaufwand und Schwierigkeit einer Evakuierung um mindestens die Hälfte. Bei extremen Situationen kann diese Fehleinschätzung noch dramatischer ausfallen. Dies trifft im besonderen Maße für Höhlenrettungen zu: Wenn jemand ohne entsprechende Erfahrung für eine Rettung aus schwierigem Gelände zwei Stunden veranschlagt, kann man als Faustformel diesen Zeitansatz verdreifachen und von sechs Stunden ausgehen. Wenn das Team dann auch noch über eingeschränkte personelle Ressourcen verfügt, das Gelände besonders schwierig ist, es sich um eine Höhlenrettung handelt oder wenn das Wetter zunehmend schlechter wird, sollte man die Zeit noch großzügiger berechnen.

Mit dem Patienten gehend die Ambulanz zu erreichen, ist immer deutlich schneller, selbst wenn er von mehreren Personen gestützt werden muss. Und es ist immer ein zusätzlicher Zeitgewinn, wenn man jetzt beginnt, mit dem Patienten loszumarschieren, statt auf das Eintreffen zusätzlicher Ausrüstung vor Ort zu warten. Wenn der Patient (z. B. aufgrund eines Unterschenkelbruchs) nicht gehfähig ist, kann man ihn auf dem Rücken tragen (z. B. mit einem Gramminger-Sitz) oder eine improvisierte Trage aus Ästen und Seilen herstellen.

9

9.4.4 Patientenversorgung in der Wildnis

Ausscheidungsbedürfnisse

Die in einem populären Kinderbuch beschriebene Wahrheit „Jeder muss mal groß“ trifft genauso auf Patienten in der Wildnis zu.⁷⁸ Angesichts der kurzen Transportzeit bei urbanen Not-



Abb. 9.14 Hygieneartikel



Abb. 9.15 Korbtrage

fällen besteht diese Problematik dort bei den meisten Patienten nicht. Traumapatienten müssen in den seltensten Fällen den Darm entleeren, oder es handelt sich um einen Hinweis auf ein spiniales Trauma. Wenn man jedoch einen Patienten versorgt, der schon länger in der Wildnis unterwegs war und jetzt mehrere Stunden auf das Eintreffen des Rettungsteams warten musste, ist die Wahrscheinlichkeit entsprechend höher, dass der Patient urinieren oder defäkieren muss.

Aus diesem Grund ist es durchaus sinnvoll, Utensilien wie Einweg-Patientenunterlagen und (feuchtes) Toilettenpapier mitzuführen (► Abb. 9.14) und ggf. eine Pause einzulegen, um dem Patienten Stuhlgang und Wasserlassen zu ermöglichen.

Man kann es Männern und Frauen durchaus auch ermöglichen zu urinieren, während sie komplett immobilisiert z. B. auf einer Vakuummatratze in einer Korbtrage (► Abb. 9.15) liegen. Die Bedeckung für den Wärmeerhalt muss allerdings entsprechend geplant und vorgenommen werden. Für Frauen gibt es mittlerweile von mehreren Herstellern für den Outdoor-Markt anatomisch geformte Einweg- und Mehrwegtrichter mit Schlauch, um den Urin in einen Behälter abzuleiten. Außerdem gibt es damit kombiniert oder als Einzelartikel Granulate, die im Kontakt mit Ausscheidungen aushärten und auf diese Weise ein Verschütten verhindern. Allerdings sind diese Produkte für die Patientenevakuierung zu Fuß eher nicht geeignet, da sie eine entsprechende Gewichtsbelastung verursachen.

Für Personen, die längere Zeit insbesondere bei eingeschränkter Beweglichkeit auf dem Rücken liegen müssen, besteht die Gefahr des Wundliegens. Dieser Dekubitus kann bei ausgeprägtem Befund sogar eine chirurgische Versorgung erforderlich machen und verursacht in jedem Fall einen längeren Krankenhausaufenthalt.

Bei komplizierten Verläufen können die Patienten aufgrund resultierender Infektionen versterben. Wenn man in seinem eigenen Urin oder Stuhlgang liegen muss, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit eines Dekubitus beträchtlich – bereits nach einigen Stunden kann er auftreten. Betreut man den Patienten nur während eines kurzen Transports in ein Krankenhaus, ist die hier geschilderte Problematik eher zu vernachlässigen. Wenn man jedoch mehrere Stunden für einen Patienten verantwortlich ist, kann es nicht als ausreichende Versorgung angesehen werden, wenn man ihn in der Zielklinik in seinen eigenen Exkrementen liegend abgibt.

Nahrungs- und Flüssigkeitsgabe

Alle Patienten, denen Sie in der „Wildnis“ begegnen, haben Hunger, sind durstig und unterkühlt – **hypoglykämisch, hypovolämisch und hypotherm**.

Nahrungsmangel bedingt mehr als nur Unterzuckerung, und nicht alle Patienten, die nicht ausreichend Nahrung zu sich genommen haben, müssen eine signifikante Hypoglykämie aufweisen. Dehydrierung ist mehr als ein Volumenmangel, der sich primär auf das intravasale Volumen im Blutgefäßsystem bezieht. Dehydrierte Patienten haben auch aus ihren Zellen und den Zellzwischenräumen Flüssigkeit verloren.

Im urbanen Einsatzdienst wird generell weder Flüssigkeit noch Nahrung über den Mund zugeführt. Dafür gibt es zahlreiche gute Gründe. Ein Patient wird während eines Transports von wenigen Minuten weder verhungern noch verdursten. Wenn der Patient operiert werden muss, erhöht sich jedoch die Aspirationsgefahr, wenn der Patient nicht nüchtern ist.

Dennoch sollte der Patient nur einige Stunden vor einer Operation nüchtern bleiben. Wenn er mehrere Stunden aus unwegsamem Gelände evakuiert werden muss, besteht außerdem eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die tatsächliche Operationsvorbereitung weitere Stunden erfordert bzw. sogar länger zurückgestellt werden muss, da sich das „Zeitfenster“ für eine Akut-OP geschlossen hat und z. B. erst das Abschwellen einer Extremität abgewartet werden muss.

Wie bereits eingangs erwähnt, liegt der Schwerpunkt bei Notfallpatienten in der Wildnis im Bemühen zu verhindern, dass sie **morgen**, d. h. an Spätkomplikationen, sterben werden. Patienten im Zusammenhang mit einem Unfall hungern zu lassen, ist in den seltensten Fällen förderlich für ihre Gesundheit. Den Ernährungszustand des Patienten unmittelbar zu verbessern, wird den Verlauf meist günstig beeinflussen. Das heißt für die Praxis, einem ausreichend wachen Patienten sowohl Nahrung als auch Getränke anzubieten.

Erbrechen und Aspiration sind eine ständige Gefahr, und die sorgfältige Überwachung der Atemwege ist immer erforderlich. Deshalb sollte man z. B. einen längeren Transport ggf. in Seitenlage durchführen, selbst wenn der Patient eigentlich eine Wirbelsäulen-Immobilisierung benötigt. Nichtsdestotrotz sollten die Retter im Rahmen der Wildnis-Medizin versuchen, den Patienten Flüssigkeit und Nahrung zuzuführen, solange ihre Schutzreflexe erhalten bzw. die Atemwege nicht gefährdet sind, selbst wenn sie bereits 1- bis 2-mal erbrochen haben.

Schmerzhafte harte Tragen

Eine weitere wichtige Vorbeugungsmaßnahme für Patienten, deren Evakuierung längere Zeit beansprucht, ist das vorausschauende Verhindern eines Dekubitus, wie bereits oben angeprochen. Im Einzelnen heißt das:

- Erlauben Sie dem Patienten, sich auf der Trage von einer auf die andere Seite zu drehen, und helfen Sie ihm dabei.
- Halten Sie Gesäß und insbesondere den Kreuzbeinbereich des Patienten sauber und trocken.
- Sorgen Sie für eine ausreichende Unterpolsterung.

Wenn der Patient tatsächlich immobilisiert werden muss, ist es umso wichtiger, Maßnahmen zu treffen, welche die Entstehung eines Dekubitus verhindern, auch wenn es besonders schwierig ist:

- Bevorzugen Sie die Vakuummatratze gegenüber einem Spineboard, da sie ein deutlich geringeres Risiko hat, Dekubitus zu verursachen.⁷⁹⁻⁸²
- Wenn Sie keine Vakuummatratze zur Verfügung haben, polstern Sie das Spineboard umso sorgfältiger und unterstützen Sie insbesondere Lendenwirbelsäule, Knie und Nacken. Die Immobilisierung auf einem ungepolsterten Spineboard führt selbst bei unverletzten Personen nach etwa 45 Minuten zu nicht mehr tolerierbaren Schmerzen, und erste Hautnekrosen können nach etwa 90 Minuten auftreten.⁸³⁻⁸⁷
- Versuchen Sie die Trage unterschiedlich zu beladen bzw. jeweils unter Betonung einer Seite leicht schräg zu tragen, sodass der Druck auch zwischen den beiden Hüften abwechselt und nicht nahezu ausschließlich auf dem Kreuzbein ruht.

Verhindern bzw. verringern Sie mit den folgenden Maßnahmen das Risiko einer tiefen Beinvenenthrombose und einer Lungenembolie:

- Lagern Sie den Patienten so, dass er seine Beine etwas bewegen kann, und schnüren Sie ihn nicht vollständig auf der Trage fest.
- Erwägen Sie Pausen, in denen Sie dem Patienten ggf. auch erlauben, aufzustehen und im Rahmen der Möglichkeiten leichte Dehnübungen durchzuführen.

Wenn ein geringer Verdacht auf eine Verletzung der Halswirbelsäule und keinerlei Anhalt für eine Beteiligung der Lendenwirbelsäule besteht, kann es sogar angemessen sein, dem Patienten zu erlauben, die Trage mit angelegter HWS-Stabilisierung



Abb. 9.16 Sonnenschutzlototionen

und Unterstützung durch die Retter kurzzeitig zu verlassen, um sich zu dehnen bzw. zu urinieren. Unter Umständen ist es möglich, mit einem in der Wildnis-Medizin vertrauten Arzt zu sprechen und sich zu vergewissern, ob diese Vorgehensweise angesichts der jeweiligen Symptomatik vertretbar ist.

Sonnenschutz

Andere Gefahren, die im Rahmen der Versorgung in unwegsamem Gelände bedacht werden sollten, sind Steinschlag, Lawinen und Überflutungen insbesondere im Rahmen von Höhlenexkursionen und Canyoning. Eine weitere Bedrohung des Patienten nimmt hier entsprechend ihrer Bedeutung etwas mehr Platz ein: intensive Sonneneinstrahlung.

Der ultraviolette Anteil des Sonnenlichts kann die Haut sowohl akut als auch mit einiger Verzögerung teilweise schwerwiegend schädigen. In Extremfällen kann es zu Verbrennungen 2. und 3. Grades kommen, die Schock und Tod (mit)verursachen können. Außerdem erhöht eine zu starke Sonnenexposition der Haut das Risiko für Hautkrebs beträchtlich.

Ultraviolettes (UV-)Licht umfasst zwei Frequenzbereiche: UVA und UVB. Von UVA-Licht nahm man in der Vergangenheit an, dass es unschädlich sei, aber mittlerweile ist der synergistische Effekt bei der Verursachung von Sonnenbrand erwiesen. Daher müssen Sonnencremes oder andere Produkte UVA- und UVB-Strahlung verringern, um effektiv zu sein.

Der Sonnenschutz wird durch den **Sonnen- oder Lichtschutzfaktor (LSF)** quantifiziert (► Abb. 9.16). Der Lichtschutzfaktor gibt an, um wie viel länger man sich aufgrund von Bekleidung oder einer schützenden Substanz dem Sonnenlicht bzw. der UV-Strahlung aussetzen darf, bis es zu einer Hautrötung kommt. Eine Sonnencreme mit dem LSF 45 schützt z. B. den Anwender 45-mal länger vor Sonnenbrand, als es der natürliche Schutz der Haut könnte. Um grob den Schutzfaktor von Kleidungsstücken abzuschätzen, kann man sie vor eine Glühbirne halten: Wenn die Birne gut durch die Kleidung sichtbar ist, liegt der LSF etwa bei 15, wenn man zwar das Licht

sieht, aber den Umriss der Birne nicht mehr erkennen kann, liegt der LSF zwischen 15 und 60.

Schutzcremes mit mindestens LSF 15 sollten auf sonnenexponierte Haut aufgetragen werden, um eine Schädigung durch die Bestrahlung zu vermeiden. Entsprechend der Schweißproduktion sollte die Haut wiederholt mit Sonnencreme eingerieben werden.

Sonnenbrand wird wie jede andere Verbrennung behandelt – die Versorgung ist im urbanen Umfeld und in der Wildnis weitgehend identisch. Der Hauptunterschied besteht darin, dass sich der First Responder und der Rettungsdienstmitarbeiter in der Wildnis über den möglichen Flüssigkeitsverlust und dessen Behandlung bewusst sein muss. Außerdem muss er sich vergegenwärtigen, dass das Hypothermierisiko für einen Patienten mit Sonnenbrand ebenfalls erhöht ist.

9.4.5 Spezielle Notfallmedizin in der Wildnis

Dieser Abschnitt widmet sich den wichtigsten Situationen, bei denen die medizinische Versorgung in der Wildnis von den Verfahren im urbanen Umfeld abweicht.

Wundversorgung

Eine Wundversorgung in der Wildnis umfasst:

- Hämostase – Blutstillung
- Antiseptikum – Prävention einer Infektion
- Wiederherstellung der Schutzfunktionen der Haut und der normalen Funktion einer Extremität oder eines anderen Körperteils
- kosmetisches Ergebnis.

In der Wildnis ist sowohl die Vermeidung von Infektionen als auch die Wiederherstellung der Funktion von besonderer Bedeutung.

9 Hämostase

Die Kontrolle von Blutungen ist Teil der Erstuntersuchung. Auf der Straße können arterielle Blutungen tödlich sein; in der Wildnis können bereits venöse Wunden lebensgefährlich sein. Jedes rote Blutkörperchen zählt. Aus diesem Grund sind Maßnahmen der Blutstillung, wie direkter Druck auf die Wunde oder Hochlagerung der Extremität, in der Wildnis von noch größerer Bedeutung als beim urbanen Trauma.

Es gibt jedoch Fälle, in denen die Blutungsquelle schwer aufzufinden und daher auch direkter Druck auf das blutende Gefäß schlecht durchzuführen ist. Der direkte Druck mit dem Finger auf die Blutungsquelle für etwa 10–15 Minuten ist der Wirksamkeit eines Druckverbandes deutlich überlegen.

Daher empfehlen einige Protokolle der Wildnis-Medizin, einen weiter proximal gelegenen Punkt des Blutgefäßes abzudrücken oder eine Blutdruckmanschette oberhalb der Blutung für 1–2 Minuten als Tourniquet einzusetzen, um die Blutung zu-

nächst zu kontrollieren. Wenn man dann die Luft der Manschette langsam ablässt, wird die Blutungsquelle oft sichtbar und kann mit gezieltem Fingerdruck – 10–15 Minuten mit untergelegter Komresse, um das Abrutschen zu verhindern – gestillt werden. Die weitere Versorgung erfolgt mit einem Druckverband.

Verschiedene Firmen bieten unterschiedliche Substanzen und spezielle Verbände zur Blutstillung an. Lokal anwendbare (es muss ein unmittelbarer Kontakt mit der Blutungsquelle erfolgen) hämostatisch wirkende Substanzen können insbesondere im Bereich der Wildnis-Medizin sinnvoll eingesetzt werden, um starke Blutungen zu kontrollieren. Es ist auch möglich, dass bereits andere Gruppenmitglieder solche Substanzen mit sich tragen und der Helfer auf einen Patienten trifft, bei dem diese bereits eingesetzt wurden. Wenn Sie die Blutung erfolgreich gestillt haben, ist lediglich die Sicherung mit einem Druckverband bzw. die Kontrolle von dessen Anlage erforderlich. Sollte die Blutung nicht sistieren, ist – ggf. unter Nutzung einer Blutspur – die Entfernung des bisherigen Verbandes und die Wiederholung der Maßnahme sinnvoll. Oft wird durch Laien nach der Applikation der erforderliche Druck (drei, besser fünf Minuten) nicht ausreichend lange aufrechterhalten.

Wenn Druckverband und ggf. die Anwendung von Hämostatika nicht in der Lage sind, eine Blutung zu kontrollieren, kann die Anwendung einer Blutspur (syn. Abbindung oder Tourniquet) als letzte lebensrettende Maßnahme erforderlich werden. Wenn die Anwendung nicht als temporäre Maßnahme, sondern unter dem Aspekt „life before limb“ (um das Leben des Patienten zu retten, muss im schlimmsten Fall der Verlust der Extremität riskiert werden) erfolgen muss, sollte sie so nah oberhalb der Wunde angelegt werden, wie sie noch eine vollständige Blutstillung erreicht. Das intermittierende Öffnen des Tourniquets (etwa alle 15 Minuten in der Hoffnung, dass die Blutung dann zum Stehen gekommen ist) kann eine Möglichkeit sein, die Blutversorgung der Extremität so weit zu gewährleisten, dass ihr Überleben deutlich verlängert wird. Es muss jedoch sorgfältig abgewogen werden, ob ein damit wahrscheinlich verbundener Blutverlust im Hinblick auf die Schocktiefe des Patienten vertretbar ist.

Infektionsprophylaxe

Nach einer Verletzung in der Wildnis kann es Stunden dauern, bis die Wunde in einer Notaufnahme definitiv versorgt wird. Die routinemäßige Wundversorgung in einer Notaufnahme schließt die sorgfältige Säuberung ein, um Infektionen zu vermeiden.

Mit Schmutz verunreinigte oder durch das Eindringen eines schmutzigen Objekts verursachte Wunden werden – ggf. mit einem Hochdruck-Spülssystem – gesäubert. Nicht kontaminierte Wunden werden mit niedrigem Druck gespült. Hochdruck-Spülssysteme verursachen zwar eine zusätzliche Schwelung des Wundgebietes, aber bei stark verschmutzten und bakteriell kontaminierten Wunden überwiegen die Vorteile der gründlichen Entfernung der Bakterien diesen Nachteil.^{88,89}

Infektionen können sich rasch entwickeln. Wenn eine Wunde offen liegt, dringen Bakterien innerhalb von acht Stunden

bereits tief in die Wunde ein. Die primäre Naht einer Wunde nach einem Zeitraum von mehr als acht Stunden beinhaltet ein hohes Risiko für eine tiefe Wundinfektion. Tiefe Wunden erhöhen den lokalen Gewebedruck und verhindern auf diese Weise, dass die weißen Blutzellen als lokale Immunabwehr aktiv werden können.

Zur routinemäßigen Wundversorgung im urbanen Umfeld gehört nicht die Wundsäuberung, für die in der vergleichsweise schnell erreichten Notaufnahme bessere Bedingungen und Möglichkeiten der weiteren Versorgung vorhanden sind. In der Notaufnahme kann zudem eine weitergehende Diagnostik erfolgen, die möglicherweise Einfluss auf die erforderliche Versorgung hat, wie die Feststellung einer Sehnen- oder Nervenverletzung, eines Knochenbruchs, einer Milzverletzung oder eines subduralen Hämatoms.

In der Wildnis ist eine verzögerte Wundreinigung nicht sinnvoll. Wenn es Stunden dauern kann, bis eine Notaufnahme erreicht wird, sollte die Wunde unmittelbar gereinigt werden. Bei besonders weit von der Anschlussversorgung entfernten Regionen wie z. B. bei einer Expedition kann sich bereits eine schwere Wundinfektion entwickelt haben, bevor der Patient das Krankenhaus erreicht.

Eine frühzeitige Wundreinigung ist unbedingt erforderlich, um Bakterien zu entfernen und das Risiko einer Wundinfektion zu reduzieren.^{90–92} Es ist weder nötig noch praktikabel, sterile Lösungen in ausreichender Menge zu transportieren, um eine Wunde nachhaltig zu spülen. Es ist genauso wenig erforderlich, der Spülflüssigkeit antiseptische Substanzen hinzuzufügen.⁹² Wasser, das rein genug ist, um getrunken zu werden, ist auch sauber genug, um eine Wunde zu spülen. Wasser aus Fließgewässern oder geschmolzenem Schnee kann mit den üblichen Entkeimungsmitteln behandelt werden.^{45,88,93–96}

Bei einer relativ sauberen Wunde, z. B. einer Platzwunde auf der Stirn, die durch den Anprall am Helm eines Kletterpartners entstanden ist, genügt es, etwas Wasser in die Wunde zu spritzen. Eine Blutung wirkt natürlich ebenfalls wundreinigend, sodass ggf. gar keine weitere Reinigung oder Spülung erforderlich ist. Einige Empfehlungen beziehen sich auf spezielle Spülsysteme, aber eine Wasserflasche erfüllt bei derartigen Wunden genauso ihren Zweck. Ist eine Wunde verschmutzt und kontaminiert, muss sie mit ausreichend Druck gereinigt werden, um die Bakterien auszuwaschen. Eine 35-ml-Spritze mit 18-G-Nadel reicht, um den erforderlichen Druck (5–15 psi, 0,3–1,0 bar; 1 psi ~ 7.000 Pa) aufzubauen.^{97–99}

Spritzen Sie Wasser mit diesem Druck in alle Bereiche der Wunde und berücksichtigen Sie dabei Taschen unter den Wundrändern. Da bei dieser Maßnahme durch das wegspritzende Blut eine hohe Infektionsgefahr für blutübertragene Erkrankungen besteht, müssen Sie unbedingt Handschuhe und eine Schutzbrille tragen. Gröbere Verschmutzungen wischen Sie mit einer Komresse oder einem möglichst sauberen Stück Stoff aus der Wunde. Verbinden Sie die Wunde danach und wechseln Sie den Verband mindestens einmal täglich.

Eine klaffende Wunde, die sich nicht adaptieren lässt, wird mit einer feuchten Komresse abgedeckt, damit sie nicht aus-

trocknet. Erneuern oder benetzen Sie die Komresse mehrmals täglich. In den meisten Fällen lässt sich die Wunde durch einen trockenen Verband ausreichend adaptieren.

Wundverschluss – Funktionelle und kosmetische Wiederherstellung

Aufgrund des Fehlens von guter Beleuchtung, Röntgendiagnostik und eines trockenen, warmen Arbeitsplatzes ist es im Regelfall nicht sinnvoll, in der Wildnis einen primären Wundverschluss durchzuführen. Die oben beschriebene Wundbehandlung ermöglicht eine **verzögerte primäre Wundversorgung** auch noch nach vier Tagen, und zwar genauso sicher wie unverzögert, vorausgesetzt, die Wunde weist keine Infektionszeichen auf. Obwohl Bakterien bereits unmittelbar nach der Verletzung beginnen, in die Wunde einzudringen, wandern zunehmend auch eigene Abwehrstoffe, z. B. weiße Blutkörperchen, in den Wundbereich ein. Dieser Effekt ist nach vier Tagen so ausgeprägt, dass dann ein verzögter primärer Wundverschluss erfolgreich ist.

Da diese Möglichkeit des verzögerten Wundverschlusses besteht, gibt es keinen dringenden Grund, einen primären Wundverschluss unmittelbar vor Ort durchzuführen. Falls sich ein Chirurg oder ein anderer Helfer mit ausreichender Erfahrung vor Ort befindet, ist ein unmittelbarer Wundverschluss vertretbar, andernfalls ist die verzögerte primäre Wundversorgung die sinnvollste Vorgehensweise.

Luxationen

Ein gesunder 20-jähriger Mann prallt beim Wildwasserpadeln mit dem Ende seines Paddels heftig gegen einen tief hängenden Ast. Jetzt ist seine Schulter geschwollen, deformiert und schmerhaft. Er kann seinen rechten Arm nicht vor seinen Brustkorb bringen. Distaler Puls, Rekapillarisierung, Sensibilität und Beweglichkeit sind intakt. Vom Rettungswagen aus mussten Sie und Ihr Kollege bereits 1,5 km bis zum Fluss marschieren bzw. sich, genauer gesagt, durch das Unterholz schlängen. Sollten Sie die Schulter in der jetzigen Auffindestellung schienen oder versuchen, sie zu reponieren?

Die Standardversorgung für Frakturen und Luxationen der Extremitäten im urbanen Umfeld besteht darin, diese in der aktuellen Stellung ruhigzustellen und den Patienten zügig zur definitiven Versorgungseinrichtung zu transportieren. Einige Ausnahme sind Patienten, deren distaler Puls nicht tastbar ist.

Während „Schienen wie aufgefunden“ eine gute Regel für den städtischen Rettungsdienst ist, lautet die Faustregel für die Wildnis: „In eine möglichst normal aussehende Position bringen“. Sie ist sicherlich für Frakturen und Luxationen in der Wildnis angemessen, wenn die Anschlussversorgung nur verzögert erfolgen kann.

Es gibt zahlreiche Formen von Luxationen – Finger, Zeh, Schulter, Kniescheibe, Ellenbogen, Hüfte, Sprunggelenk und

Unterkiefer – und alle wurden bereits erfolgreich unter den Bedingungen der Wildnis-Medizin reponiert, bei einigen ist es einfacher, bei anderen schwieriger. Im Allgemeinen ist es einfach, Luxationen des Sprunggelenks zu reponieren (meist handelt es sich um die Folge von Sprunggelenkfrakturen). Gleiches gilt für die Kniescheibe, Zehen und Finger. Lediglich die Grundgelenke können unter Umständen nur operativ reponiert werden. Ellenbogen-, Knie- und Hüftluxationen sind meist schwierig zu reponieren. Für alle Luxationen gilt, dass es deutlich einfacher ist, sie wieder einzurenken, wenn man entsprechend ausgebildet wurde und praktische Erfahrung gesammelt hat. Man benötigt unbedingt Erfahrung, um ohne Röntgenbild beurteilen zu können, ob ein Gelenk wahrscheinlich luxiert ist und man die Reposition versuchen sollte.

Da Luxationen in der Wildnis häufig auftreten, sind ihre Erkennung und Repositiontechniken Thema der meisten Kurse, die sich speziell mit der Wildnis-Medizin befassen (Erste Hilfe in der Wildnis, Wildnis-Erstshelfer und -Sanitäter). Auch aus diesem Grund ist es anzuraten, einen Spezialkurs zu absolvieren, wenn man häufiger Patienten unter erschwerten Rahmenbedingungen, insbesondere hinsichtlich verzögerter Anschlussversorgung, helfen muss.

Kardiopulmonale Wiederbelebung

Traumatischer Herzstillstand

Einige Zeichen sind grundsätzlich mit dem Leben nicht vereinbar:

- Enthauptung
- Durchtrennung des Thorax
- extrem hypothermer/gefrorener Patient – nicht komprimierbarer Brustkorb
- sehr niedrige, der Umgebungstemperatur entsprechende Rektaltemperatur.

Cave: niedrigste überlebte Körperkerntemperatur betrug 13,7 °C (siehe unten)

- fortgeschrittene Verwesung (siehe weiter unten).

Die folgenden vermutlichen Todeszeichen können Einsatzkräften als Anhalt dienen, obwohl kein Zeichen allein verlässlich ist:

- Totenstarre Sie ist ein bekanntes Phänomen, muss aber nicht immer vorliegen bzw. kann sich bereits wieder gelöst haben. Eine ähnliche Steifheit kann bei stark unterkühlten, somnolenten Patienten beobachtet werden.
- Lageabhängige Totenflecken Bei Leichen zu erwartender Befund. Livide Hautverfärbungen können aber auch durch Drucknekrosen verursacht werden oder Erfrierungen durch sehr lange Kälteexposition entsprechen.
- Verwesung Im Allgemeinen offensichtlich, aber beispielsweise können selbst nekrotische Zehen mit Madenbefall bei verwahrlosten Diabetikern auftreten.
- Fehlende Lebenszeichen Hypothermie kann den Tod vortäuschen; unter Umständen ist auch der Puls nicht tastbar,

die Atmung nicht feststellbar, die Pupillen sind erweitert und Bewusstseinszeichen liegen nicht vor. Trotzdem können auch ernsthaft unterkühlte Patienten wiederbelebt werden, ohne neurologische Schäden davonzutragen. Derzeit hält eine Norwegerin den „Rekord“: Die junge Ärztin war 1999 bei einem Skiunfall über eine Stunde unter einer Eisschicht im Wasser eingeschlossen. Sie überlebte eine Körperkerntemperatur von 13,7 °C ohne Hirnschädigung.

Bekanntermaßen hat ein traumatischer Herzstillstand selbst im urbanen Umfeld eine schlechte Prognose, sogar wenn der Unfallort nur Minuten von einem Traumazentrum entfernt ist. Niemand überlebt selbst bei suffizienter CPR mehr als ein paar Minuten nach einem traumatischen Herzstillstand.^{100,101} Dies wird in einigen Protokollen berücksichtigt. Bei traumatischem Herzstillstand wird der Beginn der CPR unter Schutz der Halswirbelsäule gefordert, wenn:

- der Herzstillstand in Gegenwart des Einsatzpersonals eingetreten ist,
- Opfer eines penetrierenden Traumas maximal 15 Minuten vor Eintreffen des Helfers noch Lebenszeichen gezeigt haben.

Aus diesem Grund ist im Rahmen der Wildnis-Medizin bei traumatischem Herzstillstand die Wiederbelebung nicht durchzuführen. Eine angemessene Vorgehensweise für die Einsatzkräfte ist es, eine Untersuchung des Patienten durchzuführen und dann den Begleitern schonend, aber bestimmt mitzuteilen, dass der Patient tot ist und die Einleitung von Wiederbelebungsmaßnahmen keinen Erfolg bringen würde. Die Einsatzkräfte sollten sich dann auf die zu erwartenden Trauerreaktionen der Begleiter bzw. Angehörigen einstellen. Außerdem sollten sie ständig die Sicherheit der Einsatzstelle im Hinterkopf haben, damit insbesondere die hereinbrechende Dunkelheit das Verlassen der Einsatzstelle mit dem Opfer und seinen psychisch und physisch erschöpften Kameraden nicht unmöglich macht.

Herzstillstand bei internistischer (Vor-)Erkrankung

Mit dieser Beschreibung ist primär der Patient gemeint, der im klassischen Fall über thorakale Schmerzen klagt und dann einen Herzstillstand erleidet. Wiederum ist in der Wildnis die Überlebenschance gering bis nicht vorhanden, wenn der Patient selbst unter Reanimationsbedingungen länger als einige Minuten von einer Defibrillationsmöglichkeit entfernt ist.^{102–107} Es ist jedoch z. B. möglich, dass ein Rettungstrupp einen Patienten mit thorakalen Schmerzen bereits zur Ambulanz transportiert, wenn er einen Herzstillstand erleidet. Trotzdem ist es aufgrund der Nutzen-Gewicht-Relation unwahrscheinlich, dass ein Defibrillator von den Einsatzkräften in unwegsamem Gelände mitgeführt wird.

Es gibt zahlreiche andere Gründe für einen Herzstillstand in der Wildnis, und die auslösende Problematik bei dem eben dargestellten Patienten könnte z. B. ein Kammerflimmern als Folge einer Hypothermie oder ein Herzstillstand aufgrund einer Lungenembolie sein. Bei diesen auslösenden Faktoren ist die Überlebenswahrscheinlichkeit noch geringer als bei einem Myokardinfarkt als auslösendem Ereignis.

Nichtsdestotrotz kann ein nicht traumatischer Herzinfarkt in der Wildnis in den folgenden Situationen durchaus überlebt werden:

- Hypothermie¹⁰⁸
- Beinahe-Ertrinken in kaltem Wasser^{56,109–111}
- Blitzschlag¹¹²
- elektrischer Schlag (Generatoren!)
- Drogen-Überdosierung
- Lawinenverschüttung.¹¹³

In all diesen Fällen kann der Patient wie im Zustand des tatsächlichen irreversiblen Herzstillstands wirken und dennoch durch Basismaßnahmen der Wiederbelebung gerade noch ausreichend organerhaltend versorgt werden. Insbesondere bei einem hypothermen Patienten sollte man immer an den Merksatz denken: „Niemand ist tot, solange er nicht warm und tot ist“. Ein kleiner, jedoch signifikanter Anteil von Patienten, die aufgrund der aufgezählten Ursachen tot erscheinen, kann erfolgreich wiederbelebt werden. Für jeden der genannten Fälle sind besondere Überlegungen anzustellen. So ist im Fall eines Elektrounfalls unbedingt die Sicherheit der Unfallstelle in den Vordergrund zu stellen, und vor Einleitung jeglicher Maßnahmen muss zwingend sichergestellt werden, dass der Patient nicht mehr mit der Stromquelle in Verbindung steht oder diese eine Gefährdung darstellt (etwa eine herabhängende Stromleitung). Bei einer Hypothermie muss bedacht werden, dass erst durch die CPR ein Kammerflimmern ausgelöst werden kann, nachdem der Patient vor Beginn dieser Intervention noch einen – nicht feststellbaren, aber gerade noch ausreichenden – Minimalkreislauf hatte.^{114–117} Diese Themen werden in einem Wildnis-Medizin-Kurs ausführlicher besprochen, dies würde jedoch den Umfang dieses Kapitels sprengen.

Für die Wiederbelebung in der Wildnis gibt es zwei Standardregeln:¹⁰⁴

- Wenn der Patient einen Herzstillstand aufgrund einer anderen Ursache als einem Trauma erlitten hat, ist es sinnvoll, für etwa 15–30 Minuten CPR zu versuchen. Wenn dies nicht zum Erfolg führt, sollte man die Wiederbelebungsmaßnahmen einstellen und den Patienten für tot erklären.
- Beginnen Sie keine Wiederbelebung, wenn dadurch die Helfer oder weitere Personen einem erhöhten Risiko ausgesetzt werden. Dies betrifft insbesondere den sicheren Rückweg unter den Aspekten Dunkelheit, schwieriges Gelände, Wetter und eventuelle Zufluchtmöglichkeiten.

Bisse und Stiche

Bisse und Stiche sind häufige Probleme der Wildnis-Medizin. Die genaue Form, Ausprägung und die Folgen von Bissen und Stichen variieren regional erheblich.

Bienenstiche

Die am weitesten verbreiteten, häufigsten und mit den meisten Todesfällen verbundenen Stiche sind aufgrund der relativ hohen Anzahl allergischer Personen die der gewöhnlichen Honig-



Abb. 9.17 Allergische Urtikaria (Nesselsucht)

(Aus: Forbes CD, Jackson WF: *World atlas and text of clinical medicine*, 3. Aufl., London, 1993, Mosby Year Book Europe Limited)

biene. Die Reaktion auf Bienenstiche sind meist starker, kurz anhaltender lokaler Schmerz und in einigen Fällen eine lokale Rötung und Schwellung über 1–2 Tage. Diese Symptome sind jedoch in der Regel eine Reaktion auf das injizierte Toxin und kein Anzeichen einer allergischen Reaktion.

Einige Patienten, die gestochen wurden, entwickeln innerhalb weniger Minuten zunehmende Symptome bis hin zu einer generalisierten allergischen Reaktion. Diese kann sich als Urtikaria (Nesselsucht), aber auch als ausgeprägte anaphylaktische Reaktion darstellen. Obwohl das exakte Spektrum einer generalisierten allergischen Reaktion von der Art des injizierten Toxins (das zwischen den vielen Wespen- und Bienenarten variiert) und der individuellen Veranlagung des Patienten bzw. seiner diesbezüglichen Vorgeschichte abhängt, sind meist einige der folgenden Symptome festzustellen:

- Urtikaria (Nesselsucht, > Abb. 9.17)
- geschwollene Lippen
- Heiserkeit oder Stridor
- Kurzatmigkeit sowie giemende oder pfeifende Atemgeräusche
- abdominelle Krämpfe, Erbrechen oder Durchfall
- Tachykardie oder Bradykardie
- niedriger Blutdruck
- Synkope
- hypovolämischer Schock.

Personen mit der Vorgeschichte einer generalisierten allergischen Reaktion auf einen Insektstich reagieren mit höherer Wahrscheinlichkeit auf den nächsten Stich erneut generalisiert. Dennoch sind die Unterschiede zwischen den Giften der unterschiedlichen Spezies groß genug, dass ein Patient trotz früherer Exposition nicht unbedingt auf einen erneuten Stich generalisiert reagieren muss.

Ein Patient mit milder Urtikaria nach einem Stich entwickelt wahrscheinlich keine größeren Probleme. Die häufigste Todesursache bei einer allergischen Reaktion auf Bienengift ist die Verlegung der Atemwege durch ein progredientes Ödem (zunehmende Schwellung). Bewegt sich ein Patient mit Nesselsucht in Richtung einer generalisierten Reaktion (Anaphylaxie), ist Heiserkeit meistens das erste Zeichen, das diesen schweren Verlauf ankündigt.

Bei Erwachsenen tritt zunehmend die generalisierte Kreislaufreaktion bis zum Vollbild des anaphylaktischen Schocks in den Vordergrund. Jeder Patient mit einer generalisierten Reaktion auf einen Bienenstich muss umgehend behandelt werden.

Die Erstmaßnahmen (Basic Life Support) umfassen die Lage rung des Patienten in Rückenlage oder leichter Schocklage, Standardmaßnahmen der Atemwegssicherung und die Gabe von Sauerstoff. Eine einfache, jedoch unter Umständen entscheidende Maßnahme ist die vollständige Entfernung eines verbliebenen Stachels. Obwohl der Stachel nur bei einem kleinen Teil von Bienenstichen stecken bleibt, benötigt man gute Augen, ggf. eine Lupe und gute Beleuchtung, um ihn zu erkennen. Eine unvollständige Entfernung kann entscheidend zum Tod des Patienten beitragen. Wenn man den Stechapparat beim Versuch, ihn mit Pinzette oder Klemme zu entfernen, quetscht, kann noch mehr Gift freigesetzt werden. Daher sollte man zum Entfernen des Stachels diesen mit einer Kreditkarte oder Klinge sozusagen **vorsichtig** wegwischen. Der Stachel ist schnellstmöglich zu entfernen, da die Giftdrüse kontinuierlich weiteres Gift freisetzen kann.

Einige Wildnis-Rettungs teams führen als Teil ihrer medizinischen Ausrüstung Medikamente zur Behandlung einer Bien enstichallergie mit. Die medizinischen Spezialisten des Teams werden speziell im Einsatz dieser Medikamente geschult. Außerdem haben einige Patienten mit entsprechender Vorge schichte selbst diese Medikamente in einem Notfall-Set bei sich.

Das wichtigste Medikament ist Adrenalin. Adrenalin wird vielen Patienten mit bekannter Überempfindlichkeit gegenüber Bienengift in Form eines Autoinjektors (Epinephrin 300 µg zur intramuskulären Injektion, z. B. AnaPen®, Fastjekt® oder Epi-Pen®) verschrieben. Diese Autoinjektoren finden sich in vielen Empfehlungen für die Zusammenstellung einer „Wildnis-Medizin-“ oder Expeditionsapotheke. Problematisch sind die vergleichsweise kurze Haltbarkeit und die empfohlene Lagerung der Autoinjektoren bei Raumtemperatur.

Schlangenbisse

Es gibt zahlreiche giftige Schlangenarten, jedoch ist im Bereich der nördlicheren Breitengrade nur ein geringer Anteil von ihnen zu finden. Die meisten Schlangen leben in den Tropen, und der Biss vieler dieser Arten kann tödlich sein. Obwohl viele Schlangen über Giftdrüsen verfügen, kommen in Deutschland, Österreich und der Schweiz als einzige Giftschlangen die Kreuzotter und seltener die Aspis- sowie die Hornviper vor.

Die **Kreuzotter** (*Vipera berus*) wird 50–70 cm lang, der Kopf ist – für eine Viper untypisch – nur geringfügig vom Rumpf abgesetzt. Die Färbung ist sehr variabel und reicht von silbergrau und gelb bis schwarz (diese Farbvariante wird auch als Höllen otter bezeichnet). Das charakteristische dunkle Zickzackband auf dem Rücken kann ebenfalls unterschiedlich deutlich ausgebildet sein. Auffallend und zur Unterscheidung von ungiftigen Schlangenarten geeignet sind die leistenartig vorspringenden Schuppen über den Augen sowie die geschlitzten Pupillen. Die Tiere sind sehr scheu. Dies in Kombination mit der geringen verfügbaren Giftmenge macht Todesfälle aufgrund von Kreuz-

otterbissen bei Erwachsenen nahezu unmöglich. Das Gift hat vor allem gewebe- und blutschädigende Wirkungen und nur eine geringe neurotoxische Komponente. Deshalb kommt es zu einer starken, lokalen Schwellung, lokaler Hämatombildung und in geringerem Maße zu Atemnot und Herzbeschwerden.

Die **Aspisviper** (*Vipera aspis*) ist normalerweise etwas größer, meist hellgrau, und ihr Kopf ist deutlicher abgesetzt. Hinsichtlich Symptomen und Therapie bestehen keine relevanten Unterschiede. (Die Antidotgabe ist aufgrund der geringeren Giftstärke in noch weniger Fällen erforderlich als bei der Kreuzotter.)

In einigen Gebieten in Kärnten und der Südsteiermark leben noch einige Europäische Hornottern (**Sandviper** oder **Sandotter**, *Vipera ammodytes*). Sie haben eine gelbbraune Färbung und ein Zickzackmuster am Rücken. Wie alle Vipern haben sie einen dreieckigen, vom Rumpf abgesetzten Kopf, an dem das namensgebende Horn sowie eine Überaugenschuppe auffallen. Sie können eine Mischung aus gewebezerstörenden und neurotoxischen Giften applizieren, gelten jedoch als träge und nicht aggressiv.

In Nordamerika existieren nur zwei Schlangenarten, deren Gift stark genug ist, um beim Menschen mehr als nur eine Irritation zu verursachen.

Die **Korallenschlange** (► Abb. 9.18) ist eine kleine Schlange, die im Süden der USA vorkommt. Sie produziert ein neurotoxisches Gift, das fortschreitende Lähmungen verursacht. Die Schlangen sind klein, haben entsprechend kleine Fänge und können ihr Maul im Vergleich zu größeren Schlangen nicht so weit öffnen. Beim Biss führen sie Kaubewegungen aus, um das Gift richtig eindringen zu lassen.

Grubenvipern oder Grubenottern werden in großen Teilen Nordamerikas gefunden. Zu ihnen zählen verschiedene Arten von Klapperschlangen (► Abb. 9.19), der Nordamerikanische Kupferkopf (► Abb. 9.20) und die Wasser-Mokassinschlange (► Abb. 9.21).

Der überwiegende Teil der Grubenotterbisse tritt in suburbanen oder sogar urbanen Gebieten und weniger fern der Zivilisation auf. Ein klassisches Beispiel ist der Betrunkene, der in die Zunge gebissen wurde, als er gerade seine zahme Klapperschlange küssen wollte. Schlangenbisse sind in Nordamerika durch derartige Unfälle häufiger, als es der natürlichen Population entspricht. Genaue Zahlen zu ermitteln, wird weiter erschwert durch die Vielzahl der Behandlungsversuche, die bereits von den Betroffenen selbst, Begleitern oder von Helfern vorgenommen werden. Die einzige Behandlung, die sich nach Schlangenbissen mit Giftapplikation tatsächlich als hilfreich erwiesen hat, ist die Gabe von Antivenin (einem spezifischen Gegengift, „Schlangenserum“). Dieses ist sehr teuer – im Regelfall mehrere tausend Euro für eine einzige Behandlung – und wird daher nicht routinemäßig in Notfallausstattungen mitgeführt. Folglich hat sich als einzige Behandlungsmaßnahme der schnellstmögliche Transport in ein Krankenhaus bewährt, in dem Antivenine verfügbar sind.

Die Giftschlangen in Europa und Nordamerika injizieren dem Opfer beim Biss häufig kein Gift, man spricht von einem „trockenen Biss“. Es handelt sich sozusagen nur um eine Drohgebärde, da der Mensch nicht dem Beuteschema entspricht. Vergiftungszeichen und -symptome treten gewöhnlich bereits

nach wenigen Minuten auf, können aber bis zu 6–8 Stunden (in Einzelfällen noch länger) verzögert einsetzen. Ein zügiger Transportbeginn ist nach einem Schlangenbiss mit möglicher Giftübertragung deshalb unbedingt sinnvoll.

Weitere Maßnahmen – insbesondere die Antiveningabe – sollten aufgrund der relativ hohen Wahrscheinlichkeit fehlender Giftapplikation nicht übereilt durchgeführt werden, sondern der Patient sollte engmaschig auf das Auftreten von Symptomen überwacht werden. Vergiftungserscheinungen umfassen die folgenden Symptome:

- deutliche lokale Schwellung, Schmerzen und eventuell Gewebequetschung
- anhaltende Blutung aus der Bisswunde
- Parästhesien in Fingern und Zehen (Parästhesien sind Empfindungsstörungen durch eine Nervenschädigung oder biochemische Irritation, z. B. Kribbeln oder „Ameisenlaufen“)
- metallischer Geschmack im Mund
- massives Angstgefühl (Todesangst)
- Übelkeit, Erbrechen und abdominelle Schmerzen.

Die folgenden Behandlungsvorschläge werden immer wieder empfohlen, obwohl sich ihre Wirksamkeit bislang nicht durch wissenschaftliche Studien untermauern ließ:

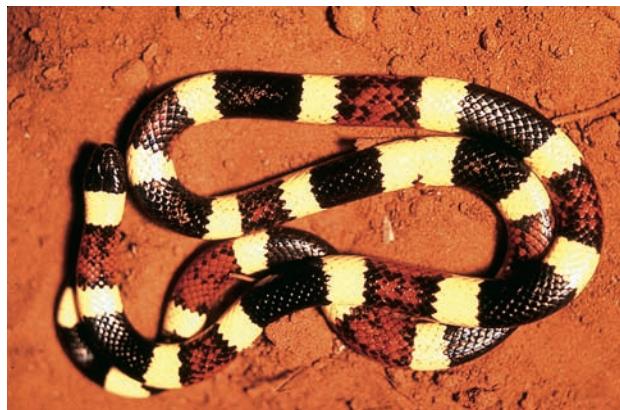


Abb. 9.18 Korallenschlange

(Aus: Sanders M: *Mosby's paramedic textbook*, 3. Aufl., St Louis, 2006, Mosby)



Abb. 9.19 Klapperschlange

(Aus: Sanders M: *Mosby's paramedic textbook*, 3. Aufl., St Louis, 2006, Mosby)

- Personen, die von Schlangen gebissen wurden, sollten jegliche Anstrengung vermeiden. Todesfälle durch Schlangenbisse sind in Nordamerika sehr selten,¹¹⁸ und es ist unwahrscheinlich, dass die Anstrengung eines Rückmarsches aus einem unwegsamen Gelände das Opfer eines Schlangenbisses signifikant schwerer erkranken lässt. Wenn das Opfer getragen werden kann, ist das optimal. Auch eine Ruhigstellung der betroffenen Extremität kann die Verteilung des Giftes im Körper verlangsamen und sollte daher erwogen werden. Dennoch sollte nicht darauf gewartet werden, dass weitere Kräfte eintreffen, um den Patienten zu tragen, da dies das Eintreffen im Krankenhaus verzögern würde. Stattdessen sollte der Patient mit der vorhandenen Unterstützung losmarschieren.
- Es gibt zahlreiche Berichte über Begleiter, die versucht haben, eine verdächtige Schlange zu fangen, und dabei selbst gebissen wurden. Ein Digitalfoto kann durchaus hilfreich sein, aber die mögliche Identifizierung der Schlange ist nicht das Risiko wert, dass eine weitere Person gebissen wird.
- Untersuchungen konnten keinen Nutzen des Aussaugens der Wunde mit oder ohne zusätzlichen Schnitt im Bereich der Bisswunde aufzeigen. Sogenannte Snakebite-Kits mit Saugvorrichtungen sollten nicht zur Anwendung kommen und aus Notfallausstattungen entfernt werden.^{119,120}

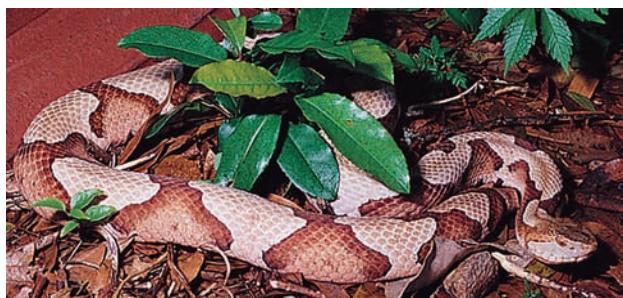


Abb. 9.20 Nordamerikanischer Kupferkopf

(Aus: Auerbach PS: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, 4. Aufl., St Louis, 2001, Mosby)



Abb. 9.21 Wasser-Mokassinschlange

(Aus: Auerbach PS: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, 4. Aufl., St Louis, 2001, Mosby)

- Elektroschocks haben sich weder bei der Anwendung im Bereich des Schlangenbisses noch an der Schlange als nutzbringend erwiesen und sollten daher ebenfalls unbedingt unterlassen werden.^{121,122}
- Kältepackungen vergrößern den lokalen Gewebeschaden (insbesondere nach dem Biss einer Klapperschlange) nachweislich und sollen daher nicht zur Anwendung kommen.¹²³
- Schienung, arterielle oder venöse Abbindungen, Lymphgefäßsperren (zirkulär anzulegende Gummischläuche, die oft Bestandteil von „Snakebite-Kits“ sind) oder elastische Bandagen werden zwar oft empfohlen, doch für keine dieser Behandlungen ist die Wirksamkeit nachgewiesen worden. Vielmehr können sie die lokale Gewebeschädigung verstärken.^{123,124}

Bei primär neurotoxischen Schlangengiften ist dagegen unbedingt die Verlangsamung der systemischen Giftausbreitung anzustreben. Dies gilt insbesondere beim Biss durch einen Vertreter der Familie der Giftnattern (Elapiden), die vor allem in Australien und Asien vorkommen. Bei der Kompressions-Immobilisierungs-Methode erfolgt eine zirkuläre Wickelung der gesamten Extremität mit definiertem Druck (ca. 55 mmHg), um das Eintreten der neurotoxischen Symptomatik zu verzögern – im Idealfall, bis ein geeignetes Antivenin zur Verfügung steht. Da aber die Gifte von Kobra, Krait, Seeschlangen und australischen Elapiden nicht ausschließlich aus Nervengiften bestehen, ist bei diesem Verfahren eine potenziell schwerwiegende lokale Schädigung zu erwarten, sodass von ihm in diesen Fällen doch abzuraten ist. Außerdem besteht das Risiko einer möglicherweise abrupten Freisetzung, wenn eine progrediente Schwellung dazu zwingt, den Verband zu lockern.

9.4.6 Rahmenlage der Wildnis-Medizin

Zu Beginn dieses Kapitels haben wir die Frage gestellt, wann (Notfall-)Medizin Wildnis-Medizin ist. Wann sollen wir an Verfahrensweisen der Wildnis-Medizin denken bzw. wann sollen wir anders denken und handeln, als wir das im urbanen Einsatzdienst tun würden?

Aus dem überwiegenden Teil dieses Kapitels kann der Leser wohl die kurze Antwort ableiten: „Es hängt ganz davon ab!“ Denn Tages- und Jahreszeit, Entfernung, Wetterverhältnisse und Geländebeschaffenheit beeinflussen die Entscheidung, welche Verfahren anzuwenden sind.

Ob ein bestimmter Patient mit einem bestimmten Verletzungsmuster in einer bestimmten Situation besser nach den Kriterien der Wildnis-Medizin behandelt werden sollte, ist eine medizinische Entscheidung, die der jeweilige Helfer am besten treffen kann – ggf. in Absprache mit seinem Patienten. Wenn der Helfer vor Ort einen erfahrenen Notarzt für Rückfragen erreichen kann, insbesondere wenn dieser selbst Erfahrungen im Bereich der Wildnis-Medizin hat, sollte seine Unterstützung möglichst gesucht werden. Dennoch liegt die Entscheidung über eine spezifische Vorgehensweise letztendlich beim verantwortlichen Helfer vor Ort.

PHTLS und TFR hat schon immer die Auffassung vertreten, dass das Einsatzpersonal auf der Basis soliden Grundlagenwissens und der Kenntnis der Schlüsselprinzipien in der Lage ist, eigenverantwortlich gut begründete Entscheidungen hinsichtlich einer angepassten Patientenbetreuung zu treffen.

Lösung Fallbeispiel 3

Der Sanitäter der Gruppe, ein Helfer mit spezieller Ausbildung in Wildnis-Medizin, untersucht die Patientin kurz und stellt die Verdachtsdiagnose einer wahrscheinlichen Milzruptur. Er bespricht dies mit dem Leiter des Bergrettungstrupps. Auf der Basis der Beratung durch seinen Teamsanitäter teilt der Leiter einen anderen Helfer dazu ein, beim Patienten mit der Sprunggelenkfraktur zu bleiben und ein Bivak vorzubereiten. Der Gruppenführer nimmt dann über Funk Kontakt mit dem Rettungsdienst. Er bittet um die Anforderung eines Rettungshubschraubers zur erwarteten Eintreffzeit der evakuierenden Gruppe am Rettungswagen, um keine weitere Zeit durch einen bodengebundenen Transport ab dort zu verlieren. Außerdem wird ein weiterer Rettungstrupp mit Trage angefordert, um die zweite verletzte Person abzuholen. Die Rettungsgruppe transportiert dann das verletzte Gruppenmitglied mit der Trage schnellstmöglich zum Ausgangspunkt zurück, wo sie zeitgleich mit dem Rettungshubschrauber eintrifft.

In dieser Situation gibt es keine hochentwickelten Techniken, lediglich Wissen über Traumakinematik und -versorgung, Wissen über Wildnis-Medizin und Such- und Rettungstechniken sowie Fertigkeiten und Erfahrung bei der körperlichen Untersuchung. All diese Kenntnisse müssen in

dieser schwierigen Lage eingesetzt werden, um potenzielle Risiken und Nutzen gegeneinander abzuwägen.

In diesem Fall rettet die Fähigkeit, das notfallmedizinische Wissen auf die spezielle Wildnis-Situation anzuwenden, das Leben des verletzten Gruppenmitglieds. Sie wird schnellstmöglich in ein Traumazentrum geflogen und erhält während des Fluges erweiterte Versorgungsmaßnahmen in Form von Infusionen. Bei der Ankunft im Traumazentrum wird bei einer schnellen Ultraschalluntersuchung freie Flüssigkeit im Bauchraum festgestellt. Umgehend wird sie dann in den Operationssaal gebracht, wo ihre verletzte Milz operiert wird.

Ziel der Erstversorgung und des Rettungsdienstes ist, „das Krankenhaus zum Patienten zu bringen“. Die Beschränkungen hinsichtlich Personal und Ausrüstung sowie die jeweiligen Rahmenbedingungen vor Ort stehen einer optimalen Versorgung oft entgegen. Dies gilt für die Wildnis ebenso wie für das urbane Umfeld. Mit ihrem Wissen und ihrer Erfahrung haben First Responder auch ohne hochentwickelte Techniken entscheidenden Einfluss auf die Versorgung und das Schicksal des Traumapatienten – selbst und gerade in der Wildnis.

Zusammenfassung

- Helfer werden unvermeidlich mit widrigen Umwelteinflüssen und extremen Wetterbedingungen, wie in diesem Kapitel beschrieben, konfrontiert.
- Das Wissen um die üblichen umweltbedingten Notfälle ist elementar für eine schnelle Notfallversorgung.
- Da aber solche Notfälle nur selten und vor allem unregelmäßig auftreten, ist es wichtig, immer die grundlegenden Versorgungsprinzipien zu berücksichtigen.
- Bei den hitzebedingten Erkrankungen ist eine schnelle Kühlung, vor allem zur Senkung der Kerntemperatur, notwendig.
- Bei den kältebedingten Krankheitsbildern ist es wichtig, die nur leicht Betroffenen aus der Kälte zu holen und langsam passiv zu erwärmen.
- Denken Sie daran, dass Medikamente und die Defibrillation bei einer Körpertemperatur unter 30 °C ineffektiv sind.
- Niemand ist tot, bevor er nicht warm und tot ist.
- Denken Sie generell immer erst an Ihre Sicherheit, denn es sind schon zu viele Helfer bei einer versuchten Rettung ums Leben gekommen.

Einsatzpersonal wird unvermeidlich mit besonders widrigen Umwelteinflüssen konfrontiert werden. Aufgrund des geringen Einsatzaufkommens in diesem Bereich ist es schwer, alle Details präsent zu haben. Jedoch sollten die folgenden Grundprinzipien immer Beachtung finden.

- **Ertrinkungsunfälle** Gehen Sie auch bei jedem Beinahe-Ertrinken von Einschränkungen der Lungenfunktion aus, bis das Gegenteil bewiesen ist. Behandeln Sie Hypoxie, Azidose und Hypothermie nach den jeweiligen Bedürfnissen des Patienten.
- **Blitzschlag** Eine schnelle Beurteilung des kardialen und respiratorischen Status des Patienten ist notwendig. Bei mehreren Betroffenen sollte eine „umgekehrte (reverse) Beurteilung“ erfolgen. Ein schneller Beginn der Wiederbelebung ist entscheidend.
- Wildnis-Medizin hat ganz viele Gemeinsamkeiten mit dem urbanen Rettungsdienst, zeigt aber auch einige entscheidende Unterschiede. Die Grundprinzipien der Traumaver-

sorgung sind die gleichen, unabhängig vom jeweiligen Kontext.

- Die Rahmenlage in der Wildnis – und dieser Begriff kann sich auf deutlich mehr Bereiche beziehen, als er im klassischen Sinn beschreibt – bedingt also, dass sich die Standards der Patientenversorgung für bestimmte Verletzungen unter besonderen Bedingungen ändern.
- Situationen, in denen sich die Wildnis-Medizin unterscheidet, umfassen unter anderem die Vorgehensweisen hinsichtlich der HWS-Immobilisierung, der Wundversorgung, insbesondere der Spülung von Wunden, des Einrenkens (der Reposition) von Luxationen und der Beendigung der Reanimation.
- Grundprinzipien der Versorgung in der Wildnis, betreffen mögliche Ausscheidungsbedürfnisse des Patienten, Vorbeugung von Lagerungsschäden und Prophylaxe von tiefen Beinvenenthrombosen und Lungenembolien.
- Die Versorgung von Patienten in der Wildnis wird in den meisten Fällen eine gute Kenntnis umweltbedingter medizinischer Probleme erfordern.
- Ein Grundsatz lautet, dass alle Patienten in der Wildnis unterkühlt, unterzuckert, hungrig und durstig sind und diese entscheidenden Bedürfnisse von den Helfern vorausschauend und aggressiv angegangen werden sollen.
- Notfallmedizin in der „Wildnis“ beinhaltet das Treffen von schwierigen Entscheidungen; es ist die Kunst, Kompromisse einzugehen sowie Nutzen und Risiken für einen individuellen Patienten in einer spezifischen Situation abzuwägen. Patienten in der Wildnis benötigen selten mehr oder unterschiedliche invasive Handlungsweisen; sie brauchen einen professionellen Helfer, der über einen wachen Verstand verfügt. Ein guter medizinischer Helfer in der Wildnis untersucht den Patienten vorsichtig, wiederholt die Untersuchungen regelmäßig, denkt darüber nach, was gerade geschieht, stellt eine oder möglicherweise mehrere Verdachtsdiagnosen und verwendet diese Informationen, um geeignete, situationsgemäße Entscheidungen zu treffen.

QUELLENVERZEICHNIS

1. National Center for Health Statistics: Compressed mortality file, Hyattsville, MD, 2002, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.
2. Center for Disease Control and Prevention: Heat-related deaths – Chicago, Illinois, 1996–2001, and United States, 1979–1999. MMWR 52(26):610, 2003.
3. Centers for Disease Control and Prevention: Heat-Related Deaths – United States, 1999–2003. MMWR 55(29):796, 2006.
4. Center for Disease Control and Prevention: Hypothermia-related deaths – Utah, 2000, and United States, 1979–1998. MMWR 51(4):76, 2002.
5. Lugo-Amador NM, Rothenhaus T, Moyer P: Heat-related illness. Emerg Med Clin North Am 22:315, 2004.
6. Ulrich AS, Rathlev NK: Hypothermia and localized injuries. Emerg Med Clin North Am 22:281, 2004.
7. Center for Disease Control and Prevention: Hypothermia-related deaths – United States, 2003. MMWR 53(8):172, 2004.
8. Speedy DB, Noakes TD: Exercise-associated hyponatremia: a review. Emerg Med 13:17, 2001.
9. Moran DS, Gaffen SL: Clinical management of heat-related illnesses. In Auerbach PS: Wilderness medicine, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
10. McCauley RL, Killyon GW, Smith DJ, et al.: Frostbite. In Auerbach PS: Wilderness medicine, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
11. Danzl DF: Accidental hypothermia. In Auerbach PS: Wilderness medicine, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
12. Hardy JD: Thermal comfort: skin temperature and physiological thermoregulation. In Hardy JD, Gagge AP, Stolwijk JAJ, editors: Physiological and behavioral temperature regulation, Springfield, IL, 1970, Charles C Thomas.

13. Pozos RS, Danzl DF: Human physiological responses to cold stress and hypothermia. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of The Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
14. Stocks JM, Taylor NAS, Tipton MJ, Greenleaf JE: Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Space Environ Med* 75:444, 2004.
15. Wenger CB: The regulation of body temperature. In Rhoades RA, Tanner GA, editors: *Medical physiology*, Boston, 1995, Little, Brown.
16. Nunneley SA, Reardon MJ: Prevention of heat illness. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
17. Yeo T: Heat Stroke: a comprehensive review. *AACN Clin Issues* 15:280, 2004.
18. Wenger CB: Section I: Hot environments. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
19. Sonna LA: Practical medical aspects of military operations in the heat. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
20. Tek D, Olshaker JS: Heat illness. *Emerg Med Clin North Am* 10(2):299, 1992.
21. Bouchama A, Knochel JP: Medical progress: heat stroke. *N Engl J Med* 346(25):1978, 2002.
22. Holtzhausen LM, Noakes TD: Collapsed ultraendurance athlete: proposed mechanisms and an approach to management. *Clin J Sport Med* 7(4):292, 1997.
23. Gardner JW, Kark JA: Clinical diagnosis, management and surveillance of exertional heat illness. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
24. Knochel JP, Reed G: Disorders of heat regulation. In Narins RE, editor: *Maxwell & Kleeman's clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism*, ed 5, New York, 1994, McGraw-Hill.
25. Gaffin SL, Hubbard RW: Pathophysiology of heatstroke. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
26. Armstrong LE, Crago AE, Adams R, et al.: Whole-body cooling of hyperthermic runners: comparison of two field therapies. *Am J Emerg Med* 14:335, 1996.
27. Gaffin SL, Gardner J, Flinn S: Current cooling method for exertional heatstroke. *Ann Intern Med* 132:678, 2000.
28. U.S. Department of Agriculture, U.S. Forest Service: Heat stress, www.fs.fed.us/fire/safety/fitness/heat_stress/hs_pg1.html.
29. Stocks JM, Taylor NAS, Tipton MJ, Greenleaf JE: Human physiological responses to cold exposure. *Aviat Space Environ Med* 75:444, 2004.
30. Ulrich AS, Rathlev NK: Hypothermia and localized injuries. *Emerg Med Clin North Am* 22:281, 2004.
31. Thomas JR, Oakley EHN: Nonfreezing cold injury. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
32. Montgomery H: Experimental immersion foot: review of the physiopathology. *Physiol Rev* 34:127, 1954.
33. Francis TJR: Non-freezing cold injury: a historical review. *J R Nav Med Serv* 70:134, 1984.
34. Wrenn K: Immersion foot: a problem of the homeless in the 1990s. *Arch Intern Med* 151:785, 1991.
35. Ramstead KD, Hughes RB, Webb AJ: Recent cases of trench foot. *Postgrad Med J* 56:879, 1980.
36. Biem J, Koehncke N, Classen D, Dosman J: Out of cold: management of hypothermia and frostbite. *Can Med Assoc J* 168(3):305, 2003.
37. Vogel JE, Dellon AL: Frostbite injuries of the hand. *Clin Plast Surg* 16:565, 1989.
38. Mills WJ: Clinical aspects of freezing injury. In Pandolf KB, Burr RE, editors: *Medical aspects of harsh environments*, vol 1, Washington, DC, 2001, Office of the Surgeon General, Borden Institute/TMM Publications.
39. Sessler DI: Mild preoperative hypothermia. *N Engl J Med* 336:1730, 1997.
40. Giesbrecht GG: Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: a review. *Aviat Space Environ Med* 71:733, 2000.
41. Giesbrecht GG, Steinman AM: Immersion into cold water. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
42. Nozaki R, Ishibashi K, Adachi N, et al.: Accidental profound hypothermia. *N Eng J Med* 315:1680, 1986 (letter).
43. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, et al.: Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7 °C with circulatory arrest. *Lancet* 355:375, 2000.
44. American Heart Association, 2010 Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science. *Circulation* 12; Suppl 639–946, 2010.
45. Moscati R, Mayrose J, Ficher L, Jehle D: Comparison of normal saline with tap water for wound irrigation. *Am J Emerg Med* 16(4):379, 1998.
46. Southwick FS, Dalglish PH: Recovery after prolonged asystolic cardiac arrest in profound hypothermia: a case report and literature review. *JAMA* 243:1250, 1980.
47. Bernard MB, Gray TW, Buist MD, et al.: Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 346(8):557, 2002.
48. Wilderness Medical Society: Myocardial infarction, acute coronary syndromes, and CPR. In Forgey WW, editor: *Practice guidelines for wilderness emergency care*, ed 5, Guilford, 2006, Globe Pequot Press.
49. Kizer KW: Dysbaric cerebral air embolism in Hawaii. *Ann Emerg Med* 16:535, 1987.
50. Centers for Disease Control and Prevention: Nonfatal and fatal drowning in recreational water settings – United States, 2001–2002. *MMWR* 53(21):447, 2004.
51. Zuckerman GB, Conway EE Jr: Drowning and near drowning. *Pediatr Ann* 29:6, 2000.
52. Schoene RB, Nachat A, Gravatt AR, Newman AB: Submersion incidents. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
53. DeNicola LK, Falk JL, Swanson ME, Kissoon N: Submersion injuries in children and adults. *Crit Care Clin* 13(3):477, 1997.
54. American Heart Association: 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: Part 10.3: Drowning. *Circulation* 112:IV–133, 2005.
55. Wilderness Medical Society: Submersion injuries. In Forgey WW: *Practive guidelines for wilderness emergency care*, ed 5, Helena, Mont, 2006, Globe Pequot Press.
56. Olshaker JS: Submersion. *Emerg Med Clin North Am* 22:357, 2004.
57. Kyriacou DN, Arcinue EL, Peek C, Kraus JF: Effect of immediate resuscitation on children with submersion injury. *Pediatrics* 94:137, 1994.
58. Karch KB: Pathology of the lung in near-drowning. *Am J Emerg Med* 4(1):4, 1986.

59. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al.: Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 293(3):305, 2005.
60. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al.: Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 293(3):299, 2005.
61. V. Hwang, S. Frances, D. Durbin, and J. Baren. Prevalence of Traumatic Injuries in Drowning and Near Drowning in Children and Adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2003; 157(1):50–53.
62. Rosen P, Stoto M, Harley J: The use of the Heimlich maneuver in near drowning: Institute of Medicine report. *J Emerg Med* 13:397, 1995.
63. Curran EB, Holle RL, Lopez RE: Lightning fatalities, injuries and damage reports in the United States, 1959–1994. NOAA Tech Memo NWS SR-193, 1997, Quelle: www.nssl.noaa.gov/papers/techmemos/NWS-SR-193/techmemo-sr193.html.
64. Gatewood MO, Zane RD: Lightning injuries. *Emerg Med Clin North Am* 22:369, 2004.
65. Huffins GR, Orville RE: Lightning ground flash density and thunderstorm duration in the contiguous United States. *J Appl Meteorol* 38:1013, 1999.
66. Cummins KL, Krider EP, Malone MD: A combined TOA/MDF technology upgrade of the US National Lightning Detection Network. *J Geophys Res* 103:9035, 1998.
67. Dulcos PJ, Sanderson LM, Klontz KC: Lightning-related mortality and morbidity in Florida. *Pub Health Rep* 105:276, 1990.
68. Centers for Disease Control and Prevention: Lightning associated deaths – 1980–1995, *MMWR* 47(19):391, 1998.
69. Cooper MA: Lightning injuries: prognostic signs of death. *Ann Emerg Med* 9:134, 1980.
70. Andrews CJ, Darveniza M, Mackerras D. Lightning injury: a review of the clinical aspects, pathophysiology and treatment. *Adv Trauma* 4:241, 1989.
71. American Heart Association: 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 10.9: electric shock and lightning strike. *Circulation* 112:IV-154, 2005.
72. Cooper MA, Andrews CJ, Holle RL, Lopez RE: Lightning injuries. In Auerbach PS: *Wilderness medicine*, ed 5, St Louis, 2007, Mosby Elsevier.
73. Ritenour AE, Morton MJ, McManus JG, et al.: Lightning injury: a review. *Burns* 34:585, 2008.
74. Casten JA, Kytilla J: Eye symptoms caused by lightning. *Acta Ophthalmol* 41:139, 1963.
75. Taussig HB: Death from lightning and the possibility of living again. *Ann Intern Med* 68:1345, 1968.
76. Merriam-Webster's collegiate dictionary, ed 10, Springfield, MA, 1996, Merriam-Webster, Inc.
77. Conover K: EMTs should be able to clear the cervical spine in the wilderness. *J Wild Med* 3(4):339, 1992 (editorial).
78. Gomi T: Everyone poops, New York, 1993, Kane/Miller Book Publishers.
79. Goldberg R, Chan D, Mason J, Chan L: Backboard versus mattress splint immobilization: a comparison of symptoms generated. *J Emerg Med* 14(3):293, 1996.
80. Hamilton RS, Pons PT: The efficacy and comfort of full-body vacuum splints for cervical-spine immobilization. *J Emerg Med* 14(5):553, 1996.
81. Johnson DR, Hauswald M, Stockhoff C: Comparison of a vacuum splint device to a rigid backboard for spinal immobilization. *Am J Emerg Med* 14(4):369, 1996.
82. Lovell ME, Evans JH: A comparison of the spinal board and the vacuum stretcher, spinal stability and interface pressure. *Injury* 25(3):179, 1994.
83. Chan D, Goldberg R, Tascone A, et al.: The effect of spinal immobilization on healthy volunteers, *Ann Emerg Med* 23(1):48, 1994.
84. Cordell WH, Hollingsworth JC, Olinger ML, et al.: Pain and tissue-interface pressures during spine-board immobilization. *Ann Emerg Med* 26(1):31, 1995.
85. Delbridge TR, Auble TE, Garrison HG, Menengazzi JJ: Discomfort in healthy volunteers immobilized on wooden backboards and vacuum mattress splints. *Prehosp Disaster Med* 8 (suppl 2), 1993.
86. Linares HA, Mawson AR, Suarez E: Association between pressure sores and immobilization in the immediate post-injury period. *Orthopedics* 10:571, 1987.
87. Mawson AR, Bundo JJ, Neville P: Risk factors for early occurring pressure ulcers following spinal cord injury. *Am J Phys Med Rehabil* 67:123, 1988.
88. Edlich RF, Rodeheaver GT, Morgan RF, et al.: Principles of emergency wound management. *Ann Emerg Med* 17(12):1284, 1988.
89. Edlich RF, Thacker JG, Buchanan L, Rodeheaver GT: Modern concepts of treatment of traumatic wounds. *Adv Surg* 13:169, 1979.
90. Bhandari M, Thompson K, Adili A, Shaughnessy SG: High and low pressure irrigation in contaminated wounds with exposed bone. *Int J Surg Invest* 2(3):179, 2000.
91. Bhandari M, Adili A, Lachowski RJ: High pressure pulsatile lavage of contaminated human tibiae: an in vitro study. *J Orthop Trauma* 12(7):479, 1998.
92. Bhandari M, Schemitsch EH, Adili A, et al.: High and low pressure pulsatile lavage of contaminated tibial fractures: an in vitro study of bacterial adherence and bone damage. *J Orthop Trauma* 13(8):526, 1999.
93. Valente JH, Forti RJ, Freundlich LF, et al.: Wound irrigation in children: saline solution or tap water? *Ann Emerg Med* 41(5):609, 2003.
94. Backer HD: Field water disinfection. In Auerbach PS, Geehr EC, editors: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, ed 2, St Louis, 1989, Mosby.
95. Griffiths RD, Fernandez RS, Ussia CA: Is tap water a safe alternative to normal saline for wound irrigation in the community setting? *J Wound Care* 10(10):407, 2001.
96. Moscati RM, Reardon RF, Lerner EB, Mayrose J: Wound irrigation with tap water. *Acad Emerg Med* 5(11):1076, 1998.
97. Rodeheaver GT, Pettry D, Thacker JG, et al.: Wound cleansing by high pressure irrigation. *Surg Gynecol Obstet* 141(3):357, 1975.
98. Edlich RF, Reddy VR: Revolutionary advances in wound repair in emergency medicine during the last three decades: a view toward the new millennium – 5th Annual David R. Boyd, MD, Lecture. *J Emerg Med* 20(2):167, 2001.
99. Singer AJ, Hollander JE, Subramanian S, et al.: Pressure dynamics of various irrigation techniques commonly used in the emergency department. *Ann Emerg Med* 24(1):36, 1994.
100. Fulton RL, Voigt WJ, Hilakos AS: Confusion surrounding the treatment of traumatic cardiac arrest, *J Am Coll Surg* 181:209, 1995.
101. Shimazu S, Shatney CH: Outcomes of trauma patients with no vital signs on admission. *J Trauma* 23(3):213, 1983.
102. Forgey WW, Wilderness Medical Society: Practice guidelines for wilderness emergency care, ed 2, Guilford, Conn, 2001, Globe Pequot Press.
103. Goth P, Garnett G, Rural Affairs Committee, National Association of EMS Physicians: Clinical guidelines for delayed/prolonged transport. I. Cardiorespiratory arrest. *Prehosp Disaster Med* 6(3):335, 1991.
104. Bowman WD: CPR and wilderness rescue: when and when not to use it, Response, 1987.
105. Eisenberg MS, Bergner L, Hallstrom AP: Cardiac resuscitation in the community: importance of rapid provision and implications of program planning. *JAMA* 241:1905, 1979.
106. Kellermann AL, Hackman BB, Somes G: Predicting the outcome of unsuccessful prehospital advanced cardiac life support. *JAMA* 270(12):1433, 1993.

107. Bonnin MJ, Pepe PE, Kimball KT, Clark PS: Distinct criteria for termination of resuscitation in the out-of-hospital setting. *JAMA* 270(12):1457, 1993.
108. Leavitt M, Podgorny G: Prehospital CPR and the pulseless hypothermic patient. *Ann Emerg Med* 13:492, 1984.
109. Keatinge WR: Accidental immersion hypothermia and drowning, *Practitioner* 219:183, 1977.
110. Olshaker JS: Near drowning. *Emerg Med Clin North Am* 10(2):339, 1992.
111. Orlowski JP: Drowning, near-drowning, and ice-water drowning. *JAMA* 260(3):390, 1988 (editorial).
112. Cooper MA: Lightning injuries. In Auerbach PS, Geehr EC, editors: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, ed 2, St Louis, 1989, Mosby.
113. Durrer B, Brugger H: Recent advances in avalanche survival. Presented at the Second World Congress on Wilderness Medicine, Aspen, Colo, 1995.
114. Steinman AM: Cardiopulmonary resuscitation and hypothermia, *Circulation* 74(6, pt 2):29, 1986.
115. Zell SC: Epidemiology of wilderness-acquired diarrhea: implications for prevention and treatment, *J Wild Med* 3(3):241, 1992.
116. Lloyd EL: Hypothermia and cold stress, Rockville, Md, 1986, Aspen Systems.
117. Maningas PA, DeGuzman LR, Hollenbach SJ, et al.: Regional blood flow during hypothermic arrest, *Ann Emerg Med* 15(4):390, 1986.
118. Curry SC, Kunkel DB: Death from a rattlesnake bite. *Am J Emerg Med* 3(3):227, 1985.
119. Bush SP: Snakebite suction devices don't remove venom: they just suck, *Ann Emerg Med* 43(2):187, 2004.
120. Alberts MB, Shalit M, LoGalbo F: Suction for venomous snakebite: a study of "mock venom" extraction in a human model, *Ann Emerg Med* 43(2):181, 2004.
121. Davis D, Branch K, Egen NB, et al.: The effect of an electrical current on snake venom toxicity. *J Wild Med* 3(1):48, 1992.
122. Howe NR, Meisenheimer JL Jr: Electric shock does not save snake-bitten rats. *Ann Emerg Med* 17(3):254, 1988.
123. Gill KA Jr: The evaluation of cryotherapy in the treatment of snake envenomation. *South Med J* 63:552, 1968.
124. Norris RL: A call for snakebite research. *Wilderness Environ Med* 11(3):149, 2000.
125. Stewart ME, Greenland S, Hoffman JR: First-aid treatment of poisonous snakebite: are currently recommended procedures justified? *Ann Emerg Med* 10(6):331, 1981.

KAPITEL

10 Pädiatrisches und geriatrisches Trauma

| | | | |
|---|-----|--|-----|
| 10.1 Das Kind als Traumapatient | 268 | 10.2 GeriatrischesT rauma | 281 |
| 10.1.1 Pathophysiologie | 270 | 10.2.1 Anatomie und Physiologie | 282 |
| 10.1.2 Primary Survey | 271 | 10.2.2 Beurteilung | 287 |
| 10.1.3 Secondary Survey – Detaillierte körperliche Untersuchung | 274 | 10.2.3 Management | 290 |
| 10.1.4 Management | 275 | 10.2.4 Misshandlung und Vernachlässigung | 291 |
| 10.1.5 Spezifische Verletzungen | 276 | 10.2.5 Zielklinik | 293 |
| 10.1.6 Misshandlung und Vernachlässigung | 278 | 10.2.6 Lange Transportwege | 293 |
| 10.1.7 Lange Transportwege | 280 | | |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die anatomischen sowie physiologischen Besonderheiten von Kindern zu kennen sowie die besonderen Verletzungsmuster bei Kindern zu identifizieren,
- die Wichtigkeit des Atemwegmanagements und der Wiederherstellung einer adäquaten Gewebeoxygenierung bei pädiatrischen Patienten zu erklären,
- die Vitalzeichen eines Kindes einzuschätzen,
- die verschiedenen Techniken für die unterschiedlichen Verletzungen bei pädiatrischen Patienten anzuwenden,
- zwischen einem verletzten und einem misshandelten Kind zu unterscheiden
- die anatomischen und physiologischen Effekte des Alterns als ursächliche Faktor für Traumata zu erklären,

- die Interaktion verschiedener vorbestehender Erkrankungen mit traumatischen Verletzungen bei älteren Patienten zu erklären, die Unterschiede in der Pathophysiologie und Manifestation eines Traumas verursachen,
- die Behandlungstechniken und Überlegungen bei geriatrischen Patienten mit denen bei jüngeren Patienten zu vergleichen,
- Modifikationen der spinalen Stabilisierung zu demonstrieren, die bei hoher Sicherheit und Stabilität bestmöglichen Komfort bieten,
- die Versorgung geriatrischer Patienten mit der jüngerer Patienten zu vergleichen,
- die Situation und den Patienten auf Zeichen von Misshandlung oder Verwahrlosung hin zu prüfen.

Fallbeispiel 1

Sie werden zu einem Verkehrsunfall auf einer stark frequentierten Straße gerufen. Zwei Fahrzeuge sind an einem Frontalzusammenstoß beteiligt. Einer der Insassen ist ein Kind, das sich schlecht gesichert in einem Kindersitz befindet. Das Wetter stellt an diesem durchschnittlichen Frühlingsnachmittag keine weitere Belastung dar.

Während Sie, Ihr Partner und die anderen mittlerweile eingetroffenen Einsatzkräfte die Patienten sichten und beurteilen, gelangen Sie zu dem Kind. Sie sehen einen ungefähr zweijährigen Jungen, der zur Seite gelehnt in seinem Kindersitz sitzt. Sie bemerken Blut auf der Rückseite der Kopfstütze des Sitzes vor dem Jungen. Das Kind erscheint sehr ruhig und Ihnen fal-

len mehrere kleine Schürfverletzungen sowie kleinere Blutungen am Kopf, Gesicht und am Hals des Jungen auf. Ihr Primary und Secondary Survey ergibt einen zweijährigen Jungen, der schwach „Ma-Ma Ma-Ma“ wiederholt. Er hat eine zentrale und periphere Pulsfrequenz von 180 pro Minute, der Radialispuls ist schwächer als der der Karotis. Der Blutdruck des Kindes liegt bei 50 mmHg palpatorisch, die Atemfrequenz bei 18 pro Minute, leicht unregelmäßig, aber ohne anormale Geräusche. Während Sie den Jungen weiter beurteilen, bemerken Sie, dass er nichts mehr sagt und nur noch in die Luft starrt. Seine Pupillen sind leicht dilatiert, seine Haut ist blass und feucht. Eine Frau, die sich

als Tagesmutter der Familie vorstellt, berichtet, dass die Mutter auf dem Weg zur Unfallstelle ist. Sie bittet Sie, auf die Mutter zu warten.

Welches sind Ihre Managementprioritäten für diesen Patienten? Welches die wahrscheinlichsten Verletzungen? Welches ist das beste Zielkrankenhaus für das Kind?

Unfälle sind die häufigste Todesursache US-amerikanischer Kinder. Jährlich werden 8,7 Millionen Kinder verletzt und etwa alle 30 Minuten stirbt ein Kind an Unfallfolgen. Tragischerweise wären 80 % dieser Todesfälle eventuell zu verhindern gewesen – entweder durch effektive Maßnahmen zur Unfallverhütung oder durch eine adäquate Versorgung in der akuten Unfallphase. Um Kinder korrekt zu behandeln, sind gute Kenntnisse der kindlichen Entwicklung, der Anatomie und Physiologie, aber auch des genauen Unfallmechanismus notwendig.

Das Sprichwort „Kinder sind keine kleinen Erwachsenen“ behält Recht. Kinder weisen andere Verletzungsmechanismen auf, zeigen andere physiologische Reaktionen und brauchen eine spezielle Behandlung, basierend auf ihrem psychischen und physischen Entwicklungsstadium.

Dieses Kapitel beschreibt zunächst die Besonderheiten pädiatrischer Traumapatienten und dann deren optimale Versorgung auf der Basis kindspezifischer Grundprinzipien. Wenngleich es wichtig ist, die Besonderheiten pädiatrischer Verletzungen zu kennen, sind die Grundlagen des Advanced und des Basic Life Support sowie des Primary und Secondary Survey für Kinder und Erwachsene gleich, also unabhängig vom Alter des Patienten.

10.1 Das Kind als Traumapatient

Statistische Angaben

Viele Besonderheiten und Bedürfnisse des pädiatrischen Traumapatienten benötigen während der Beurteilung eine erhöhte Aufmerksamkeit. Die Folgen einer penetrierenden Verletzung sind meistens vorhersagbar, während stumpfe Traumamechanismen eher mit Multisystemverletzungen einhergehen.

Stürze und Verkehrsunfälle als Fußgänger oder Fahrzeuginsassen sind die häufigsten Ursachen kindlicher Verletzungen in den USA. Allein durch Stürze ergeben sich mehr als 2,5 Millionen Verletzungen pro Jahr.¹ Gemäß der Statistik sind 87 % aller Verletzungen unbeabsichtigt, 4 % sind Sportunfälle und 5 % Folge von Angriffen. Aufgrund verschiedener Faktoren sind bei schwerwiegenderen Kinderunfällen Polytraumata eher die Regel als die Ausnahme. Obwohl die Kinder von außen häufig nur leicht verletzt erscheinen, können umfangreiche innere Verletzungen vorliegen und müssen somit in einer spezialisierten Zielklinik erneut beurteilt werden.

Kinematik

Der kindliche Körper bietet ein kleineres Ziel, auf das lineare Kräfte von Stoßstangen, Kotflügeln oder bei Stürzen einwirken.

Da Kinder weniger dämpfendes Körperfett aufweisen, ihre Gewebe elastischer sind und die inneren Organe vergleichsweise oberflächennäher liegen als beim Erwachsenen, wird mehr Energie direkt auf die Organe übertragen. Weil das kindliche Skelett noch nicht vollständig kalzifiziert ist und noch Wachstumsfugen aufweist, wirkt es federnder als das des Erwachsenen. Dennoch kann es die Energie weniger gut absorbieren, als dies bei Erwachsenen der Fall ist, wodurch deutlich mehr Energie auf die Organe übertragen wird. Oberflächlich entsteht dabei kaum ein Schaden, doch im Innern sind die Folgen oft verheerend. Beispielsweise kann bei einem Kind nach einem stumpfen Thoraxtrauma die Brustwand intakt erscheinen, ohne einen Hinweis auf Rippenfrakturen, und dennoch eine schwere Lungenkontusion vorliegen.

Häufige Verletzungsmuster

Die anatomischen und physiologischen Eigenschaften des kindlichen Körpers führen bei den altersspezifischen Unfallmechanismen zu unterschiedlichen Verletzungsmustern (► Tab. 10.1). Durch ungenügende Anwendung von Sicherheitsgurten oder eine falsche Platzwahl im Auto, kann ein auslösender Airbag zu deutlichen Verletzungen eines Kindes führen (► Kasten 10.1). Traumatisierte pädiatrische Patienten sind in der Regel zeitkritische Patienten und Kenntnisse der üblichen Verletzungsmuster werden die Einsatzkräfte unterstützen, schnell die richtigen Entscheidungen treffen zu können. Zum Beispiel ist bei den meisten stumpfen Traumata auch der Kopf betroffen, wodurch Apnoe, Hypoventilation und Hypoxie viel häufiger auftreten als Hypovolämie und Hypotonie. Die Behandlung muss solche Faktoren berücksichtigen und größeren Wert auf ein aggressiveres Atemwegmanagement legen.

10.1 Pädiatrische Notfälle in Verbindung mit Sicherheitsgurten und Airbags

Obwohl in allen 50 US-Bundesstaaten Kindersitze oder -rückhaltesysteme vorgeschrieben sind, sind Kinder bei fast jedem zweiten Autounfall nicht oder nur unzureichend angeschnallt.²¹ Sitzt das Kind in einem Auto mit Seitenairbags auf dem Beifahrersitz, so ist es gefährdet, im Falle eines Unfalls schwerwiegende Verletzungen davonzu-tragen, egal ob es angeschnallt ist oder nicht.²² Das Risiko schwerwiegender Verletzungen ist in einem Auto mit Seitenairbags doppelt so hoch wie in einem Fahrzeug ohne einen solchen Airbag.²³ Kinder mit Beckengurt oder inadäquater Position des Sicherheitsgurtes haben bei Autounfällen vermutlich ein erhöhtes Risiko für Verletzungen der inneren Organe. Die Inzidenz ist jedoch schwer zu bestimmen. In einer Studie hatten 20 % der verletzten Kinder Abdrücke des Sicherheitsgurtes; jedes zweite hatte signifikante intraabdominelle Verletzungen, beinahe 25 % davon Perforationen von Organen.²⁷

Andere Studien zeigen ein erhöhtes Risiko, jedoch nicht in diesem Ausmaß: Nur 5 % der Kinder wiesen einen Abdruck des Sicherheitsgurtes und 13 % von diesen Kindern Darmverletzungen auf.²⁸ Bei jedem Kind mit Abdrücken von Sicherheitsgurten ist bis zum Beweis des Gegenteils von einer intraabdominalen Verletzung auszugehen. Bei ca. 1 % der Verkehrsunfälle mit beteiligten Kindern wurden diese durch einen ausgelösten Airbag getroffen. Von diesen Kindern erlitten 14 % schwerwiegende Verletzungen im Vergleich zu 7,5 % der angeschnallten Kinder auf Beifahrersitzen ohne Airbag. Das Gesamtrisiko für eine Verletzung betrug 86 % im Vergleich zu 55 % in der Kontrollgruppe.²⁸ Leichte Verletzungen durch Airbags beinhalteten Verbrennungen des oberen Torsos und des Gesichts sowie Ablederungen. Schwere Airbag-Verletzungen umfassten signifikante Brust-, Nacken- und Gesichtsverletzungen sowie Traumata der oberen Extremität.²⁹ Ein Fall dokumentiert sogar die Enthauptung eines Kindes durch einen Airbag.¹

Tab. 10.1 Übliche Verletzungsmuster bei pädiatrischen Traumata

| Art des Traumas | Verletzungsmuster |
|------------------------------------|--|
| Autounfall (Kind ist Insasse) | Unangeschnallt: multiple Verletzungen, Trauma an Kopf und Nacken, Risswunden am Schädel und im Gesicht Angeschnallt: Brust- und Bauchverletzungen, Verletzungen der unteren Wirbelsäule Seitlicher Aufprall: Kopf-, Nacken- und Brustverletzungen; Frakturen der Extremitäten Entfalteter Airbag: Kopf-, Nacken- und Brustverletzungen; Frakturen der oberen Extremität |
| Autounfall (Kind ist Fußgänger) | Geringe Geschwindigkeit: Frakturen der unteren Extremität Hohe Geschwindigkeit: multiple Verletzungen, Kopf- und Nackenverletzungen, Frakturen der unteren Extremität |
| Fall aus der Höhe | Niedrig: Frakturen der oberen Extremität Mittel: Kopf- und Nackenverletzungen, Frakturen der oberen und unteren Extremität Hoch: multiple Verletzungen, Kopf- und Nackenverletzungen, Frakturen der oberen und unteren Extremität |
| Fahrradsturz | Ohne Helm: Risswunden an Kopf, Nacken, Schädel und Gesicht, Frakturen der oberen Extremität Mit Helm: Frakturen der oberen Extremität Kollision mit dem Lenker: intraabdominelle Verletzungen |

Modifiziert nach: American College of Surgeons Committee on Trauma: Extremes of Age: pediatric trauma. Aus: Advanced trauma life support for doctors, student course manual, 8. Aufl., Chicago 2008, ACS

Thermische Regulation

Das Verhältnis zwischen Körperoberfläche und -masse ist bei der Geburt am größten und nimmt während der Kindheit kontinuierlich ab. Relativ ist bei Kindern also mehr Körperoberfläche vorhanden, über die Wärme schnell verloren gehen kann. Dies stellt nicht nur eine zusätzliche Belastung für das Kind dar, vielmehr beeinträchtigt ein Wärmeverlust die physiologi-

sche Reaktionsfähigkeit auf begleitende Stoffwechselstörungen oder einen Schock. Eine schwere Hypothermie führt zu schweren Gerinnungsstörungen und schlimmstenfalls zu einem irreversiblen kardiovaskulären Kollaps. Da die Zeichen der Hypothermie denen des Schocks ähneln, macht dies die präklinische Beurteilung nicht gerade leichter.

Psychosoziale Aspekte

Die psychologischen Konsequenzen können bei der Versorgung eines Kindes eine der maßgeblichen Herausforderungen sein. Vor allem bei Kleinkindern können Stress, Schmerzen und andere erlebte Gefahren die psychische Entwicklung stören. Die Fähigkeit eines Kindes, mit ihm fremden Personen in einer fremden Umgebung zu interagieren, sowie die Möglichkeiten eines Kindes, diese Faktoren zu kompensieren, sind sehr limitiert und machen Anamnese und Behandlung zu einer herausfordernden Aufgabe. Werden diese Umstände berücksichtigt und ist man in der Lage, das verletzte Kind zu trösten und es zu beruhigen, hat man die besten Chancen, effektiv eine Anamnese zu erheben und das nun kooperative Kind zu untersuchen.

Die Eltern oder Betreuer des Kindes haben ebenso ganz besondere Bedürfnisse und Probleme. Diese zu erkennen und anzusprechen, wird den First Responder darin unterstützen, das Kind erfolgreich zu versorgen. Geht man nicht auf diese Bezugspersonen ein, werden sich weitere Probleme entwickeln. Die Eltern oder Betreuer sind bei jedem kindlichen Unfall oder schweren Erkrankung ebenso betroffen und benötigen spezielle Aufmerksamkeit. Gute kommunikative Fähigkeiten sind die Voraussetzung für jeden Patientenkontakt, sie sind aber besonders gefordert bei diesen ganz speziellen „Elternpatienten“. Viele brauchen nur einfache Worte des Mitgefühls, andere fordern Ihre ganze Geduld. Wenn Sie diesen individuellen Bedürfnissen nicht ignorant gegenüberstehen, haben Sie immer die Möglichkeit, die Eltern in die Behandlung mit einzubinden und sie so zu einem wertvollen Teil der Rettungsmannschaft zu machen.

Genesung und Rehabilitation

Ein weiterer Aspekt bei pädiatrischen Traumapatienten ist, dass selbst kleine Verletzungen Auswirkungen auf das Wachstum und die kindliche Entwicklung haben können. Ein Kind muss sich nicht nur von dem Ereignis erholen, sondern gleichzeitig auch noch weiter wachsen und sich weiterentwickeln. Die aus den Verletzungen entstehenden Effekte wie eine lang anhaltende Einschränkung, Wachstumsveränderungen oder nachfolgende negative Entwicklungen sind nicht zu unterschätzen. Auch leichte Schädel-Hirn-Traumen können bleibende zerebrale Funktionseinschränkungen, psychische Probleme oder Organschäden verursachen. 60 % der polytraumatisierten Kinder weisen Persönlichkeitsveränderungen auf, 50 % sind kognitiv oder physisch beeinträchtigt.

Die Reichweite der Verletzungen oder der Behinderungen ist aber nicht nur auf den Patienten beschränkt, sondern hat auch weitreichenden Einfluss auf die Eltern und Geschwister. Dies kann eine Familienstruktur stark belasten oder sogar zerstören. Die direkten und indirekten Kosten der Behandlung dieser Folgen können die Familien massiv und teilweise lebenslang belasten.

Eine inadäquate Primärversorgung eines traumatisierten Kindes kann weitreichende Folgen haben. Dies betrifft also nicht nur das unmittelbare Überleben des Kindes, sondern kann dessen Lebensqualität ein Leben lang einschränken. Dementsprechend bedarf es eines guten medizinischen „Menschenverständes“ sowie eines Spürsinnes für kindliche Verletzungen, wenn Sie ein Kind beurteilen und versorgen.

10.1.1 Pathophysiologie

Das endgültige Outcome des verletzten Kindes entscheidet sich im Rahmen der Versorgungsqualität in den ersten Momenten nach Auftreten der Verletzung. Während dieser kritischen ersten Phase ist ein systematisches und organisiertes Vorgehen im Rahmen des Primary Survey die beste Vorbeugung gegen das Übersehen eines lebensbedrohlichen Zustands. Wie bei Erwachsenen sind die drei häufigsten unmittelbaren Todesursachen auch bei Kindern Hypoxie, massive Blutungen und dramatische Verletzungen des ZNS. Durch eine fehlerhafte Beurteilung und Mängel in der Versorgung können sich diese Probleme noch verstärken und die Möglichkeiten einer erfolgreichen Genesung einschränken.

Hypoxie

Erste Priorität bei der präklinischen Behandlung hat der Erhalt durchgängiger Atemwege, ob durch einfache, unterstützende Maßnahmen oder durch ein erweitertes Atemwegmanagement. Offene und funktionierende kindliche Atemwege schließen Sauerstoffgabe und assistierte Beatmung nicht aus, insbesondere bei ZNS-Verletzungen, Hypoventilation oder Hypoperfusion. Auch stabil erscheinende, verletzte Kinder können sich jederzeit vom Zustand milder Tachypnoe bis hin zur vollkommenen Erschöpfung oder Apnoe verschlechtern. Sind die Luftwege einmal gesichert, müssen Atemfrequenz und Atemminutenvolumen aufmerksam evaluiert werden, um eine adäquate Ventilation zu gewährleisten. Bei inadäquater Ventilation kann auch eine massive Erhöhung der Sauerstoffkonzentration eine fortschreitende Hypoxie nicht verhindern.

Auf das traumatisierte Gehirn können selbst flüchtige Hypoxien verheerende Auswirkungen haben und verdienen unsere besondere Aufmerksamkeit. Wenn eine zerebrale Hypoxie vermieden wird, kann auch ein tief bewusstloses Kind eine Chance auf einen guten Verlauf haben. Angesichts der aktuellen Datenlage muss das Risiko von erweiterten Maßnahmen des Atemwegsmanagements wohlüberdacht sein, solange das Kind

mithilfe von Basismaßnahmen, wie einer Beutel-Masken-Beatmung, angemessen ventiliert und oxygeniert ist.

Hämorrhagie

Die meisten pädiatrischen Verletzungen verursachen nicht umgehend eine Blutleere. Dennoch sterben Kinder, die einen massiven Blutverlust erleiden, entweder sofort oder sind tot, wenn sie in der Notaufnahme eintreffen. Diese fatalen Verläufe weisen multiple Organverletzungen auf, von denen mindestens eine mit einer starken Blutung assoziiert ist.

Erwachsene wie Kinder kompensieren eine Blutung durch Erhöhung des systemischen Gefäßwiderstandes auf Kosten der peripheren Durchblutung. Tatsächlich können Kinder dies viel besser als Erwachsene, da ihre Fähigkeit zur Vasokonstriktion eingeschränkt ist. Die Betrachtung nur des Blutdruckes ist eine unzureichende Strategie, um frühe Schockzeichen zu erkennen. Eine Tachykardie kann durch Schmerz oder Angst ausgelöst sein, dennoch gilt sie bis zum Beweis des Gegenteils immer als Zeichen einer Blutung oder einer Hypovolämie. Auch ein sich verkleinernder Pulsdruck und eine ansteigende Tachykardie können frühe Schockzeichen darstellen, aber darüber hinaus sollte man frühzeitig sein Augenmerk auf Symptome der Minderperfusion von Organen richten. Dies umfasst zum Beispiel ein verminderter Bewusstsein oder die eingeschränkte Hautperfusion (kalte Haut, blasses Gesicht, verlängerte Rekapillarisierungszeit).

Im Gegensatz zu den Erwachsenen sind diese frühen Zeichen einer Blutung nur gering ausgeprägt und schwierig zu erkennen, was zu einer täuschenden Darstellung des Schocks führen kann. Erkennt der professionelle Helfer die frühen Schockzeichen nicht, kann das Kind genug zirkulierendes Blutvolumen verlieren, dass seine Kompensationsmechanismen versagen. In diesem Fall fällt das Herzminutenvolumen, die Organperfusion wird weiter vermindert und das Kind gerät in einen dekompenzierten und oftmals tödlichen Schockverlauf. Daher sollten Sie Kinder nach stumpfen Traumata stets engmaschig überwachen, um die subtilen Frühzeichen eines Schocks zu erkennen, lange bevor es zu deutlichen Abweichungen in den Vitalparametern kommt.

Verletzungen des zentralen Nervensystems

Die pathophysiologischen Veränderungen nach einem ZNS-Trauma beginnen innerhalb von Minuten. Die frühe und adäquate Behandlung ist der Schlüssel zum Erfolg bei hirnverletzten Kindern. Obwohl ein gewisser Prozentsatz von ZNS-Verletzungen einen unmittelbar tödlichen Verlauf zeigt, haben viele Kinder mit scheinbar verheerenden Hirnverletzungen ein gutes Genesungspotenzial, wenn eine koordinierte und wohlüberlegte Behandlung darauf ausgelegt ist, sekundäre Hirnschäden zu vermeiden. Dies beinhaltet das Verhindern von Hypoperfusion,

Tab. 10.2 Größe und Gewicht pädiatrischer Patienten

| Gruppe | Alter | Durchschnittsgröße (cm) | Durchschnittsgewicht (kg) |
|-----------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| Neugeborenes | Geburt bis 6 Wochen | 51–63 | 3–5 |
| Säugling | 7 Wochen bis 1 Jahr | 56–80 | 4–11 |
| Kleinkind | 1–2 Jahre | 77–91 | 11–14 |
| Vorschulkind | 2–6 Jahre | 91–122 | 14–25 |
| Schulkind | 6–13 Jahre | 122–165 | 25–63 |
| Heranwachsender | 13–16 Jahre | 165–182 | 62–80 |

Hypoventilation, Hyperventilation sowie ischämischen Episoden. Adäquate, normofrequente Ventilation und Oxygenierung sind ebenso wichtig in der Behandlung eines Schädel-Hirn-Traumas wie das Verhindern einer Hypotonie.⁴

Kinder mit einem Schädel-Hirn-Trauma präsentieren sich häufig mit wechselnden Bewusstseinszuständen oder einer zurückliegenden Bewusstlosigkeit, die während der ersten Untersuchung nicht mehr erfasst werden konnte. Das Auftreten einer Bewusstlosigkeit ist einer der wichtigsten prognostischen Indikatoren einer möglichen Hirnverletzung und sollte in jedem Fall erfasst und dokumentiert werden. Bei einem unbeobachteten Unfallhergang wird eine vorliegende Amnesie einer Bewusstlosigkeit gleichgestellt. Die komplette Dokumentation des groben neurologischen Status ist wichtig und sollte folgende Punkte beinhalten:

- Glasgow Coma Scale (GCS)
- Pupillenreaktion
- Reaktion auf sensorische Stimulation
- motorische Funktion.

Dies sind essenzielle Schritte bei der initialen Beurteilung der pädiatrischen Verletzung. Bei fehlender initialer neurologischer Beurteilung ist keine weitere Verlaufskontrolle möglich sowie die Bewertung der Effektivität jeglicher Interventionen schwierig und ungenau.

10.1.2 Primary Survey

Durch die geringe Größe von Kindern (► Tab. 10.2), die kleinen Blutgefäße, das geringe zirkulierende Blutvolumen und die anatomischen Charakteristika der Atemwege ist das Management verletzter Kinder anspruchsvoll und technisch schwierig. Eine fachgerechte Versorgung von verletzten Kindern erfordert die Vorhaltung von Material (z. B. Blutdruckmanschetten, Sauerstoffmasken, Beatmungsbeutel) in den entsprechenden Größen. Das Vorhandensein der kindgerechten Ausrüstung ist beim initialen Management essenziell. Der Versuch, z. B. mit unpassendem Material die Atemwege zu sichern, kann mehr Schaden anrichten als helfen. Dies umfasst aber nicht nur die möglichen mechanischen Schäden, sondern insbesondere eine unnötige Verzögerung des Transportes.

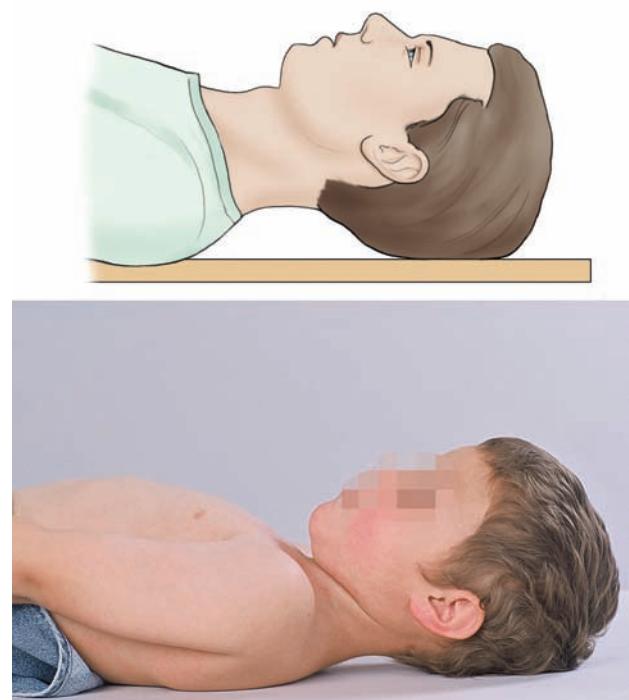


Abb. 10.1 Im Vergleich zum Erwachsenen hat das Kind einen größeren Hinterkopf und mehr Schultermuskulatur. Bei einer Lagerung auf einer flachen Oberfläche führt dies zu einer Flexion seines Nackens.

Airway

Wie bei erwachsenen Patienten hat das Atemwegmanagement auch bei Kindern allererste Priorität. Kinder weisen aber verschiedene anatomische Besonderheiten auf, welche die Versorgung der Atemwege besonders kompliziert machen. Dies betrifft nicht nur die Größe der Zunge und die anteriore Lage der Atemwege, sondern auch den relativ großen Hinterkopf, der zu einer passiven Flexion der Halswirbelsäule führen kann. Darüber hinaus sind dies alles Faktoren, die ein höheres Risiko für anatomische Atemwegobstruktionen bei Kindern darstellen (► Abb. 10.1).

Wenn kein Trauma vorliegt, so ist der kindliche Atemweg in der sogenannten **Schnüffelposition** am besten geschützt (leicht superior-anteriore Position des Mittelgesichts; ► Abb. 10.2). Im Falle eines Traumas werden die Halswirbelsäule und der Atemweg am besten in der **Neutralposition** gesichert. Bei

Traumapatienten sollte die HWS immobilisiert werden, um eine Hyperflexion von C5/C6 und eine Extension von C1/C2 zu vermeiden (dies ist in der Schnüffelposition der Fall). Indem man den Torso des Kindes mithilfe eines 2–3 cm hohen Tuches oder Pads unterpolstert, kann man diese Flexion der Halswirbelsäule vermindern sowie ein Offenhalten der Atemwege unterstützen. Eine manuelle Immobilisation der Halswirbelsäule wird während des Atemwegsmanagements angewandt und so lange aufrechterhalten, bis das Kind mithilfe einer Kopffixierung auf einem Rettungsbrett immobilisiert ist. Hierzu können kommerziell erhältliche Vorrichtungen oder aber auch einfache Lösungen wie Handtuchrollen genutzt werden.

Die Maskenbeatmung mit 100 % Sauerstoff ist am besten geeignet, wenn ein verletztes Kind eine assistierte Ventilation benötigt, unabhängig davon, ob Sie Schwierigkeiten haben, das Kind entsprechend zu ventilieren, zu oxygenieren oder Sie diesen Verlauf erwarten.² Wenn ein Kind bewusstlos ist, kann ein oropharyngealer Luftweg (Guedel-Tubus) platziert werden. Dies löst bei intaktem Würgereflex aber häufig Erbrechen aus.

Breathing

Wie alle Traumapatienten braucht ein schwer verletztes Kind gewöhnlich Sauerstoff in einer Konzentration von 85–100 %. Dieser kann mittels einer Maske mit Reservoir in korrekter Größe zugeführt werden. Kleinkinder mit Hypoxie versuchen, den Mangel durch Erhöhung der Atemfrequenz (Tachypnoe) und vermehrte Atemarbeit (stärkere Thoraxexkursionen, Gebrauch der Atemhilfsmuskulatur) zu kompensieren. Diese Anstrengungen können zu schweren Erschöpfungszuständen und



Abb. 10.2 Schnüffelposition

Tab. 10.3 Atemfrequenz pädiatrischer Patienten

| Gruppe | Alter | Atemfrequenz (min^{-1}) | Atemfrequenz (min^{-1}), die eine Masken-Beutel-Beatmung notwendig macht |
|-----------------|---------------------|------------------------------------|---|
| Neugeborenes | Geburt bis 6 Wochen | 30–50 | < 30 oder > 50 |
| Säugling | 7 Wochen bis 1 Jahr | 20–30 | < 20 oder > 30 |
| Kleinkind | 1–2 Jahre | 20–30 | < 20 oder > 30 |
| Vorschulkind | 2–6 Jahre | 20–30 | < 20 oder > 30 |
| Schulkind | 6–13 Jahre | (12–20)–30 | < 20 oder > 30 |
| Heranwachsender | 13–16 Jahre | 12–20 | < 12 oder > 20 |

sogar zu Atemversagen führen, da ein steigender Anteil der Herzleistung zu einer Aufrechterhaltung dieser Atemarbeit benötigt wird. Die Atemnot kann innerhalb kurzer Zeit von einem kompensierten Zustand in ein Atemversagen mit Atemstillstand bis hin zu einem Herzstillstand übergehen. Die zentrale Zyanose ist ein spätes und oftmals unbeständiges Zeichen eines sich entwickelnden Atemversagens und sollte für diese Beurteilung nicht herangezogen werden.

Die Beurteilung der kindlichen Atmung und ein frühes Erkennen der Zeichen von Atemnot sowie die assistierte Ventilation sind wichtige Faktoren bei der Versorgung pädiatrischer Traumapatienten. Die normale Atemfrequenz von unter Vierjährigen ist 2- bis 3-mal so hoch wie bei Erwachsenen (► Tab. 10.3).

Tachypnoe mit Zeichen erhöhter Atemarbeit können die ersten Symptome von Atemnot und Schock sein. Wenn der Atemstress zunimmt, kommen weitere Zeichen und Symptome wie oberflächliche Atmung oder minimale Thoraxbewegungen hinzu. Die Atemgeräusche werden leiser und unregelmäßig und der Luftaustausch an Nase oder Mund wird stark reduziert. Die Atemarbeit wird schwerfälliger, wobei folgende Symptome entstehen können:

- Kopfwippen mit jedem Atemzug
- Luftschnappen und Grunzen
- aufgeblähte Nasenlöcher
- Stridor oder schnarchende Atemgeräusche
- substernale, supraklavikulare, subkostale und interkostale Einziehungen
- Gebrauch der Atemhilfsmuskulatur von Hals und Bauchwand
- Blähung des Abdomens während der Exspiration.

Die Wirksamkeit der kindlichen Atmung sollte anhand folgender Punkte evaluiert werden:

- Atemfrequenz, -tiefe und -arbeit zeigen die Angemessenheit der Atmung auf.
- Rosa Hautfärbung lässt eine adäquate Ventilation erkennen.
- Eine graue, zyanotische oder marmorierte Hautfärbung spricht für eine ungenügende Oxygenierung und Perfusion.
- Angst, Unruhe und Aggressivität können frühe Zeichen einer Hypoxie sein.
- Lethargie und Verminderung des Bewusstseins können Zeichen einer fortgeschrittenen Hypoxie sein.
- Atemgeräusche bestätigen die Tiefe des Atemgas austauschs.

- Giemen, Rasseln und Brummen weisen auf eine ineffiziente alveolare Oxygenierung hin.
- Abnehmende Werte der Pulsoxymetrie können auf ein Atemversagen hinweisen.

Bei einem Kind, das sich initial tachypnoeisch und mit vermehrter Atemarbeit zeigt, weist eine Normalisierung der Atemfrequenz und der Atemarbeit eher auf eine Verschlechterung der Situation hin und darf nicht unmittelbar als eine Verbesserung interpretiert werden. Um festzustellen, ob es sich um eine Verbesserung der Situation handelt oder aber Zeichen der Erschöpfung und bevorstehenden Atemversagens ist, muss das Kind dauernd neu beurteilt werden, sobald sich der klinische Eindruck ändert. Kinder mit Zeichen beeinträchtigter Atmung müssen assistiert beatmet werden. Da das Hauptproblem eher im Atemzugvolumen als in der Sauerstoffkonzentration liegt, sollte eine assistierte Beatmung am besten mittels Beatmungsbeutel mit Reservoir und hochdosiertem Sauerstoff erfolgen. Da die Atemwege von Kindern schmal und somit anfällig für Verlegungen mit Schleim, Blut oder Fremdkörpern sind, ist ein frühes und periodisches Absaugen eventuell notwendig. Da Kinder obligate Nasenatmer sind, müssen auch die Nasenlöcher abgesaugt werden.

Beim Abdichten der Beatmungsmaske müssen Sie vorsichtig sein, um nicht die Weichteile unterhalb des Kinns zu komprimieren, sodass die Zunge an den weichen Gaumen gedrückt wird und den Atemweg verlegen kann. Auch Druck auf die noch nicht kalzifizierte, weiche Trachea sollten Sie vermeiden. Abhängig von der Größe und dem Alter des Kindes kann die Maske mit einer oder mit zwei Händen abgedichtet werden.

Die Verwendung der korrekten Maskengröße ist essenziell, um eine gute Abdichtung der Maske und das Verabreichen des korrekten Atemzugvolumens zu erreichen und somit das Risiko einer Überblähung und des Barotraumas zu minimieren. Durch zu kräftiges Beatmen mit zu hohem Volumen kann es zu einer **Magenblähung** kommen. Diese wiederum kann zu Regurgitation und Aspiration führen sowie durch die Limitierung der Zwerchfellbewegungen eine adäquate Ventilation verhindern. Ein weiteres Risiko der hohen Beatmungsvolumina ist das Provozieren eines Barotraumas mit möglichem Spannungspneumothorax. Dieser kann zu schwerer Atemnot und einem plötzlichen Herz-Kreislauf-Kollaps führen, da Kinder ein viel beweglicheres Mediastinum aufweisen als Erwachsene. Dies schützt

auf der einen Seite vor Aortenverletzungen, macht die Kinder auf der anderen Seite aber anfälliger für die Komplikationen des Spannungspneumothorax, wie eine weitere Beeinträchtigung der Atmung sowie das Entstehen eines Herz-Kreislauf-Kollaps.

Circulation

Die Überlebensrate ist bei Kindern nach einer massiven Blutung eher gering. Glücklicherweise sind aber solche Verletzungen im Kindesalter relativ selten. Äußere Blutungen sollten im Rahmen des Primary Survey erkannt und durch direkte, manuelle Kompression behandelt werden. Verletzte Kinder haben gewöhnlich ein bereits reduziertes zirkulierendes Blutvolumen, reagieren aber gut auf Volumengabe. Auch der Kreislauf kann nicht anhand eines einzelnen Blutdruckwertes und einer einzigen Pulsmessung beurteilt werden. Eine Serie von Messungen und deren Änderungen ist entscheidend für die Evaluation der kindlichen Hämodynamik. Engmaschige Kontrollen der Vitalfunktionen sind absolut essenziell, um eine Hypotonie oder einen sich entwickelnden Schock zu erkennen, um so angemessene Maßnahmen durchzuführen, die eine weitere Verschlechterung verhindern. > Tab. 10.4 und > Tab. 10.5 zeigen die normalen Puls- und Blutdruckwerte in Abhängigkeit vom Alter des kleinen Patienten.

Werden im Primary Survey Zeichen einer Hypotension gefunden, liegt dies am ehesten an einem größeren äußeren Blutverlust, der leicht erkennbar ist (große Kopfwunden, offene Femurfrakturen), einer intrathorakalen Wunde (erkennbar an der veränderten Atemmechanik und durch Auskultation) oder einer intraabdominalen Verletzung. Da Blut nicht komprimierbar ist, kann eine intraabdominelle Blutung das Abdomen aufwölben und zu einer Umfangsvermehrung führen. Eine abdominelle Umfangsvermehrung ist bei kleinen Kindern gewöhnlich durch eine Magenblähung aufgrund kräftigen Weinens mit Luftschlucken bedingt.

Ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung von Kindern ist das kompensierte Schockstadium. Aufgrund der größeren physiologischen Reserven zeigen sich Kinder mit einer hämorrhagischen Verletzung gelegentlich nur mit gering abnormen Vitalparametern. Eine Tachykardie kann nicht nur durch eine Hypovolämie hervorgerufen werden, sondern auch durch Stress,

Tab. 10.4 Pulsfrequenz pädiatrischer Patienten

| Gruppe | Alter | Puls | Pulsfrequenz (min^{-1}), die auf ernste Probleme* hinweist |
|-----------------|---------------------|-------------|---|
| Neugeborenes | Geburt bis 6 Wochen | 120–160 | < 100 oder > 160 |
| Säugling | 7 Wochen bis 1 Jahr | 80–140 | < 80 oder > 150 |
| Kleinkind | 1–2 Jahre | 80–130 | < 60 oder > 140 |
| Vorschulkind | 2–6 Jahre | 80–120 | < 60 oder > 130 |
| Schulkind | 6–13 Jahre | (60–80)–100 | < 60 oder > 120 |
| Heranwachsender | 13–16 Jahre | 60–100 | < 60 oder > 100 |

* Bradykardie oder Tachykardie

Tab. 10.5 Blutdruck pädiatrischer Patienten

| Gruppe | Alter | Blutdruck (mmHg): systolischer Bereich, diastolischer Bereich | Untere Grenze des systolischen Blutdrucks |
|-----------------|---------------------|---|---|
| Neugeborenes | Geburt bis 6 Wochen | 74–100 50–68 | < 60 |
| Säugling | 7 Wochen bis 1 Jahr | 84–106 56–70 | < 70 |
| Kleinkind | 1–2 Jahre | 98–106 50–70 | < 70 |
| Vorschulkind | 2–6 Jahre | 98–112 64–70 | < 75 |
| Schulkind | 6–13 Jahre | 104–124 64–80 | < 80 |
| Heranwachsender | 13–16 Jahre | 118–132 70–82 | < 90 |

Angst und Schmerzen. Alle verletzten Kinder müssen engmaschig hinsichtlich Herzfrequenz, Atemfrequenz und Neurologie überwacht werden. Die Blutdruckmessung kann bei Kindern präklinisch schwierig sein, weshalb man sich auf andere Zeichen der Perfusion konzentrieren sollte. Wenn die Messungen dennoch erhoben werden, bedenken Sie, dass sich Werte, die für einen Erwachsenen sehr niedrig wären, sich für Kinder in deren normalen Bandbreiten bewegen können (► Tab. 10.5).

Ein Kind mit einer blutenden Verletzung kann seinen Kreislauf aufrechterhalten, indem es den peripheren Gefäßwiderstand erhöht und dadurch den mittleren arteriellen Druck konstant halten kann. Klinische Zeichen dieses Kompensationsmechanismus sind eine verlängerte Rekapillarisierungszeit, blasses oder marmorierte periphere Haut, kühle Haut und ein schwacher peripherer Puls. Bei Kindern entstehen Zeichen einer schweren Hypotonie ab einem Volumenverlust von etwa 30 %. Ohne adäquate Flüssigkeitssubstitution kann das Kind den arteriellen Blutdruck durch Erhöhung des peripheren Widerstands nicht dauerhaft aufrechterhalten. Das Erkennen des Schocks beim verletzten Kind gehört zu den vorrangigen Anliegen, um die Transportpriorität in eine entsprechende Einrichtung festlegen zu können.

Disability

Nach der Beurteilung von Atemweg, Atmung und Kreislauf muss im Rahmen des Primary Survey eine neurologische Beurteilung erfolgen. Obwohl das **AVPU-Schema** (wach, Reaktion auf verbale Stimuli, Reaktion auf Schmerzreiz, keine Antwort) einen schnellen und einfachen Überblick über den Bewusstseinsgrad des Patienten gibt, enthält es deutlich weniger Information als die Glasgow Coma Scale (GCS). Zusätzlich muss eine Untersuchung der Pupillen (Form, Symmetrie, Reaktion auf Licht) erfolgen. Wie bei Erwachsenen liefert die Glasgow Coma Scale auch bei Kindern einen umfassenderen Überblick und muss deshalb bei jedem Traumapatienten berechnet werden. Die Punktevergabe für die verbale Reaktion muss bei Kindern unter vier Jahren aufgrund der limitierten Kommunikations-

Tab. 10.6 Pädiatrische Spracheinschätzung (Verbal Score)

| Verbale Antwort | Verbal Score |
|--|--------------|
| Adäquate Worte oder „soziales“ Lächeln, Kind fixiert und folgt | 5 |
| Kind weint, lässt sich trösten | 4 |
| Kind beharrlich reizbar, leicht nervös, nicht zu trösten | 3 |
| Rastlos, agitiert | 2 |
| Keine Antwort | 1 |

möglichkeiten modifiziert und ersatzweise das Verhalten des Kindes aufmerksam beobachtet werden (► Tab. 10.6).

Die GCS sollte regelmäßig erhoben und zur Verlaufsdocumentation des neurologischen Status genutzt werden (► Kap. 6). Eine weitergehende neurologische Untersuchung mit der Prüfung motorischer und sensorischer Funktionen sollte, falls die Zeit dies erlaubt, im Secondary Survey erfolgen.

Expose und Environment

Kinder sollten auf weitere, womöglich lebensbedrohliche Verletzungen hin untersucht werden, obwohl sie unter Umständen verängstigt auf das Ausziehen ihrer Kleider reagieren. Aufgrund der relativ großen Körperoberfläche sind Kinder anfälliger für die Entwicklung einer Hypothermie. Daher sollten sie nach der Untersuchung sofort wieder zugedeckt werden, um die Körperwärme zu erhalten und einen weiteren Wärmeverlust zu verhindern.

10.1.3 Secondary Survey – Detaillierte körperliche Untersuchung

Der Secondary Survey folgt dem Primary Survey nur, wenn die dort erkannten lebensbedrohlichen Zustände behoben wurden. Kopf und Hals werden auf Deformitäten, Prellungen, Schürfungen, Lazerationen, Schwellungen, Verbrennungen

und Druckempfindlichkeit untersucht. Der Thorax muss erneut untersucht werden.

Die Untersuchung des Abdomens konzentriert sich auf Aufblähungen, Druckempfindlichkeiten, Farbveränderungen, Hauteinblutungen und das Vorhandensein von Resistenzen. Die vorsichtige Palpation der Beckenschaufeln kann Hinweise auf eine instabile Beckenfraktur und somit für retroperitoneale und urogenitale Verletzungen ergeben, mit der Gefahr eines größeren, nicht sichtbaren Blutverlusts. Eine instabile Beckenfraktur sollte zwar bemerkt werden, dennoch müssen wiederholte Untersuchungen unbedingt unterlassen werden, da diese das Risiko weiterer Verletzungen oder einer Verstärkung der Blutung mit sich bringen. Vielmehr sollte der Patient angemessen immobilisiert und für den Transport vorbereitet werden.

Jede Extremität sollte zum Ausschluss von Deformierungen, vaskulärer Unterversorgung und neurologischen Ausfällen inspiziert und palpiert werden. Aufgrund der diversen noch nicht verkalkten Wachstumsfugen bei Kindern sollten jegliche Ödeme, Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen wie eine Fraktur behandelt werden, bis diese radiologisch ausgeschlossen worden ist. Bei Kindern wie Erwachsenen hat eine übersehene Extremitätenverletzung keinen Einfluss auf die Mortalität, unter Umständen aber auf Langzeitschäden oder Behinderungen.

10.1.4 Management

Kernpunkte beim pädiatrischen Traumamanagement sind eine schnelle kardiopulmonale Beurteilung, eine altersangepassete, aggressive Behandlung sowie der Transport in eine geeignete Zielklinik. Darüber hinaus wird in einigen Rettungssystemen eine Leitlinie verwandt, welche die Auswahl der geeigneten pädiatrischen Traumazentren unterstützt.

Airway

Ventilation, Oxygenierung und Perfusion sind bei verletzten Kindern genauso wichtig wie bei Erwachsenen. Folglich ist das primäre Ziel der initialen Behandlung eines verletzten Kindes, möglichst schnell die Sauerstoffversorgung der Gewebe wiederherzustellen. Erste Priorität dabei hat die Beurteilung und das Management der Atemwege.

Die Atemwege sollten mittels Absaugen, manueller Techniken und Hilfsmittel offen gehalten und gesichert werden. Wie bei Erwachsenen beinhaltet das initiale Management die achsengerechte Stabilisierung der Halswirbelsäule. Wenn kein spezielles pädiatrisches Rettungsbrett vorhanden ist, das eine Vertiefung im Bereich des Kopfes aufweist, sollten Sie den Torso mit einem 2–3 cm dicken Polster unterlegen, damit die Halswirbelsäule in einer Linie zu liegen kommt und nicht flektiert wird (► Abb. 10.3). Vermeiden Sie bei der Sicherung der Atemwege eine Kompression der Weichteile oder der Trachea. Sobald Sie die Atemwege manuell unter Kontrolle haben, können Sie bei fehlendem Würgereflex einen oropharyngealen Luftweg plat-

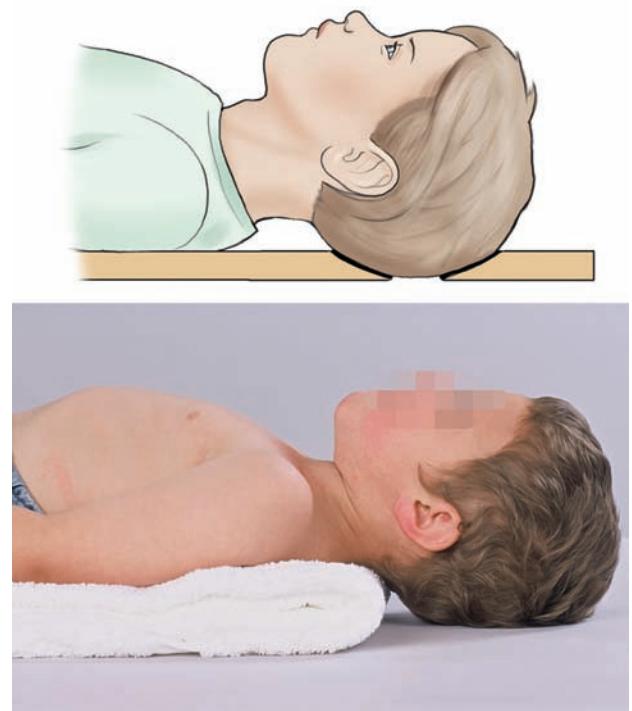


Abb. 10.3 Stellen Sie eine ordnungsgemäße Polsterung unter dem kindlichen Körper sicher.

zieren. Dieses Hilfsmittel sollte wie bei Erwachsenen vorsichtig und sanft parallel zur Zunge ohne 90°- oder 180°-Drehung im posterioren Oropharynx eingeführt werden. Ein Mundspatel kann hilfreich sein, um die Zunge nach unten zu drücken.

Breathing

Das Atemminutenvolumen und die Atemleistung sollten aufmerksam beurteilt werden. Bei Dyspnoe oder einer erhöhten Atemarbeit sollten Sie assistiert ventilieren, da jederzeit die Möglichkeit einer rapiden Verschlechterung von der Hypoxie bis hin zum Atemstillstand besteht. Dabei sollten Sie einen Beatmungsbeutel mit korrekter Maske, ein Reservoir und hochdosiert Sauerstoff verwenden, um eine Konzentration von 85–100 % (FiO_2 , 0,85–1,0) zu erreichen.

Circulation

Sobald äußere Blutungen unter Kontrolle sind, sollten Sie die Perfusion einschätzen. Die Kontrolle äußerer Blutungen geschieht durch direkten manuellen Druck, die Anwendung lokaler hämostatischer Wundverbände sowie in ausgewählten Fällen das Anbringen eines Tourniquets. Für den Fall, dass angebrachte Verbände mit Blut vollgesogen sind, sollte man, statt diese zu ersetzen, zusätzliche Verbände anbringen, um nicht bereits entstandene Blutkoagel zu entfernen. Parallel hierzu müssen zusätzliche Methoden der Blutstillung eingeleitet werden.

Transport

Da der Zeitfaktor und die Wahl des richtigen Zielkrankenhaus eine wichtige Rolle für das Überleben des Patienten spielen, kommt der **Triage** hier eine wichtige Funktion zu.

Dass pädiatrische traumatische Todesfälle vermeidbar sind, belegen mehrere Studien in den letzten 30 Jahren. Man schätzt, dass etwa 80 % der traumatischen Todesfälle von Kindern hätten verhindert werden können. Diese Zahlen stellten die Hauptmotivation dar, pädiatrische Traumazentren zu etablieren, um eine kontinuierliche, anspruchsvolle und hochqualitative Versorgung von traumatisierten Kindern zu gewährleisten.

Viele städtische Gebiete verfügen nicht nur über Traumazentren für Erwachsene, sondern auch für Kinder. Aufgrund dieser Spezialisierung wird das traumatisierte Kind von einer Versorgung in einer pädiatrischen Klinik profitieren. Folglich ist ein Umgehen einer Notaufnahme für Erwachsene, um eine Kinderklinik zu erreichen, gerechtfertigt. Vielerorts sind diese spezialisierten Kinderkliniken jedoch weit entfernt. In diesem Fall sollte das Kind in das nächste Traumazentrum für Erwachsene transportiert werden; dort können die initialen Maßnahmen durchgeführt werden, bevor der Weitertransport in eine Spezialklinik erfolgt, was insgesamt die Überlebenschance verbessern kann.¹⁰ In Gebieten, in denen keine pädiatrischen Traumazentren zur Verfügung stehen, sollte das Personal der Notfallstationen auch traumatisierte Kinder versorgen können. In Gegenden, in denen gar keine Notfallaufnahme in unmittelbarer Nähe ist, müssen Sie gemäß regionaler Richtlinien das nächste geeignete Krankenhaus anfahren. Einen Luftransport sollten Sie in ländlichen Gegenden in Betracht ziehen, um die Transportzeit zu verkürzen. Es gibt keine Hinweise auf Vorteile eines luftgebundenen Transports gegenüber einem bodengebundenen Transport, wenn dadurch nicht mehr Zeit verloren geht.¹¹ Vielmehr ist das immer deutlicher werdende Risiko eines Lufttransports für die Besatzung und den Patienten genau abzuwägen, bevor man diese Ressource nutzt.

Wie die Analyse von 15.000 US-amerikanischen traumatologischen Notfällen von Kindern zeigt, sind etwa 25 % aller Patienten so schwer verletzt, dass eine spezialisierte Klinik angefahren werden muss.

Oxygenierung und Perfusion sind notwendig, um sekundären Todesfällen vorzubeugen. Kinder, die eine traumatische Hirnschädigung erleiden, haben gewöhnlich ein besseres Outcome als Erwachsene. Kinder unter drei Jahren zeigen jedoch ein schlechteres Resultat als ältere Kinder.

Die Ergebnisse der ersten neurologischen Beurteilung sind hilfreich für eine Prognose. Auch Kinder mit anfänglich normalen neurologischen Verhältnissen sind anfällig für die Entwicklung eines Hirnödems, einer Hypoperfusion und somit eines Sekundärschadens. Dieser Ablauf kann auch nach banal erscheinenden Traumata entstehen.

Die GCS sollte am Anfang erhoben und dauerhaft wiederholt werden. Verabreichen Sie Sauerstoff und überwachen Sie das Kind. Obwohl Erbrechen nach einer Gehirnerschütterung nicht ungewöhnlich ist, müssen Sie ein kontinuierliches, starkes Erbrechen weiter abklären.

Ähnlich wie eine Hypoxie kann auch eine Hypovolämie die traumatische Hirnverletzung dramatisch verschlechtern. Äußere Blutungen müssen kontrolliert und Frakturen immobilisiert werden, um mögliche innere Blutungen möglichst gering zu halten. In seltenen Fällen werden Kinder jünger als sechs Monate durch intrakranielle Blutungen hypovolämisch, da ihre Fontanellen und Schädelnähte noch offen sind. Kinder mit offenen Fontanellen tolerieren raumfordernde intrakranielle Blutungen womöglich besser; sie zeigen dabei womöglich wenig Symptome und dekompensieren danach rapide. Eine vorgewölbte Fontanelle ist verdächtig und weist auf eine schwere intrakranielle Verletzung hin.

Kinder mit Zeichen von erhöhtem Hirndruck – etwa schwach oder nicht reagierende Pupillen, systemischer Hypertonie, Bradykardie und abnormale Atemmuster – können von einer vorübergehenden milden Hyperventilation profitieren, da sie den Hirndruck vorübergehend senkt. Dieser Effekt der Hyperventilation ist nur kurzfristig wirksam, senkt aber zusätzlich den zerebralen Blutfluss und damit die generelle Sauerstoffversorgung des ZNS und kann einen zusätzlichen Sekundärschaden auslösen. Bei Kindern wird eine Atemfrequenz von 30/min, bei Kleinkindern von 35/min angestrebt.³

Wirbelsäulenverletzungen

Die Indikation zur Wirbelsäulen-Immobilisierung eines pädiatrischen Patienten wird anhand des Verletzungsmechanismus und der Untersuchungsergebnisse gestellt. Dies umfasst zum Beispiel das Vorhandensein weiterer Verletzungen, die gewaltsame oder sonstige plötzliche Bewegungen von Kopf, Hals oder Torso vermuten lassen, oder spezifische Wirbelsäulenverletzungen wie Deformierungen, Schmerzen oder neurologische Ausfälle. Wie beim Erwachsenen ist das korrekte präklinische Vorgehen bei möglichen instabilen spinalen Verletzungen die manuelle Stabilisation, gefolgt von einer gut angepassten Zervikalstütze und der Immobilisierung von Kopf, Hals, Oberkörper, Becken und Beinen in neutraler Inline-Position auf einem Rettungsbrett. All dies sollte so erfolgen, dass der Mund geöff-

10.1.5 Spezifische Verletzungen

Traumatische Hirnverletzungen

Traumatische Hirnverletzungen (TBI) stellen die häufigste Todesursache im Kindesalter dar. Das US-amerikanische pädiatrische Traumaregister (NPTR) weist unter den ersten 40.000 Patienten 89 % aus, die primär oder sekundär an den Folgen einer TBI verstorben sind. Obwohl die meisten schweren Verletzungen nur durch präventive Maßnahmen verhindert werden könnten, lassen sich durch initiale Notfallmaßnahmen sekundäre Hirnschäden und somit weitreichende Konsequenzen für das verletzte Kind abmildern. Eine adäquate Ventilation,

net werden kann und die Ventilation sowie weitere Behandlungsmaßnahmen nicht behindert werden.

Die Schwelle zur Durchführung der Immobilisation auf einem Rettungsbrett liegt bei kleinen Kindern tiefer, da sie verbal noch nicht gut kommunizieren und die Untersuchung weniger unterstützen können. Aufgrund dieser Kommunikationsbarrieren ist ein Ausschlussverfahren zur spinalen Immobilisation wie beim Erwachsenen nicht vorgesehen. Gleichzeitig kann ein Kleinkind verängstigt sein und jegliche Kooperation verweigern. Ein Kind, das sich vehement gegen die Immobilisierungsmaßnahmen wehrt, hat ein erhöhtes Risiko, die vorhandenen spinalen Verletzungen noch zu verschlimmern. In einem solchen Fall kann es besser sein, auf eine Fixation zu verzichten, wenn das Kind dadurch überzeugt werden kann, ruhig auf der Unterlage liegen zu bleiben. Wird wegen der Patientensicherheit auf die Immobilisierung verzichtet, müssen die Gründe genau dokumentiert und die neurologische Überwachung während und nach dem Transport wiederholt durchgeführt werden.

Eine Lagerung von kleinen Kindern auf einer starren Unterlage kann aufgrund des großen Hinterhauptes zu einer passiven Flexion der Halswirbelsäule führen. Nutzen Sie daher ein spezielles Kinder-Rettungsbrett, mit einer Einmuldung auf Höhe des Kopfes oder unterpolstern Sie den Oberkörper bei Kleinkindern um 2–3 cm, damit der Kopf nicht flektiert wird, sondern in Neutralstellung bleibt. Das Polster muss flach sein und durchgehend von der Schulter bis zum Becken reichen sowie seitlich über die Grenzen des Oberkörpers hinausreichen, damit Brust-, Lendenwirbelsäule und Steißbein auf einer flachen und stabilen Fläche aufliegen. Polstern Sie das Kind auch seitlich zwischen Oberkörper und der äußeren Kante des Rettungsbrettes, damit keine Bewegungen auftreten, wenn das Rettungsbrett im Falle von Erbrechen auf die Seite gedreht werden muss, um eine Aspiration zu verhindern.

Diverse neue pädiatrische Fixiersysteme sind auf dem Markt erhältlich. Sie müssen Ihre jeweiligen Systeme gut kennen und regelmäßig damit üben. Werden westenähnliche Fixierungsmittel verwendet, müssen Sie auf jeden Fall eine Behinderung der Atmung verhindern. Unter gewissen Umständen kann es sinnvoller sein, ein Kind immobilisiert in seinem Kindersitz zu transportieren, als es daraus zu befreien und auf einem Rettungsbrett zu fixieren. Diese Techniken der Immobilisation in den verschiedenen gängigen Kindersitzmodellen sollten ebenfalls beherrscht werden.

Thoraxverletzungen

Durch die äußerst nachgiebigen Rippen ist der Thorax weniger anfällig für Verletzungen der knöchernen Strukturen, aber es besteht ein größeres Risiko für Lungenverletzungen wie Lungenkontusionen, Pneumo- oder Hämatothorax. Obwohl Rippenfrakturen im Kindesalter sehr selten sind, ist dies gleichzeitig mit einem hohen Risiko für intrathorakale Verletzungen verbunden. Kreptalergeräusche müssen beachtet werden und können Hinweise auf einen Pneumothorax darstellen. Die Sterblichkeitsrate bei Thoraxverletzungen steigt mit der An-

zahl der frakturierten Rippen. Der Schlüssel, diese Verletzungen zu entdecken, besteht darin, sich ihr mögliches Vorhandensein stets bewusst zu machen. Jedes Kind, das ein Thoraxtrauma erlitten hat, muss hinsichtlich Zeichen von Atemnot und Schock aufmerksam überwacht werden. Kontusionen oder Lazerationen am Oberkörper eines Kindes können die einzigen Hinweise auf eine intrathorakale Verletzung sein.

Wenn ein Kind ein stumpfes Thoraxtrauma mit hoher Energie erlitten hat, sollten Sie während des Transports den Herzrhythmus engmaschig überwachen. Achten Sie in jedem Fall auf eine gute Oxygenierung und Ventilation und führen Sie den Transport ohne Verzögerungen durch.

Bauchtrauma

Stumpfe Gewalteinwirkung im Bereich des Abdomens, ein instabiles Becken, eine posttraumatische abdominale Umfangsvermehrung, eine Abwehrspannung oder ein anderweitig nicht erklärbarer Schockzustand können mit einer intraabdominalen Blutung verbunden sein. Der Abdruck eines Sicherheitsgurtes über dem Bauch eines Kindes ist häufig Zeichen einer schweren inneren Verletzung (► Abb. 10.4). Die entscheidenden Maßnahmen bei der präklinischen Versorgung abdominaler Verletzungen sind Flüssigkeitssubstitution, Gabe von hochkonzentriertem Sauerstoff sowie rascher Transport mit kontinuierlicher Überwachung in ein geeignetes Zielkrankenhaus. Darüber hinaus gibt es für den Helfer keine weiteren Maßnahmen für die Beherrschung dieser intraabdominalen Verletzungen. Daher sollten alle Bemühungen darauf ausgerichtet sein, das Kind schnellstmöglich in die nächstgelegene geeignete Einrichtung zu transportieren.

Extremitätentrauma

Verglichen mit dem eines Erwachsenen weist das Skelett eines Kindes aktive Wachstumszonen auf und besteht zum großen



Abb. 10.4 Abdruck eines Sicherheitsgurtes bei einem sechs Jahre alten Patienten mit rupturerter Milz. Ein deutlicher Abdruck des Sicherheitsgurtes geht oft mit schweren intraabdominalen Verletzungen einher.

Teil aus Knorpelgewebe und metabolisch aktiven Epiphysenfugen. Die Bänder, die das kindliche Skelett zusammenhalten, sind stärker und halten mechanischen Belastungen besser stand als die Knochen, an denen sie befestigt sind. Deshalb ist der Bewegungsapparat von Kindern oft großen Kräften ausgesetzt, bevor ihre langen Knochen frakturieren oder Luxationen entstehen. Inkomplette (Grünholz-)Frakturen sind bei Kindern häufiger; Symptome sind Knochen- oder Bewegungsschmerzen der betroffenen Extremität.

Primäre Frakturen von Gelenken sind außer bei penetrierenden Verletzungen eher selten im Vergleich zu Verletzungen von Diaphyse und Epiphyse. Frakturen im Bereich der Wachstumszonen müssen vorsichtig behandelt werden, um eine gute Knochenheilung zu erreichen und Deformierungen im weiteren Wachstum zu verhindern. Denken Sie bei orthopädischen Verletzungen immer an begleitende Verletzungen der Gefäße und Nerven. Überprüfen Sie daher die distalen Pulse und führen Sie eine kurze neurologische Untersuchung der Extremität durch. Oftmals können mögliche Verletzungen nur mittels Röntgenuntersuchung diagnostiziert werden. Wenn der geringste Verdacht auf einen abgeschwächten Puls besteht, muss eine Arteriografie durchgeführt werden.

Auch schwerwiegende Deformierungen von Extremitäten dürfen nicht von den potenziell lebensbedrohlichen Zuständen ablenken. Eine unkontrollierte Blutung ist die einzige lebensbedrohende Situation im Rahmen einer Extremitätenverletzung. Wie bei Erwachsenen darf bei polytraumatisierten Kindern nach dem Primary Survey und einer raschen Rettung nichts einem schnellen Transport in eine geeignete Zielklinik im Wege stehen, um die Mortalität zu senken. Wenn die Möglichkeit besteht, Extremitätenverletzungen während des Transports zu schienen, ohne die Behandlung weiterer lebensbedrohlicher Zustände zu behindern, kann dies Blutungen und Schmerzen zusätzlich mindern.

Thermische Verletzungen

Unter den traumatologisch bedingten Todesfällen von Kindern rangieren Verbrennungen hinter Autounfällen und Ertrinken an dritter Stelle.⁵ Die Versorgung von verletzten Kindern stellt für Helfer eine enorme psychische und emotionale Herausforderung dar, ganz besonders gilt dies für Verbrennungsunfälle.

Der Primary Survey wird unverändert durchgeführt, obwohl jeder Schritt dieser ersten Beurteilung bei Verbrennungsofern komplizierter sein kann. Die meisten Todesfälle bei Haus- oder Wohnungsbränden ereignen sich nicht aufgrund von Verbrennungen, sondern im Rahmen von Rauchgasinhalation. Kinder flüchten bei Feuer oft unters Bett oder in einen Schrank. Diese Kinder sterben, ohne Anzeichen einer Verbrennung, häufig durch eine Kohlenmonoxid- oder Zyanidvergiftung und eine Hypoxie. Mehr als 50 % der unter 9-Jährigen erleiden bei einem Hausbrand ein Inhalationstrauma.

Ein hitzebedingtes Ödem im Bereich der Atemwege kann bei jedem Verbrennungsofer vorkommen; bei Kindern ist dies

aber besonders häufig. Je kleiner der Durchmesser der Trachea, desto stärker obstruktiv wirkt sich selbst ein geringes Ödem aus.

Jedes Jahr werden weltweit etwa 1,5 Millionen Kinder misshandelt, indem ihnen Verbrennungen zugefügt werden, was etwa 20 % aller Kindesmisshandlungen entspricht.^{6,7} Ungefähr 20–25 % aller Kinder, die in Verbrennungszentren eingeliefert werden, sind Opfer einer Misshandlung.^{8,9} Wenn Sie sich dessen bewusst sind, können Sie mithelfen, diese Misshandlungen aufzudecken. Eine sorgfältige Dokumentation der Umstände sowie des Unfallhergangs können die Strafverfolgungsbehörden unterstützen, die Täter zu belangen.

Die beiden häufigsten Verbrennungsarten im Rahmen von Misshandlungen sind Verbrühungen und Kontaktverbrennungen. Die Mehrzahl der Kinder erleidet hierbei Verbrühungen.

- **Verbrühungen** werden oft Kleinkindern in der Phase des Toilettentrainings zugefügt. Wenn das Kind in die Hosen oder Windeln macht, wird es in heißes Wasser getaucht. Diese Verbrennungswunden sind durch scharfe Abgrenzungen gegenüber gesundem Gewebe und anhand der Aussparungen in den Beugezonen gekennzeichnet (➤ Kap. 8).
- **Kontaktverbrennungen** sind der zweithäufigste Verbrennungsmechanismus. Die gebräuchlichsten Gegenstände sind Brennscheren, Bügeleisen und Zigaretten. Verbrennungen durch Zigaretten zeigen sich als runde Wunden mit etwas über 1 cm Durchmesser. Um solche Wunden zu verbergen, werden sie oft an verdeckten Stellen – unter Kleidern, in den Haaren oder in den Achseln – zugefügt. Unabsichtliche Verbrennungswunden weisen unregelmäßige Ränder auf und sind unterschiedlich tief. Im Gegensatz dazu sind absichtlich zugefügte Wunden scharf begrenzt und gleichmäßig tief, da die heißen Gegenstände auf den Körper des Kindes gedrückt werden (➤ Kap. 8).

Achten Sie immer auf Hinweise für Kindesmisshandlungen und melden Sie alle Verdachtsfälle. Achten Sie am Einsatzort auf spezielle Hinweise wie Bügeleisen oder kochende Flüssigkeiten in der Nähe. Notieren Sie die Namen aller am Einsatzort anwesenden Personen. Alle Kinder, bei denen Sie den Verdacht auf Kindesmisshandlung durch Verbrennungen haben, müssen unabhängig vom Ausmaß der Verbrennungen in ein spezielles Verbrennungszentrum transportiert werden. Kindesmisshandlung und -vernachlässigung wird im Verlauf dieses Kapitels weiter thematisiert.

10.1.6 Misshandlung und Vernachlässigung

Kindesmisshandlungen (nicht unfallbedingte Verletzungen) sind häufige Ursachen für Verletzungen im Kindesalter. Wie schon zuvor beschrieben, sind fast 20 % aller Verbrennungen bei Kindern Folge von Kindesmisshandlung oder Vernachlässigung.

Diskrepanzen zwischen der Geschichte des Unfallhergangs und den vorliegenden Verletzungen oder häufig wechselnde Details der Geschichte



Abb. 10.5 Körpliche Anzeichen möglicher Kindesmisshandlungen: **a:** Waschbärenaugen – periorbitale Einblutungen als mögliches Zeichen einer frontalen Schädelbasisfraktur. **b:** Blaue Mongolenflecken auf dem Rumpf und dem Gesäß eines asiatischen Neugeborenen, die leicht mit Hämatomen verwechselt werden. **c:** Scharf abgegrenzter, blasiger Hautdefekt, ausgelöst durch eine Verbrennung mittels einer Zigarette. **d:** Verbrennungen auf den Fingerspitzen, nachdem die Hände gewaltsam gegen einen Elektroherd gepresst wurden. **e:** Schürfungen nach einer Abbindung. **f:** Hämatome nach einem Schlag ins Gesicht. Der Handabdruck ist noch zu erkennen.

(Aus: Taylor S, Raffles A: *Diagnosis in color: Pediatrics*, London; 1997; Mosby Wolfe)

- inadäquate Reaktion der Familie
- verzögerter Hilferuf
- Beschreibung eines Unfallhergangs, der nicht zum Entwicklungsstand des Kindes passt. Beispielsweise ist die Schilderung, ein neugeborenes Kind sei aus dem Bett gerollt, auffällig, da Neugeborene in der Regel noch nicht in der Lage sind, sich zu drehen.

Auch gewisse Verletzungsmuster lassen an eine Kindesmisshandlung denken (> Abb. 10.5):

- verschiedene Hämatome in unterschiedlichen Heilungsstadien (außer an den Handflächen, Unterarmen, Schienbeinen und frontal am Kopf, wo sich gehfähige Kinder häufig im Rahmen von normalen Stürzen verletzen). Unfallbedingte Hämatome entstehen normalerweise über Knochenvorsprünge.
- bizarre Verletzungen wie Bisswunden, Zigaretten-Verbrennungswunden, Abdrücke von Gürteln oder Riemen etc.
- scharf abgegrenzte Verbrennungswunden oder Verbrühungsverletzungen an ungewöhnlichen Stellen (> Kap. 8).

Vielerorts ist es gesetzlich vorgeschrieben, auffällige Verdachtsmomente einer Kindesmisshandlung zu melden. Grundsätzlich sind Sie von Gesetzes wegen vor juristischen Schritten der Gemeldeten geschützt, wenn die Meldung in guter Absicht und im Interesse des Kindes erfolgt ist. Die Meldesysteme sind regional unterschiedlich. Machen Sie sich mit Ihren lokalen Gegebenheiten vertraut. Die Notwendigkeit solcher Meldungen wird offensichtlich, wenn man bedenkt, dass 50 % der misshandelten Kinder nach der Behandlung in die Hände ihrer Peiniger zurückgegeben werden, da eine Misshandlung entweder gar nicht vermutet oder nicht dokumentiert, nachgewiesen und verfolgt wurde (> Kasten 10.2).

10.2 Dokumentation von Kindesmisshandlung

First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter sind oft die Einzigsten, die direkt am möglichen Tatort mit den Kindesmisshandlungen konfrontiert werden. Obwohl sie an der Einsatzstelle unter immensem Druck stehen, sind sie dennoch in einer einzigartigen Position, um die notwendigen Informationen zu sammeln, die Aufschluss über den Vorgang der Verletzung und die Identität des Misshandelnden geben. Die Einsatzkräfte sollten bei einem Verdacht idealerweise die folgenden Informationen sammeln:

- Dokumentieren Sie alle anwesenden Kinder und Erwachsenen namentlich.
- Dokumentieren Sie sämtliche Äußerungen und das Verhalten aller Anwesenden unter Beachtung folgender Punkte, damit die Aussagen bei einem Gerichtsverfahren Bestand haben:
 - Identifizieren und dokumentieren Sie denjenigen, der die Äußerung getätigt hat.
 - Dokumentieren Sie alles im offiziellen Bericht.
 - Dokumentieren Sie wortgetreu.
 - Erklären und dokumentieren Sie Ihre Aufgaben/Tätigkeiten.
 - Stellen Sie Nachfragen; setzen Sie sich jedoch keinem Risiko aus, falls diese Fragen Aggressionen auslösen.
 - Dokumentieren Sie Ihre Fragen, nur dann kann auch die Antwort nachvollzogen werden.
 - Dokumentieren Sie alle Zeugen, die eine Äußerung gehört haben.
- Beschreiben Sie die Umgebung/Wohnung. Der Einsatzdienst erreicht oft die Einsatzstelle, bevor Beweise vernichtet, verändert oder weggeräumt wurden.
- Sammeln Sie wichtige Informationen. Die schlüssige Dokumentation des möglichen Unfallhergangs ist wichtig, um eine mögliche verdächtige Situation abzuleiten.
- Identifizieren und dokumentieren Sie das Alter des Kindes und seine Entwicklungsstufe.

- Dokumentieren Sie die Zeichen der Misshandlung oder der Vernachlässigung:
 - Zeichen der physischen Misshandlung: unerklärliche Frakturen, auffällige Hämatome, Schwellungen, Schnitte, Verbrennungen oder Bissmarken; antisoziales Verhalten, Angst vor Erwachsenen; Zeichen der Apathie, Depressionen, Aggressivität, Stress oder Essstörungen
 - Zeichen sexuellen Missbrauchs: Schwierigkeiten beim Gehen oder Sitzen, „Überbefolung“, exzessive Aggressivität, Albträume, Bettlässen, drastischer Wechsel beim Appetit, unpassendes Interesse oder Kenntnisse bezüglich sexueller Handlungen und Vorgänge, Angst vor einer bestimmten Person
 - Zeichen der Vernachlässigung: unpassende, schmutzige Kleidung, mangelnde Hygiene, starker Körpergeruch, schwerer Windelausschlag, Untergewicht, Mangel an Nahrung, Spielzeug, medizinischer Versorgung, Alkohol- oder Drogenkonsum der Eltern und/oder Kinder, unpassende Wohnverhältnisse, dauerhaftes Fehlen einer Aufsichtsperson oder eines Erziehungsberechtigten.
 - Notrufinhalt und Untersuchungsergebnis des Kindes sind unstimmig.
 - Untersuchen Sie behinderte Erwachsene und Kinder genau.
 - Führen Sie alle Informationen zu einem genauen Bericht zusammen.
 - Nehmen Sie mit den zuständigen Behörden und Institutionen Kontakt auf.
- Fälle von Kindesmisshandlung oder -vernachlässigung sind verbunden mit schwerwiegenden Anschuldigungen. Um die Täter zur Verantwortung zu ziehen, bedarf es einer präzisen Dokumentation, einer koordinierten und gründlichen Untersuchung und Teamwork. Die Einsatzkräfte befinden sich in einer einmaligen, nicht wiederkehrenden Situation, in der sie beim Verdacht auf Kindesmisshandlung wichtige Informationen sammeln und dokumentieren müssen.
- Modifiziert nach: Rogers LL: Emergency medical professionals: Assisting in identifying and documenting child abuse and neglect. NCPA Update Newsletter 17[7]:1, 2004.

10.1.7 Lange Transportwege

Gelegentlich kommt es vor, dass der Transport aufgrund der Lage des Einsatzortes, aufgrund von Umwelteinflüssen oder

Entscheidungen der Triage verzögert oder verlängert wird. In diesen Situationen muss das Einsatzteam selbst die fortlaufende Versorgung des verletzten Kindes durchführen. Obwohl dies eine suboptimale Situation ist, weil zum Teil die Ressourcen (Blutkonserve) fehlen und nicht alle diagnostischen oder therapeutischen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, können Sie den Patienten bis zur Ankunft in einem Traumazentrum sicher versorgen, wenn Sie die oben besprochenen Prinzipien konsequent anwenden. Wenn eine Funkverbindung zum aufnehmenden Traumazentrum besteht, können Sie die Versorgung mit dem klinischen Traumateam absprechen, was für beide Seiten hilfreich ist.

Das Management sollte aus einer kontinuierlichen Patientenbeurteilung im Rahmen des Primary Survey bestehen. Immobilisieren Sie das verletzte Kind sicher auf einem Rettungsbrett und polstern Sie dieses so gut wie möglich, um Druckgeschwüre vorzubeugen. Wenn die Atemwege gefährdet sind, sollte eine endotracheale Intubation vorgenommen werden, wenn das Team genügend Erfahrung mit der Intubation von Kindern hat. Ansonsten ist auch weiterhin eine gewissenhafte Beutel-Masken-Beatmung eine geeignete Maßnahme, vorausgesetzt, es wird dadurch eine ausreichende Ventilation und Oxygenierung erreicht. Berechnen Sie die GCS frühzeitig, und wiederholen im Verlauf des Einsatzes. Suchen Sie nach weiteren Verletzungen und achten Sie auf adäquaten Wärmeerhalt. Schienen und stabilisieren Sie Frakturen; achten Sie dabei auf neurovaskuläre Beeinträchtigungen. Diesen Zyklus einer kontinuierlichen Patientenbeurteilung im Sinne des Primary Survey sollten Sie anwenden, bis das Kind sicher transportiert werden kann oder Sie im Zielkrankenhaus eintreffen.

Jegliche klinische Veränderung erfordert eine erneute Beurteilung des Kindes im Primary Survey.

Indem Sie sich an die Grundprinzipien halten und die Beurteilung mittels Primary Survey wiederholt durchführen, können Sie eine adäquate Behandlung durchführen, bis der Patient einem geeigneten Zielkrankenhaus übergeben wird.

Zusammenfassung

- Die initiale Beurteilung und Versorgung verletzter Kinder bedarf der Anwendung standardisierter Prinzipien, die an die Besonderheiten von Kindern angepasst sind.
- Die Schädel-Hirn-Verletzung ist die häufigste Todesursache bei traumatisierten Kindern und die häufigste Verletzung, bei der ein Atemwegmanagement benötigt wird.
- Kinder können Volumenverluste länger als Erwachsene kompensieren. Umso plötzlicher und schwerer dekompen-sieren sie im fortschreitenden Schockgeschehen.
- Schwere Organ- und Gefäßschädigungen können auftreten, ohne Zeichen einer äußeren Verletzung.

- Verletzte Kinder mit den folgenden Zeichen sind instabil und sollten ohne Verzögerung in ein geeignetes Krankenhaus, idealerweise in ein pädiatrisches Traumazentrum, transportiert werden:
 - respiratorische Störungen
 - Zeichen von Schock oder Kreislaufinstabilität
 - jeglicher Bewusstseinsverlust
 - deutliches stumpfes Trauma am Kopf, Thorax oder Abdomen
 - Rippenfrakturen
 - Beckenfraktur

Lösung Fallbeispiel 1

Sie haben das Kind richtig als polytraumatisierten Patienten identifiziert, der sich im Schock befindet und somit kritisch verletzt ist. Aufgrund des Verdachts einer Schädel-Hirn-Verletzung in Kombination mit einer reduzierten mentalen Aktivität müssen Sie die größte Vitalbedrohung bestimmen: das Schädel-Hirn-Trauma und weitere, noch nicht identifizierte Verletzungen. Die Hypotension und Tachykardie haben Sie richtig erkannt. Beide stehen vermutlich in Verbindung mit dem hypovolämischen Schock,

wahrscheinlich als Ergebnis einer unerkannten intraabdominellen Verletzung. Einleitend unterstützen Sie die Atemung des Patienten mit hochdosiertem Sauerstoff über eine Maske mit Reservoir. Sie stellen eine zu niedrige Atemfrequenz fest und bereiten sich auf ein weiteres Atemwegsmanagement mithilfe der Beutel-Masken-Beatmung vor, falls sich diese Umstände weiter verschlechtern. Währenddessen bitten Sie Ihren Partner, Kopf und Halswirbelsäule manuell zu stabilisieren.

10.2 Geriatrisches Trauma

Fallbeispiel 2

Ihr Einsatzstichwort lautet „Verkehrsunfall – Pkw gegen Baum“. Beim Eintreffen sehen Sie, dass Polizei und Feuerwehr die Unfallstelle abgesichert haben. Das Fahrzeug ist ein älteres Modell ohne Sicherheitsgurte und Airbag. Sie finden einen älteren Fahrer, der bewusstlos ist. Passanten berichten, der Mann habe die Kontrolle über das Fahrzeug vor dem Aufprall verloren. Während Sie für Inline-Stabilisierung der Wirbelsäule des Patienten sorgen, reagiert der Patient weiterhin nicht auf Ihre Ansprache. Der Mann hat eine Platzwunde an der Stirn, hier scheint er die Windschutzscheibe getroffen zu haben. Der Patient trägt einen Notfallausweis für Diabetiker bei sich.

War die Verletzung das vorrangige Geschehen oder Folge eines vorangehenden medizinisch relevanten Ereignisses? Verursachte der Verkehrsunfall die Bewusstseinsstörung oder hat diese eine vorangehende Ursache ausgelöst? Wie beeinflusst die Kenntnis, dass der Patient Diabetiker ist, die Vermutung auf Schädel-Hirn-Trauma? Wie beeinflussen Alter, Anamnese und Medikation die zugezogenen Verletzungen und führen zu einer anderen Pathophysiologie und anderen Manifestationen als bei jüngeren Patienten? Wie passen Sie Ihre Behandlung an den Patienten an, besonders in Bezug auf das Atemwegsmanagement? Ist das Alter allein ein zusätzliches Kriterium für den Transport in ein Traumazentrum?

Die ältere Bevölkerung ist zahlenmäßig die am schnellsten zunehmende Altersgruppe in den Industrienationen. Geriater (Fachärzte für ältere Patienten) unterteilen Menschen ab 60 folgendermaßen (Einteilung der WHO):

- **Ältere** – 60- bis 75-Jährige
- **Alte** – 75- bis 90-Jährige
- **Hochbetagte** – über 90-Jährige
- **Langlebige** – über 100-Jährige.

Physiologische Alterungsprozesse setzen sehr viel früher ein und variieren individuell stark. Die Erholungsfähigkeit nach einer Kopfverletzung beginnt bereits im Alter von Mitte 20 zu sinken und die Gesamtüberlebensrate nach einem Trauma nimmt ab den späten Dreißigern ab. Zusätzlich ist das Alter häufig mit multiplen vorbestehenden medizinischen Problemen assoziiert. Dies ist zu bedenken, wenn Sie ältere Patienten vor sich haben.

Mehr als 39 Millionen US-Amerikaner (13 % der Bevölkerung) sind 65 Jahre alt oder älter. Diese Altersgruppe hat innerhalb der letzten 100 Jahre dramatisch zugenommen.¹² Gleichzeitig sind die Geburtenraten gesunken, wodurch die unter 65-Jährigen, welche die Kosten der Älteren mittragen, immer weniger werden. Bis ins Jahr 2050 wird die Population der über 85-Jährigen von 4 auf 19 Millionen anwachsen.¹³

Der verletzte ältere Patient stellt besondere Anforderungen an das präklinische Management. Studiendaten von mehr als

3.800 Patienten, 65-jährig und älter, wurden mit den Daten von 43.000 unter 65-jährigen Patienten verglichen.¹⁴ Die Mortalitätsrate steigt zwischen 45 und 55 Jahren und verdoppelt sich bei den 75-Jährigen.

Da ältere Menschen anfälliger für kritische Krankheiten und Verletzungen sind als der Rest der Bevölkerung, müssen Sie im Rahmen von Patientenbeurteilung und -management an zusätzliche Komplikationen denken. Die Beurteilung am Einsatzort dauert aufgrund beträchtlicher Behinderungen unter Umständen länger als bei jüngeren Patienten. Schwierigkeiten können durch sensorische Ausfälle wie Hör- oder Seh Einschränkungen oder andere physiologische Veränderungen entstehen.

Prozentual hat die Population der über 65-Jährigen innerhalb der letzten Dekaden aufgrund der Fortschritte der Medizin und eines gesünderen Lebensstils signifikant zugenommen. Obwohl die meisten Verletzungen jüngere Patienten betreffen und die Älteren häufiger an medizinischen Problemen leiden, nimmt die Zahl der traumatisch bedingten Notrufe bei älteren Menschen zu. Verletzungen sind die sechsthäufigste Todesursache bei Patienten zwischen 55 und 64 Jahren und die neunthäufigste Todesursache in der Altersklasse > 65 Jahre.¹⁵ Etwa 15 % der verletzungsbedingten Todesfälle älterer Patienten sind Folge eines Tötungsdelikts. Todesfälle durch Trauma in dieser Altersgruppe stellen 25 % aller Traumatoten der USA.¹⁵

Spezifische Verletzungsmuster sind für die ältere Population typisch.¹⁶ Während Autounfälle altersübergreifend für die meisten traumatischen Todesfälle verantwortlich sind, haben Sturzeignisse bei den über 75-Jährigen den höchsten Anteil. Wie bei Kleinkindern zählen bei den über 65-Jährigen Verbrühungen zu den am häufigsten vorkommenden Verbrennungsverletzungen.

Die Fortschritte der letzten Jahre haben nicht nur die Lebenserwartung der Älteren erhöht, sondern auch die Lebensqualität verbessert, sodass die älteren Leute heute körperlich aktiver sind. Wenn mehr Leute länger leben und im Alter über eine gute Gesundheit verfügen, wird auch eine größere Anzahl davon reisen, Auto fahren und sportlichen Aktivitäten nachgehen, was die Unfallgefahr im Alter deutlich erhöht. Viele Personen im Pensionsalter arbeiten trotz medizinischer Probleme weiter.

Durch die sozialen Veränderungen leben heute mehr ältere Leute im eigenen Haus, in Wohngemeinschaften oder Wohnheimen mit wenig Betreuung als in voll betreuten Altersheimen. Das führt dazu, dass sich mehr Unfälle als Stürze im Haushalt ereignen. Mehr alte Menschen werden Opfer von Gewaltdelikten zu Hause oder auf der Straße. Ältere werden gern als wehrlos betrachtet und erleiden häufig schwere Verletzungen, auch wenn es sich um kleinere Delikte wie Handtaschendiebstahl handelt.

Mit der steigenden Zahl älterer Traumapatienten müssen Sie die speziellen Anforderungen dieser Bevölkerungsgruppe kennen. Sie müssen insbesondere die Auswirkungen der begleitenden medizinischen Probleme dieser Population auf ein Trauma und dessen Management beachten.

Der Alterungsprozess verursacht Veränderungen der körperlichen Strukturen, des Körperbaus und der Organfunktionen und kann im Rahmen der präklinischen Versorgung zu spezif-

schen Problemen führen. Er beeinflusst zudem die Mortalitäts- und Morbiditätsrate.

Altern oder **Seneszenz** ist ein natürlicher biologischer Prozess und beginnt bereits in den Jahren des jungen Erwachsenenseins. In dieser Phase sind alle Organsysteme ausgereift und ein physiologisches Optimum ist erreicht oder bereits überschritten. Dem Körper fällt es allmählich schwerer, die Homöostase – das innere physiologische Gleichgewicht – aufrechtzuerhalten, und die Vitalität nimmt über die Jahre bis zum Tod hin ab.

Der fundamentale Prozess des Alterns spielt sich auf zellulärer Ebene ab und zeigt sich in Form von Veränderungen molekularer, zellulärer und schließlich anatomischer Strukturen sowie physiologischer Funktionen. Das späte Lebensalter ist häufig assoziiert mit Gebrechlichkeit, verlangsamten kognitiven Fähigkeiten, Verschlechterung der psychologischen Funktionen, verminderter Energie, chronischen und degenerativen Erkrankungen und sich verschlechternden Sinnesleistungen. Die Körperfunktionen lassen nach und die bekannten äußeren Zeichen des Alterns – wie Hautalterung, Änderung von Haarfarbe und -fülle, Arthrose und Verlangsamung der Reaktionsfähigkeit und der Reflexe – treten auf (► Abb. 10.6).

10.2.1 Anatomie und Physiologie

Einfluss chronischer medizinischer Probleme

Alternde Menschen erleben die physiologischen Alterungsprozesse, die manchmal mit medizinischen Problemen vergesellschaftet sind. Obwohl manche ohne relevante Erkrankun-

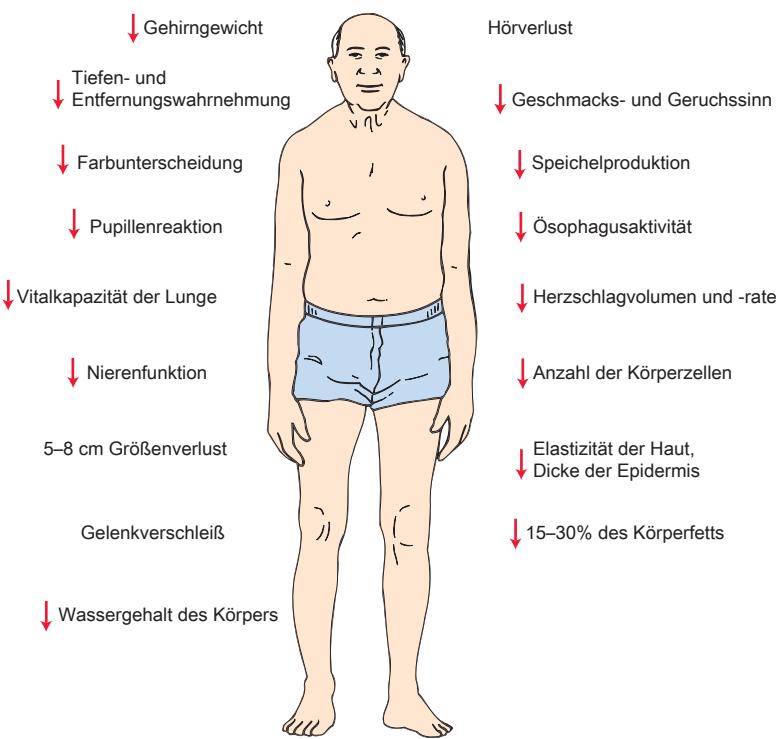


Abb. 10.6 Altersbedingte körperliche Veränderungen

gen alt werden, entwickeln ältere Menschen statistisch häufiger medizinische Probleme. Derzeit verursachen die Senioren in den USA ca. ein Drittel der gesamten Gesundheitskosten. Gewöhnlich kann eine gute Gesundheitsversorgung diese Probleme kontrollieren und wiederholte lebensgefährliche Exazerbationen (Verschlimmerungen) vermeiden oder vermindern. Einige Senioren haben so gut wie keine gesundheitlichen Probleme, während andere auf die moderne medizinische Versorgung angewiesen sind. Der Gesundheitszustand der letztgenannten Gruppe kann sich in Notfallsituationen schneller verschlechtern.

Die Versorgungsprioritäten, die notwendigen Behandlungen und die lebensbedrohlichen Zustände aufgrund eines Traumas sind altersunabhängig. Dennoch sterben ältere Patienten wegen vorbestehender körperlicher Einschränkungen aufgrund geringerer Verletzungen und schneller als junge Patienten (*> Tab. 10.7*). Die Mortalität ist umso größer, je mehr Begleiterkrankungen ein Patient aufweist (*> Tab. 10.8*). Ge-wisse Zustände ziehen eine größere Mortalität nach sich, da sie die Kompensationsfähigkeit der Patienten beeinflussen (*> Tab. 10.9*).¹⁷

Tab. 10.7 Anteil von Patienten mit vorbestehenden chronischen Erkrankungen

| Alter (Jahre) | Anteil der chronisch Kranken (%) |
|---------------|----------------------------------|
| 13–39 | 3,5 |
| 40–64 | 11,6 |
| 65–74 | 29,4 |
| 75–84 | 34,7 |
| ≥ 85 | 37,7 |

Tab. 10.8 Anzahl chronischer Vorerkrankungen und Outcome

| Anzahl an Vorerkrankungen | Überlebende | Verstorbene | Mortalitätsrate (%) |
|---------------------------|-------------|-------------|---------------------|
| 0 | 6.341 | 211 | 3,2 |
| 1 | 868 | 56 | 6,1 |
| 2 | 197 | 36 | 15,5 |
| ≥ 3 | 67 | 22 | 24,7 |

Tab. 10.9 Prävalenz von Vorerkrankungen und assozierte Mortalitätsrate

| Vorerkrankung | Anzahl der Patienten | Anteil mit Vorerkrankung (%) | Gesamtanteil (%) | Mortalitätsrate (%) |
|--------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|---------------------|
| Hypertonie | 597 | 47,9 | 7,7 | 10,2 |
| Lungenerkrankung | 286 | 23 | 3,7 | 8,4 |
| Herzerkrankung | 223 | 17,9 | 2,9 | 18,4 |
| Diabetes | 198 | 15,9 | 2,5 | 12,1 |
| Adipositas | 167 | 13,4 | 2,1 | 4,8 |
| Maligner Tumor | 80 | 6,4 | 1 | 20 |
| Neurologische Erkrankung | 45 | 3,6 | 0,6 | 13,3 |
| Nierenerkrankung | 40 | 3,2 | 0,5 | 37,5 |
| Lebererkrankung | 41 | 3,3 | 0,5 | 12,2 |

Hals – Nase – Ohren

Zahnkaries, Zahnfleischerkrankungen und Zahnverletzungen erfordern das Tragen von Zahnprothesen. Brüchige Zähne sowie feste und herausnehmbare Brücken stellen ein spezielles Problem dar, da sie aspiriert werden und die Atemwege verlegen können.

Atmungssystem

Die Atemfunktion nimmt mit zunehmendem Alter ab, teils weil sich der Brustkorb nicht mehr so gut ausdehnen und kontrahieren kann, teils aufgrund der zunehmend steifer werdenden Atemwege. Die zunehmende Versteifung der Brustwand ist assoziiert mit der Reduktion der Expansionsfähigkeit des Thorax und mit dem Versteifen der Knorpelverbindungen der Rippen. Als Resultat dieser Veränderungen ist der Brustkorb weniger biegsam. Deshalb und wegen der damit nachlassenden Atemleistung müssen sich die älteren Leute mehr anstrengen, um die Aktivitäten des täglichen Lebens auszuführen.

Die Oberfläche der Alveolen nimmt mit zunehmendem Alter ab; nach dem 30. Lebensjahr vermutlich mit jeder Dekade um 4 %. Ein 70-Jähriger hat also 16 % weniger alveolare Oberfläche. Jede Änderung der ohnehin reduzierten Alveolaroberfläche verringert die Sauerstoffaufnahme. Zusätzlich nimmt die Fähigkeit, das Hämoglobin mit Sauerstoff zu sättigen, mit fortgeschreitendem Alter ab, was eine geringere Sauerstoffsättigung und somit weniger Atemreserven zur Folge hat. Wegen der beeinträchtigten mechanischen Ventilation und der verminder-ten Oberfläche für den Gasaustausch können ältere Patienten

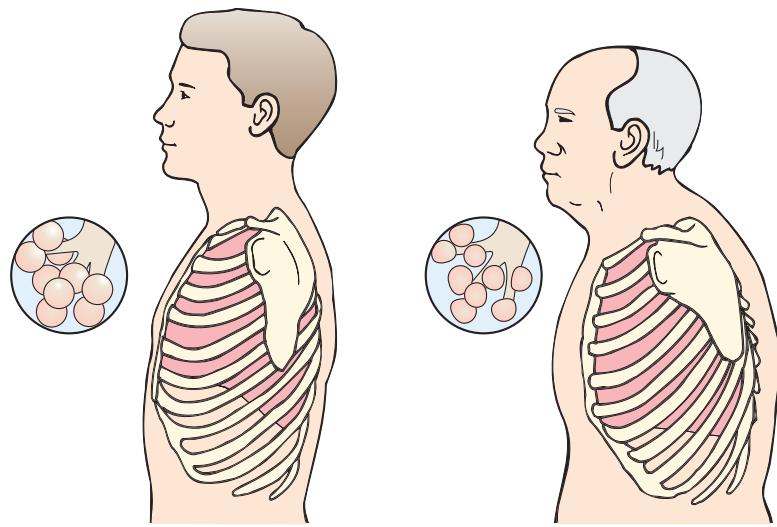


Abb. 10.7 Die Wirbelsäulenverformung kann zu einem anteroposterioren Buckel führen, der Atemprobleme hervorruft oder verstärkt. Die Abnahme der Oberfläche der Alveolen (Einschaltbilder) kann ebenfalls den Sauerstoffaustausch in der Lunge einschränken.

die physiologischen Verluste im Rahmen eines Traumas weniger gut kompensieren.

Veränderungen der Atemwege und Lungen sind nicht immer mit dem Alterungsprozess zu erklären. Im Laufe des Lebens sind wir Umweltgiften und Toxinen wie Tabakrauch ausgesetzt. Verminderte Husten- und Würgereflexe, geringe Kraft beim Hustenstoß und ein niedrigerer ösophagealer Sphinktertonus erhöhen das Risiko einer Aspirationspneumonie. Die Reduktion der bronchialen Flimmerhärchen prädisponiert ältere Menschen für Probleme durch inhaledierte Partikel.

Ein weiterer Faktor, der das Atemsystem betrifft, ist die Krümmung der Wirbelsäule. Die Ausbildung einer Kyphose im Brustwirbelbereich („Buckel“, oft im Rahmen einer Osteoporose) engt die Atemorgane ein und beeinträchtigt die Atmung (► Abb. 10.7). Auch Veränderungen des Diaphragmas können zu Atemproblemen führen. Die Versteifung der Rippen führt zu vermehrter Zwerchfellatmung. Dadurch werden die Patienten sehr empfindlich für Änderungen des intraabdominalen Drucks. Somit kann im Liegen oder durch eine große Mahlzeit eine Ateminsuffizienz ausgelöst werden. Ebenso kann Übergewicht zu einer Einschränkung der Diaphragmafunktion führen, wenn eine zentrale Fettverteilung vorliegt.

und das Herz-Kreislauf-System kann die Zirkulation von Flüssigkeiten mit immer geringerer Effizienz erledigen. Das Herzminutenvolumen nimmt zwischen dem 20. und dem 80. Altersjahr um etwa 50 % ab. Etwa 10 % aller über 75-Jährigen weisen eine asymptomatische Herzinsuffizienz auf.

Im Rahmen der **Arteriosklerose** werden die Gefäße immer enger, indem sich die innere Gefäßwand durch Fettablagerungen verdickt. Diese Ablagerungen oder **Plaques** vermindern zunehmend den Innendurchmesser der Gefäße. Diese Einengung betrifft auch die Koronargefäße. Fast 50 % der 65-jährigen US-Amerikaner weisen Koronarstenosen auf.¹⁹

Eine Folge der Gefäßeinengung ist der Bluthochdruck (Hypertonie), der jeden 6. US-Amerikaner betrifft. Wegen der Verkalkung verlieren die Arterien zunehmend die Fähigkeit, auf endokrine oder zentralnervöse Stimuli hin ihren Durchmesser zu verändern. Der eingeschränkte Kreislauf kann jedes vitale Organ negativ beeinflussen. Insbesondere ist dies eine häufige Ursache von Herzerkrankungen. Von besonderem Interesse ist die Erhöhung der Blutdrucknormwerte bei älteren im Vergleich zu jüngeren Patienten. Was bei Jüngeren als normoton gilt, kann beim älteren Patienten bereits auf einen hypovolämischen Schock hindeuten, wenn eine arterielle Hypertonie vorbesteht.²⁰

Mit zunehmendem Alter wird das kardiale Gewebe fibröser und nimmt an Größe zu: **myokardiale Hypertrophie**. Die Atrophie von Zellen des kardialen Reizleitungssystems führt zu einer höheren Inzidenz von Arrhythmien. Im Besonderen nimmt die Fähigkeit des Herzens ab, auf physiologische Stimuli wie eine Hypotonie adäquat zu reagieren, wodurch die älteren Patienten ihre Herzfrequenz bei Belastung nicht mehr angemessen steigern können. Die maximale Herzfrequenz nimmt ab dem 40. Lebensjahr ab, berechnet nach der Formel 220 minus Lebensalter in Jahren. Patienten mit einem Herzschrittmacher haben unter Umständen eine festgelegte Herzfrequenz und können den vermehrten myokardialen Sauerstoffbedarf bei Stress infol-

Kardiovaskuläres System

Kardiovaskuläre Krankheiten sind der Hauptgrund für Todesfälle im Alter. Sie sind für mehr als 3.000 Todesfälle pro 100.000 Personen älter als 65 Jahre verantwortlich. Im Jahre 2002 war der Herzinfarkt für 29 % der Todesfälle in den USA ursächlich; dazu kommen 7 % aufgrund von Schlaganfällen.¹⁸

Die altersabhängige Abnahme der Elastizität von Arterien führt zu einem Anstieg des peripheren Widerstands. Myokard und Gefäße sind von deren Dehnungs- und Retraktionsfähigkeit abhängig. Mit dem Alter nehmen diese Fähigkeiten ab,

ge eines Traumas nicht mehr mit einer Steigerung des Herzminutenvolumens decken.

Bei älteren Patienten trägt die eingeschränkte Zirkulation zur zellulären Hypoxie bei. Als Folge treten kardiale Arrhythmen, akutes Herzversagen oder sogar plötzlicher Herztod auf. Der Körper von älteren Personen kann einen Blutverlust oder andere Schockursachen nicht mehr so gut kompensieren, weil die Kontraktilität des Herzmuskels durch Katecholamine nicht mehr adäquat gesteigert werden kann. Zusätzlich nimmt das zirkulierende Blutvolumen ab, wodurch weniger physiologische Reserve im Falle eines Volumenverlusts vorhanden ist. Eine diastolische Dysfunktion macht die Patienten zur Steigerung des Herzminutenvolumens zunehmend von der atrialen Füllung abhängig, die bei einem hypovolämischen Schock vermindert ist.

Nervensystem

Während des Alterungsprozesses nehmen Hirnmasse und Neuronenzahl ab. Das Gewicht des Gehirns erreicht im 20. Lebensjahr mit etwa 1.400 g den Maximalwert. Mit 80 Jahren ist das Hirn 10 % leichter und zunehmend atrophisch.²¹ Der Volumenverlust des Gehirns wird durch eine Vermehrung des Liquors kompensiert. Obwohl das Gehirn dadurch besser vor Kontusionen geschützt ist, wird es anfälliger für Bewegungen bei Beschleunigungstraumen. Der vermehrte Raum um das Gehirn erklärt auch, warum sich bei älteren Leuten eine signifikante Menge Blut symptomfrei um das Gehirn ansammeln kann.

Die Nervenleitgeschwindigkeit nimmt ab, mit nur geringen Auswirkungen auf Verhalten und Denkfähigkeit. Die Reflexe verlangsamen sich minimal. Die Kompensationsmechanismen können, vor allem bei Parkinson-Patienten, beeinträchtigt sein, wodurch die Gefahr von Stürzen zunimmt. Auch das periphere Nervensystem ist von der Abnahme der Nervenleitgeschwindigkeit betroffen: Es entstehen Tremor und ein unsicherer Gang.

Intellektuelle Fähigkeiten wie Wortverständnis, arithmetische Fähigkeiten, Ideenfluss und Allgemeinwissen nehmen bei den über 60-Jährigen zu, wenn sie die Lernaktivitäten aufrechterhalten. Eine Ausnahme bilden Patienten mit seniler Demenz oder Alzheimer-Krankheit.

Der normale Alterungsprozess des Gehirns ist kein Anzeichen einer zerebralen Erkrankung. Trotzdem trägt die Abnahme der kortikalen Struktur wahrscheinlich zur mentalen Beeinträchtigung bei. Die Veränderungen des Gehirns können das Gedächtnis beeinträchtigen oder Persönlichkeitsveränderungen und andere Funktionsverluste zur Folge haben. Etwa 10–15 % der älteren Bevölkerung sind daher auf professionelle Hilfe angewiesen. Dennoch müssen Sie bei der Beurteilung eines älteren Traumapatienten im Falle einer mentalen Beeinträchtigung davon ausgehen, dass diese aus dem Trauma resultiert, beispielsweise durch Schock, Hypoxie oder SHT.

Sinnesorgane

Sehen und Hören

Insgesamt haben etwa 28 % der älteren Menschen eine eingeschränkte Hörfunktion, etwa 13 % weisen eine Beeinträchtigung der Sehfähigkeit auf. Männer zeigen vermehrt Hörminderungen, bezüglich der Seh Einschränkung sind beide Geschlechter gleich betroffen.

Ein Sehverlust ist für jeden eine Herausforderung, insbesondere ist dies aber ein Problem für die älteren Menschen. Die Unfähigkeit, Anweisungen zu lesen, kann katastrophale Folgen haben (Arzneimittel, Verordnungen). Ältere Patienten erleiden einen Verlust an Sehschärfe, Akkommodationsvermögen, Farbsinn und Nachsicht.²²

Aufgrund all dieser strukturellen Veränderungen haben die Patienten oft Schwierigkeiten, in düsteren Räumen zu sehen. Durch eine Verminderung der Tränenproduktion werden die Augen trocken, beginnen zu jucken und können nur noch für kurze Perioden offen gehalten werden.

Die Augenlinsen werden mit der Zeit trüb und lassen immer weniger Licht hindurch. Daraus entwickelt sich eine sogenannte **Katarakt** oder Linsentrübung: Die Linsen werden milchig, streuen das eintretende Licht, sodass die Sicht verschwommen wird. Eine gewisse Linseneintrübung ist bei 95 % der Älteren vorhanden. Durch diese Einschränkungen des Sehvermögens entstehen mehr Autounfälle, insbesondere bei Fahrten während der Nacht.

Auch eine gewisse Abnahme des Hörvermögens geht mit dem Alter einher (**Presbyakusis**). Normalerweise wird das Hören beeinträchtigt, weil die Schallwellen weniger gut auf das Innenohr übertragen werden. Hörgeräte können den Hörverlust zum Teil kompensieren. Dieser macht sich vor allem dann bemerkbar, wenn viele Leute durcheinanderreden oder laute Nebengeräusche vorhanden sind.

Schmerzempfindung

Im Rahmen des Alterungsprozesses und verschiedener Krankheiten wie Diabetes mellitus können viele Patienten Schmerzen nicht mehr so gut wahrnehmen, wodurch sie anfälliger für Verletzungen durch Hitze oder Kälte werden. Viele ältere Menschen leiden an Arthritis und chronischen Schmerzen. Mit Schmerzen zu leben, kann die Schmerztoleranz erhöhen, weswegen es schwierig sein kann, schmerzhafte Areale zu lokalisieren. Achten Sie bei der Untersuchung älterer Patienten auf diese Umstände und fragen Sie nach einer Zunahme oder Ausbreitung von Schmerzen. Fragen Sie, ob sich Intensität und Charakter der Schmerzen seit dem Trauma verändert haben.

Nieren

Im Zusammenhang mit dem Alterungsprozess nimmt die Filtrations- und Exkretionsfähigkeit der Nieren ab. Denken Sie

daran, wenn Sie Medikamente mit Wirkstoffen verabreichen, die über die Nieren ausgeschieden werden. Eine chronische Niereninsuffizienz betrifft typischerweise ältere Leute und führt zu einer Reduktion des Allgemeinzustands und der Fähigkeit, ein Trauma zu verkraften. Beispielsweise kann eine Niereninsuffizienz Ursache einer Anämie sein, wodurch die physiologischen Reserven vermindert werden.

Muskel- und Skelettsystem

Wenn die Knochen altern, verlieren sie Mineralien. Der Verlust an Knochenmasse (**Osteoporose**) ist geschlechtsabhängig. Im jungen Erwachsenenalter ist die Knochendichte bei Frauen größer als bei Männern. Der Verlust an Knochenmasse verläuft bei Frauen jedoch schneller, insbesondere nach der Menopause. Durch die höhere Inzidenz von Osteoporose bei älteren Frauen erleiden diese häufiger Frakturen, insbesondere des Schenkelhalses. Ursachen sind die Verminderung des Östrogenspiegels, längere Perioden körperlicher Inaktivität und ungenügende oder ineffiziente Aufnahme von Kalzium. Osteoporose trägt signifikant zu Hüftfrakturen und spontanen Wirbelkörperfrakturen bei.

Eine **Kyphose** (Krümmung des Rückens) in der thorakalen Region kann ebenfalls zum Größenverlust beitragen, oft verursacht durch Osteoporose (> Abb. 10.8). Werden die Knochen poröser und fragiler, entstehen an der Wirbelkörpervorderkante Höhenminderungen und womöglich Kompressionsfrakturen. Indem sich die Brustwirbelsäule krümmt, verschieben sich Kopf und Schultern nach vorn. Durch eine chronisch



Abb. 10.8 Kyphose, typischerweise verursacht durch eine Osteoporose

obstruktive Lungenerkrankung (COPD), insbesondere ein Emphysem, wird die Kyphose wegen der stärkeren Ausbildung der Atemhilfsmuskulatur noch stärker ausgeprägt.

Daraus resultiert eine Abnahme der Muskelmasse ab dem 25. Lebensjahr um 4 % pro Dekade bis zum 50. Lebensjahr. Danach nimmt die Muskelmasse sogar um 10–35 % pro Dekade ab. Der Muskelverlust wird mikroskopisch gemessen, wobei sowohl die Zahl als auch die Größe der Muskelzellen abnimmt.

Osteoporose ist im Alter verbreitet. Aufgrund der zunehmenden Resorption wird der Knochen weniger biegsam, porös und brüchiger. Durch die Abnahme der Knochenfestigkeit und verminderte Muskelkraft aufgrund geringerer körperlicher Tätigung können schon durch geringe Krafteinwirkung multiple Frakturen entstehen. Brüche der langen Knochen kommen am häufigsten am proximalen Femur, an Hüfte, Humerus und Handgelenk vor. Die erhöhte Inzidenz von Stürzen resultiert in Colles-Frakturen des distalen Radius, da die Hände beim Fallen dorsoflexiert ausgestreckt werden.

Die Wirbelsäule verändert sich aufgrund von Osteoporose und Verkalkung der stützenden Bänder. Diese Kalzifizierung mindert die Beweglichkeit und engt den Wirbelkanal ein. Dies wird **spinale Stenose** genannt und erhöht die Wahrscheinlichkeit der Rückenmarkkompression auch ohne akute Wirbelkörperfraktur. Achten Sie bei der Untersuchung besonders auf Rückenverletzungen, da bis zu 50 % der Wirbelkörper-Kompressionsfrakturen asymptomatisch verlaufen.²³

Haut

Das Altern führt zu starken Veränderungen von Haut und Bindegewebe, was generell die Erholungsphase nach einem Trauma verlängert und einen negativen Einfluss auf die Wundheilung hat. Die Zellzahl nimmt ab, das Gewebe wird schwach und die Funktionen der Haut verschlechtern sich. Durch den Altersprozess nimmt die Anzahl von Schweiß- und Talgdrüsen ab. Daher kann die Temperatur weniger gut reguliert werden. Die Abnahme der Talgdrüsen führt zu trockener Haut. Der Abbau der Melaninproduktion bewirkt durch einen Pigmentverlust eine Farbveränderung von Haut und Haar: Sie werden blass und grau. Die Haut wird durch den zunehmenden Verlust von Bindegewebe dünn und erscheint durchsichtig. Die dünne und trockene Haut ist gegenüber Mikroorganismen weniger resistent, was zu häufigeren Infektionen auch nach kleinen Verletzungen führt. Infolge der Abnahme der Hautelastizität wird die Haut runzelig und fältig, vor allem an Stellen großer Beanspruchung wie über den Gesichtsmuskeln.

Durch den Verlust an Fettgewebe werden ältere Patienten schneller hypotherm. Die Abnahme der Hautdicke um bis zu 20 % ist zusammen mit der reduzierten Gefäßdichte verantwortlich für die eingeschränkte Thermoregulationsfähigkeit. Durch den Verlust an Fettgewebe werden vorstehende Körperstrukturen nicht mehr so gut gepolstert, wodurch bei einer längeren Immobilisierung (z. B. nach einem Sturz) die Gefahr von Drucknekrosen und Ulzera steigt.

Immunsystem

Wenn das Immunsystem alterniert, nimmt seine Funktionsfähigkeit ab. Die an der Immunabwehr beteiligten Organe – Thymus, Leber, Milz – schrumpfen. Deshalb und aufgrund von Ernährungsproblemen werden ältere Patienten anfälliger für Infektionen. Die **Sepsis** ist in dieser Altersgruppe eine häufige Todesursache nach einem Trauma.

10.2.2 Beurteilung

Primary Survey

Die präklinische Beurteilung älterer Traumapatienten verläuft grundsätzlich so wie bei allen Traumapatienten. Dennoch kann ihre Versorgung Besonderheiten aufweisen. Wie bei allen Patienten sollten Sie sich zunächst den Verletzungsmechanismus vor Augen halten. Die folgenden Abschnitte behandeln einige spezielle Aspekte der Beurteilung älterer Patienten.

Verletzungsmechanismen

Stürze

Stürze sind bei über 75-Jährigen die häufigste Ursache von Todesfällen und von körperlichen Behinderungen nach einem Trauma. Ungefähr ein Drittel der über 65-Jährigen stürzt einmal pro Jahr; bei den 80-Jährigen sind es bereits 50 %. Frauen und Männer stürzen etwa gleich häufig. Frauen erleiden aufgrund der Osteoporose doppelt so oft schwere Verletzungen.

Die Mortalität nach einer Oberschenkelhalsfraktur beträgt 20 % im 1. Jahr und steigt im 2. Jahr auf 33 % an. Verantwortlich sind vor allem Lungenembolien und die Folgen der eingeschränkten Mobilität.

Trauma durch Fahrzeuge

Autounfälle sind die häufigste Todesursache der 65- bis 74-Jährigen. Ein älterer Fahrzeugführer wird 5-mal häufiger schwer verletzt als ein jüngerer, obwohl überhöhte Geschwindigkeit nur selten die Unfallursache in dieser Altersgruppe ist.²⁴ Ältere sind oft in Unfälle verwickelt, die sich tagsüber, bei gutem Wetter und in der Nähe ihrer Wohnung ereignen.

Anders als bei jüngeren Fahrern ist Alkohol nur selten die Unfallursache: 5 % der tödlich verunglückten Älteren waren alkoholisiert im Vergleich zu 23 % aller anderen Altersklassen. 25 % der tödlich verunglückten Fußgänger sind ältere Menschen. Viele alte Menschen können eine ampelgesicherte Straße nicht schnell genug überqueren. 45 % aller tödlichen Unfälle mit älteren Fußgängern ereignen sich in der Nähe von Fußgängerüberwegen.

Angriffe und häusliche Gewalt

Als **Misshandlung** wird das willentliche Zufügen einer Verletzung oder das Unterlassen von Maßnahmen zum Schutz vor Verletzungen sowie unzumutbares Einsperren, Einschüchterung oder grausame Bestrafung definiert. Misshandlungen

führen zu physischen oder psychischen Verletzungen oder Schmerzen. Ältere Personen werden sehr leicht Opfer von Misshandlung und Verbrechen. Gewaltsame Angriffe sind für 10 % der traumabedingten Notfalleinweisungen von älteren Menschen verantwortlich. Bei Abhängigkeit von dauerhafter Pflege sind ältere Patienten prädisponiert für Missbrauch und Vernachlässigung durch ihre „Helfer“. Man schätzt, dass nur etwa 15 % dieser Fälle gemeldet werden.^{25,26}

Verbrennungen

Die älteren Patienten stellen 20 % aller Verbrennungsoptiker und etwa 1.500 Todesfälle pro Jahr durch Feuerunfälle. Todesfälle ereignen sich infolge kleinfächiger und weniger schwerer Verbrennungen verglichen mit anderen Altersgruppen. Die Mortalität durch Verbrennungen ist 7-mal höher als bei Jüngeren. Durch das eingeschränkte Seh- und Hörvermögen entdecken ältere Personen Brände später. Ihre geringere Schmerzempfindlichkeit und dünnere Haut haben stärkere und oft tiefere Verbrennungen zur Folge. Aufgrund medizinischer Vorerkrankungen wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Diabetes mellitus tolerieren Patienten die nach Verbrennungen notwendige Flüssigkeitsgabe weniger gut. Kreislauftkollaps und Infektionen stellen bei älteren Patienten die häufigste Todesursache nach Verbrennungen dar.

Traumatische Hirnverletzungen

Nach 70 Lebensjahren hat sich das Gehirngewicht um 10 % reduziert. Die Dura mater haftet enger am Schädel, was zu einem gewissen Verlust an Hirnvolumen führt. Die Duravenen stehen unter vermehrtem Zug und reißen deshalb schneller. Folglich nimmt die Inzidenz der subduralen Blutungen zu und die der Epiduralblutungen ab. Aufgrund der Hirnatrophie können sich subdural große Mengen Blut bei nur geringen klinischen Zeichen ansammeln. Die Kombination von Schädel-Hirn-Trauma und hypovolämischem Schock geht mit einer größeren Mortalität einher. Vorbestehende Krankheiten oder ihre Behandlung können die mentalen Funktionen zusätzlich einschränken. Wenn Sie unsicher sind, ob eine Verwirrung akut oder chronisch ist, sollten Sie die Betroffenen zur weiteren Untersuchung in ein Traumazentrum transportieren.

Airway

Die Untersuchung des älteren Patienten beginnt mit der Beurteilung der Atemwege. Veränderungen des Bewusstseins können mit einer Obstruktion der Atemwege durch die Zunge einhergehen. Untersuchen Sie die Mundhöhle auf Fremdkörper wie Zahnpfosten, die sich ggf. gelöst und verschoben haben.

Breathing

Ältere Patienten, die mit einer Atemfrequenz unter 12 oder über 30 pro Minute atmen, erreichen ebenso wie jüngere Patienten kein adäquates Atemminutenvolumen und müssen mit Überdruck assistiert beatmet werden. Eine Atemfrequenz zwischen

12 und 20 pro Minute ist bei Erwachsenen normal und bestätigt, dass ein ausreichendes Atemminutenvolumen vorhanden ist. Bei älteren Patienten jedoch kann das Atemminutenvolumen durch verminderte Atemzugvolumina und Lungenkrankheiten ungenügend sein, obwohl die Atemfrequenz zwischen 12 und 20 pro Minute liegt.

Ältere Patienten haben darüber hinaus eine herabgesetzte Elastizität des Brustkastens. Ein geringeres Atemzugvolumen und Atemminutenvolumen ist daher typisch. Oft liegt auch eine signifikante Reduzierung des Sauerstoff- und CO₂-Austauschs vor, wodurch die Hypoxie zunimmt.

Circulation

Bestimmte Zeichen können nur interpretiert werden, wenn die Vorwerte oder die „Baseline“ des Patienten bekannt sind. Normwerte sind nicht bei jedem Individuum normal und können, insbesondere bei Älteren, abweichen. Denken Sie während der Interpretation eines Wertes immer daran. Medikamente tragen zu dieser Variabilität ebenfalls bei. Ein Blutdruck von 120 mmHg gilt bei Erwachsenen als normal; wenn Sie diesen Wert bei einer älteren Person messen, die typischerweise einen Blutdruck von 150 mmHg aufweist, können die 120 mmHg bereits Zeichen einer versteckten Blutung sein, die eine Dekompensation verursacht hat. Die Herzfrequenz ist bei älteren Traumapatienten ebenfalls ein schlechter Indikator; einerseits kann sie durch Medikamente beeinflusst sein, andererseits kann das Herz-Kreislauf-System bei Älteren nicht mehr adäquat auf eine Katecholaminausschüttung reagieren. Quantitative Informationen oder Zeichen sollten nie isoliert von anderen Befunden gewertet werden. Wenn Sie solche Zeichen nicht erkennen oder gar erkennen, kann das für den Patienten schwerwiegende Folgen haben.

Die Rekapillarisierungszeit ist bei älteren Leuten wegen des weniger effizienten Kreislaufs (periphere arterielle Verschlusskrankheit) verzögert; deshalb ist sie ein schlechter Indikator einer akuten Kreislaufproblematik. Gewisse Einbußen der distalen motorischen, sensorischen und zirkulatorischen Fähigkeiten der Extremitäten sind nichts Ungewöhnliches.

Disability

Bei älteren Menschen können große Unterschiede der mentalen Funktionen, des Gedächtnisses und der Orientierung existieren (in Bezug auf Gegenwart und/oder Vergangenheit). Bedeutende neurologische Traumata sollten angesichts der vorbestehenden, „normalen“ Beeinträchtigungen interpretiert werden. Wenn niemand am Einsatzort den Normalzustand beschreiben kann, müssen Sie davon ausgehen, dass die neurologischen Veränderungen traumatisch bedingt sind, durch eine neurologische Verletzung, Hypoxie oder beides. Die Fähigkeit, zwischen akut und chronisch zu unterscheiden, ist präklinisch wichtig, um eine adäquate Behandlung zu gewährleisten. Bewusstlosigkeit bleibt dennoch in allen Fällen ein ernsthaftes Zeichen.

Untersuchen Sie die Orientierung hinsichtlich Zeit und Ort bei älteren Patienten durch vorsichtige und komplexe Fragen. Menschen, die fünf Tage die Woche arbeiten und am Wochenende frei haben, wissen meistens, welchen Wochentag wir gerade haben. Falls dies nicht der Fall ist, müssen Sie von einer Verwirrung ausgehen. Menschen, die nicht mehr einer geregelten Arbeit nachgehen, können vielleicht nicht den Wochentag oder gar den Monat nennen, ohne dass dies gleich pathologisch wäre. Menschen, die nicht mehr Auto fahren, können vielleicht nicht sagen, wo sie sich gerade befinden, obwohl sie eigentlich normal orientiert sind. Konfusion und die Unfähigkeit, sich an weit Zurückliegendes zu erinnern, spricht mehr für die Ferne des Ereignisses als für die Vergesslichkeit der Person. Das wiederholte Erzählen vergangener Ereignisse und die stärkere Konzentration auf die weiter zurückliegende Vergangenheit als auf kürzlich Geschehenes deuten meist auf eine nostalgische Verbundenheit mit der eigenen Vergangenheit hin. Diese soziale und psychologische Kompensation sollte nicht mit Semilität oder verminderter mentaler Leistung verwechselt werden.

Expose and Environment

Ältere Personen reagieren empfindlicher auf Veränderungen ihrer Umgebung. Sie können weniger gut auf diese Veränderungen reagieren, können schlechter Wärme produzieren oder diese abgeben. Die Probleme der Thermoregulation hängen mit einem Ungleichgewicht von Elektrolyten zusammen (z.B. Kaliummangel, Hypothyreose, Diabetes mellitus). Weitere Faktoren sind eine herabgesetzte Stoffwechselrate, die verminderte Fähigkeit zu zittern, Arteriosklerose und Auswirkungen von Medikamenten und Alkohol.

Secondary Survey – Detaillierte Anamnese und körperliche Untersuchung

Der Secondary Survey beim älteren Traumapatienten wird in gleicher Weise wie bei jungen Patienten durchgeführt, nachdem lebensbedrohliche Zustände behandelt worden sind. Jedoch können einige Faktoren die Beurteilung eines geriatrischen Patienten erschweren. Daher werden Sie wahrscheinlich mehr Zeit als üblich zur Sammlung von Informationen und zur Anamneseerhebung benötigen.

Herausforderungen bei der Kommunikation

- Seien Sie geduldig, wenn die Patienten schlecht hören oder sehen.** Empathie und Einfühlungsvermögen sind essenziell. Unterschätzen Sie die Intelligenz eines Patienten nicht wegen einer erschwerten Kommunikation. Beziehen Sie Verwandte oder Bekannte mit ein, um mehr zu erfahren. Doch nicht alle älteren Patienten sind eingeschränkt. Eine laute, langsame Sprache ist nicht immer nötig und kann auch verletzend sein.

- Fremdanamnese ist eventuell notwendig.** Holen Sie, wenn nötig mit dem Einverständnis des Patienten, fremdanamnestische Angaben von Verwandten oder Pflegepersonen, um wertvolle Informationen zu erhalten. Trotzdem ist wichtig, dass Sie den Patienten nicht wie ein Kind behandeln. Dies ist ein häufiger Fehler von klinischem und präklinischem Personal. Das oft gut gemeinte Beantworten von Fragen durch Angehörige, ohne dabei die betroffene ältere Person ausreden zu lassen, kann dazu führen, dass Sie hierdurch relevante Verletzungen/Erkrankungen übersehen. Bei der Fremdanamnese ist nicht nur die Gefahr der inkompletten oder unkorrekten Information größer, sondern die Informationen werden von den Angehörigen teils auch falsch eingeschätzt. Manche Patienten – darunter Opfer von Misshandlungen – wünschen aus verschiedensten Gründen, dass keine der Bezugspersonen anwesend bleibt, trauen sich aber oft nicht, dies zu sagen. Vielleicht fürchten sie sich vor Bestrafung, wenn die misshandelnde Person anwesend ist. Oder es gibt Probleme, für die sich die Patienten vor den Angehörigen schämen.
- Achten Sie auf eingeschränktes Hör- und Sehvermögen, begrenztes Verständnis und Bewegungseinschränkungen.** Stellen Sie Augenkontakt zum Patienten her. Vermeiden Sie Geräusche, Ablenkungen und Unterbrechungen. Beachten Sie Sprachfluss, unwillkürliche Bewegungen, Hirnnervenausfälle oder Atemschwierigkeiten. Sind die Bewegungen des Patienten flüssig, unstetig oder unsicher?
- Sprechen Sie den Patienten mit seinem Namen an.

Physiologische Veränderungen

- Eingeschränkte Auffassungsgabe und neurologische Störungen sind für viele Patienten ein schwerwiegendes Problem.** Diese Einschränkungen können von Verwirrtheit bis zur senilen Alzheimer-Demenz reichen. Die Patienten haben nicht nur Schwierigkeiten zu kommunizieren, sondern können auch unfähig sein, Informationen zu verstehen oder die Beurteilung zu unterstützen. Manchmal sind diese Patienten unruhig oder aggressiv.
- Geben Sie dem Patienten beim Eintreffen die Hand und fühlen Sie die Kraft des Händedrucks, den Hautturgor und die Körpertemperatur. Sehen Sie sich den Ernährungszustand des Patienten an. Macht der Patient einen guten Eindruck, ist er dünn oder abgemagert?** Ältere Menschen haben ein herabgesetztes Durstgefühl. Ältere Patienten haben darüber hinaus eine verminderte Menge Körperfett (15–30 % weniger) und Körperwasser.
- Ältere Patienten zeigen eine verminderte Muskelmasse, Knochenschwäche, Gelenkdegenerationen und Osteoporose.** Die Patienten erleiden schon bei geringen Traumata Frakturen, insbesondere von Wirbelkörpern, Hüften und Rippen.

Umgebung des Patienten

Halten Sie nach Verhaltensauffälligkeiten Ausschau, und achten Sie auf Unstimmigkeiten am Einsatzort. Schauen Sie auf das Äußere des Patienten. Ist die äußere Erscheinung des Patienten adäquat? Ist sie mit der Situation vereinbar, in der Sie den Patienten angetroffen haben? Beobachten Sie, wie leicht oder mühsam der Patient sich erhebt. Sind Zeichen der Misshandlung oder Vernachlässigung erkennbar?

Medikamente

Kenntnisse über die von einem Patienten eingenommenen Medikamente können präklinisch äußerst relevant sein. Die Existenz von Vorerkrankungen und die Kenntnis darüber können für die Versorgung eines älteren Traumapatienten von entscheidender Wichtigkeit sein. Die folgenden Medikamente sind von besonderem Interesse, da sie von älteren Patienten häufig eingenommen werden und die präklinische Versorgung beeinflussen können:

- Betablocker** (Propranolol, Metoprolol) können für eine absolute oder relative Bradykardie verantwortlich sein. In dieser Situation ist ein Anstieg der Herzfrequenz als Folge eines Schocks eventuell nicht möglich. Diese Patienten können sich ohne Vorwarnung rapide verschlechtern.
- Kalziumantagonisten** (Verapamil) können eine periphere Vasokonstriktion unterbinden und einen hypovolämischen Schock beschleunigen.
- Nichtsteroidale Antirheumatika** (NSAR, z. B. Ibuprofen) können die Plättchenaggregation verhindern und eine Blutung verstärken.
- Antikoagulanzen** (Clopidogrel, ASS, Wafarin) können einen Blutverlust vergrößern. Die Einnahme von Wafarin erhöht das Risiko einer isolierten Schädel-Hirn-Verletzung und verschlechtert das Outcome. Unter dieser Medikation ist jede Blutung schwerer zu stoppen. Schlimmer noch: Innere Blutungen können schneller voranschreiten und in einem Schock oder mit dem Tod des Patienten enden.
- Blutzuckersenkende Mittel** (Insulin, Metformin, Rosiglitazon) stehen möglicherweise im Zusammenhang mit dem zugrunde liegenden Unfall und erschweren die Einstellung des Blutzuckerwertes, wenn sie unentdeckt bleiben.
- Pflanzliche Mittel** werden von älteren Patienten häufig genutzt und oft verschwiegen, weshalb Sie spezifisch nach ihnen fragen müssen. Sie können unvorhersagbare Nebenwirkungen erzeugen und Medikamenteninteraktionen verursachen. Komplikationen dieser Stoffe können die Verstärkung von Blutungen (Knoblauch) oder ein Herzinfarkt sein (Epinephrin/Ma-Huang).

Die Interpretation von Medikamentenlisten kann präklinisch schwierig sein, wenn mehrere davon vorhanden sind oder der Patient bewusstlos ist. Daher wurde in den USA das Projekt „File of Life“ (www.folife.org) gestartet: Alle relevanten individuellen medikamentenbezogenen Notfallinformationen der

Abb. 10.9 Notfallkarte der Stadt Moers (Quelle: Stadt Moers, Leitstelle Älterwerden, Geschäftsstelle Seniorenbeirat)

Teilnehmer werden immer am gleichen Ort deponiert, und zwar an der Kühlschranktür. Der Patient hinterlegt seine aktuelle Medikamentenliste und Anamnese unter einem Magnethalter an der Kühlschranktür. In Deutschland gibt es verschiedene Notfallkarten z. B. von privaten Anbietern oder Versicherungen. Eine Notfallkarte der Stadt Moers zeigt > Abb. 10.9.

- Zeugen geben an, der Patient sei vor dem Unfall bewusstlos geworden.
 - Ein Notfallausweis gibt den Patienten als Diabetiker aus.
 - Beim Pulstasten zeigt sich eine Herzrhythmusstörung.

Diese Informationen sollten unbedingt dem aufnehmenden Krankenhaus mitgeteilt werden.

Krankheiten

Zahlreiche Krankheiten können Menschen für Unfälle prädisponieren. Gerade Erkrankungen, die zu einer Veränderung der Bewusstseinslage oder anderen neurologischen Defiziten führen, müssen hierbei beachtet werden. Als Beispiele wären zu nennen: Anfallsleiden, Unterzucker bei Diabetikern, Synkopen bei Einnahme von blutdrucksenkenden Medikamenten, Herzrhythmusstörungen bei akutem Koronarsyndrom (ACS) und zerebrovaskuläre Ereignisse (Apoplex).

Da die Inzidenz von chronischen Erkrankungen im Alter deutlich zunimmt, sind gerade geriatrische Patienten im Vergleich zu jüngeren Patienten von Verletzungen als Folge der Grunderkrankung stärker betroffen. Im Einsatzdienst sollte man diese Tatsache immer im Hinterkopf behalten und Hinweise, die während der Beurteilung des Patienten auffallen, beachten:

10.2.3 Management

Airway

Zahnprothesen können das Atemwegsmanagement beeinträchtigen. Gewöhnlich sollten sie dort belassen werden, wo sie hingehören, um eine bessere Abdichtung der Maske zu erreichen. Eine Teilprothese kann sich aber während der Notfallbehandlung verschieben und die Atemwege blockieren; diese sollten Sie dann entfernen.

Schwaches nasopharyngeales Gewebe und eine mögliche Einnahme von Antikoagulanzen führen zu einer erhöhten Blutungsgefahr, wenn Sie älteren Patienten einen Tubus nasal einführen. Eine solche Blutung beeinträchtigt die Atemwege zusätzlich und es kann sogar zur Aspiration kommen. Arthrose kann auch die Kiefergelenke und die Halswirbelsäule betreffen.

fen. Durch die verminderte Beweglichkeit der Gelenke wird die endotracheale Intubation erschwert.

Ziel des Atemwegsmanagements ist die Sicherung offener Atemwege und die adäquate Oxygenierung der Gewebe. Eine mechanische Beatmung mit einem Beatmungsbeutel sollten Sie bei verletzten älteren Patienten früh in Betracht ziehen, denn ihre physiologischen Reserven sind stark limitiert.²⁸

Breathing

Verabreichen Sie allen Traumapatienten so früh wie möglich Sauerstoff. Ältere Menschen haben einen steiferen Brustkasten als jüngere. Zusätzlich sind ihre Brustwandmuskeln schwächer und die Knorpel versteift, wodurch die Thoraxbeweglichkeit noch mehr eingeschränkt ist. Durch diese und weitere Faktoren ist das Lungenvolumen reduziert. Ältere Patienten benötigen unter Umständen früher eine assistierende Beatmung. Allenfalls müssen Sie mit einem größeren Druck beatmen, um den erhöhten Widerstand des Thorax zu überwinden.

Circulation

Blutungen werden bei älteren Patienten anders kontrolliert als bei Jüngeren. Die Älteren haben geringere kardiovaskuläre Reserven. Die Patienten tolerieren aufgrund einer Reduktion des zirkulierenden Blutvolumens, einer chronischen Anämie und einer vorbestehenden koronaren Herzkrankheit selbst einen geringen Blutverlust nur schlecht. Eine frühzeitige Blutungskontrolle durch direkten Druck auf die offene Wunde, Stabilisierung und Immobilisierung von Frakturen sowie ein schneller Transport in ein Traumazentrum sind essenziell.

Immobilisierung

Die Immobilisierung der Halswirbelsäule wird insbesondere bei Patienten, die ein Polytrauma erlitten haben, als Standardmaßnahme erachtet. Bei der älteren Population sollte diese Maßnahme nicht nur im Rahmen eines Traumas, sondern auch bei akuten medizinischen Problemen, die ein Atemwegsmanagement erfordern, angewendet werden. Bei einer degenerativen Arthritis der Halswirbelsäule können sich Rückenmarkverletzungen im Halsbereich schon durch äußere Manipulationen am Hals ereignen, auch ohne Verletzungen der knöchernen Strukturen. Ein weiterer Aspekt einer unsachgemäßen Bewegung der Halswirbelsäule ist die Möglichkeit der Unterbindung des arteriellen Flusses, was zu Bewusstlosigkeit oder zum Hirninfarkt führen kann.

Eine Zervikalstütze sollte die Atemwege oder den arteriellen Fluss der Karotiden auch bei einer schweren Kyphose nicht beeinträchtigen. Weniger verbreitete Mittel zur Immobilisierung sind zusammengerollte Handtücher oder ein soge-

nannter Headblock. Wenn Zervikalstützen ungeeignet sind, ist ihr Einsatz zu erwägen.

Eine Polsterung unter dem Kopf und zwischen den Schultern ist nötig, wenn Sie einen älteren Patienten in Rückenlage immobilisieren. Die Fixierung auf einem Rettungsbrett erfordert unter Umständen eine zusätzliche Polsterung, da ältere Patienten weniger Unterhautfettgewebe haben und gebrechlich sind. Achten Sie auf Druckpunkte und polstern Sie diese adäquat. Vergessen Sie während der Fixierung auf dem Rettungsbrett nicht, dass die älteren Patienten ihre Beine und Knie oft nicht mehr ganz strecken können. Unterlegen Sie in einem solchen Fall polsterndes Material, um Komfort und Sicherheit für Ihren Patienten zu erhöhen.²⁹

Temperaturkontrolle

Überwachen Sie einen älteren Patienten während Behandlung und Transport engmaschig hinsichtlich Hypo- oder Hyperthermie. Obwohl es angemessen ist, einen Patienten zur Untersuchung zu entkleiden, sind ältere Leute sehr anfällig gegenüber Unterkühlung. Durch die Wirkungen vieler Medikamente können manche Patienten andererseits zu Hyperthermie neigen; daher können auch kühlende Maßnahmen notwendig werden. Eine verzögerte oder lange dauernde Rettung bei extremen Temperaturen stellt für ältere Patienten ein großes Risiko dar und sollte deshalb schnell angegangen werden. Eine künstliche Kühlung oder Erwärmung des älteren Traumapatienten sollte unter Vermeidung thermischer Verletzungen im Bereich der Anwendung stattfinden. Denken Sie dabei an die veränderte Struktur der älteren Haut.

10.2.4 Misshandlung und Vernachlässigung

Misshandlung älterer Menschen ist definiert als jede Handlung eines Angehörigen, einer Person, die täglich Kontakt zum Haushalt (Haushälterin, Servicekraft) hat oder von der die ältere Person im Rahmen der Versorgung mit Essen, Kleidung oder Obdach abhängig ist, oder einer professionellen Pflegekraft, die sich emotional, finanziell oder physisch gegen den älteren Menschen richtet.

Meldungen und Beschwerden über Misshandlung und Vernachlässigung älterer Menschen nehmen zu. Das exakte Ausmaß ist aus folgenden Gründen nicht bekannt:

- Misshandlung älterer Menschen ist lange tabuisiert worden.
- Misshandlung und Vernachlässigung von Älteren wird unterschiedlich definiert.
- Die Älteren haben Angst, das Problem den Behörden anzuzeigen. Das Opfer schämt sich unter Umständen oder hat Schuldgefühle, weil es den Täter selbst erzogen hat. Die Patienten befürchten eventuell Vergeltungsmaßnahmen.
- Mancherorts sind keine geeigneten Meldestellen oder -systeme vorhanden.

Die physischen und emotionalen Zeichen der Misshandlung, wie Vergewaltigung, Schläge, Mangelernährung oder Nahrungsentzug, werden oftmals übersehen oder falsch interpretiert. Vor allem ältere Frauen verschweigen Vorfälle von sexuellem Missbrauch. Veränderungen des mentalen Status oder der Einfluss von Medikamenten (z. B. drogeninduzierte Depression) verhindern unter Umständen eine Meldung durch das Opfer selbst.

Profil eines Misshandlungsopfers

Folgende Eigenschaften des Opfers begünstigen Misshandlungen:

- Alter über 65 Jahre, bei Frauen insbesondere über 75 Jahre
- Gebrechlichkeit, Schwäche
- multiple chronische medizinische Probleme
- Demenz
- gestörter Schlafzyklus, Schlafwandler, lautes Schreien in der Nacht
- Urin- oder Stuhlinkontinenz
- Abhängigkeit von anderen im Rahmen alltäglicher Aktivitäten oder Unfähigkeit, selbstständig zu leben.

Profil eines Misshandelnden

Da viele ältere Leute, vor allem Frauen über 75 Jahre, in einem familiären Umfeld leben, können in diesem Milieu Hinweise gefunden werden. Der Misshandelnde ist häufig der Ehepartner des Patienten oder die Schwiegertochter im mittleren Lebensalter, die sich bereits um ihre eigenen Kinder kümmern muss und gegebenenfalls noch einen Beruf ausübt. Diese Personen sind in der jeweiligen Pflege meistens ungeschult und haben durch die familiäre Belastung nur wenig freie Zeit.

Misshandlung ist nicht auf das Zuhause beschränkt. Andere Umgebungen wie Pflegeheime, Kurhäuser und Altersheime sind Zentren, in denen die Patienten physische, chemische oder pharmakologische Gewalt erleiden können. Pflegende in solchen Einrichtungen betrachten die Patienten unter Umständen nur als Ursache von Managementproblemen oder kategorisieren sie als stur oder unerwünscht. Das gängige Profil des Missbrauchenden weist folgende Eigenschaften auf:

- Vorhandensein eines Konflikts im Haushalt
- Erschöpfungszustand
- Arbeitslosigkeit
- finanzielle Schwierigkeiten
- Drogen- oder Medikamentenmissbrauch
- Opfer früherer Misshandlung.

Kategorien von Misshandlung

Misshandlungen können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- **Körperliche Misshandlung** beinhaltet Gewalt, Vernachlässigung, Mangelernährung, Vernachlässigung des Haushalts,



Abb. 10.10 Ein 70-jähriger Mann wurde aus dem Altenheim von der Polizei in die Notaufnahme gebracht, nachdem seine Tochter mehrere Verletzungen bei ihm fand. Er hatte verschiedene alte Blutergüsse an Brust und Armen. Die zentrale und beidseitige Lage sowie die unterschiedlichen Farben der Blutergüsse sprechen für körperliche Misshandlungen. (von Marx J.: Rosen's Emergency Medicine, ed 7, St. Louis, 2010, Mosby. Mit freundlicher Genehmigung von Dr. D. C. Schneider)

mangelnde Pflege bis hin zur Verwahrlosung. Zeichen von körperlicher Misshandlung können offensichtlich oder subtil sein. Sie sind denen der Kindesmisshandlung gleichzusetzen (➤ Abb. 10.10).

- **Psychologische Misshandlung** kann eine Form von Vernachlässigung, verbaler Misshandlung, Infantilisierung oder sensorischer Deprivation (Mangel an Außenreizen) sein.
- **Finanzielle Misshandlung** (Ausbeutung) kann sich in Form von Diebstahl, Veruntreuung oder Unterschlagung äußern.
- sexuelle Übergriffe und/oder Missbrauch
- Selbstmisshandlung.

Wichtige Punkte

Viele misshandelte Patienten werden dazu gezwungen, falsche Aussagen zu machen, weil ihnen ansonsten Vergeltungsmaßnahmen drohen. Wenn die Opfer von Familienangehörigen misshandelt werden, befürchten die Patienten oft, die familiäre Umgebung verlassen zu müssen, und lügen deshalb eher. In anderen Fällen verhindern sensorische Deprivation oder Demenz die genaue Erfassung der Misshandlung. Als professioneller Helfer müssen Sie auf Zeichen von Misshandlung achten, diese identifizieren und melden (➤ Kasten 10.3). Denken Sie daran, dass Sie damit weitere Traumatisierungen verhindern können.

10.3 Meldung von Misshandlungen und Vernachlässigung

In einigen US-Bundesstaaten ist das Einsatzpersonal gesetzlich verpflichtet, den Verdacht auf Misshandlung, Vernachlässigung oder Ausbeutung von älteren Personen (oder Erwachsenen) zu dokumentieren und zu melden. Das Einsatz- und Rettungsfachpersonal in

Deutschland ist dazu nicht verpflichtet; es besteht auch keine gesetzliche Verpflichtung des Arztes bei Verdacht auf Misshandlung, dies den Behörden zu melden (im Gegensatz zum pädiatrischen Bereich). Es liegen in Deutschland keine rechtlichen Regelungen vor.

- **Misshandlung** ist das absichtliche Zufügen von Schmerzen und psychischen Qualen, unverhältnismäßige Einschränkung und der sexuelle Kontakt ohne Einverständnis.
- **Vernachlässigung** schließt die Wohnumstände mit ein, in denen Betroffene nicht die notwendige Pflege erhalten können. Die Verantwortlichen enthalten dem Älteren die Betreuung vor, die dieser für seine soziale, geistige und körperliche Gesundheit benötigt.
- **Ausbeutung** ist die unrechtmäßige Nutzung von Ressourcen zum eigenen Vorteil.

In den letzten Jahren wird Misshandlung von Älteren immer häufiger festgestellt. Junge Erwachsene mit körperlichen und/oder geistigen Behinderungen sind in gleichem Maße gefährdet.

Die Zeichen der Misshandlung oder Vernachlässigung sind: unerklärliche Verletzungen, widersprüchliche Aussagen zum Verletzungsergang, ein Betreuer, der den Betroffenen an der Kommunikation mit anderen hindert, Dehydratation oder Mangelernährung, Depressionen, Mangel an medizinischer Versorgung, mangelhafte persönliche Hygiene, ungepflegte Wohnsituation, mangelhafte Heizung oder Belüftung der Räume.

Die zur Meldung verpflichteten Angehörigen des Einsatz- und Rettungsdienstes sollten ihren Verdacht oder die Feststellung einer Misshandlung den zuständigen Sozialämtern umgehend melden, statt sich auf das Krankenhauspersonal zu verlassen. (Bitte beachten Sie dabei örtliche Regelungen.) Sollte sich die betroffene Person in unmittelbarer Lebensgefahr befinden oder liegt ein sexueller Übergriff vor, so ist umgehend die Polizei hinzuzuziehen. Dasselbe gilt, wenn die Person aufgrund von Misshandlung oder Vernachlässigung zu Tode gekommen ist.

Ein First Responder oder ein Rettungsdienstmitarbeiter, der eine solche Meldung unterlässt, ist mit verantwortlich für alle Folgen, die sich daraus ergeben. Im deutschsprachigen Raum empfiehlt sich daher immer eine Weitergabe der an der Einsatzstelle gesammelten Informationen an den behandelnden Arzt. Selbigem ist zu empfehlen, die zuständigen Behörden einzuschalten. Die Weitergabe dieser Informationen ist durch die medizinische Schweigepflicht geschützt, da sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Behandlung des Betroffenen stehen. Selbstverständlich sollten alle Beobachtungen und Informationen entsprechend dokumentiert werden. Jeder Mitarbeiter des Rettungsdienstes sollte stets über die rechtlichen Grundlagen seiner Arbeit umfassend informiert sein.

10.2.5 Zielklinik

Eine große präklinische Herausforderung ist die Entscheidung, welcher Patient am meisten von der spezialisierten Behandlung in einem Traumazentrum profitieren könnte. Wie weiter oben diskutiert, sind die Triage-Kriterien bei den älteren Patienten wegen physiologischer und pharmakologischer Auswirkungen weniger zuverlässig. Die aktuellen Empfehlungen besagen, dass ältere Patienten großzügig in spezialisierte Krankenhäuser transportiert werden sollten.³⁰ Eine zu geringe Zahl älterer Traumapatienten wird durch geeignete Fachkliniken versorgt. Die Mortalität älterer Traumapatienten kann durch die Versorgung in einem geriatrischen Traumazentrum reduziert werden.

10.2.6 Lange Transportwege

Der Schwerpunkt der Versorgung von älteren Traumapatienten folgt den allgemeinen Richtlinien der präklinischen Versorgung von Verletzten. Allerdings existieren einige Besonderheiten bei langen Transportwegen. Diese Punkte zu bedenken, ist im Rahmen der Triage von weniger schwer Verletzten wichtig, um zu entscheiden, ob sie direkt in ein Traumazentrum transportiert werden sollen.

Die Vitalfunktionen müssen nach der Therapie eines Schocks während des Transports regelmäßig überwacht werden.

Die Immobilisierung auf einem Rettungsbrett kann Druckstellen mit den entsprechenden Komplikationen zur Folge haben. Die dünne Haut und die schlechtere vaskuläre Versorgung führen schneller als erwartet zu Druckstellen. Achten Sie deshalb, vor allem bei längeren Transporten, auf eine gute Polsterung. Einsatz- und Rettungsdienste mit längeren Transportwegen sollten daher ein spezielles Rettungsbrett vorhalten, das nur geringen Druck auf den Patienten ausübt und somit Druckstellen vermeidet.

Die Kontrolle der Temperatur ist bei älteren Patienten vor allem auf längeren Transporten zu beachten. Eine begrenzte Entkleidung des Patienten und ein angenehmes Fahrzeugklima vermeiden eine Hypothermie. Ein hypothermer Patient zittert und stellt auf anaeroben Metabolismus um. Dies führt zu einer Laktatazidose und verschlimmert den Schock. Beachten Sie daher immer den Wärmehaushalt des Patienten und vermeiden Sie Hypo- oder Hyperthermien.

Zusammenfassung

- Ältere Menschen leben heute gesünder, aktiver und länger als je zuvor. Deshalb ist das Trauma zu einem signifikanten Grund für Morbidität und Mortalität im Alter geworden. Die Älteren stellen eine spezielle Gruppe von Traumatisierten dar.
- Die allgemeinen Standards der Traumaversorgung bleiben bei ihnen unverändert, nur einzelne Versorgungsansätze weichen ab.
- Die mit Alter, chronischen Erkrankungen und Medikamenten verbundenen anatomischen und physiologischen Veränderungen machen gewisse Traumata wahrscheinlicher und erzeugen kompliziertere traumatische Verletzun-

gen. Auch die Möglichkeit der Schockkompensation ist eingeschränkt. Ältere Patienten haben geringere physiologische Reserven und kompensieren äußere Einwirkungen schlechter als junge.

- Das Wissen um die Patientenvorgeschichte und die aktuelle Medikation ist ein wichtiger Bestandteil der Traumaversorgung älterer Menschen.
- Frühe Zeichen der Verschlechterung können bei älteren Menschen durch viele Faktoren maskiert werden, daher steigt die Wahrscheinlichkeit einer raschen Dekompensation ohne Vorwarnung.

- Sogar einfache, isolierte Traumata können zu akuten systemischen Verschlechterungen und lebensbedrohlichen Zuständen führen.
- Ein niedriger Schwellenwert bei der Triage im Schockraum ist ebenfalls wichtig.

- Bei älteren Traumapatienten können mehr schwere Verletzungen vorliegen, als man in der ersten Untersuchung feststellt. Verletzungen und Zustände haben einen profunderen Effekt als bei jungen Patienten. Im Wissen um diese Besonderheiten ist der First Responder vorgewarnt und kann ältere Traumapatienten vorausschauend versorgen.

Lösung Fallbeispiel 2

Beim Umgang mit einem älteren Traumapatienten ist es schwer, eine direkte Aussage zu treffen, ob das Trauma die initiale Ursache ist oder z. B. ein Schlaganfall, ein Myokardinfarkt oder eine Synkope verantwortlich für das Trauma ist. Grundsätzlich sollten Sie eine medizinische Ursache für das Trauma nie ausschließen.

Die Ersteinschätzung zeigt, dass der Patient freie Atemwege und eine Atemfrequenz von 16/min hat. Es gibt keine großen sichtbaren Blutungen und die Blutung aus der Stirn-

platzwunde kann mit Druck gestillt werden. Seine Herzfrequenz beträgt 84 Schläge/min. Sie fixieren den Patienten auf einem Rettungsbrett mit angemessener Polsterung. Weil der Patient bekannter Diabetiker ist, machen Sie einen Blutzuckertest, um festzustellen, ob dies die Ursache für seine Bewusstseinsstörung ist. Angesichts seines Alters, der Kopfverletzungen und der Sturzhöhe transportieren Sie den Patienten in ein Traumazentrum.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Centers for Disease Control and Prevention National Center for Injury Prevention and Control: WISQARS leading causes of nonfatal injuries reports, 2005. Atlanta, CDC. Quelle: <http://wepappa.cdc.gov/sasweb/ncipc/nfilead2001.html>. Letzter Zugriff 10.2. 2009.
2. Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, et al.: Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: A controlled clinical trial. *JAMA* 283(6):783, 2000.
3. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, et al.: Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 4. Resuscitation of blood pressure and oxygenation and prehospital brain-specific therapies for the severe pediatric traumatic brain injury patient. *Pediatr Crit Care Med* 4(3 suppl):S12, 2003.
4. Manley G, Knudson MM, Morabito D, et al.: Hypotension, hypoxia, and head injury: Frequency, duration, and consequences. *Arch Surg* 136(10):1118, 2001.
5. Centers for Disease Control and Prevention, National Vital Statistics System: Deaths: Final data for 1997. *MMWR* 47(19):1, 1999.
6. Heins M: The "battered child" revisited. *JAMA* 251:3295, 1984.
7. Weimer CL, Goldfarb IW, Slater H: Multidisciplinary approach to working with burn victims of child abuse. *J Burn Care Rehabil* 9:79, 1988.
8. Feldman KW, Schaller RT, Feldman JA, McMillon M: Tap water scald burns in children. *Pediatrics* 62:1, 1978.
9. Montrey JS, Barcia PJ: Nonaccidental burns in child abuse. *South Med J* 78:1324, 1985.
10. Larson JT, Dietrich AM, Abdessalam SF, Werman HA: Effective use of the air ambulance for pediatric trauma. *J Trauma Injury Infect Crit Care* 56(1):89, 2004.
11. Eckstein M, Jantos T, Kelly N, Cardillo A: Helicopter transport of pediatric trauma patients in an urban emergency medical services system: A critical analysis. *J Trauma Injury Infect Crit Care* 53(2):340, 2002.
12. www.census.gov/Press-Release/www/releases/archives/population/013733.html. Letzter Zugriff: 10.8.2009.
13. Scrommegna P: US growing bigger, older, and more diverse. Population Reference Bureau, 2005. Quelle: www.prb.org.
14. Champion H et al.: The Major Trauma Outcome Study: Establishing national norms for trauma care. *J Trauma* 30(11):1356, 1990.
15. Weigelt J: Trauma. Advanced trauma life support for doctors. In Advanced trauma life support, ed 6, Chicago, 1997, ACS.
16. Jacobs D: Special considerations in geriatric injury. *Curr Opin Crit Care* 9(6):535, 2003.
17. Milzman DP, Boulanger BR, Rodriguez A, et al.: Preexisting disease in trauma patients: a predictor of fate independent of age and injury severity score. *J Trauma* 32:236, 1992.
18. Smith T: Respiratory system: Aging, adversity, and anesthesia. In McCleskey CH, editor: Geriatric anesthesiology, Baltimore, 1997, Williams & Wilkins.
19. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics: Stroke and cerebrovascular diseases, Hyattsville, MD, 2005, National Center for Health Statistics. Quelle: www.cdc.gov/nchs.
20. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics: Hypertension, Hyattsville, MD, 2005, National Center for Health Statistics. Quelle: www.cdc.gov/nchs.
21. Carey J: Brain facts: A primer on the brain and nervous system, Washington, DC, 2002, Society for Neuroscience. Quelle: www.sfn.org.
22. National Institutes of Health, National Eye Institute: Cataract: what you should know, Bethesda, MD, 2005, National Eye Institute. Quelle: www.nei.nih.gov/health/cataract/cataract_facts.asp.
23. Blackmore C: Cervical spine injury in patients 65 years old and older: Epidemiologic analysis regarding the effects of age and injury mechanism on distribution, type, and stability of injuries. *Am J Roentgenol* 178:573, 2002.
24. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics: Older adult drivers: Fact sheet, 2005. Hyattsville, MD, National Center for Health Statistics. Quelle: www.cdc.gov/nchs.
25. U.S. Administration on Aging, National Center on Elder Abuse, 2005. Quelle: www.elderabusecenter.org/.
26. U.S. Administration on Aging: Elder rights and resources, Washington, DC, AOA. Quelle: www.aoa.gov/eldfam/Elder_Rights/Elder_Rights.asp.
27. Vial of life, 2005. Quelle: www.vialoflife.com/index_old.html.
28. Heffner J, Reynolds S: Airway management of the critically ill patient. *Chest* 127:1397, 2005.
29. American Geriatric Society: Geriatric education for emergency medical services (GEMS), Sudbury, MA, 2003, Jones & Bartlett.
30. Eastern Association for the Surgery of Trauma: Guidelines for geriatric trauma. In Practice management guidelines. Quelle: www.east.org/tpp/geriatric.pdf.

KAPITEL

11 Katastrophenmanagement und Massenvernichtungswaffen

| | |
|---|-----|
| 11.1 Katastrophenmanagement | 297 |
| 11.1.1 Der Katastrophenzyklus | 297 |
| 11.1.2 Bewältigung von Katastrophen und Großschadensereignissen | 299 |
| 11.1.3 Katastrophenschutz in Deutschland | 300 |
| 11.1.4 Medizinisches Vorgehen im Katastrophenfall | 302 |
| 11.1.5 Psychologisches Krisenmanagement | 307 |
| 11.1.6 Aus- und Weiterbildung im Katastrophenschutz | 309 |
| 11.1.7 Problemfelder im Katastrophenschutz | 309 |
| 11.2 Massenvernichtungswaffen – CBRN(E) | 312 |
| 11.2.1 Allgemeine Überlegungen | 313 |
| 11.2.2 Spezifische Gefahren | 317 |

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die Phasen des Katastrophenzyklus zu beschreiben,
- häufige Fallstricke des Katastrophenmanagements zu diskutieren,
- Faktoren aufzulisten, welche die medizinische Versorgung im Katastrophenfall beeinträchtigen,
- abzuschätzen, in welchem Maße die Arbeit im Katastrophenschutz die psychische Integrität der Rettungsdienstmitarbeiter beeinflussen kann.
- die grundsätzlichen Überlegungen hinsichtlich der Schadensminimierung nach einem Einsatz von Massenvernichtungswaffen nachzuvollziehen:
 - Lagebeurteilung
 - Etablieren einer Führungsstruktur nach einem Anschlag bzw. Unfall

- persönliche Schutzausstattung
- Triage
- Prinzipien der Dekontamination
- Verletzungsmechanismen, Lagebeurteilung und -bewältigung sowie Erwägungen hinsichtlich des Transports bezogen auf die spezifischen Kategorien der verschiedenen Massenvernichtungswaffen zu verstehen:
 - Explosivstoffe
 - Brandsätze
 - chemische Kampfmittel (und Gefahrstoffe)
 - biologische Waffen (und Gefahren durch Erreger übertragbarer Krankheiten)
 - nukleare oder radiologische Kampfstoffe (und Gefahren)
- Kenntnis weiterer Informationsmöglichkeiten über CBRN(E)-Waffen zu haben.

Fallbeispiel 1

Sie werden alarmiert, um sich ein Bild von der Explosion eines Mehrfamilienhauses zu machen. Die Leitstelle gibt an, der örtliche Gasanbieter sei über den Geruch von ausströmendem Gas unterrichtet worden, doch bevor jemand an dem Objekt angekommen sei, habe sich eine Explosion ereignet. Die Wucht der Explosion war gewaltig. Das Mehrfamilienhaus wurde schwer beschädigt, zurück blieb ein riesiger Krater mit teilweisem Einsturz des Gebäudes. Die Detonation war noch mehrere Straßenzüge entfernt zu spüren.

Welche Überlegungen hinsichtlich der Sicherheit sollten die zuerst an der Einsatzstelle eintreffenden Einsatzkräfte anstellen? Welches Triage-System sollte genutzt werden? Wer sollte als Einsatzleiter bestimmt werden? Welches Maß an persönlicher Sicherheit sollten die zuerst eintreffenden Einsatzkräfte beachten? Welche wichtigen Anforderungen sollte die Verletzenablage bzw. die Verletzten sammelstelle erfüllen?

Anders als bei einem Traumapatienten, der eine definierte Zeitspanne der Diagnostik, Behandlung und Genesung in Anspruch nimmt, ist die Reaktion auf eine Katastrophe und die Wiederherstellung nach einer Katastrophe langwierig, umfasst

viele verschiedene Behörden und schließt neben medizinischen und psychologischen Belangen auch Fragen des Wiederaufbaus des öffentlichen Gesundheitssystems, der physischen Sicherheit, soziologischer Ressourcen und der Infrastruktur ein.

Bei einem **Massenanfall von Verletzten oder Erkrankten (MANV)** überfordert die Zahl der Patienten die zur Verfügung stehenden Einsatzkräfte und die medizinischen Ressourcen des betroffenen Gemeinwesens. Neben der Zahl der Opfer sind Art und Schweregrad der Verletzungen wichtige Faktoren, ob Ressourcen und Hilfen von außerhalb der betroffenen kommunalen Strukturen benötigt werden. Die deutsche Norm DIN 13050 (Begriffe im Rettungsdienst) definiert den Massenanfall von Verletzten oder Erkrankten (MANV) als „einen Notfall mit einer größeren Anzahl von Verletzten oder Erkrankten sowie anderen Geschädigten oder Betroffenen, der mit der vorhandenen und einsetzbaren Vorhaltung des Rettungsdienstes aus dem Rettungsdienstbereich versorgt werden kann.“

In Deutschland ist eine entsprechende MANV-Stufeneinteilung der „Planungsplattform des Deutschen Städtetages“ geläufig.⁵⁷ Die MANV-Stufe 1 kann mit eigenen Verstärkungskräften (z. B. Schnelleinsatzgruppen) und Hilfe aus benachbarten Rettungsdienstbereichen abgearbeitet werden. Als Anzahl der Betroffenen werden dabei 5 bis 50 Personen angenommen. Typische Beispiele sind Verkehrsunfälle mit Reisebussen oder Brände in Wohnanlagen.

Bei der MANV-Stufe 2 sind überregionale Ressourcen notwendig, die weit über die übliche nachbarschaftliche Hilfe hinausgehen. Die Betroffenenanzahl wird hierbei auf ca. 50 bis 500 Personen geschätzt. Klassische Beispiele dafür sind Eisenbahnunglücke, zum Beispiel das ICE-Unglück von Eschede (1998) oder das Zugunglück von Brühl (2000). Die MANV-Stufe 3 erfordert bereits länderübergreifende und internationale Hilfe. Dies wird bei einer Betroffenenanzahl von mehr als 500 Personen angenommen. Ein Beispiel für ein Großschadensereignis dieser Größenordnung war die Flugzeugkatastrophe während einer militärischen Flugschau in Ramstein 1988. Die höchste MANV-Stufe 4 ist gekennzeichnet durch eine zerstörte Infrastruktur, die trotz massiver externer Hilfe die Bewältigung des Ereignisses erheblich erschwert. Prägende Ereignisse für den Katastrophenschutz waren in diesem Zusammenhang die Hamburger Sturmflut von 1962 und das Elbehochwasser 2002.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert eine **Katastrophe** als ein plötzliches Umweltphänomen von so großem Ausmaß, dass externe Hilfe notwendig ist. Aus medizinischer Sicht könnte ergänzt werden, dass eine Katastrophe ein Ereignis darstellt, bei dem in einer bestimmten Zeit eine derart große Zahl von Patienten anfällt, dass diese von den zur Verfügung stehenden Helfern nicht ohne externe Hilfe versorgt werden können.

Diese Definition einer Katastrophe beinhaltet zwei Kernaussagen:

1. Eine Katastrophe ist unabhängig von einer bestimmten Zahl von Verletzten.
2. Das Ausmaß des Schadensereignisses übersteigt die verfügbaren medizinischen Ressourcen.

In der deutschen Norm DIN 13050 (Begriffe im Rettungsdienst) wird die Katastrophe charakterisiert als „ein Schadensereignis mit einer Zerstörung der örtlichen Infrastruktur,

das mit den Mitteln und Einsatzstrukturen des Rettungsdienstes alleine nicht bewältigt werden kann.“ Das Ausrufen einer Katastrophe obliegt den Verwaltungsstrukturen des Landkreises oder der kreisfreien Stadt. Katastrophen können auch ausgerufen werden, ohne dass primär eine Vielzahl Verletzter oder Erkrankter vorliegt, wenn beispielsweise die Infrastruktur einer Region zerstört ist (z. B. durch Hochwasser).

Häufig wird angenommen, dass Katastrophen keinen Regeln folgen, da niemand die Zeit, den Ort oder den Umfang der nächsten Katastrophe voraussagen kann. Lange Zeit wurde davon ausgegangen, dass alle Katastrophen unterschiedlich ablaufen, besonders Katastrophen durch Terroranschläge. Ungeachtet dessen scheinen alle Katastrophen, unabhängig von ihrem Auslöser, ähnliche Auswirkungen auf die medizinische Versorgung und das öffentliche Gesundheitssystem zu haben. Die Katastrophen unterscheiden sich im Grad, in dem diese Auswirkungen auftreten, und im Grad, in dem die Infrastruktur des öffentlichen Gesundheitswesens am Ort der Katastrophe beeinträchtigt wird.

Während die Individualmedizin stets das Ziel hat, die bestmögliche Versorgung für jeden einzelnen Patienten zu gewährleisten, besteht das Schlüsselprinzip der Katastrophenmedizin darin, die beste Versorgung für eine möglichst große Zahl von Patienten zu erreichen.

Das Spektrum der möglichen Bedrohungen umfasst Naturkatastrophen ebenso wie durch Menschen verursachte Katastrophen und Terroranschläge. Von all diesen Szenarien stellen Katastrophen durch Massenvernichtungswaffen die größte Herausforderung dar, da sie eine riesige Zahl von Opfern hervorrufen und die Umwelt erheblich verseuchen können.

Weltweit etabliert sich ein einheitlicher Zugang zu Katastrophen, der auf den Erkenntnissen ihrer Gemeinsamkeiten und der beim Katastrophenmanagement erforderlichen Fachkenntnisse basiert. Diese Strategie wird „Mass-Casualty Incident (MCI) Response“ genannt. Das medizinische Vorgehen im Katastrophenfall kann und soll aufgrund der typischen Eigenheiten und Kennzeichen von Katastrophen geübt werden. Ziel ist es, die Morbidität und Mortalität im Rahmen einer Katastrophe zu senken (> Abb. 11.1).



Abb. 11.1 Massenanfall von Verletzten am Ground Zero, World Trade Center, New York, 2001

11.1 Katastrophenmanagement

11.1.1 Der Katastrophenzyklus

Noji und Kollegen definierten ein theoretisches Konstrukt, anhand dessen die Abfolge der Ereignisse in einer Katastrophe in Phasen eingeteilt und analysiert wird.¹ Dadurch bietet sich die Möglichkeit, Zusammenhänge im Prozess katastrophaler Ereignisse zu verstehen und eine adäquate Antwort auf eine Katastrophe zu entwickeln.^{2,3} Die folgenden fünf Phasen werden darin unterschieden:

1. Die **Ruhephase** (interdisaster period) ist die Zeit, in der Risikoanalysen durchgeführt und Katastrophenpläne für wahrscheinliche Szenarien entwickelt, erprobt und implementiert werden sollten.
 2. Die nächste Phase ist die **Vorwarnphase** (prodrome phase). Sie beschreibt den Zeitpunkt, in dem ein unvermeidbares Ereignis erkannt worden ist. Dies kann eine Unwetterwarnung (z. B. das drohende Auftreten eines Wirbelsturms) oder die Aufdeckung feindlicher oder potenziell gewaltsamer Situationen sein. In dieser Phase können Maßnahmen getroffen werden, um das Ausmaß der darauf folgenden Ereignisse abzuschwächen. Die Abwehrmaßnahmen bestehen z. B. in besonderen baulichen Vorbereitungen (Verstärken von Fenstern und Türen, Ausbessern von Staudämmen), der Aktivierung von Evakuierungsplänen und der Mobilisierung von Ressourcen des öffentlichen Gesundheitswesens.
 3. Die dritte Phase ist die **Aufprall- oder Eintrittsphase** (impact phase), in der das Ereignis geschieht. Während dieser Phase kann oft nur wenig unternommen werden, um die Auswirkungen der Ereignisse zu beeinflussen.
 4. Die vierte Phase ist die **Rettungsphase** (rescue phase), die Zeit unmittelbar nach dem Ereignis, in der durch adäquate Maßnahmen und Interventionen Leben gerettet werden können. Die Fähigkeiten der Ersthelfer, der Rettungsmannschaften und der unterstützenden medizinischen Dienste werden eingesetzt, um die Zahl der Überlebenden zu erhöhen.
 5. Die fünfte Phase ist die **Erholungs- oder Wiederaufbauphase** (recovery phase). Während dieser Phase ist die Gemeinschaft gefordert, durch koordinierte Maßnahmen (öffentliches Gesundheitswesen, Infrastruktur, Politik) den Wiederaufbau zu gestalten. Diese Phase ist bei Weitem die längste, es kann Monate und manchmal sogar Jahre dauern, bis sich die betroffene Gemeinschaft vollständig von den Ereignissen erholt hat.
- Den Zyklus einer Katastrophe (► Abb. 11.2) zu verstehen, erlaubt es dem First Responder, die Vorbereitungen abzuschätzen, die in Annahme der wahrscheinlichsten Gefahren und Ereignisse getroffen wurden. Nachdem eine Katastrophe oder ein Großschadensereignis stattgefunden hat, kann eine kritische Analyse der eigenen und der externen Verantwortlichkeiten erfolgen, um die Effizienz des Krisenmanagements zu bestimmen und Bereiche zu identifizieren, auf denen man sich in Zukunft verbessern kann. Die Grundprinzipien dieses Konzepts treffen auf alle Katastrophen zu, unabhängig von ihrer Größe.

Die Dauer der einzelnen Phasen dieses Katastrophenzyklus ist unterschiedlich lang und hängt davon ab, wie häufig diese Ereignisse in einer bestimmten Gegend vorkommen, um welche Art von Schadensereignis es sich handelt und wie die Region auf dieses Schadensereignis vorbereitet war. Die Ruhephase zwischen zwei Katastrophen kann zum Beispiel in manchen Gegenden extrem lange andauern, während in anderen Gegenden nur Monate bis zur nächsten Katastrophe vergehen. Die südöstlichen Staaten der USA bereiten sich jedes Jahr auf Hurrikans vor mit einer Ruhephase von ungefähr 6–8 Monaten. Im Gegensatz dazu sind Hurrikans in den Staaten an der Ostküste der USA (New England) eine Seltenheit, die Ruhephase bis zum Auftreten eines Hurrikans beträgt hier Jahre. Während die Bewältigung einer Explosion in einer Raffinerie einige Tage in Anspruch nimmt, kann die Bewältigung einer Flutkatastrophe mehrere Wochen bis Monate dauern.

Umfassendes Notfall- und Gefahrenmanagement

Das Wissen über die Entstehung und den Zyklus einer Katastrophe kann genutzt werden, um die nötigen Schritte zum Krisenmanagement zu implementieren (► Kasten 11.1). Dies kann durch einen Prozess erreicht werden, den man als Umfassendes Notfall- und Gefahrenmanagement (Comprehensive Emergency Management) bezeichnet. Es besteht aus vier Komponenten: Schadensbegrenzung, vorbeugende Katastrophenplanung, akute Katastrophenhilfe und Wiederaufbau.

Schadensbegrenzung Dieses Element findet während der Ruhephase (interdisaster period) statt. Potenzielle Gefahren oder wahrscheinliche Ursachen von Großschadensereignissen werden identifiziert und analysiert. Schließlich werden Maßnahmen getroffen, die im Falle eines unvorhersehbaren Ereig-

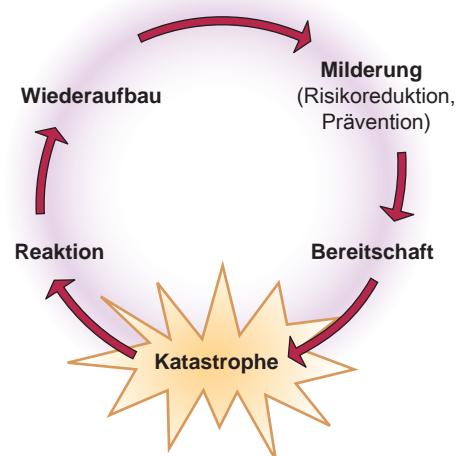


Abb. 11.2 Der Katastrophenzyklus: Die Ruhephase wird durch die Pfeile für Schadensbegrenzung und vorbeugende Katastrophenplanung repräsentiert. Die Vorwarnphase liegt direkt vor dem Eintreten des Ereignisses. Diesem folgen die Rettungs- und die Wiederaufbauphase.

nisses verhindern sollen, dass aus diesen Gefahren ein tatsächliches Großschadensereignis entsteht, und die den daraus resultierenden Schaden vermindern.

Vorbeugende Katastrophenplanung Durch diese Maßnahmen sollen vor Auftreten einer Katastrophe oder eines Großschadensereignisses spezielles Material, Ausrüstung und Personal identifiziert werden, das zur Krisenbewältigung notwendig ist. Die Katastrophenschutzbehörden haben Katastrophenschutzpläne zu erstellen und fortzuschreiben, in denen vor allem das Alarmierungsverfahren, die Vorbereitungsmaßnahmen und alle für die Katastrophenhilfe in Betracht kommenden Behörden, Organisationen und Einrichtungen auszuweisen sind.

Akute Katastrophenhilfe In dieser Phase werden sämtliche Kräfte aktiviert und zum Einsatz gebracht, die in der Phase der vorbeugenden Katastrophenplanung identifiziert worden sind, um das stattgehabte Schadensereignis zu bewältigen.

Wiederaufbau Die Komponente des Wiederaufbaus beschäftigt sich mit allen Maßnahmen, die zur Wiederherstellung des Gemeinwesens erforderlich sind.

11.1 Notfallplanung und Notfallvorsorge

Für den Fall außergewöhnlicher Gefahren- und Schadenslagen müssen in Deutschland neben regionalen und landesweiten auch nationale Risikoanalysen durchgeführt werden. Hierzu sollen für Deutschland standardisierte und EDV-gestützte Routinen entwickelt werden, die zuverlässig und schnell angewendet werden können und eine kontinuierliche Aktualisierung der Gesamtlage sicherstellen. Die flächendeckende nationale Vorsorgeplanung soll dadurch wesentlich verbessert werden.

In diesem Bereich sind primär folgende Aufgaben zu erfüllen:

- kontinuierliche Evaluierung des integrierten deutschen Bevölkerungsschutzsystems (u.a. Entwicklung eines praxistauglichen Referenzsystems, Entwicklung eines langfristig fortschreibbaren systematischen Ansatzes)
- Erarbeitung und Fortschreibung eines mehrstufigen Planungs-, Schutz- und Versorgungskonzeptes für den Bevölkerungsschutz
- Risikoanalysen (u.a. Zusammenführung regionaler und sektoraler Analysen zu einer bundesweiten Gesamtanalyse, Defizitanalysen, kontinuierliche Aktualisierung)
- Entwicklung von Gefährdungskatastern
- Weiterentwicklung der Zusammenarbeit von Bund, Ländern, Kommunen und privaten Hilfsorganisationen (u.a. Kooperationsmechanismen, Unterstützungsleistungen des Bundes bei Schadenslagen von nationaler Bedeutung)
- kontinuierliche Weiterentwicklung des deutschen Bevölkerungsschutzsystems unter Berücksichtigung der europäischen Integrationsdynamik und der bilateralen Kooperationsansätze vor allem mit den Anrainerstaaten (u.a. konzeptionelle Anpassung = „Systemkonfiguration“, Weiterentwicklung der grenzüberschreitenden Hilfeleistung bei Großschadensfällen, Anpassung der Rechtsgrundlagen)
- Durchführung von Krisenabwehrplanungen
- Entwicklung eines übergeordneten systematischen Ansatzes auf der Grundlage der Evaluierung
- zivile Alarmplanung
- Intensivierung und Weiterentwicklung der zivil-militärischen Zusammenarbeit (ZMZ) unter besonderer Berücksichtigung der Zusammenarbeit mit der Polizei

- Auswertung nationaler und internationaler Großschadensereignisse
- Bearbeitung von Rechtsfragen des Bevölkerungsschutzes
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)
Provinzialstraße 93
53127 Bonn
Telefon: 022899-550-0
Telefax: 022899-550-1620
Email: poststelle@bbk.bund.de

Während dieser Prozess typischerweise für das Katastrophenmanagement gilt, können dieselben Schritte auch für die individuelle Notfallplanung der einzelnen Helfer genutzt werden.

Persönliche Notfallplanung

Genauso wie es für jedes Gemeinwesen und jede Organisation entscheidend ist, eine umfassende Notfall- und Katastrophenplanung vorzunehmen, um die Herausforderungen bei der Bewältigung einer Katastrophe meistern zu können, ist es auch für jeden einzelnen Helfer wichtig, sich mit den unterschiedlichen Problemfeldern auseinanderzusetzen, die eine Katastrophe mit sich bringen kann. Insbesondere Personen, die beruflich im Einsatzdienst arbeiten, sollten sich mit den potenziellen Gefahrenmomenten auskennen, die mit einem Katastrophenschutzeinsatz verbunden sein können, um die notwendigen Maßnahmen ergreifen zu können, sich vor diesen Gefahren zu schützen.

Viele Katastrophen erstrecken sich über einen langen Zeitraum. Die Helfer sollten sich ihrer Rolle und ihrer Verantwortung bewusst sein, welche auch eine längere Abwesenheit von der Familie zur Folge haben kann. Dies bedeutet, dass die Familie im Voraus auf das Verhalten im Katastrophenfall vorzubereiten ist. Auf einen ausreichenden Notvorrat sollte ebenfalls geachtet werden (► Kasten 11.2).

11.2 Für den Notfall vorgesorgt

Lebensmittel und Getränke

Die folgenden Empfehlungen finden Sie auch unter www.ernaehrungsvorsorge.de. Sie entsprechen denen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (www.bmelv.de).

► Tab. 11.1 zeigt ein Beispiel für einen 14-tägigen Grundvorrat für eine Person zusammengestellt. Dieser entspricht ca. 2.200 kcal pro Tag und deckt damit im Regelfall den Gesamtenergiebedarf ab. Ihr persönlicher Lebensmittelvorrat kann sich je nach Vorlieben oder diätetischen Bedürfnissen anders zusammensetzen. Beachten Sie bei Ihrer Planung jedoch auch, dass mit bestimmten Notfallsituationen auch ein Stromausfall verbunden sein kann. Aus diesem Grund berücksichtigt das Beispiel nicht die Möglichkeit tiefgekühlter Vorräte.

Medikamente

Ein Beispiel für den Inhalt einer Hausapotheke zeigt ► Tab. 11.2.

Hygieneartikel

► Tab. 11.3 listet Hygieneartikel auf, die vorrätig sein sollten.

Tab. 11.1 2-Wochen-Vorrat

| Lebensmittelgruppe | Menge | Beispiel | |
|--|--------|--|---------|
| Getreideprodukte Brot Kartoffeln | 4,6 kg | Vollkornbrot | 1.000 g |
| | | Zwieback | 250 g |
| | | Knäckebrot | 1.000 g |
| | | Nudeln | 400 g |
| | | Reis | 250 g |
| | | Hafer-/Getreideflocken | 750 g |
| Gemüse Hülsenfrüchte | 5,6 kg | Kartoffeln | 1.000 g |
| | | Bohnen in Dosen | 800 g |
| | | Erbsen/Möhren in Dosen | 900 g |
| | | Rotkohl in Dosen/Gläsern | 700 g |
| | | Sauerkraut in Dosen | 700 g |
| | | Spargel in Gläsern | 400 g |
| | | Mais in Dosen | 400 g |
| | | Pilze in Dosen | 400 g |
| | | Saure Gurken im Glas | 400 g |
| | | Rote Bete | 400 g |
| Obst | 3,5 kg | Zwiebeln, frisch | 500 g |
| | | Kirschen im Glas | 700 g |
| | | Birnen in Dosen | 250 g |
| | | Aprikosen in Dosen | 250 g |
| | | Mandarinen in Dosen | 350 g |
| | | Ananas in Dosen | 350 g |
| | | Rosinen | 200 g |
| | | Haselnusskerne | 200 g |
| | | Trockenpflaumen | 250 g |
| | | Obst, frisch (Äpfel, Birnen, Bananen, Zitrusfrüchte) | 1.000 g |

Tab. 11.3 Hygieneartikel

| Was ist bereits vorhanden? | vorhanden | beschaffen |
|---|-----------|------------|
| Seife (Stück) | | |
| Waschmittel (kg) | | |
| Zahnbürste | | |
| Zahnpasta (Stück) | | |
| Sets Einweggeschirr und Besteck (Stück) | | |
| Haushaltspapier (Rollen) | | |
| Toilettenpapier (Rollen) | | |
| Müllbeutel (Stück) | | |
| Campingtoilette | | |
| Ersatzbeutel (Stück) | | |
| Haushaltshandschuhe (Paar) | | |
| Desinfektionsmittel, Schmierseife (Stück) | | |
| (Quelle: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: <i>Für den Notfall vorgesorgt – Vorsorge und Eigenhilfe in Notsituationen</i> , 11. Aufl., Bonn, 2009) | | |

Tab. 11.2 Hausapotheke

Was ist bereits vorhanden?

| | ja | nein |
|------------------------------------|----|------|
| DIN-Verbandkasten | | |
| Von Arzt verordnete Medikamente | | |
| Schmerzmittel | | |
| Hautdesinfektionsmittel | | |
| Wunddesinfektionsmittel | | |
| Mittel gegen Erkältungskrankheiten | | |
| Fieberthermometer | | |
| Mittel gegen Durchfall | | |
| Mückenstich- und Sonnenbrandsalbe | | |
| Splitterpinzette | | |

11.1.2 Bewältigung von Katastrophen und Großschadensereignissen

Die Komplexität heutiger Katastrophen, besonders wenn diese durch Terrorismus oder Massenvernichtungswaffen (atomare, biologische oder chemische Kampfstoffe) hervorgerufen wurden, führt leicht zu äußerst widrigen Rahmenbedingungen. Widrige Rahmenbedingungen bedeuten, dass Ressourcen, Transportmittel und andere Aspekte des physischen, politischen, sozialen und ökonomischen Umfeldes die Verfügbar-

keit und Effektivität der Soforthilfe für die bedürftige Bevölkerung massiv einschränken.⁹

Medizinische Belange im Rahmen von Großschadensereignissen sind:

- **Such- und Rettungsdienst (Search and Rescue)** Hierunter versteht man die systematische Suche nach betroffenen Personen und deren Rettung aus gefährlichen Situationen. Dies bedarf häufig speziell ausgebildeter Teams, insbesondere wenn eine aufwendige technische Rettung erforderlich ist.

- **Sichtung (Triage) und primäre Stabilisierung** Dieser Prozess bezeichnet die systematische Untersuchung von Patienten und deren Einteilung in verschiedene Sichtungskategorien je nach Schweregrad der Verletzung oder Erkrankung. Behandelt werden in dieser Phase nur lebens- und extremitätenbedrohende Verletzungen.

- **Definitive medizinische Versorgung** Bereitstellung einer medizinischen Versorgung zur Behandlung der spezifischen Verletzungen und Erkrankungen. Diese Versorgung wird normalerweise in Krankenhäusern bereitgestellt. Sind die Krankenhäuser jedoch überlaufen oder durch das Schadensereignis direkt in Mitleidenschaft gezogen worden, können auch alternative Behandlungseinrichtungen herangezogen werden.

- **Evakuierung** Transport von Opfern der Katastrophe oder verletzten Patienten weg vom Schadensgebiet, entweder an einen sicheren Ort oder in eine Behandlungseinrichtung zur definitiven Versorgung.

Die Belange des öffentlichen Gesundheitswesens umfassen:

- Wasser
- Nahrung
- Schutzräume/Unterkünfte
- Abwasser/Entsorgung
- Sicherheit
- Transportkapazitäten
- Kommunikation



Abb. 11.3 Ein kommunaler Krisenstab erlaubt die effektive Zusammenarbeit unterschiedlicher Hilfsorganisationen und Behörden.

- Seuchenhygiene und -bekämpfung
- medizinischen ABC-Schutz.

Medizinische und öffentlich-rechtliche Maßnahmen werden durch einen kommunalen Krisenstab koordiniert.

Der kommunale Krisenstab

Am Katastrophenschutz ist eine Vielzahl von Organisationen beteiligt. Um den unterschiedlichen Hilfsorganisationen und Behörden (Feuerwehr, Rettungsdienste, Polizei, THW, Bundeswehr) durch gemeinsame Organisationsstrukturen eine effektive Zusammenarbeit zu ermöglichen, wird im Katastrophenfall ein kommunaler Krisenstab einberufen (➤ Abb. 11.3).

Aus medizinischer Sicht liegen diesem Führungsstab folgende Grundprinzipien zugrunde:

1. Der kommunale Krisenstab muss so schnell wie möglich seine Arbeit aufnehmen, bevor das Schadensereignis außer Kontrolle gerät.
2. Medizinische Hilfsorganisationen und öffentliche Gesundheitsbehörden, die sonst unabhängig voneinander arbeiten, müssen gemeinsame Strukturen für einen kommunalen Krisenstab schaffen, um besser auf ein Schadensereignis reagieren zu können.

11.1.3 Katastrophenschutz in Deutschland

Die Gefahrenabwehr im Katastrophenfall ist gemäß Artikel 70 des Grundgesetzes Aufgabe der Länder. Im Falle eines Angriffs auf das Bundesgebiet mit Waffengewalt oder einer entsprechenden unmittelbaren Bedrohung (Verteidigungsfall) ist der Bund gemäß Artikel 73 Abs. 1 Grundgesetz für den Schutz der Zivilbevölkerung (Zivilschutz) zuständig. Für Zwecke des Zivilschutzes stellt der Bund den Ländern Mittel bereit, die diese in ihren friedensmäßigen Katastrophenschutz integrieren können. Außerdem erweitert und ergänzt der Bund den Katastro-

phenschutz der Länder durch die Aufstellung der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW).

Eine starre Unterscheidung von Zivilschutz und Katastrophenschutz als „Krieg und Frieden“ findet heute nicht mehr statt. Die Innenminister und Innensenatoren der Länder haben sich zusammen mit dem Bundesinnenminister auf ein integriertes Gefahrenabwehrsystem geeinigt. Das bedeutet, dass Bund und Länder ihre Kompetenzen und Fähigkeiten in einen Bevölkerungsschutz einbringen, der alle Schadensursachen berücksichtigt. Beraten werden sie dabei von der Schutzkommision beim Bundesminister des Innern.

Feststellung der Katastrophe

Das Bayerische Katastrophenschutzgesetz (BayKSG) definiert die Katastrophe wie folgt: „Eine Katastrophe im Sinn dieses Gesetzes ist ein Geschehen, bei dem Leben oder Gesundheit einer Vielzahl von Menschen oder die natürlichen Lebensgrundlagen oder bedeutende Sachwerte in ungewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder geschädigt werden und die Gefahr nur abgewehrt oder die Störung nur unterbunden und beseitigt werden kann, wenn unter Leitung der Katastrophenschutzbehörde die im Katastrophenschutz mitwirkenden Behörden, Dienststellen, Organisationen und die eingesetzten Kräfte zusammenwirken.“

Die Feststellung einer Lage, die als Katastrophe zu bezeichnen ist, obliegt den Ländern. „Die Katastrophenschutzbehörde stellt das Vorliegen und das Ende einer Katastrophe fest“ (BayKSG, Art. 4), wobei dies in der Regel die Kreisverwaltungsbehörde ist. Sie kann aber auch durch das Land selbst festgestellt werden. Man könnte also gewissermaßen sagen: „Eine Katastrophe tritt nicht ein – sie wird festgestellt.“ Es gibt demnach keine scharf umrissene Schwelle, ab der ein Ereignis zur Katastrophe wird.

Wird in einem Landkreis (oder einer kreisfreien Stadt) eine Katastrophe festgestellt, so gilt sie für den ganzen Landkreis. Erstreckt sie sich auf mehrere Landkreise, so kann das Landesinnenministerium einen für die Einsatzleitung zuständigen Landkreis benennen oder aber selbst die Einsatzleitung übernehmen.

Unterhalb der sprachgebräuchlichen „Katastrophenschwelle“ spricht man von einem „Großschadensereignis“ oder einer „Großschadenslage“. Diese wird hinsichtlich der Verletzten durch die MANV-Stufen kategorisiert, wodurch unter anderem den anfordernden Führungskräften die Einschätzung ihres Bedarfes zur Bewältigung der Lage erleichtert wird. Der Übergang zur „Katastrophe“ bedarf, wie oben erwähnt, keines expliziten äußeren Ereignisses, sondern ausschließlich der Feststellung durch den Hauptverwaltungsbeamten.

Führungsebenen bei Großschadensereignissen und im Katastrophenfall

Die Alarmierung des Einsatz- und Rettungsdienstes erfolgt auch bei Großschadensereignissen und im Katastrophenfall meist über die örtliche Rettungsleitstelle. Sie muss entschei-

den, welche Kräfte des Regelrettungsdienstes unmittelbar an den Einsatzort geschickt werden können, welche Einsatzkräfte zur Abdeckung des übrigen Einsatzgebietes verbleiben müssen und welche zusätzlichen Kräfte (lokal, regional und überregional) alarmiert werden müssen.⁴⁶

Während bei normalen Rettungseinsätzen üblicherweise die Leitstelle die übergeordnete Führungsebene darstellt, ist bei weiträumigen und länger andauernden Großschadensereignissen und im Katastrophenfall die unmittelbare Leitung durch einen politisch Gesamtverantwortlichen, den sogenannten **Hauptverwaltungsbeamten** (z. B. Bürgermeister, Oberbürgermeister oder Landrat), erforderlich. Dieser bedient sich hierbei einer **operativ-taktischen Komponente** (z. B. Führungsstab, Technische Einsatzleitung, Örtliche Einsatzleitung) und einer **administrativ-organisatorischen Komponente** (z. B. Leitungsstab, Leitungs- und Koordinierungsgruppe).⁴⁷

Operativ-taktische Komponente

Um zeitnah eine effektive Führung unter Einbeziehung aller beteiligten Einsatzverbände sicherzustellen, wird zunächst eine Einsatzleitung vor Ort installiert, die häufig auch als **Technische Einsatzleitung (TEL)** oder **Örtliche Einsatzleitung (ÖEL)** bezeichnet wird. Diese setzt sich, wie auch bei einem Massenanfall von Verletzten unterhalb der Katastrophenschwelle, wie folgt zusammen:

- Gesamteinsatzleiter (GEL)
- Leitender Notarzt (LNA)
- Organisatorischer Leiter Rettungsdienst (OrgL)
- Kräfte zur Führungsorganisation.

Die **Technische Einsatzleitung (TEL)** führt alle Einsatzkräfte am Gefahren- und Schadensort. Der **Gesamteinsatzleiter (GEL)** führt und koordiniert alle an der Schadensbekämpfung beteiligten Einsatzkräfte unabhängig ihrer Organisationszugehörigkeit.

Der **Leitende Notarzt (LNA)** übernimmt Leitungsaufgaben im medizinischen Bereich, er hat alle medizinischen Maßnahmen am Schadensort zu leiten, zu koordinieren und zu überwachen.⁴⁸ Verfügt der betreffende Rettungsdienstbereich über eine Leitende Notarztgruppe (LNG), so stellt diese den diensthabenden Leitenden Notarzt. Existiert keine Leitende Notarztgruppe, wird der Leitende Notarzt durch den Einsatzleiter bestimmt. Bis zum Eintreffen des LNA übernimmt der zuerst eintreffende Arzt eines arztbesetzten Rettungsmittels die Aufgaben des LNA.

Der **Organisatorische Leiter Rettungsdienst (OrgL)** unterstützt den LNA und übernimmt organisatorische Führungs- und Koordinierungsaufgaben.⁴⁸ Dazu gehören u. a.:

- rettungsdienstliche Lagebeurteilung und Raumordnung in Abstimmung mit dem Einsatzleiter und dem LNA
- Sicherstellung der Kommunikation vor Ort und zur Rettungsleitstelle sowie zu anderen Rettungseinheiten
- Kontaktaufnahme mit der Einsatzführung von Polizei und Feuerwehr und Abstimmung der beabsichtigten Maßnahmen

- Betreiben von Patientenablage, Behandlungsplatz, Bereitstellungsraum
- Anlage und Betrieb eines Krankenwagenhalteplatzes
- Personalplanung und -einsatz im Bereich Rettungsdienst
- Erfassen der Behandlungskapazitäten der Krankenhäuser
- Registrierung der Patienten (Eingangs- und Ausgangsdokumentation) und Transportorganisation.

Bei Eintreffen weiterer Führungskräfte wird die TEL, abhängig vom Ausmaß der Schadenslage, um einen Führungsstab erweitert. Wer Einsatzleiter ist, regeln die jeweiligen Feuerwehr- und Rettungsdienstgesetze oder im Katastrophenfall die Katastrophenschutzgesetze der Länder. Der Aufbau und die Zusammensetzung der Einsatzleitung erfolgt üblicherweise nach den Vorgaben der Feuerwehrdienstvorschrift 100 (FwDV 100).⁴⁷ Danach gliedert sich der Führungsstab in die Sachgebiete

| | |
|---------------|---------------------|
| • Personal: | Sachgebiet 1 (S 1) |
| • Lage: | Sachgebiet 2 (S 2) |
| • Einsatz: | Sachgebiet 3 (S 3) |
| • Versorgung: | Sachgebiet 4 (S 4). |

Bei Bedarf können darüber hinaus weitere Sachgebiete eingerichtet werden. Insbesondere sind dies:

- Presse- und Medienarbeit: Sachgebiet 5 (S 5)
 - Informations- und Kommunikationswesen: Sachgebiet 6 (S 6).
- Außerdem können Fachberater und Verbindungspersonen in den Führungsstab integriert werden. Die Wahrnehmung der Aufgaben der Einsatzleitung muss nicht auf eine Befehlsstelle an der Einsatzstelle beschränkt sein; die Aufgaben einzelner Sachgebiete (insbesondere S 1, S 4 und S 6) können auf rückwärtige Einrichtungen, wie beispielsweise die Leitstelle, ganz oder teilweise übertragen werden. Um eine möglichst große Mobilität der Einsatzleitung zu gewährleisten, unterhalten viele Landkreise und kreisfreie Städte speziell ausgerüstete Einsatzleitwagen (ELW) (> Abb. 11.4). In Abhängigkeit von den



Abb. 11.4 Einsatzleitwagen 3 (ELW 3), Feuerschutztechnisches Zentrum (FTZ) des Kreises Düren in Kreuzau-Stockheim (Foto: Kreisverwaltung Düren, Hermann-Josef Cremer)

räumlichen Gegebenheiten, dem Ausmaß des Schadens und der Anzahl der eingesetzten Kräfte können durch den Einsatzleiter zusätzlich Abschnittsführer benannt werden (z.B. Einsatzabschnitt Feuerwehr, Rettungsdienst, THW, Einsatzsicherheit). Auch diese Einsatzabschnitte können ihrerseits in Teilbereiche unterteilt werden. So wird beispielsweise der Einsatzabschnitt Rettungsdienst in die Teilbereiche

- Unfallort
 - Verletzen- bzw. Patientenablage
 - Behandlungsplatz (BHP)
 - Betreuung
 - Transport
 - Krankenhäuser
 - Auskunftsstelle
- unterteilt.

Administrativ-organisatorische Komponente

Die administrativ-organisatorische Komponente ist eine nach Landesrecht festgelegte Verwaltungseinheit, in der alle zur Bewältigung der vorliegenden Schadenslage benötigten bzw. zuständigen Ämter und Behörden mitarbeiten. Ziel ist es, unter den zeitkritischen Bedingungen eines Einsatzes alle wichtigen Entscheidungen, die aufgrund rechtlicher Vorgaben, finanzieller Zuständigkeiten oder politischer Rahmenbedingungen nicht durch das Führungspersonal der Einsatzkräfte (operativ-taktische Komponente) getroffen werden können, schnell und unter Beachtung aller notwendigen Gesichtspunkte herbeizuführen. Beispiele sind: Entscheidung über die Evakuierung von Wohngebieten, Betreuung der betroffenen Bevölkerung, Einrichtung von Notunterkünften, Ersatzvornahme nach Verwaltungsrecht, Gesundheits- und Hygienevorsorge und Eigentumssicherung.⁴⁷

Sanitätsdienstliche Organisation der Großschadenslage

Durch die Kräfte des Teilbereiches Unfallort werden die Verletzten aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich gerettet und in einem geschützten Bereich abgelegt (Verletzenablage). Dabei müssen die Einsatzkräfte oftmals besonders geschützt sein, sodass diese Aufgabe häufig durch Kräfte der Feuerwehr oder des THW übernommen wird, die dabei durch speziell ausgebildete und ausgestattete Rettungskräfte (z.B. Höhenrettungszug, Rettungshundestaffeln, Schnelleinsatzgruppen) unterstützt werden können. Am Ort der Verletzen- bzw. Patientenablage findet eine erste Sichtung durch rettungsdienstliches Fachpersonal statt. Im Idealfall kann die Verletzenablage direkt zum Behandlungsplatz (BHP) ausgebaut werden. Hier werden die Patienten entsprechend ihrer Sichtungskategorie behandelt und auf den weiteren Transport vorbereitet. In unmittelbarer Nähe zum Behandlungsplatz wird mit verkehrsgünstiger Anbindung ein Krankenwagenhalteplatz eingerichtet.

11.1.4 Medizinisches Vorgehen im Katastrophenfall

Die effektive Reaktion auf ein Großschadensereignis oder eine Katastrophe hängt von einer ganzen Reihe von Maßnahmen ab, die zusammengenommen dabei helfen sollen, die Zahl der Opfer zu verringern. Obwohl diese Maßnahmen in diesem Kapitel nacheinander dargestellt werden, ist es wichtig, sich klarzumachen, dass diese Maßnahmen während des eigentlichen Schadensereignisses simultan ablaufen (► Kasten 11.3).

11.3 Grundlegende Schritte bei der medizinischen Bewältigung einer Katastrophe

1. Erstmaßnahmen
2. Aktivierung des Rettungsdienstes
3. Eintreffen des Rettungsdienstes am Schadensort
4. Lagebeurteilung
 - a. Ursache
 - b. Anzahl der Verletzten
 - c. Weitere Ressourcen
 - i. medizinische
 - ii. andere
 - d. Kommunikation der Lage und der Erfordernisse
5. Aktivierung des Gesundheitswesens
 - a. Benachrichtigung der aufnehmenden Kliniken
6. Suchen und Retten
7. Triage (einschließlich lebensrettender Sofortmaßnahmen)
8. Zusammenführen der Verletzten
9. Behandlung
10. Transport
11. Erneute Triage

Erstmaßnahmen

Der erste Schritt im Katastrophenfall ist die Aktivierung des Rettungssystems. Dies geschieht meist durch Augenzeugen, die das Ereignis beobachtet haben und nun die örtliche Rettungsleitstelle alarmieren, um Polizei, Feuerwehr, Einsatz- und Rettungsdienste anzufordern.

Die ersten Rettungskräfte am Einsatzort haben viele wichtige Aufgaben zu erfüllen; wichtig ist, dass sie nicht versuchen, die am schwersten verletzten Patienten zu identifizieren und zu behandeln. Bevor mit der Versorgung von Patienten begonnen werden kann, sollten sich die ersten Helfer vor Ort Zeit nehmen, um am Einsatzort ein möglichst genaues Lagebild zu gewinnen. Ziel ist es, 1. die Anzahl möglicher Verletzter abzuschätzen, 2. zu bestimmen, welche zusätzlichen Kräfte notwendig sind, und 3. herauszufinden, ob spezielle Ausrüstung oder spezialisiertes Personal benötigt werden.

Ist das Lagebild vollständig, sind die gewonnenen Informationen so schnell wie möglich an die Leitstelle zu übermitteln, damit die notwendigen Maßnahmen eingeleitet werden können. Anschließend müssen geeignete Orte für Verletzenablage und Triage festgelegt werden, Anfahrtswege und Abstellplätze für die Rettungsfahrzeuge sind zu erkunden. Weiterhin müs-

sen die An- und Abfahrtswege definiert, gekennzeichnet und frei gehalten werden.

Nun muss die Rettungsleitstelle die entsprechenden Krankenhäuser informieren, damit dort die vorhandenen Katastrophenpläne ausgelöst werden können.

Suchen und Retten

Jetzt kann der Prozess der Patientenversorgung an der Einsatzstelle beginnen. Am Anfang stehen grundsätzlich die Suche und Rettung, um Opfer zu finden und aus dem Gefahrenbereich zu evakuieren. Die ortsansässige Bevölkerung hat häufig bereits mit der Suche nach vermissten Personen begonnen.¹³ Zusätzlich wurden in zahlreichen Ländern und Gemeinden spezialisierte Such- und Rettungsmannschaften aufgebaut, die in nationale oder regionale Katastrophenpläne integriert sind. Diese verfügen über eine spezielle Ausbildung und Ausrüstung und können im Bedarfsfall zusammengezogen werden.

Die Such- und Rettungsmannschaften bestehen üblicherweise aus:

- einer Stammmannschaft von medizinischen Fachleuten,
- technischen Spezialisten mit Kenntnissen im Umgang mit gefährlichen Materialien sowie spezieller Ausrüstung und schwerem Gerät zur Suche und Rettung von verschütteten Opfern (z. B. akustische Spürgeräte, ferngesteuerte Kameras),
- Rettungshundestaffeln.

Auch lokale Baufirmen können unter Umständen schwere Maschinen und Geräte zur Suche und Rettung von Verschütteten zur Verfügung stellen, um Schutt und schwere Trümmerreste zu beseitigen.

Sichtung (Triage)

Die Verletzten werden aus dem Schadensraum gerettet und auf eine Verletzenablage verbracht, wo sie registriert, untersucht und einer Sichtungskategorie zugeordnet werden (> Abb. 11.5).



Abb. 11.5 Triage und erste Stabilisierung, Hurrikan Katrina, Louisiana, 2005

Unter Sichtung (Triage: franz. Auswahl) versteht man die Einteilung der Patienten in bestimmte Kategorien anhand des Schweregrades ihrer Verletzungen. Dadurch wird die Priorität für die medizinische Behandlung und die Dringlichkeit des Transports festgelegt.

Die Sichtung ist eine der wichtigsten medizinischen Aufgaben in der Katastrophenmedizin und wird immer dann notwendig, wenn ein extremes Missverhältnis zwischen der Zahl der Betroffenen und dem zur Verfügung stehenden medizinischen Personal und/oder Material besteht. Diese Situation tritt üblicherweise bei Großschadensereignissen und Katastrophen auf. Die Sichtung ist dabei stets eine Notmaßnahme; durch den optimalen Einsatz der vorhandenen Ressourcen sollen die Überlebenschancen möglichst vieler Hilfsbedürftiger gewahrt werden. Die Notwendigkeit der Sichtung endet, wenn es aufgrund einer reduzierten Zahl von Verletzten oder hinzugekommener Ressourcen wieder möglich ist, jeden Patienten nach den Grundsätzen der Individualmedizin zu versorgen.

Die Sichtung ist stets eine ärztliche Aufgabe und sollte durch einen erfahrenen Notarzt durchgeführt werden. Rettungsdienstpersonal muss jedoch in der Lage sein, die Organisation der Maßnahme vor, während und nach der Sichtung durchzuführen und zu begleiten.^{4,5}

Es gibt verschiedene Methoden, um Patienten zu sichten.¹¹ Eine weit verbreitete Methode ist die Beurteilung des anatomischen Verletzungsmusters und die Einordnung der Priorität anhand des Schweregrades der Verletzungen bzw. der Notwendigkeit eines notfallchirurgischen Eingriffs. Eine andere Methode der Sichtung, überwiegend im amerikanischen Sprachraum etabliert, ist der „START“-Algorithmus (simple triage and rapid treatment). Dabei werden physiologische und neurologische Parameter wie Atmung, Kreislauf und neurologischer Status des Patienten beurteilt und daraus eine Priorisierung hinsichtlich des Transportes in eine Einrichtung zur definitiven Versorgung des Patienten abgeleitet (> Kap. 3).^{4,5,6}

Um landesweite Leitlinien einzuführen und den Prozess der Triage zu vereinheitlichen, haben die Centers for Disease Control in den Vereinigten Staaten eine interdisziplinäre Expertenkommission beauftragt, ein konsensbasiertes Triagesystem zu entwickeln, das sogenannte SALT.¹¹ Dieses Triagesystem stuft die Patienten nach ihrer Möglichkeit zu laufen ein, beurteilt den Patienten hinsichtlich der Notwendigkeit einer lebenserhaltenden Sofortmaßnahme, die dann durchgeführt wird, sowie der Notwendigkeit einer Behandlung und des Transportes.

Unabhängig von der exakten Methode der Sichtung wird der Patient in eine von (meistens) vier Kategorien eingeteilt (T1–T4). Die höchste Priorität haben Patienten mit lebensbedrohlichen Verletzungen, die durch sofortige Behandlung zu beheben sind. Sie werden der Sichtungskategorie T1 zugeordnet und mit der Farbe Rot gekennzeichnet. Patienten der Sichtungskategorie T2 sind zwar ebenfalls schwer bis mittelschwer verletzt, es besteht allerdings keine unmittelbare Lebensgefahr (dringende Behandlung). Sie werden mit der Farbe Gelb markiert. Patienten mit weniger gravierenden Verletzungen, oft noch gehfähig und daher auch als „walking wounded“ bezeichnet, werden in

die Sichtungskategorie T3 eingeteilt und durch die Farbe Grün codiert. Patienten, die aufgrund ihrer Verletzungsschwere und unter Beachtung der Gesamtlage nur eine geringe Überlebenswahrscheinlichkeit haben, werden der Kategorie T4 (blau) zugeordnet. Die Farben beziehen sich auf Kunststoffmarkierungskarten, die den bereits gesichteten Patienten umgehängt werden können. Optisch ist somit die Sichtungsgruppe leicht erkennbar. Einige Verletzenanhängekarten können darüber hinaus zur Patientendokumentation genutzt werden (> Abb. 11.6).

- Rote Karte (T1): Sofortige Behandlung (immediate treatment)
- Gelbe Karte (T2): Dringende Behandlung (delayed treatment)
- Grüne Karte (T3): Spätere Behandlung (minimal treatment)
- Blaue Karte (T4): Betreuende Behandlung (exspectant treatment).

Die quantitative und qualitative Ausprägung der einzelnen Sichtungskategorien hängt entscheidend von der Art und Größe des Schadensereignisses und den zur Verfügung stehenden Ressourcen ab. Außerdem handelt es sich bei der Einstufung der Verletzten in die verschiedenen Sichtungskategorien um einen dynamischen Prozess. Sowohl plötzliche Veränderungen des Gesundheitszustandes einzelner Patienten als auch eventuell hinzugekommene Rettungskräfte (Zuwachs von Ressourcen) können zu einer Änderung der Sichtungskategorie führen. Geschädigte der Sichtungskategorie T4 können unter den gegebenen Umständen nicht adäquat versorgt werden, sind aber nicht immer definitiv hoffnungslos. Es kann zum Beispiel eine minimale ärztliche Versorgung eingeleitet werden, die sich meist auf Lagerung, Analgesierung und Sedierung beschränken wird. Ein sogenanntes „Nachtriagieren“ der Gruppe T4 in bestimmten Zeitabständen, z.B. nach einigen Stunden, scheint vereinzelt vertretbar und notwendig.

Auch Verstorbene sollten zweifelsfrei gekennzeichnet werden (z.B. durch Anhängen einer schwarzen Karte oder einer entsprechenden Aufschrift), um Rettungskräfte nicht durch wiederholte Sichtung unnötig zu binden. Aus ethischen Gründen

den und um eine Demoralisierung von Patienten und Rettungskräften zu vermeiden, sollte außerdem ein Ablageraum für Verstorbene festgelegt werden. Dies kann ggf. an Dritte (z.B. Polizei, Notfallseelsorge) delegiert werden.

Das Triagepersonal sollte sich stets bewusst machen, dass die Sichtung auf keinen Fall durch Maßnahmen zur Behandlung kritisch verletzter Personen unterbrochen werden darf. Wie zuvor bereits erwähnt, ist es ein grundlegendes Prinzip der Katastrophenmedizin, einer möglichst großen Zahl von Patienten die bestmögliche Behandlung zuteil werden zu lassen. In dieser frühen Phase einer Katastrophe sind die medizinischen Maßnahmen auf einfache und schnell durchführbare Handlungen wie das manuelle Freimachen der Atemwege oder die äußerliche Blutungskontrolle beschränkt. Aufwendige und personalintensive Maßnahmen wie die Maske-Beutel-Beatmung oder Herzdruckmassage sind obsolet.

Sobald die Patienten gesichtet sind, werden sie entsprechend ihrer Sichtungskategorie zu einem dafür vorgesehenen und speziell gekennzeichneten Behandlungsplatz getragen. Auf dem Behandlungsplatz findet eine ärztliche Versorgung und die weitere Registrierung/Patientendokumentation statt. Der Aufbau eines Behandlungsplatzes richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten und sollte nach Möglichkeit in einem geschützten Raum erfolgen. Steht in unmittelbarer Nähe des Schadensereignisses kein geeignetes festes Gebäude zur Verfügung, sollten hierfür mehrere Zelte (z.B. Luftkammerzelte mit kurzer Aufbauzeit) bereitgestellt werden.

Verletzenablage (Triage), Behandlungsplatz und ggf. Verletzensammelstelle sollten außerhalb des Gefahrenbereiches liegen, aber nahe genug am Einsatzort, damit eine schnelle Hilfe gewährleistet werden kann.

Folgende Grundsätze sollten bei der Errichtung und Arbeitsorganisation von Verbandsplätzen an Großschadensstellen berücksichtigt werden (> Kasten 11.4):

| | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|--|---|-----------------------|--|-------------------------|--|
| <p>Name / name / nom Vorname / first name / prénom Geschlecht / sex / sexe Geburtsdatum / date of birth / date de naissance Fundort / place where found / endroit de la découverte Datum / date / date 1. Sichtung / sorting / triage II III IV EX Ärztin/Arzt / physician / médecin: Zeit / time / heure: 2. Sichtung / sorting / triage I II III IV EX Ärztin/Arzt / physician / médecin: Zeit / time / heure: 3. Sichtung / sorting / triage I II III IV EX Ärztin/Arzt / physician / médecin: Zeit / time / heure: 4. Sichtung / sorting / triage I II III IV EX Ärztin/Arzt / physician / médecin: Zeit / time / heure: Suchdienststelle ausgefüllt Fach für triaging services Fiche d'enregistrement ci-jointe Transport / transport Liegend / lying souche Sitzend / sitting assis mit Notarzt / with physician / médecin Isoliert / isolated isolé(e) Transportmittel / vehicle / moyen de transport Destination</p> | | <input type="checkbox"/> DIVI-Protokoll geführt / medical record kept / protocole médicale rempli <table border="1"> <tr><td>Zustand + Uhrzeit / state + time / état + heure</td><td><input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/></td></tr> <tr><td>Bewusstsein / consciousness / conscience</td><td><input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/></td></tr> <tr><td>Atemung / respiration</td><td><input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/></td></tr> <tr><td>Kreislauf / circulation</td><td><input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/></td></tr> </table> <p>Ersttherapie / first therapy / thérapie première Infusion / infusion Medikamente / drugs / médicaments</p> <p>Bemerkungen / notes / remarques</p> | Zustand + Uhrzeit / state + time / état + heure | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | Bewusstsein / consciousness / conscience | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | Atemung / respiration | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | Kreislauf / circulation | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> |
| Zustand + Uhrzeit / state + time / état + heure | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | | | | | | | | | |
| Bewusstsein / consciousness / conscience | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | | | | | | | | | |
| Atemung / respiration | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | | | | | | | | | |
| Kreislauf / circulation | <input type="radio"/> ok <input checked="" type="radio"/> | | | | | | | | | |
| | | <p>Noch nicht gesichtet</p> <table border="1"> <tr><td>I Akute vitale Bedrohung Sofortbehandlung</td><td>III Leicht verletzt / erkrankt Spätere (ambulante) Behandlung</td></tr> <tr><td>II Schwer verletzt / erkrankt; aufzuhemmende Behandlungsdringlichkeit</td><td>IV Ohne Überlebenschance Betreuende (überwandelnde) Behandlung</td></tr> <tr><td colspan="2">EX Kennzeichnung</td></tr> </table> <p>I Name / name / nom Geschlecht / sex / sexe Geburtsdatum / date of birth / date de naissance Transportst.: Fahrzeugart: Bus / Pkw / RTW mit Arzt / KTW Artd. Kennzeichen</p> | I Akute vitale Bedrohung Sofortbehandlung | III Leicht verletzt / erkrankt Spätere (ambulante) Behandlung | II Schwer verletzt / erkrankt; aufzuhemmende Behandlungsdringlichkeit | IV Ohne Überlebenschance Betreuende (überwandelnde) Behandlung | EX Kennzeichnung | | | |
| I Akute vitale Bedrohung Sofortbehandlung | III Leicht verletzt / erkrankt Spätere (ambulante) Behandlung | | | | | | | | | |
| II Schwer verletzt / erkrankt; aufzuhemmende Behandlungsdringlichkeit | IV Ohne Überlebenschance Betreuende (überwandelnde) Behandlung | | | | | | | | | |
| EX Kennzeichnung | | | | | | | | | | |

Abb. 11.6 Patientenanhänger NRW (exemplarisch) zur Kennzeichnung der Sichtungskategorie und Dokumentation [Feuerwehramt, Abt. Rettungsdienst Bielefeld]

- Nähe zum Ort der Katastrophe
- Sicherheit vor Gefahren und kontaminiertem Material (bei chemischen Gefahrstoffen auch auf die Windrichtung achten)
- Schutz vor den herrschenden Wetterbedingungen
- sichtbar und gut erreichbar für die Opfer
- geeignete Zu- und Abfahrtswege für Rettungsfahrzeuge sowie Landeplätze für Hubschrauber.

11.4 Weitere Anforderungen an einen Verbandsplatz

(nach Mitschke/Peter, 1994)

- Bevorzugung geeigneter fester Gebäude vor Zelten
- aus Gründen des Persönlichkeitschutzes der Verletzten Verhinderung des unberechtigten Zugangs Dritter (z. B. Presse)
- Anlegen des Verbandsplatzes außerhalb des unmittelbaren Schadensgebietes
- Absicherung des Verbandsplatzes durch Sicherheitskräfte
- deutliche Kennzeichnung des Personals, insbesondere der Führungskräfte und Ärzte
- exakte Kennzeichnung des Verbandsplatzes
- eindeutige Vereinbarungen von Übergabepunkten für Verletzte zwischen den Rettungskräften und dem Personal des Verbandsplatzes

Folgende Probleme treten bei der Errichtung eines Verbandsplatzes häufig auf:

- ungeregelter Zustrom von Hilfsbedürftigen, insbesondere von Leichtverletzten
- unzureichende Registrierung von Verletzten
- unkordinierter Abtransport der Verletzten
- Wahl eines geeigneten Zielkrankenhauses.

Wenn weitere Rettungsmittel eintreffen, werden die Patienten entsprechend ihrer Sichtungskategorie behandelt und schließlich in der Reihenfolge ihrer Dringlichkeit abtransportiert (**> Abb. 11.7**). Kritische Patienten sollten niemals zur weiteren Behandlung vor Ort zurückgehalten werden, wenn Transportraum zur Verfügung steht (**> Abb. 11.8**). Benötigte medizinische Interventionen sollten ggf. während des Transports durchgeführt werden.

Sind bei den Opfern schwerste Verletzungen sichtbar, haben Rettungsdienstmitarbeiter oft das Bestreben, diese in der Be-



Abb. 11.7 Definitive Patientenbehandlung, U. S. Feldhospital, Bam, Iran, Erdbeben 2005

handlung und beim Transport vorzuziehen und somit den Triageprozess zu umgehen. Dies muss unbedingt vermieden werden, damit die Opfer mit den lebensbedrohlichsten Verletzungen zuerst behandelt werden und für die Mehrzahl der Opfer eine optimale Versorgung sichergestellt werden kann. Trotzdem kann es in gewissen Situationen angebracht sein, den Triageprozess zu umgehen. Dazu gehören: 1. wetterbedingte Risiken (z. B. bei Naturkatastrophen), 2. bevorstehender Einbruch der Dunkelheit, wenn keine Ressourcen zur Beleuchtung vorhanden sind, 3. ein weiterhin bestehendes Verletzungsrisiko durch natürliche oder unnatürliche Gefahr, 4. eine Sichtungs- und Registrierungsstelle kann vor Ort nicht sofort eingerichtet werden, 5. in gewissen taktilischen Situationen, z. B. im Rahmen eines Polizeieinsatzes, bei dem die Opfer schnellstmöglich vom Tatort direkt zu einer Verletztenmeldestelle verbracht werden müssen.^{6,7}

Behandlung

Da die Zahl der Verletzten in der Anfangsphase die verfügbaren personellen Ressourcen übersteigen wird, beschränkt sich die Behandlung an der Einsatzstelle auf das Freimachen der Atemwege, die Entlastung eines Spannungspneumothorax, die Blutstillung sowie die Gabe von Antidot. Erst wenn weitere Einsatzkräfte in ausreichender Zahl am Schadensort eingetroffen sind oder während des Transports ins Krankenhaus werden erweiterte Maßnahmen ergriffen.

Transport

Der Transport der Patienten vom Schadensort zu den aufnehmenden Krankenhäusern bedarf einer erheblichen Koordination, um die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge einzusetzen. Kritisch verletzte oder erkrankte Patienten werden entweder bodengebunden mit Rettungsfahrzeugen oder luftgestützt mit Rettungshubschraubern (sofern verfügbar) ins Krankenhaus transportiert. Bei Ereignissen, die mit einer riesigen Zahl überwiegend leicht Verletzter einhergehen, kann es



Abb. 11.8 Im Inneren eines militärischen Transportflugzeugs, das für den Patiententransport umgerüstet wurde

erforderlich sein, unkonventionelle Transportmittel wie Busse oder Kleinbusse einzusetzen. Hierbei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Patienten in diesen improvisierten Rettungsmitteln durch qualifizierte Rettungskräfte begleitet werden, die mit adäquaten medizinischen Geräten und ausreichend Material ausgestattet sind.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die angemessene Reaktion auf ein Großschadensereignis betrifft den Entscheidungsprozess, in welches Zielkrankenhaus der Patient zu transportieren ist.¹² Bisherige Ereignisse haben gezeigt, dass sich Patienten mit nicht lebensbedrohlichen Verletzungen oftmals selbstständig von der Unfallstelle entfernen und den eigenen Transport in irgendein Krankenhaus organisieren.¹³ Dies führt nicht selten zu einer Überlastung der am nächsten gelegenen Kliniken. Abhängig vom Ausmaß der Katastrophe, der Zahl der Verletzten und dem Schweregrad der Verletzungen, werden ungefähr 70–80% der Opfer das Krankenhaus ohne Transport durch den Rettungsdienst erreichen.

Für das eingesetzte Rettungspersonal ist es daher wichtig zu bedenken, dass Krankenhäuser, die in unmittelbarer Nähe zum Ort der Katastrophe liegen, häufig schon überlastet sind, bevor überhaupt das erste Rettungsfahrzeug eintrifft. Die Rettungsfahrzeuge sollten diese Kliniken erst dann anfahren, nachdem deren Aufnahmekapazität über die Leitstelle abgefragt wurde. Die Patienten sollten auf möglichst viele umliegende Häuser verteilt werden. Trotz längerer Transportzeiten wird die Versorgungsqualität in einem entfernteren Krankenhaus, das nicht durch eine übermäßig hohe Zahl von Verletzten überfordert ist, höher sein.

Selbst wenn das nächstgelegene Krankenhaus nicht mit Patienten überlaufen ist, die mit privaten Transportmitteln dorthin gebracht wurden, darf der Rettungsdienst auf keinen Fall das nächstgelegene Krankenhaus mit Patienten überlasten. Oft ist es ein verständlicher Wunsch, den Patienten in das nächstgelegene Krankenhaus zu transportieren, damit das Rettungsmittel und die eingesetzten Rettungskräfte möglichst schnell wieder an den Schadensort zurückkehren und erneut einen Patienten aufnehmen und transportieren können. Den Massenanfall von Verletzten jedoch vom Schadensort in das nächstgelegene Krankenhaus zu verlagern, wird allerdings die Fähigkeit des Krankenhaus einschränken, die beste Versorgung für eine möglichst große Zahl von Patienten sicherzustellen („provide the most good for the most patients“). Trotzdem wird der Rettungsdienst in Regionen, die über eine sehr begrenzte Anzahl von Krankenhäusern verfügen, keine andere Möglichkeit haben, als das nächstgelegene Krankenhaus anzufahren.



Abb. 11.9 Luftaufnahme der Verwüstung durch den Taifun Pongsona, Guam, 2002

bereich zur Unterstützung der lokalen Rettungsdienste als auch zur Unterstützung regionaler und überregionaler Einsatzkräfte bei räumlich entfernteren Großunfällen eingesetzt werden.

In den Schnelleinsatzgruppen (SEG) der Hilfsorganisationen sind ehren- und hauptamtliche Rettungsdienstmitarbeiter sowie weitere ehrenamtliche Helfer organisiert, um bei einer Großschadenslage oder im Katastrophenfall

1. den Regelrettungsdienst durch zusätzliche Rettungsmittel personell und materiell zu verstärken,
2. durch spezialisierte Züge bei der technischen Rettung, Bergung oder Versorgung von Patienten an unwegsamen Orten zu unterstützen.

Die Aufgaben der SEG sind wie folgt definiert:⁵⁰

- Hilfe bei der schnellenrettungsdienstlichen Versorgung der Patienten vor Ort
- Versorgung von Patienten an unwegsamen Orten, die mit regulären Einheiten des Rettungsdienstes nur schwer erreichbar sind
- Transport von Patienten in Krankenhäuser bei Überlastung von Rettungsmitteln
- Einsatz bei Evakuierungsmaßnahmen
- Unterbringung von Betroffenen
- Verpflegung von Betroffenen und Einsatzkräften.

Die SEG unterscheiden sich demzufolge in ihrer personellen und materiellen Ausstattung je nach Spezialisierung und Fähigkeitsprofil (SEG-Sanitätsdienst, SEG-Betreuung, SEG-Verpflegung).

Terrorismus und Massenvernichtungswaffen

Der Terrorismus stellt eine große Herausforderung für den Katastrophenschutz dar. Das Spektrum terroristischer Bedrohungen ist unbeschränkt, es reicht von Sprengstoffanschlägen über Selbstmordattentate bis hin zu militärischen Waffen und Massenvernichtungswaffen (atomar, biologisch, chemisch). Von allen durch die Menschheit verursachten Katastrophen haben terroristische Anschläge das größte Potenzial, eine enorme Zahl von Toten und Verletzten zu erzeugen.

Schnelleinsatzgruppen (SEG)

Ist eine Katastrophe von so großem Ausmaß, dass die Kräfte des regulären Rettungsdienstes nicht ausreichen und auf auswärtige Einsatzkräfte zurückgegriffen werden muss (► Abb. 11.9), halten viele Städte und Gemeinden sogenannte Schnelleinsatzgruppen vor. Diese können sowohl im eigenen Zuständigkeits-



Abb. 11.10 Terroristenbombe, Madrid, 2004



Abb. 11.11 Dekontamination von Patienten in der „warmen Zone“ durch Rettungsdienstmitarbeiter in Schutzanzügen

Terroristen haben bereits unter Beweis gestellt, dass ihr Einfallsreichtum und ihr zerstörerisches Potenzial nicht auf konventionelle Technologien und Waffen beschränkt sind. Bei den terroristischen Angriffen des 11. September 2001 nutzten die Terroristen mit Kerosin voll beladene Passagierflugzeuge als „fliegende Bomben“ und erzeugten dadurch eine massive Vernichtung von Leben und Eigentum.

Eine einzigartige Eigenschaft eines Terroranschlags, insbesondere wenn Massenvernichtungswaffen verwendet werden, ist die erhebliche psychische Traumatisierung der Opfer. Terroristen brauchen keine große Anzahl von Menschen zu töten, um ihre Ziele zu erreichen; sie müssen nur ein Klima aus Angst und Panik schaffen, um die medizinische Infrastruktur zu überlasten. Nach den Sarin-Anschlägen in Tokio im März 2005 suchten 5.000 Patienten ein Krankenhaus auf, weniger als 1.000 hatten tatsächlich körperliche Symptome des Saringases. Die übrigen litten überwiegend an psychischem Stress. Nach den Anthrax-Vorfällen in den USA stellte sich eine große Anzahl von Patienten mit respiratorischen Problemen in den Notfallaufnahmen vor, ohne je mit Anthrax in Kontakt gekommen zu sein.

Explosionen und Sprengstoffanschläge werden auch in Zukunft zu den häufigsten Ursachen eines Massenanfalls von Verletzten bei durch Terroristen bedingten Katastrophen zählen. Die Mehrzahl dieser Sprengstoffanschläge besteht aus relativ kleinen Sprengsätzen, die mit einer geringen Mortalitätsrate einhergehen. Werden diese allerdings in Gebäuden, an Pipelines oder mit bewegten Fahrzeugen taktisch eingesetzt, so kann die Wirkung wesentlich größer sein (> Abb. 11.10). Die hohe Mortalität und Morbidität ist nicht alleine durch die Intensität der Explosion bedingt, sondern auch durch die nachfolgenden Gebäudeschäden, die dann zum Einsturz des Gebäudes führen. Eine noch größere Bedrohung sind Katastrophen, die durch die Kombination von konventionellen Sprengmitteln mit atomaren, biologischen oder chemischen Stoffen hervorgerufen werden, z.B. sogenannte „schmutzige Bomben“ (dirty bombs), die konventionellen Sprengstoff mit radioaktivem Material kombinieren.

Massenvernichtungswaffen, welche die gesamte Umgebung eines Gebietes kontaminieren, könnten die größte jemals da ge-

wesene Herausforderung für den Katastrophenschutz darstellen. Die Patienten können aufgrund der Kontamination nicht in die Krankenhäuser transportiert werden. Das Rettungsdienstpersonal sollte ausgebildet und ausgerüstet sein, um eine Sichtung durchzuführen, nicht alleine um die Verletzungsschwere zu bestimmen, sondern auch, um das potenzielle Risiko einer Kontamination und die Notwendigkeit einer Dekontamination und ersten Stabilisierung des Patienten richtig einzuschätzen. Gleichzeitig muss das Rettungsdienstpersonal geeignete Schritte unternehmen, um sich selbst vor einer Kontamination zu schützen.

Dekontamination

Die Dekontamination ist bei allen Katastrophen, die Gefahrstoffe oder ABC-Kampfstoffe beinhalten, von großer Bedeutung (> Abb. 11.11). Terroristische Ereignisse können mit ihrer großen Zahl von Patienten, unbekannten Substanzen und einer großen Zahl von „besorgten Unverletzten“ („worried well“) die Möglichkeit von tatsächlich Kontaminierten und potenziell Kontaminierten signifikant erhöhen.

Behandlungsplatz (BHP)

Ereignet sich eine Katastrophe mit gefährlichen Materialien, so müssen die Behandlungsplätze mindestens 300 m entfernt eingerichtet werden. Der Ort des Behandlungsplatzes sollte sich bergauf und entgegen der Windrichtung von der Unglücksstelle befinden.

11.1.5 Psychologisches Krisenmanagement

Psychische Traumatisierung und andere negative psychische Spätfolgen sind häufige Begleiterscheinungen von Katastrophen.¹⁰ Erklärtes Ziel des Terrorismus ist es, psychisches Leid, Trauma und politische Instabilität zu erzeugen.

Charakteristika von Katastrophen

Nicht alle Katastrophen üben denselben psychologischen Einfluss auf die Bevölkerung aus. Die größten psychologischen Folgen weisen Katastrophen mit folgenden Charakteristika auf:

- keine oder nur geringe Vorwarnung
- ernsthafte Bedrohung der eigenen Sicherheit
- unklare Auswirkungen auf die eigene Gesundheit
- unklare Dauer des Ereignisses
- menschliches Versagen oder böswillige Absicht
- Symbolik des Terrorziels.

Psychische Faktoren

Alle Beteiligten einer Katastrophe, ob Opfer oder Helfer, werden in ihrer Psyche beeinträchtigt. Dies heißt glücklicherweise nicht, dass alle Personen eine psychische Störung entwickeln. Es bedeutet, dass alle Beteiligten irgendeine psychische oder emotionale Reaktion auf das Ereignis zeigen.

Faktoren, welche die Reaktion des Individuums beeinflussen:

- psychische und physische Nähe zum Ereignis
- Konfrontation mit grausamen oder grotesken Situationen
- eingeschränkte Gesundheit vor oder wegen der Katastrophe
- Ausmaß des Verlustes
- erlittene Verletzungen.

Faktoren, welche die Reaktion der Gemeinschaft beeinflussen:

- Ausmaß der Störung (Zerrüttung) des Gemeinwesens
- Stabilität der Familien und der Gemeinde vor der Katastrophe
- Gemeindeführung
- kulturelle Sensibilität der Wiederaufbaumaßnahmen.

Posttraumatische Folgen

Die psychischen Folgen nach einer Katastrophen umfassen ein weites Spektrum, sie reichen von einer milden Stressreaktion bis hin zum Vollbild einer posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) oder einer schweren Depression.⁸ Obwohl viele Personen Zeichen und Symptome von psychologischem Stress aufweisen, entwickeln nur wenige eine bleibende psychische Störung (15–20 %).

Psychologische Interventionen

Eine Reihe relativ einfacher Maßnahmen kann Menschen dabei helfen, die negativen psychologischen Folgen eines Großschadensereignisses oder einer Katastrophe zu reduzieren und in normale Funktionen umzuwandeln. Diese beinhalten:

1. Rückkehr zu Tätigkeiten des täglichen Alltags so schnell wie möglich.^{51,8}
2. Bei Personen ohne diagnostizierte psychische Störung ist es hilfreich, diesen Informationsmaterial an die Hand zu ge-

ben, um aufzuzeigen, welche Situation die Betroffenen und ihre Familien gerade erleben.

3. Die Betroffenen sollten psychologisch beraten und, falls notwendig, zu einem spezialisierten Psychiater oder Psychotherapeuten überwiesen werden.
4. Wenn eine psychische Störung diagnostiziert wird, kann eine spezielle Therapie helfen, die auch kognitive Verhaltenstherapie oder medikamentöse Therapie einschließen kann.

Folgen für die Helfer

Die Helfer können sekundär zu Opfern werden, wenn sie die Katastrophe nicht verarbeiten können und psychisch erkranken. Dies kann ihre tägliche Arbeit stark beeinträchtigen und ihr Familienleben extrem belasten.

Kollegen und Vorgesetzte sollten wachsam sein, ob sich bei Mitarbeitern Anzeichen einer akuten psychischen Belastungsreaktion oder eines posttraumatischen Stresssyndroms entwickeln oder manifestieren. Um psychischem Stress und Überforderung nach einem Großschadensereignis vorzubeugen, wird im Rahmen der Einsatznachbereitung eine Reihe von Einzel- und Gruppengesprächstechniken angewendet (Debriefing, Defusing, Demobilization, One-on-One). Diese von Jeffrey T. Mitchell entwickelte Methode wird auch als „Critical Incident Stress Management“ (CISM) bezeichnet.

In Deutschland versteht man unter dem Begriff „Krisenintervention im Rettungsdienst“ die Betreuung unverletzter Beteiligter und Angehöriger bei akut psychisch traumatisierenden Unfällen, Notfällen und Katastrophen. Die speziell zur Krisenintervention ausgebildeten Helfer sind erfahrene Einsatzkräfte des Rettungsdienstes und werden als sogenannte Kriseninterventionsteams (KIT) direkt über die Rettungsleitstelle alarmiert. Der Begriff der Notfallseelsorge (durch kirchliche Organisationen) ist eng verwandt, wird aber nicht nur im Bereich der Betroffenenbetreuung, sondern auch bei der Einsatzkräfte-Nachsorge verwendet. Die „Stressbearbeitung nach belastenden Einsatzereignissen“ (SbE) ist dagegen für Einsatzkräfte gedacht. Allerdings sind viele Krisenhelfer zusätzlich in SbE geschult, mancherorts werden beide Dienste gemeinsam angeboten. Die SbE soll den Teilnehmern die Möglichkeit geben, das Erlebte zu verarbeiten, und die Entwicklung einer posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS) verhindern.

Stresszeichen bei Helfern

Die Zeichen von Stress bei Helfern beinhalten physiologische, emotionale, kognitive und behavioristische Elemente (Verhaltenselemente):

Physiologische Zeichen

- Müdigkeit und Erschöpfung, auch nach Ruhephasen
- Übelkeit
- feinschlägiger Tremor

- motorische Ticks
- Parästhesien
- Schwindel
- Verdauungsprobleme
- Herzstolpern (Palpitationen)
- Erstickungsgefühle, erdrückende Gefühle.

Emotionale Zeichen

- Angst
- Reizbarkeit
- Gefühl der Überforderung
- unrealistische Erwartung von Unheil für die eigene Person oder für andere.

Kognitive Zeichen

- Gedächtnisverlust (Amnesie)
- Schwierigkeiten, eine Entscheidung zu treffen
- Unfähigkeit, bekannte Gegenstände oder vertraute Personen zu benennen
- Konzentrationsschwierigkeiten
- reduzierte Aufmerksamkeit
- Rechenschwierigkeiten.

Verhaltensauffälligkeiten

- Schlafstörungen
- Hypervigilanz (erhöhter Wachheitsgrad, „Aufgedrehtheit“)
- Affektlabilität
- inadäquater Humor, Sarkasmus
- ritualisiertes Verhalten.

Management von Stress an der Einsatzstelle

Folgende Maßnahmen können vor Ort getroffen werden, um den Stress der Helfer zu reduzieren:

- begrenzte Exposition mit traumatisierenden Reizen
- zumutbare Anzahl von Arbeitsstunden
- genügend Ruhe und Schlaf (> Abb. 11.12)
- angemessene Ernährung
- reguläres Sportprogramm



Abb. 11.12 Müdigkeit trägt viel zum Stress an der Einsatzstelle bei.

- Zeit für Privatsphäre
- Gespräche mit Personen, die Verständnis haben
- auf Zeichen von Stress achten
- Helfer nur begrenzte Zeit einsetzen.

11.1.6 Aus- und Weiterbildung im Katastrophenschutz

Die Entwicklung und Einführung einer formellen Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet des Katastrophenschutzes verbessert die Fähigkeiten des Einsatz- und Rettungsdienstpersonals, angemessen auf Großschadensereignisse zu reagieren. Die Bereitschaft zum Weiterbilden und Lernen kann durch eine Vielzahl von strukturierten und unstrukturierten Lernmethoden erreicht werden. Jede Methode hat ihre individuellen Vor- und Nachteile. Um einen optimalen Lernerfolg zu erzielen, ist es wichtig, dass alle am Katastrophenschutz beteiligten Organisationen und Behörden miteinander üben.

Selbstständiges Lernen ist das Fundament einer effektiven Katastrophenvorsorge. Eine Vielzahl von Quellen ist sowohl als Printmedien als auch im Internet erhältlich. Die Schutzkommission beim Bundesminister des Innern, die Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz (SKK), Rettungsdienste und Hilfsorganisationen sowie das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe stellen im Internet Publikationen und Lernmaterialien zur Verfügung.⁵¹⁻⁵⁴

Gruppentraining ist an spezielle Einheiten des Katastrophenschutzes gerichtet und soll die Teamarbeit fördern. Feuerwehren und Rettungsdienstschulen bieten Lehrgänge und Ausbildungsprogramme an. Anhand von Simulationen und groß angelegten Katastrophenschutzzübungen sollen Ernstfallsituationen trainiert werden.

11.1.7 Problemfelder im Katastrophenschutz

Zahlreiche Studien, die nach Großschadensereignissen durchgeführt wurden, konnten einige Schwachstellen im Ablauf der Schadensabwehr aufzeigen. Die identifizierten Problemfelder waren das Ergebnis umfangreicher Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen, die unter dem Eindruck aktueller Katastrophen durch die verantwortlichen Regierungsbehörden in Auftrag gegeben wurden, um die Infrastruktur des Katastrophenschutzes nachhaltig zu verbessern.⁴⁹

Vorkehrungen

Das Einsatz- und Rettungsdienstpersonal bereitet sich auf die Zerstörungen vor, die bei einem Großschadensereignis auftreten können, und plant für solche Ereignisse auf vielfältige Weise. Obwohl eine Methode der Vorbereitung, testen Planübungen nicht wirklich die Fähigkeit, die Aufgabenbereiche zu erfüllen und gleichzeitig Ressourcen und Rettungs-

mittel effizient und zeitgerecht an die Einsatzstelle zu bringen. Ebenso müssen auch medizinische Einrichtungen realistische Katastrophenübungen durchführen, in denen Opfer über die Notfallaufnahmen in die jeweiligen Krankenhäuser gebracht und real in die Fachabteilungen aufgenommen werden, um die erforderliche internistische, chirurgische und intensivmedizinische Kapazität zu überprüfen. Die Fähigkeit, bei einem plötzlichen Ansturm Kapazitäten freizusetzen und eine derart große Zahl von Betten und medizinischem Material zur Verfügung zu stellen, muss vom öffentlichen Gesundheitswesen in ausreichendem Umfang vorgehalten werden.

Leider haben nur wenige Krankenhäuser den tatsächlichen Ansturm einer derart großen Patientenzahl je unter Realbedingungen getestet und verlassen sich lieber auf Planübungen als Maß für ihre Reaktionsfähigkeit. Nur durch kommunal angelegte Übungen, welche die Opfer von der Schadensstelle durch die gesamte medizinische Versorgung schleusen, von der stationären Aufnahme bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus, kann die tatsächliche Reaktionsfähigkeit einer Kommune abgeschätzt werden.

Kommunikationsstrukturen

Viele Ereignisse haben gezeigt, dass im Ernstfall das Fehlen einheitlicher Kommunikationsstrukturen die Fähigkeit einer koordinierten Antwort auf eine Katastrophe herabsetzt. Individuelle Kommunikationssysteme sind zwar effektiv; sich im Katastrophenfall aber auf ein einziges System zu verlassen, ist zum Scheitern verurteilt. Die Benutzung von Mobiltelefonen war während der Katastrophe vom 11. September 2001 unmöglich, da das zentrale Kommunikationszentrum mit Sitz im World Trade Center plötzlich nicht mehr existierte. Auch können Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste nicht miteinander kommunizieren, wenn sie unterschiedliche Funksysteme oder Frequenzen benutzen. Redundanz innerhalb eines Systems ist von entscheidender Bedeutung, ganz gleich, welches Kommunikationsmittel primär gewählt wird. Festnetztelekommunikation, Mobilfunk, Satellitentelefonie oder BOS-Funk besitzen alle gewisse Schwächen. Die folgenden zwei Prinzipien sind daher essenziell:

1. einheitliches Kommunikationssystem, auf das alle relevanten Einheiten Zugriff haben
2. Redundanz der Systeme: Falls ein Kommunikationsmittel zusammenbricht oder ausfällt, kann auf ein anderes funktionierendes System als Rückfallmöglichkeit zurückgegriffen werden.

Um die Kommunikation der beteiligten Hilfsorganisationen und Behörden untereinander zu erleichtern und Missverständnissen vorzubeugen, sollte auf die Verwendung von Abkürzungen und internen „Codes“ verzichtet und stattdessen ausschließlich Klartext gesprochen werden.

Sicherheit an der Einsatzstelle

Die Sicherheit an der Einsatzstelle ist bei Großschadensereignissen ein immer ernster werdendes Problem. Die Sicherheit an der Einsatzstelle ist aus folgenden Gründen wichtig:

1. Schutz der Einsatz- und Rettungstrupps vor sekundären Anschlägen oder Folgereignissen, die zu weiteren Opfern führen können
2. Bereitstellung von Zufahrts- und Abfahrtswegen für Helfer und Opfer, ohne durch Schaulustige behindert zu werden
3. Absperrung der Einsatzstelle und Sicherung von Beweismaterial am Einsatzort.

Die Sicherheit an der Einsatzstelle ist im Katastrophenfall aufgrund der Ressourcenknappheit nicht einfach herzustellen. Eine Koordination aller beteiligten Helfer mit der Polizei und anderen Sicherheitsorganen ist notwendig, um Sicherheit zu schaffen.

Unkoordinierte Hilfeleistung

Oft beteiligen sich auswärtige Teams an der Katastrophenhilfe, ohne durch die örtliche Einsatzleitung angefordert worden zu sein oder ohne sich bei der örtlichen Einsatzleitung anzumelden.¹³ Durch diese unkoordinierte Hilfeleistung, obwohl gut gemeint, kann eine ohnehin chaotische Situation noch unübersichtlicher und komplizierter werden (keine einheitlichen Kommunikationsmittel, erschwerte Koordination der Einsätze). Auswärtige Rettungskräfte sollten nur dann in das Geschehen am Ort der Katastrophe eingreifen, wenn sie von der Einsatzleitung explizit angefordert wurden und ihr Einsatz durch diese koordiniert wird.^{52,14}

Darüber hinaus kann es extrem hilfreich sein, den Zugang zum Schadensort zu kontrollieren und so schnell wie möglich einen Bereitstellungsraum für nachrückende Einsatzkräfte und freiwillige Helfer einzurichten, um diese bestmöglich in den Einsatzablauf einzubinden.

Materialversorgung

Ereignisse ab einer gewissen Größe brauchen die vorhandenen Ressourcen schnell auf. Im Katastrophenplan muss festgelegt sein, wie und wo Medikamente, medizinische Verbrauchsgüter und andere Notfallmaterialien vorsorglich gelagert und wie sie im Katastrophenfall in einer angemessenen Zeit verteilt werden. Das Rettungspersonal darf nicht an der Verteilung beteiligt sein, da es bereits im Rahmen der Notfallversorgung gebunden ist.

Versäumnisse bei der Benachrichtigung der Krankenhäuser

In den Wirren des initialen Krisenmanagements wird häufig vergessen, die Krankenhäuser frühzeitig zu informieren und deren innerklinische Katastrophenpläne zu aktivieren. Zahlreiche Ereignisse der jüngeren Vergangenheit haben gezeigt, dass viele Krankenhäuser selbst herausfinden mussten, dass ein Großschadensereignis stattgefunden hat, weil Patienten selbstständig im Krankenhaus eingetroffen sind oder Rettungskräfte bei der Übergabe von Patienten von dem Ereignis berichteten. Es ist essentiell, dass die Rettungsleitstelle oder der Krisenstab die Krankenhäuser in ihre Einsatzplanung mit einbeziehen, damit eine reibungslose klinische Anschlussversorgung sichergestellt werden kann. Eine Übermittlung des aktuellen Lagebildes von der Einsatzleitung an die aufnehmenden Krankenhäuser ist genauso wichtig wie die Rückmeldung von Aufnahme-, Intensivbetten-

und Operationskapazitäten der Krankenhäuser an die Einsatzleitung vor Ort.

Medien

Die Medien werden in der Einsatztaktik und -organisation des Katastrophenschutzes häufig als Störfaktor angesehen. Dabei sollte jedoch der potenzielle Nutzen nicht außer Acht gelassen werden, z. B. im Katastrophenfall wertvolle Informationen über das allgemeine Verhalten der Bevölkerung über Funk und Fernsehen zu verbreiten. Es ist unvermeidbar, dass die Medien Informationen an die Öffentlichkeit ausstrahlen. Die Verantwortlichen der Rettungskräfte, z. B. der Einsatzleiter einer örtlichen Einsatzleitung oder der Pressesprecher eines kommunalen Krisenstabes, haben die Pflicht, mit den Medien zusammenzuarbeiten, um sicherzustellen, dass die gelieferten Informationen einerseits sachlich richtig und andererseits den Rettungsarbeiten dienlich sind.

Zusammenfassung

- Viele Katastrophen sind das Resultat natürlicher klimatischer oder geologischer Ereignisse; sie können aber auch von Menschenhand herbeigeführt werden, gewollt oder ungewollt.
- Obwohl Katastrophen nicht vorhersagbar sind, kann durch eine adäquate Vorbereitung ein unvorstellbares Ereignis in eine kontrollierbare Situation verwandelt werden.
- Ein angemessener Katastrophenschutz beinhaltet dabei weit mehr als nur medizinische Aspekte.
- Die Einführung eines Katastrophenschutzplans erlaubt den verschiedenen Organisationen und Behörden, bei der Gefahrenabwehr effektiv zusammenzuarbeiten.
- Trotz der Tatsache, dass Katastrophen in unterschiedlichem Ausmaß stattfinden und viele verschiedene Ursachen

- haben können, wurden häufig Fehlerquellen identifiziert, die das Management eines solchen Ereignisses erschweren, z. B. Probleme bei der Kommunikation, der Sicherheit an der Einsatzstelle, der unkoordinierte Einsatz von Hilfskräften sowie fehlende materielle Ausstattung.
- Die Arbeit im Katastrophenschutz kann allen Beteiligten einen schweren psychologischen Tribut abverlangen.
 - Das beste Ergebnis bei der Bewältigung eines Großschadensereignisses wird durch die Schaffung eines wohl-durchdachten Katastrophenschutzplans erreicht, der erprobt, geprüft und validiert wurde, um Schwachstellen aufzuzeigen und zu verbessern.

Lösung Fallbeispiel 1

Nach der Detonation werden zunächst Sicherheitsüberlegungen angestellt, um das potenzielle Risiko eines Gebäudeinsturzes, eines weiteren Austretens von Gas, freiliegender Elektrizitätsquellen sowie einer zweiten Explosion abschätzen zu können. Geeignete Maßnahmen zum Eigenschutz müssen getroffen werden. Auch die üblichen Sicherheitsvorkehrungen im Umgang mit Patienten sind zu beachten. Die Kontrolle der Menschenmenge ist nach einem solchen Ereignis von äußerster Wichtigkeit, um zu verhindern, dass hilfsbereite Laienhelpler das Gebäude betreten, um nach Verletzten zu suchen oder bei den Rettungsarbeiten zu helfen. Die Instrumente des Katastrophenschutzes sollten genutzt werden, um die erforderlichen Ressourcen zielgerichtet einzusetzen zu können. Ein Ort zur Verletzenablage ist festzule-

gen und für alle Einsatzkräfte zu kennzeichnen. Hier wird die Sichtung der Patienten durchgeführt, ganz gleich, welches Triage-System dem Einsatz- und Rettungsdienstpersonal zur Verfügung steht. Die Verletzten werden an Verletztenammelstellen an strategisch günstigen Punkten zusammengeführt, um eine schnelle Evakuierung zu ermöglichen. Übersteigt die Zahl der Verletzten die zur Verfügung stehende Transportkapazität, wird in sicherer Entfernung zur Gefahrenstelle ein Behandlungsplatz aufgebaut, an dem die Verletzten behandelt und auf den Transport vorbereitet werden.

Zusätzlich zur Patientenversorgung sollte auch an die Versorgung der Rettungskräfte mit ausreichend Getränken, Nahrung und Sanitäranlagen gedacht werden.

11.2 Massenvernichtungswaffen – CBRN(E)

Fallbeispiel 2

Sie erreichen den Ort einer gemeldeten Explosion. Die Leitstelle informiert Sie, dass laut Zeugengaben mehrere Explosionen stattgefunden haben. Die Zahl der Opfer ist unbekannt. Andere Organisationen treffen ebenfalls am Unfallort ein.

Bei Ankunft am Ort des Geschehens stellen Sie fest, dass Sie die erste Fachkraft vor Ort sind. Bisher gibt es keine Einsatzleitung vor Ort. Ein Personenzug war Ziel eines Bombenanschlags und steht jetzt noch brennend auf den Gleisen. Dut-

zende von Personen laufen über die Bahnsteige, einige schreien um Hilfe oder versuchen, Sie zu Passagieren zu bringen, die offensichtlich im brennenden Zug eingeschlossen sind. Andere Passagiere liegen reglos auf dem Bahnsteig. **Was tun Sie zuerst? Welche Prioritäten setzen Sie bei Ihrem weiteren Vorgehen? Wie werden Sie die Versorgung dieser großen Anzahl von betroffenen Personen sicherstellen? Wie planen Sie die Rettung der eingeschlossenen Personen?**

Die Vorbereitungen für die Bewältigung eines Massenanfalls von Verletzten im Zusammenhang mit Massenvernichtungswaffen¹ – im weiteren Sinn CBRN(E)-Stoffe – stellen eine enorme Herausforderung für den Einsatz- und Rettungsdienst dar. Die jüngste Vergangenheit hat gezeigt, dass solche Ereignisse jederzeit und an jedem Ort auftreten können. Der Bombenanschlag auf das World Trade Center am 26. Februar 1993 verursachte zwar nur 6 Tote, war jedoch für 548 Verletzte verantwortlich, mehr als 1.000 Opfer benötigten die Hilfe der Rettungsdienste. Bei den Helfern kam es ebenfalls zu zahlreichen Verletzten, unter anderem gaben 105 Feuerwehrleute Verletzungen an.

1995 führte die Explosion des Murrah Federal Building in Oklahoma zu 168 Toten und 700 (registrierten) Verletzten. Ein Drittel der Verletzten in einem Krankenhaus in Oklahoma City wurde vom Rettungsdienst gebracht, dabei handelte es sich um die schwerwiegenderen Fälle. 64% dieser Patienten mussten stationär behandelt werden, während von den Patienten, die selbstständig das Krankenhaus erreichten, nur 6% stationär aufgenommen werden mussten. Die Angriffe auf das World Trade Center 2001 hatten über 1.100 verletzte Überlebende zur Folge, von denen ein Drittel durch den Rettungsdienst in die

Krankenhäuser gebracht wurde. 29 % der verletzten Opfer waren Rettungskräfte.

Obwohl konventionelle Sprengstoffe am häufigsten für terroristische Großschadensereignisse verantwortlich sind, stellten auch Anschläge mit chemischen und biologischen Waffen das Rettungswesen vor Herausforderungen. Das 1994 verübte Attentat mit Sarins auf die U-Bahn in Matsumoto, Japan, tötete 7 Menschen und verletzte mehr als 300. Der bekanntere Sarin-Anschlag 1995 auf die U-Bahn in Tokio tötete 12 Menschen, mehr als 5.000 Opfer mussten medizinisch behandelt werden. Die Feuerwehr in Tokio setzte 1.364 Feuerwehrleute an den 13 betroffenen U-Bahn-Stationen ein; 135 von diesen waren von direkter oder indirekter Exposition betroffen.

Keiner der lebensbedrohlichen Bioterrorismus-Anschläge in den Vereinigten Staaten verursachte eine größere Anzahl von Opfern, was jedoch nicht bedeutet, dass der Rettungsdienst nicht herausfordert wurde, sich auf derartige Bedrohungen vorzubereiten. Zwischen 1998 und 1999 waren nahezu 6.000 Personen in den gesamten USA durch 200 vermeintliche Anschläge bzw. Falschmeldungen im Zusammenhang mit Anthrax betroffen. Die Anthraxbriefe, die im Herbst 2001 ausgeliefert wurden, führten in lediglich 22 Fällen zu klinischen Behandlungen, verursachten aber zahllose Alarmierungen des Rettungsdienstes aufgrund verdächtiger Päckchen und Pulver.

Auch wenn es sich dabei nicht um einen Anschlag, sondern um eine natürlich aufgetretene biologische Gefährdung handelte, stellte SARS (severe acute respiratory syndrome) eine ernsthafte Herausforderung des Rettungsdienstes in Toronto dar. Während der Epidemie mussten 526 Rettungsdienstmitarbeiter unter Quarantäne gestellt werden, der größte Teil von ihnen aufgrund möglicher ungeschützter Exposition gegenüber dem Virus. Die Fähigkeit des Rettungsdienstes, die Krise zu bewältigen, wurde dadurch ernsthaft gefährdet.

Die Wahrscheinlichkeit wächst, dass der Rettungsdienst eines Tages auf ein Attentat mit einer nuklearen oder radiologischen Waffe reagieren muss. Befürchtungen, dass Terroristen eine „schmutzige Bombe“ zünden könnten, um damit sowohl Verletzungen zu verursachen als auch eine Panik wegen möglicher radioaktiver Kontamination auszulösen, nehmen zu.

¹ Dieses Kapitel betrachtet unter dem Oberbegriff Massenvernichtungswaffen (MVW) auch konventionelle Sprengwaffen, die gerade in den USA meistens den „weapons of mass destruction“ (WMD) zugerechnet werden. Im klassischen Sinn werden nur die CBRN-Waffen als Massenvernichtungswaffen bezeichnet (früher ABC – atomar, biologisch, chemisch –, heute Aufteilung der atomaren Waffen in radiologische und nukleare Waffen; E steht für explosiv). Es existiert keine international einheitliche Definition zu diesem Oberbegriff, lediglich die Unterkategorien werden im internationalen Recht näher definiert und klassifiziert. Großschadensereignisse und terroristische Anschläge mit konventionellen Sprengstoffen sowie CBRN-Waffen und (Gefahren-)Stoffen verursachen eine ähnliche Rahmenlage und erfordern eine in vielen Punkten analoge Reaktion, sodass sie in diesem Kapitel gemeinsam dargestellt werden. Diese unklare Abgrenzung wird in der zunehmenden Verwendung der Abkürzung CBRN(E) deutlich (z. B. Arbeitsgruppe im Bayerischen Roten Kreuz). Die schwere Abgrenzbarkeit zeigt sich auch darin, dass die Ausbringung von chemischen und nuklearen sowie radiologischen Waffen meist über Sprengmittel erfolgt (Anm. d. Übers.).

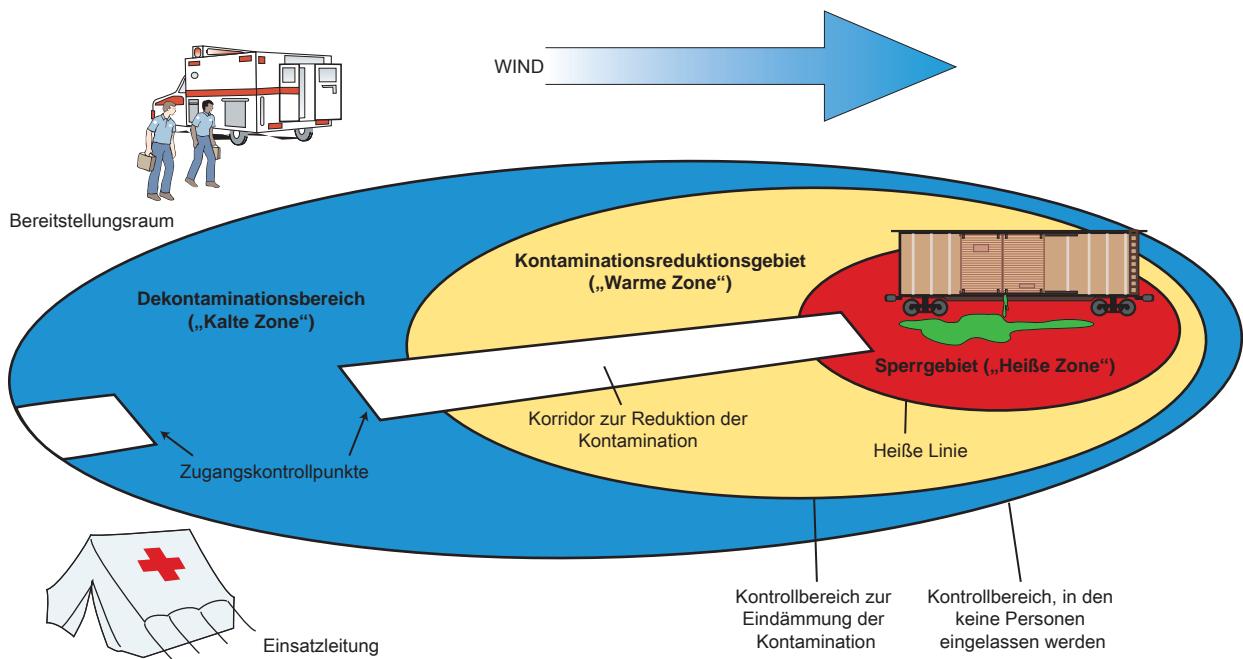


Abb. 11.13 Die Einsatzstelle eines Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfalls wird normalerweise in eine heiße, eine warme und eine kalte Zone eingeteilt. (Aus: Chapleau W: *Emergency first responder*, St. Louis, 2004, Mosby.)

11.2.1 Allgemeine Überlegungen

Lagebeurteilung und Führungsstruktur

Die Fähigkeit des professionellen Helfers, eine zutreffende Lagebeurteilung vorzunehmen, ist sowohl für seine eigene Sicherheit als auch die der anderen Helfer entscheidend. Außerdem kann nur so die bestmögliche Versorgung der Patienten gewährleistet werden.

Attentate mit Massenvernichtungswaffen bedeuten in der Folge immer auch Bedrohungen für die Rettungskräfte:

- Im Fall einer Explosion können Feuer entfacht und gesundheitsgefährdende Substanzen freigesetzt worden sein, beschädigte Stromleitungen können Gefahren darstellen, und es können Risiken durch einsturzgefährdete Gebäude, andere destabilisierte Strukturen oder Trümmer bestehen.
- Beim Bombenanschlag in Oklahoma City wurde ein Helfer durch herabfallende Trümmer getötet.¹⁵ Beim Anschlag auf das World Trade Center starben zahlreiche Rettungskräfte beim Einsturz der Gebäude. Helfer können chemischen Kampf- oder Gefahrstoffen nicht nur durch ihre unmittelbare Wirkung bei der eigentlichen Freisetzung, sondern auch durch Kontamination beim Berühren von Haut, Bekleidung oder anderen persönlichen Dingen der Opfer ausgesetzt werden.
- Biologische Waffen können, abhängig von der Art ihrer Ausbringung, ebenfalls unmittelbar durch die eingesetzte Substanz wirksam werden, z. B. durch direkte Infektion aufgrund der Konzentration von Anthraxsporen oder sofortige Vergiftung durch Botulinumtoxin, oder indirekt über die

Ansteckung mit einer übertragbaren Krankheit, z. B. nach Kontakt mit einem an Pocken erkrankten Patienten.

- Eine weitere Bedrohung sowohl für anrückende Rettungskräfte als auch für die Betroffenen eines Attentats ist die Gefahr eines Sekundäranschlags. Ein Beispiel dafür ist die Platzierung eines weiteren Sprengsatzes am Ort des ersten Anschlags, der erst nach Eintreffen der Hilfskräfte gezündet wird, um sowohl die Anzahl der Opfer zu erhöhen, als auch weitere Verwirrung und Panik auszulösen.

Die eintreffenden Hilfskräfte müssen all diese Faktoren im Hinterkopf haben, wenn sie eine Lagebeurteilung vornehmen, und sie müssen insbesondere ihre Relevanz abwägen, um die richtigen Maßnahmen einzuleiten. Da die meisten bedrohlichen Substanzen das Risiko einer Inhalation beinhalten, sollte die Annäherung aller Kräfte der verschiedenen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) aus der Windrichtung („mit dem Wind im Rücken“) erfolgen. Außerdem müssen das Vorgehen „bergab“ und insbesondere der Aufbau von Strukturen oberhalb der Einsatzstelle erfolgen, wenn flüssige Gefahrstoffe involviert sein können.

An- und Abfahrt vom Schadensort müssen kontrolliert und möglichst dokumentiert werden. Unbeteiligte und Schaulustige müssen unbedingt durch Information und Absperrmaßnahmen daran gehindert werden, sich der Einsatzstelle zu nähern, um weitere potenzielle Opfer und die Verschleppung einer Dekontamination zu verhindern. Ebenso sollte aus dem gleichen Grund das unkontrollierte Entfernen von Betroffenen vom Schadensort unterbunden werden. Analog zur Vorgehensweise bei einem Gefahrstoffunfall (> Kap. 3) werden verschiedene Kontrollbereiche (heiß, warme, kalte Zone) mit kontrollierten Zugangspunkten und

definierten Bewegungskorridoren eingerichtet (► Abb. 11.13). Auch dabei ist es das Ziel, die Verschleppung von Kontamination und den unbeabsichtigten Kontakt fernab der Schadensstelle zu vermeiden. Außerdem können so möglichst sichere Bereiche für die Sichtung und Behandlung der Patienten eingerichtet werden.

Alle diese Faktoren und ihre möglichen Konsequenzen müssen berücksichtigt werden, bevor weitere Entscheidungen getroffen und Maßnahmen festgelegt werden. Das heißt auch, dass die kritische Bewertung der Lage unter diesen Aspekten und einschließlich der Beobachtung des Verhaltens der Patienten ggf. aus sicherer Entfernung erfolgen muss. Dabei ist vor allem auf mögliche Hinweise zu achten, die das Vorliegen einer Freisetzung biologischer oder chemischer Gefahrenstoffe anzeigen könnten. Die Beobachtungen und Schlussfolgerungen des Mitarbeiters vor Ort müssen der Leitstelle übermittelt werden, damit diese adäquate Maßnahmen einleiten kann.

Bei einem Großschadensereignis wird nach der anfänglichen Koordination durch die Leitstelle schnellstmöglich eine örtliche Einsatzleitung, meist in Form einer technischen Einsatzleitung (TEL), gebildet. Die medizinische Einsatzleitung liegt in den Händen des **Leitenden Notarztes** (LNA) und des **Organisatorischen Leiters Rettungsdienst** (OrgL). Gegebenenfalls erfolgt die Koordination der unterschiedlichen eingesetzten Kräfte bzw. Einsatzabschnitte durch einen Gesamteinsatzleiter.

Neben dieser operativ-taktischen Führungsorganisation in räumlicher Nähe zum Einsatzort werden abhängig vom Ausmaß eines Ereignisses gegebenenfalls weitere Führungsstäbe bzw. Führungsunterstützungsstäbe zur Bewältigung der Lage gebildet. Abhängig von der Dimension bzw. der Art des Ereignisses liegt auch die administrativ-organisatorische Leitung bei den Trägern des Rettungsdienstes und der Feuerwehr, oder es finden Begriffe wie Krisen- bzw. Katastrophenstab Anwendung und die Leitung fällt in die Zuständigkeit des Zivil- und Katastrophenschutzes oder einer anderen Dienststelle oder Behörde.

Seit seiner Gründung am 1. Mai 2004 ist das **Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe** für die Planung und Vorbereitung der Zusammenarbeit von Bund und Ländern bei besonderen Gefahrenlagen zuständig. Dazu betreibt es unter anderem:

- das Gemeinsame Lage- und Meldezentrum (GMLZ),
- das Deutsche Notfallvorsorge- und Informationssystem (deNIS) zur Information der unterschiedlichen Bedarfsträger, aber auch der Bevölkerung (www.denis.bund.de), sowie
- die Warnzentrale für den Krisen- oder Verteidigungsfall.

In seinen Aufgabenbereich fällt außerdem der medizinische Bevölkerungsschutz. Dies umfasst neben der Entwicklung von Rahmenkonzepten die Koordination bei der Bewältigung großer Gefahren- und Schadenslagen sowie die Weiterentwicklung von Zivilschutzforschung, ABC-Schutz und ABC-Vorsorge. Die Entwicklung angepasster Ausrüstung steht dabei im Mittelpunkt.

Entscheidend bei einem Großschadensereignis ist die Kommunikation bzw. das Informations- und Kommunikationsmanagement (IuK) zwischen den Kräften vor Ort und den übergeordneten Führungsstrukturen. Die zwingende Notwendigkeit, eine gemeinsame Einsatzleitung zu bilden, ergibt sich aus:

- der nicht vereinheitlichten Terminologie der verschiedenen Behörden und Hilfskräfte
- den eingeschränkten Möglichkeiten der regionalen Strukturen, weitere Kräfte zu mobilisieren
- den nicht standardisierten Kommunikationsmitteln
- dem Fehlen erprobter Notfallpläne
- dem Fehlen von – ausreichend spezialisierten – (Behandlungs-)Einrichtungen.

Eine (technische) Einsatzleitung oder ein speziell gebildeter Krisenstab stellt die Organisationsstruktur dar, die alle vorhandenen Ressourcen koordiniert, um eine möglichst effektive Reaktion auf das Ereignis zu ermöglichen.

Alle Ereignisse, unabhängig von ihrer Größe oder Komplexität, benötigen einen Einsatzleiter. Diese Funktion muss unter Umständen vom ersten eintreffenden First Responder wahrgenommen werden, bis er z.B. von einem eintreffenden Rettungsdienstmitarbeiter oder Leitenden Notarzt (LNA) und seinem Organisatorischen Leiter Rettungsdienst (OrgL) abgelöst wird. Daher ist es entscheidend, dass sich alle Kräfte des Rettungsdienstes mit den erforderlichen Organisationsstrukturen beschäftigen und die Möglichkeit haben, in diesen zu üben.

Persönliche Schutzausrüstung

Wenn auf einen möglichen CBRN-Einsatz reagiert wird, muss eine angepasste persönliche Schutzausrüstung (PSA) mitgeführt und rechtzeitig angelegt werden. Die persönliche Schutzausrüstung kann von der regulären medizinischen Schutzkleidung bis hin zu Anzügen der Schutzklasse bzw. PSA-Kategorie 3 oder Körperschutz-Form 3 (Bezeichnung unter anderem bei der Feuerwehr) mit einem umluftunabhängigen Atemgerät reichen. Die Schutzausstattung ist so konzipiert, dass sie in unterschiedlichem Ausmaß die Atemorgane, Haut und Schleimhäute der Hilfskräfte schützen soll.

In den USA erfolgt die Einteilung der Schutanzüge in vier Klassen (► Abb. 11.14):

- **Klasse A** Dichter Vollschutanzug mit umluftunabhängigem Atemgerät – Schutz des Respirationstraktes durch ein Atemgerät mit Versorgung über Druckluftflaschen und der Haut und Schleimhäute durch einen chemikaliendichten Ganzkörper-Schutanzug (inklusive chemikalienresistenter Handschuhe und Stiefel).
- **Klasse B** Anzug mit (Spritz-)Schutzwirkung gegen Kontamination durch Flüssigkeiten und von der Außenluft unabhängiges Atemgerät analog zu Klasse A.
- **Klasse C** Spritzschutanzug analog zu B mit Atemgerät, das die Umgebungsluft filtert. Das Atemgerät kann dabei dem Träger die Luft batteriebetrieben aktiv durch einen Filter zuführen oder er muss die Luft unter nicht unerheblicher Anstrengung selbstständig durch einen Filter „ansaugen“. Es gibt Formen mit Gesichtsmasken oder Kopfhauben.
- **Klasse D** Normale Arbeitskleidung mit Schutzhandschuhen und einer chirurgischen Gesichtsmaske.



Abb. 11.14 Persönliche Schutzausrüstung. a: Klasse A, b: Klasse B, c: Klasse C, d: Klasse D

In Deutschland wird die persönliche Schutzausrüstung in verschiedene Kategorien eingeteilt, die den Schutz gegen die Höhe des Risikos beschreiben (geringfügig, mittel und potenziell tödlich). Diese Klassen beziehen sich jedoch nicht primär auf CBRN-Bedrohungen, sondern beschreiben z. B. auch Geräte zur Absturzsicherung. Atemschutzgeräte fallen generell in PSA-Kategorie III.

Für den Bereich von CBRN-Stoffen unterscheidet z. B. die Feuerwehr (FwDV 500) Körperschutz unterschiedlicher Formen, der zur persönlichen Sonderausstattung gehört:

- Körperschutz **Form 1** schützt gegen feste Stoffe und bietet einen eingeschränkten Spritzschutz. Er ist weder flüssigkeits- noch gasdicht, bietet jedoch Schutz gegen thermische Belastungen, den die anderen Formen/Klassen meist nicht leisten.
- Körperschutz **Form 2** schützt (begrenzt) gegen flüssige Stoffe, ist aber nur eingeschränkt gasdicht. Je nach Gefahr wird zwischen Kontaminations-, Infektions- und Flüssigkeitsschutanzug unterschieden.⁵⁸
- Körperschutz **Form 3** schützt gegen eine Kontamination mit festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen und wird auch als Chemikalienschutanzug (CSA) bezeichnet. Die weitere Unterteilung in **Typ 1a und 1b** beschreibt,

- ob die Atemluftversorgung im CSA (1a) oder
- außerhalb des CSA (1b) getragen wird.

Die Typen 1a und 1b können dementsprechend mit umluftunabhängigen Pressluftatmern betrieben werden. 1b ermöglicht auch die Atemluftversorgung über Schlauchsysteme oder die Nutzung von Regenerationsatmern. Letztere mit dem Nachteil, dass solche Geräte mit allen Komponenten die gleichen Anforderungen an die Dichtigkeit erfüllen müssen und ebenfalls vollständig kontaminiert werden.

Die Schutzausrüstung richtet sich nach der jeweiligen Gefahr und der Distanz zum Gefahrenherd. Der **Bereich um den Gefahrenherd** wird dabei in verschiedene Zonen eingeteilt (► Kap. 3):

- Die **heisse Zone** ist das Gebiet, in dem eine unmittelbare Gefahr für Gesundheit und Leben besteht. Dies kann eine Belastung mit gesundheitsschädlichen Gasen, Dämpfen, Aerosolen, Flüssigkeiten oder Stäuben bedeuten. Die PSA muss entsprechend vor den unterschiedlichen Expositionsmöglichkeiten schützen. In dieser Zone wird oftmals eine Schutzausrüstung Form 3 (Klasse A in den USA) getragen.
- Die **warme Zone** ist dadurch charakterisiert, dass die Konzentration des schädlichen Agens bereits geringer ist. Nach

Einsatz von CBRN-Stoffen ist dieser Bereich auch dadurch gekennzeichnet, dass in diese Zone verletzte Personen gebracht werden, um die Dekontamination durchzuführen. Hier besteht für die Rettungskräfte unverändert das Risiko, durch gefährliche Stoffe, die den Opfern, anderen Hilfskräften oder der Ausrüstung anhaften, kontaminiert zu werden. Die PSA muss den möglichen Expositionswegen angepasst werden.

- Die **kalte Zone** ist nicht kontaminiert und es besteht keine Gefahr, gesundheitsgefährdenden Substanzen ausgesetzt zu werden. Deshalb muss darin auch keine spezielle Schutzausrüstung getragen werden.

Es ist wichtig, sich bewusst zu sein, dass diese Zonen oft nicht klar abzugrenzen und nicht statisch sind, sondern sich abhängig von anderen Einflüssen verändern können. Faktoren, die zu derartigen Veränderungen beitragen können, sind sowohl die Aktivitäten der Opfer und Helfer als auch Veränderungen der Umgebungsbedingungen. Falls sie nicht vollständig bewegungsunfähig sind, werden sich die Opfer in die Richtung potenzieller Hilfe und damit der „kalten Zone“ bewegen oder sich sogar vollständig vom Ort des Ereignisses entfernen – in Panik oder mit dem Gedanken, selbstständig Hilfe in einer nahe gelegenen Klinik oder z. B. bei ihrem Hausarzt zu suchen.

Abhängig von möglichen Ausbreitungsmechanismen werden sich die warme und kalte Zone auf der windabgewandten Seite der heißen Zone befinden. Eine Änderung der Windrichtung kann jedoch jederzeit gefährdende Stoffe auch in den Bereich dieser Zonen transportieren, sodass die Möglichkeit, sich zügig zurückzuziehen oder PSA auszugeben, eingeplant werden muss. Die unterschiedlichen Reaktionen auf mögliche Lagedeckungen müssen in den Eventualfall-Planungen für Rettungsmaßnahmen nach einem CBRN(E)-Anschlag berücksichtigt werden, damit die erforderlichen Schritte bei einer tatsächlichen Alarmierung möglichst routinemäßig ablaufen.

Man könnte schlussfolgern, dass die sicherste Vorgehensweise bei der Reaktion auf einen möglichen CBRN-Anschlag darin besteht, unabhängig von der wahrscheinlichen Bedrohung immer in der höchsten Schutzausrüstungsklasse auszurücken. Der gebotene Schutz ist natürlich prinzipiell am besten, jedoch werden Beweglichkeit und Reaktionsgeschwindigkeit der Helfer massiv eingeschränkt. Der Träger der Schutzausrüstung unterliegt immer dem zusätzlichen Risiko schneller körperlicher Erschöpfung, was insbesondere durch die Hitzeentwicklung beschleunigt wird. Die Kommunikation zwischen Helfern und Opfern wird außerdem deutlich erschwert. Dementsprechend ist eine angepasste PSA zu empfehlen, die sowohl die zu erwartende Bedrohung als auch die operationalen Erfordernisse (z. B. die durch den Helfer zu erfüllenden Aufgaben) berücksichtigt.

Sichtung der Patienten

Nach einem Einsatz von MVW werden die Einsatz- und Rettungskräfte potenziell mit einer überwältigenden Zahl von Opfern konfrontiert werden, die untersucht und behandelt werden müssen. Daher muss jedes Rettungsdienst-System Verfahren

identifizieren und einüben, die eine zügige Sichtung der Patienten ermöglichen. Ziel der Sichtung oder Triage ist, das bestmögliche Behandlungsergebnis für eine größtmögliche Anzahl von Patienten zu erreichen.

Unabhängig vom verwendeten Triage-System ist es ausschlaggebend, dieses regelmäßig zu üben und nach Möglichkeit auch in die Routineabläufe einzubinden. Dieses Training muss alle Rettungsdienstkräfte und das übernehmende Personal in den Behandlungseinrichtungen einbeziehen. Nur so kann eine ausreichende Implementierung und effektive Nutzung gewährleistet werden.

Prinzipien der Dekontamination

Patienten können ebenso wie die Hilfskräfte eine Dekontamination benötigen, wenn sie festen oder flüssigen Gefahrenstoffen ausgesetzt wurden, die eine anhaltende Bedrohung für sie oder weitere Helfer darstellen. Wenn Opfer nur gasförmigen Substanzen ausgesetzt waren, besteht keine Gefahr der sekundären Kontamination. Dennoch sollten auch bei diesen Patienten mindestens die äußereren Bekleidungsschichten entfernt werden.

Patienten und betroffene Helfer sollten vor Ort innerhalb der bezeichneten Dekontaminationszone dekontaminiert werden. Eine Dekontaminationszone liegt typischerweise entgegen der Windrichtung und höher als die Gefahrenzone, wenn dies die Gegebenheiten ermöglichen.

Die Dekontamination ist ein Prozess aus zwei Schritten:

- Zuerst werden alle Kleidungsstücke, Schmuck und Schuhe ausgezogen und in einem beschrifteten Sack verstaut, um die spätere Rückgabe zu ermöglichen. Dadurch kann bereits eine Dekontamination von 70–90 % erreicht werden. Außerdem werden feste Substanzen vorsichtig abgebürstet sowie flüssige Kontaminationen abgetupft.
- Im zweiten Schritt wird die Haut des Patienten sorgfältig mit Wasser und gegebenenfalls mit milder Seife gewaschen bzw. abgeduscht. Starke Waschmittel oder bleichende Substanzen müssen ebenso wie mechanische Irritation (z. B. starkes Schrubben) vermieden werden, weil dadurch die Hautbarriere gestört wird und die schädlichen Substanzen vermehrt absorbiert werden. Achten Sie beim Waschen besonders auf die Hautfalten, Achselhöhlen, die Leistengegend, die Gesäßspalte und die Füße.

Die Dekontamination sollte systematisch vor sich gehen, damit keine kontaminierten Stellen übersehen werden. Die Augen sollten nach Entfernung eventueller Kontaktlinsen möglichst lange mit Wasser oder Kochsalzlösung ausgespült werden, insbesondere wenn der Patient Symptome hat. Gehfähige bzw. leicht verletzte Patienten sollten in der Lage sein, bei ihrer eigenen Dekontamination zu helfen bzw. diese unter Anleitung selbst vorzunehmen. Schwerer verletzte oder erkrankte Patienten müssen vom Rettungsdienst-Personal in ausreichender Schutzbekleidung ggf. auf ihrer Trage dekontaminiert werden. Entscheidend ist hier die Übergabe und Umlagerung aus dem kontaminierten („Schwarzbereich“) in den „sauberer“ Bereich („Weißbereich“).

Möglichst rasche Dekontamination zahlt sich durch die Verringerung der Expositionszeit gegenüber potenziell lebensbedrohlichen, jedoch in jedem Fall gesundheitsschädlichen Substanzen immer aus. Daher sollten alle Einsatz- und Rettungsdienstkräfte über Grundkenntnisse bezüglich CBRN-Bedrohungen verfügen und Möglichkeiten kennen, um wenigstens eine improvisierte Dekontamination durchzuführen, insbesondere weil sich das Eintreffen spezialisierter Kräfte verzögern kann. Dabei sollten auch Aspekte betrachtet werden wie:

- Sicherstellung eines bestmöglichen Schutzes der Intimsphäre der Patienten – Berücksichtigung bereits bei der Wahl der Dekontaminationsbereiche oder durch ggf. improvisierten Sichtschutz
- Verfügbarkeit von warmem Wasser für die Säuberung und insbesondere Spülungen
- Verfügbarkeit eines (hinsichtlich Bedeckung und Wärme) sinnvollen Kleidungsersatzes nach Abschluss der Dekontamination
- Versicherung der Patienten, dass ihre Habseligkeiten möglichst sicher gelagert und an sie zurückgegeben werden
- separate Sammlung des kontaminierten Abwassers, falls möglich.

11.2.2 Spezifische Gefahren

Sprengstoffe

Kenntnisse über Explosionsverletzungen sind für alle Mitarbeiter des Einsatz- und Rettungsdienstes unverzichtbar. Eine Untersuchung der 36.110 Sprengstoffzwischenfälle, die zwischen 1983 und 2002 von der „Behörde für Alkohol, Tabak und Waffen“ (*Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, ATF*) erfasst wurden, schließt mit den Worten: „Die Erfahrungen in den USA zeigen, dass die Materialien, die für die Durchführung von Sprengstoffanschlägen erforderlich sind, leicht verfügbar sind [und] der Rettungsdienst darauf vorbereitet sein muss.“⁴⁰

Explosionen kommen in Privathaushalten vor (vor allem als Folge von Gaslecks oder im Zusammenhang mit Bränden) und sind ein betriebsbedingtes Risiko in zahlreichen Industriezweigen. Diese umfassen z.B. den Bergbau, Abrissunternehmen, die chemische Industrie, Raffinerien oder wenn bei der Produktion, Bearbeitung oder Lagerung (Fein-)Stäube auftreten können. Explosionen im industriellen Bereich entstehen durch unbeabsichtigte Freisetzung chemischer Substanzen, Feuer, mangelhafte Wartungsarbeiten sowie aufgrund von elektrischen bzw. anderen maschinellen Funktionsstörungen. Resultieren können zusätzlich der Einsturz oder die Destabilisierung von Gebäuden, herabstürzende Trümmer, die Entstehung oder Freisetzung von giftigen Gasen, sekundäre Explosionen und eine große Anzahl von Verletzten. Eine weitere häufige Ursache für Explosionen ist das Bersten von Behältern, die unter Druck stehen, z. B. Boiler, wenn durch eine Fehlfunktion der Druck im Gefäß die Belastbarkeit der Hülle übersteigt oder wenn diese beschädigt wird. Trotz dieser Möglichkeiten sind Explosionen im betrieblichen oder häusli-

chen Bereich insbesondere im Vergleich mit terroristischen Anschlägen nur für relativ wenig Verletzungen und Todesfälle verantwortlich (z. B. 150 in den Vereinigten Staaten im Jahre 2004).⁴¹

Terroristen nutzen außerdem in zunehmendem Maße vor allem unkonventionelle Brand- und Sprengvorrichtungen (USBV bzw. improvised explosive devices, IED) für Anschläge gegen civile Ziele. Einerseits sind diese Mittel einfach und mit geringem finanziellem Aufwand herzustellen und andererseits können sie bereits Zerstörungen in einem Ausmaß verursachen, das der jeweiligen Tätergruppierung die angestrebte internationale Aufmerksamkeit zuteil werden lässt. Die Wahrscheinlichkeit, dass der First Responder oder der Rettungsdienst mit den Folgen eines konventionellen Anschlages konfrontiert wird, ist tausendfach wahrscheinlicher als ein Anschlag mit chemischen, biologischen oder radioaktiven Stoffen.

Eine Betrachtung der vom US State Department erhobenen Daten über terroristische Anschläge zwischen 1961 und 2003 weltweit zeigt einen signifikanten Anstieg der Ereignisse seit 1996 und einen exponentiellen Anstieg seit den Angriffen vom 11. September 2001.⁴²

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich die Anschläge von einigen besonders betroffenen Regionen wie Nordirland (in den 1970er-Jahren) und Paris (in den 1980er-Jahren) auf die ganze Welt ausgedehnt und es trifft auch Städte wie Atlanta, Nairobi oder Jerusalem. Dennoch gibt es Gebiete mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit von Anschlägen, allen voran der Irak, wo 2007 60 % aller Todesfälle infolge von Terroranschlägen (und damit eine Gesamtzahl von 13.606 Menschen) auftraten.⁴³

Obwohl die USA nicht zu den Ländern gehört, die in der Liste der betroffenen Länder ganz oben steht, wurden 2007 auch dort insgesamt 445 Bombenanschläge, also mehr als ein Anschlag pro Tag, durchgeführt.⁴⁰ Außerdem traten weitere Ereignisse auf, die mit solchen Anschlägen zusammenhängen, wie Diebstahl oder Auffinden von Sprengstoffen, unbeabsichtigte Explosionen etc. (► Abb. 11.15).

Weltweit wurden 2007 14.499 terroristische Anschläge verzeichnet, die 44.310 Verletzte und 22.685 Tote zur Folge hatten. Dies entspricht einem Anstieg von 20–30 % im Vergleich zu 2006.^{40,44} Beim größten Teil der Opfer handelt es sich um Zivilisten (70%).⁴⁰ In Fortsetzung der Entwicklung vom Vorjahr setzte sich die Verschiebung von großen, aufwendig geplanten Anschlägen zu guerillakriegsähnlichen Angriffen von einzelnen Terroristen mit Bomben oder Handfeuerwaffen fort. Insbesondere die Anschläge durch Selbstmordattentäter werden immer häufiger. Ein Beispiel für komplexere Anschläge in 2007 waren koordinierte Angriffe mit gegen die eintreffenden Hilfskräfte gerichteten USBV-Zweitanschlägen, deren Wirksamkeit wiederum durch Chlor-gas gesteigert wurde, das durch die Explosionen als Giftgaswolken freigesetzt wurde. In 2008 waren die Zahlen der Angriffe, Todesopfer und Verletzten erstmalig leicht rückläufig (► Abb. 11.16).

Kategorien

Mediziner, welche die Opfer nach einem Sprengstoffanschlag beurteilen, sollten sowohl die Art bzw. Kategorie des Spreng-

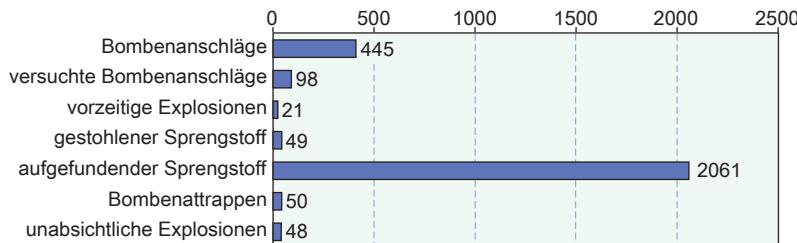


Abb. 11.15 Ereignisse im Zusammenhang mit Sprengstoffen, USA, 2007

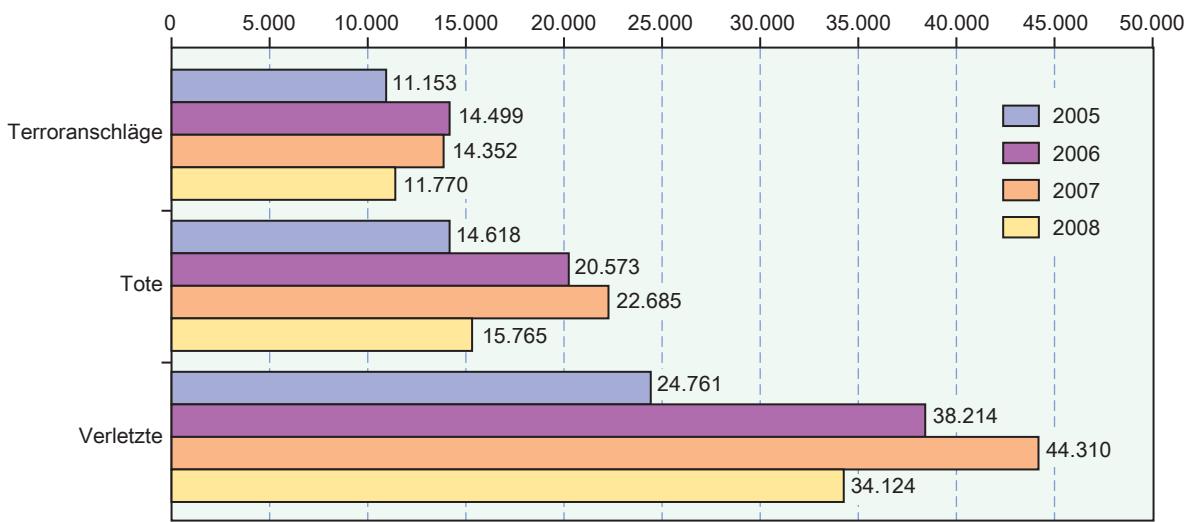


Abb. 11.16 Terroranschläge weltweit und durch sie verursachte Tote und Verletzte: 2005–2008

satzes als auch den Ort des Geschehens besonders berücksichtigen.¹⁶ Man kann nach der Geschwindigkeit der Energiefreisetzung zwei Kategorien von Sprengstoffen unterscheiden:

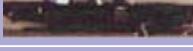
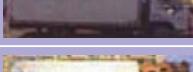
- Hochexplosive, brisante Sprengstoffe (high-order explosives, HE) Sie wurden so entwickelt, dass sie ihre Energie mit hoher Geschwindigkeit freisetzen und damit eine Druckwelle („shock wave“) erzeugen, die durch den erzeugten Überdruck bereits primäre Verletzungen hervorrufen kann. Diese durch den unmittelbaren maximalen Druckanstieg der initialen Explosion verursachte „shock wave“ hat eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 1.400–9.000 m/s.²⁴ Es handelt sich dabei um die führende Ausbreitungsfront als integralen Bestandteil der gesamten Druckwelle („blast wave“), die durch die schlagartige Freisetzung von Energie verursacht wird und dann Fragmente des Sprengkörpers wegschleudert, sekundäre Fragmente aus der Umgebung mobilisiert und zusätzlich eine extreme thermische Strahlung generiert. Beispiele sind TNT (Trinitrotoluol), Semtex, Nitroglycerin, Dynamit und Ammoniumnitrat-Treibstoffe. Vertreter einer jüngeren Entwicklungsgeneration sind Polymer-gebundene Sprengstoffe mit der 1,5-fachen Sprengkraft von TNT (Bsp. Gelignite) sowie die weit verbreiteten Plastiksprengstoffe (Bsp. Semtex). Die HE haben einen abrupten, zerschmetternden Effekt (Brisanz), der Knochen und Weichteile pulvrisieren kann, können Überdruckverletzungen verursachen (Barotraumen) sowie Schrapnelle und Trümmer mit ballisti-

schen Geschwindigkeiten wegschleudern (Fragmentation). Es muss trotzdem bedacht werden, dass auch HE mit langsamer Energiefreisetzung umsetzen können, wenn sie überaltert sind (Semtex) oder feucht geworden sind (Dynamit).

- Langsame Sprengstoffe (low-order explosives, LE) Sie wechseln nach ihrer Zündung relativ langsam von einem festen oder flüssigen in einen gasförmigen Zustand. Man spricht bei ihnen von Deflagration statt von Detonation. Aufgrund der langsameren Energiefreisetzung erzeugen LE-Sprengstoffe eine geringere Druckwelle (weniger als 2.000 m/s). Beispiele sind Rohrbomben, Schwarzpulver und rein petroleumbasierte Bomben wie Molotow-Cocktails.¹⁷ Explosionen, die durch das Bersten von Behältern oder die Entzündung flüchtiger Substanzen entstehen, fallen ebenfalls in diese Kategorie. LE sind nicht in der Lage Überdruckverletzungen zu verursachen.

Art und Menge des Sprengstoffes bedingen unmittelbar die Stärke und damit Reichweite der resultierenden Explosion, wenn der Sprengsatz gezündet wird. Diese Tatsache bedingt, dass aus der Einschätzung der Bedrohung und des möglichen verdächtigen Objektes oder potenziellen sekundären Sprengsatzes – insbesondere seiner Größe – kritische Entscheidungen hinsichtlich der Annäherung an den Einsatzort und die Entfernung für Positionierung und den Aufbau von Einsatzmitteln resultieren. Die Einhaltung einer sicheren Distanz oder die Wahl eines baulich geschützten Bereiches für die Hilfskräfte ist lebensnotwendig (siehe hierzu auch > Kap. 5). > Tab. 11.4

Tab. 11.4 Anhaltswerte für sichere Entferungen bei IED-Bedrohungen

| | Potenzielle Bedrohung | Sprengstoffmenge | Evakuierungs-entfernung für Gebäude | Evakuierungs-entfernung im Freien |
|--------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| Hochexplosive Sprengstoffe |  | Rohrbombe | 2,3 kg | 21 m |
| |  | Selbstmordgürtel | 4,5 kg | 27 m |
| |  | Selbstmordweste | 9 kg | 34 m |
| |  | Kofferbombe | 23 kg | 46 m |
| |  | Mittelklassewagen | 227 kg | 98 m |
| |  | Limousine | 454 kg | 122 m |
| |  | Kleinbus | 1.814 kg | 195 m |
| |  | kleiner Lieferwagen | 4.536 kg | 263 m |
| |  | Lastwagen | 13.608 kg | 375 m |
| |  | Truck mit Aufleger | 27.216 kg | 475 m |
| | Potenzielle Bedrohung | Flüssiggas-Masse-/Volumen | Durchmesser des Feuerballs | Sichere Distanz |
| Flüssiggas (Butan oder Propan) |  | kleiner Flüssiggastank | 9 kg/19 l | 12 m |
| |  | großer Flüssiggastank | 45 kg/95 l | 21 m |
| |  | stationärer Flüssiggastank | 907 kg/1.893 l | 56 m |
| |  | kleiner Tanklastwagen | 3.630 kg/7.570 l | 89 m |
| |  | Tanklastzug | 18.144 kg/37.850 l | 152 m |

(Mit freundlicher Genehmigung von National Ground Intelligence Center, United States Army – unklassifiziert)

stellt die Richtwerte für sichere Entfernungen in Abhängigkeit von der Größe des potenziellen Sprengsatzes dar.

Verletzungsmechanismen

Traumatische Schädigungen nach Explosionen werden in drei Kategorien eingeteilt: primäre, sekundäre und tertiäre Verletzungen.¹⁸ Neben diesen unmittelbar durch die Sprengwirkung verursachten Folgen werden mit quartären und quintären Explosionsverletzungen weitere Kategorien beschrieben, die durch Sekundärfolgen und Komplikationen sowie durch toxische Effekte im Zusammenhang mit der Explosion charakterisiert sind. Auch wenn alle Kategorien separat dargestellt werden, resultieren im Allgemeinen Kombinationsverletzungen bei den Opfern. In der > Tab. 11.5 werden die unterschiedlichen Unfallmechanismen und Verletzungen im Überblick dargestellt.

Primäre Explosionsverletzungen (primary blast injury, PBI) werden durch den rapiden und extremen Druckanstieg und die durch ihn ausgelöste Stoßwelle (shock wave) verursacht, die nach der Detonation vonbrisantem Sprengstoff entstehen. Damit ist nicht der nach einer Explosion (sekundär) entstehende Wind gemeint. Die Stoßwelle ist Folge und Fortsetzung der unmittelbaren Kompression der den Sprengstoff umgebenden Luft. Der entstehende Überdruck kann bis zu 4 Millionen psi (1 psi ~ 7.000 Pa) betragen und damit den Atmosphärendruck (14,7 psi) um das 270.000-Fache übersteigen. Die entstehenden longitudinalen Wellen übertragen in der Interaktion mit Gewebe eine ho-

he Energie, erzeugen lokale Druck- und Scherkräfte, verursachen insbesondere Kapillarverletzungen und werden an Gewebeübergängen sowohl verstärkt als auch reflektiert. Dieser Effekt ist an gasgefüllten Organen ausgeprägter. Die Stoßwelle breitet sich von ihrem Entstehungsort konzentrisch aus und verliert langsam an Energie. Je nach Distanz zwischen Opfer und Explosionsort, den dazwischen liegenden Hindernissen sowie den Ausbreitungsmöglichkeiten der Druckwelle ist der Schweregrad der primären Explosionsverletzungen zu erwarten. Dramatische Unterschiede sind daher z. B. zwischen den Opfern einer Explosion auf einem offenen Platz und Personen, die, wie die Passagiere eines Busses, von der Zündung eines Sprengsatzes in einem geschlossenen Raum betroffen sind, zu erwarten.

Die primären Verletzungen durch eine Detonation betreffen vor allem die gasgefüllten Hohlorgane wie Lungen, Magen-Darm-Trakt und Mittelohr. Parenchymatöse Organe sind gewöhnlich nicht oder geringer betroffen. Die Verletzung des Organs wird dadurch verursacht, dass durch die rasche Kompression des Gases innerhalb des Organs dieses zuerst kollabiert, um dann im Zuge der folgenden rapiden Expansion massive Gewebezerstörungen bis zur Ruptur zu erleiden. Lungenschädigungen manifestieren sich daher als Lungenkontusion oder auch Hämatopneumothorax mit entsprechender Hypoxämie, wenn der Patient nicht unmittelbar seinen Verletzungen erliegt (> Kasten 11.5). Die Ruptur von Alveolen und Lungengefäßen kann zu Gasembolien führen, die wiederum zerebrale oder kardiale Infarkte verursachen können. Darmschädigungen können Einblutungen in die Darmwand,

Tab. 11.5 Explosionsverletzungen

| Effekt | Wirkung | Verletzungsmechanismus | Typische Verletzungen |
|----------------------------------|--|--|---|
| Primäre Explosionsverletzungen | direkte Druckwirkung (Über- und Unterdruck) | <ul style="list-style-type: none"> durch den Kontakt der Stoßwelle mit dem Körper Druckeinwirkung und Scherbewegungen in Geweben Verstärkung und Reflexion der Wellen an Gewebeübergängen gasgefüllte Organe am schwersten betroffen | <ul style="list-style-type: none"> Trommelfellverletzungen Lungenkontusion Augenverletzungen Gehirnerschütterung |
| Sekundäre Explosionsverletzungen | Projektile, die durch die Explosion erzeugt/weggeschleudert werden | <p>ballistische Verletzungen durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> primäre Fragmente (Bruchstücke des explodierenden Sprengkörpers) sekundäre Fragmente (sekundär mobilisierte, kleinere Objekte aus der Umgebung, z. B. Glas splitter) | <ul style="list-style-type: none"> penetrierende Verletzungen (Cave: Spannungspneumothorax!) Lazerationen |
| Tertiäre Explosionsverletzungen | Schleudern des Opfers gegen ein Objekt oder auf eine harte Oberfläche oder Schleudern von Objekten gegen das Opfer | <ul style="list-style-type: none"> stumpfe Krafteinwirkung auf Weichteile und Knochen großflächige Weichteilquetschung oder Verschüttung | <ul style="list-style-type: none"> stumpfe Verletzungen Knochenbrüche Kompartiment-Syndrom Crush-Syndrom Hirnkontusion |
| Quartäre Explosionsverletzungen | Hitze oder heiße Dämpfe | <ul style="list-style-type: none"> Verbrennungen und Inhalation von Dämpfen Wundverunreinigung durch Umgebungspartikel | <ul style="list-style-type: none"> Verbrennungen Inhalationstrauma Vergiftungen Infektionen/Sepsis |
| Quintäre Explosionsverletzungen | Zusatzstoffe der Bombe, insbes. radioaktives oder chemisches Material („dirty bomb“) | <p>Kontamination der Wunde durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bakterien, Strahlung oder Chemikalien allogene Knochenfragmente | verschiedenste pathogene Effekte, abhängig von der Substanz |

aber auch Perforationen einschließen. Das Trommelfell kann einreißen und es können die Gehörknöchelchen dislozieren.

11.5 Lungenkontusion durch Explosionsbarotrauma – Was Einsatz- und Rettungskräfte wissen sollten

Die derzeitigen Aktivitäten terroristischer Gruppen haben weltweit die Wahrscheinlichkeit erhöht, bei Anschlägen mit Explosivstoffen konfrontiert zu werden. Dennoch ist die diesbezügliche Erfahrung im zivilen Rettungsdienst bisher sehr begrenzt. Insbesondere die Lungenkontusion im Rahmen der primären Explosionsverletzung (blast lung injury, BLI) erfordert eine spezifische Triage und beinhaltet diagnostische und therapeutische Herausforderungen. Sie ist die unmittelbare Folge der Einwirkung der durch die Detonation ausgelösten Druckwelle auf den Körper. Der Schweregrad steigt im Regelfall mit größerer Nähe zum Ort der Explosion.^{28–30} Personen, die einer Explosion in geschlossenen Räumen ausgesetzt waren, haben ebenfalls ein erhöhtes Risiko für schwere Verletzungen. Die Lungenkontusion manifestiert sich klinisch mit progredienter Atemnot und Hypoxie. Sie kann, wenn auch eher selten, ohne sichtbare äußere Verletzungen des Brustkorbs auftreten.

Klinisches Erscheinungsbild

- Symptome können Atemnot, Bluthusten, Husten und thorakale Schmerzen umfassen.
- Weitere Anzeichen können Tachykardie, Hypoxie, Zyanose, Atemstillstand, Keuchen, abgeschwächtes Atemgeräusch sowie häodynamische Instabilität sein.
- Opfer mit Verbrennungen von mehr als 10 % der Körperoberfläche, Schädelfrakturen und offene Brustkorbverletzungen werden wahrscheinlich auch eine Lungenkontusion haben.
- Im Verlauf können sowohl Pneumo- als auch Hämatothorax auftreten.
- Aufgrund von Einrissen des Bronchialsystems und der versorgenden Blutgefäße ist es möglich, dass Luft in das arterielle Gefäßsystem übertritt und im ZNS, den Nieren- oder Koronararterien eine Embolie verursacht.
- Im Regelfall sind bereits zum Zeitpunkt der Untersuchung richtungsweisende Symptome feststellbar, aber es ist möglich, dass Symptome mit einer zeitlichen Verzögerung von bis zu 48 Stunden auftreten.
- Häufig geht die Lungenkontusion mit zahlreichen weiteren Verletzungen einher.

Überlegungen zum präklinischen Vorgehen

- Die erste Triage, Erstbehandlung und der Transport der Patienten sollte den gleichen Prinzipien wie bei einem Massenanfall anderer Ursache folgen.
- Achten Sie auf den Auffindeort des Patienten und seine Umgebung. Bei Explosionen in geschlossenen Räumen besteht ein deutlich höheres Risiko, dass primäre Explosionsverletzungen einschließlich Lungenkontusion verursacht wurden.
- Alle Patienten mit Verdacht auf oder bestätigter Lungenkontusion sollten hochdosiert Sauerstoff erhalten, um das Risiko einer Hypoxie zu senken.
 - Eine drohende Atemwegsverlegung muss frühzeitig angegangen werden.
 - Wenn zunehmende Atemprobleme auftreten oder unmittelbar bevorstehen, muss die Indikation zur Intubation großzügig gestellt werden. Dennoch muss dabei auch beachtet werden, dass mechanische Beatmung und Überdruck zügiger zur Ruptur von Alveolen, zu Pneumothorax und Gasembolien führen können.
 - Wenn eine Gasembolie vorliegen könnte, sollte weiterhin Sauerstoff gegeben und der Patient in einer Linksseitenlage gelagert werden.

- Bei klinischem Verdacht oder Anzeichen für einen Pneumo- oder Hämatothorax muss eine engmaschige Kontrolle erfolgen. Bei Zeichen für einen Spannungspneumothorax muss umgehend eine Entlastungspunktion (oder Thoraxdrainage) durchgeführt werden. Dies gilt umso mehr, wenn die Evakuierung im Lufttransport erfolgen soll.
 - Volumengabe sollte zurückhaltend erfolgen, da eine großzügige Volumengabe die Bildung eines Lungenödems forcieren kann.
 - Patienten mit Lungenkontusion sollten schnellstmöglich in die nächstgelegene, geeignete Einrichtung transportiert werden.
- (Quelle: Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta)

Die Folgen von primären Explosionsverletzungen werden meistens bei Patienten festgestellt, die wenige Minuten nach der Explosion an ihren Verletzungen sterben; trotzdem sind die dargestellten Verletzungen häufig auch bei den Überlebenden von Explosionen innerhalb umschlossener Räume zu finden. Oft treten sie auch gemeinsam mit anderen schweren Verletzungen auf und werden daher als Anhalt für eine zu erwartende höhere Mortalität betrachtet. Als Beispiel hatten nach einer Explosion auf einem offenen Platz in Beirut nur 0,6 % der Überlebenden Anzeichen für primäre Explosionsverletzungen – von denen wiederum 11 % später doch starben,¹⁹ während nach einer Explosion in einem geschlossenen Raum in Jerusalem 38 % der primär Überlebenden spezifische Symptome aufwiesen, deren Folgemortalität mit 9 % jedoch in ähnlicher Höhe lag.²⁰

Sekundäre Explosionsverletzungen werden durch herumfliegende Trümmer und Sprengkörperfragmente verursacht. Im militärischen Bereich werden sogenannte Splitterbomben derart produziert, dass sie sich bei der Detonation in multiple Einzelteile zerlegen. Im Bereich improvisierter Bomben werden die Explosivstoffe gezielt z. B. mit Nägeln, Schrauben und Muttern versetzt, die bei der Explosion als Geschosse fungieren. Obwohl die Fragmente Anfangsgeschwindigkeiten von bis zu 1.800 m/s erreichen können, deuten die Wunden bei Überlebenden darauf hin, dass Geschwindigkeiten von weniger als 600 m/s ursächlich waren. Im Gegensatz zu Schusswunden liegen meist multiple Verletzungen vor.

Außerdem entstehen durch die Druckänderungen im Rahmen einer Explosion Winde (blast wind), die Trümmer oder anderes loses Material mitreißen können. Explosionen, die genug Überdruck erzeugen, um etwa 50 % der Trommelfelle der Betroffenen zu schädigen, lösen Winde aus, die kurzzeitig eine Geschwindigkeit von 250 km/h erreichen können. Reicht die Energiefreisetzung einer Detonation aus, um ein primäres Explosionsstrauma zu verursachen, treten Explosionswinde auf, die 1.300 km/h übersteigen können.¹⁸ Auch wenn diese Windgeschwindigkeiten nur kurzzeitig auftreten, können durch sie größere Trümmer beschleunigt werden, die zu schwersten Verletzungen führen, wenn sie ein Opfer treffen. Sekundäre Explosionsverletzungen sind für die meisten Verletzungen der Weichteile und Knochen (insbesondere der Extremitäten) verantwortlich. Sie sind vor allem im urbanen Umfeld die häufigste Verletzungsursache. Eine weitere Dimension bei sekundären Explosionsverletzungen ergibt sich aus der zunehmenden Zahl von Selbstmordattentaten. Insbesondere Knochenfragmente der Attentäter werden zu Sekundärgeschos-

sen, die neben der Infektionsgefahr die Problematik der Reaktion auf allogenes (genetisch fremdes) Material mit sich bringen.

Tertiäre Verletzungen entstehen, wenn die Opfer selbst aufgrund der Druckwelle oder beschriebenen Explosionswinde stürzen oder gegen Hindernisse geschleudert werden. Dies kann zum gesamten Spektrum stumpfer oder penetrierender Verletzungen wie Schädel-Hirn-Traumata und Pfählingsverletzungen führen.

Weitere Verletzungen, die bei Explosionen auftreten, sind thermische Verletzungen, Inhalationstraumata, Verletzungen durch einstürzende Strukturen und septische Syndrome durch die Kontamination mit Erde oder anderen Substanzen aus der Umgebung. Diese werden auch als **quartäre Explosionsverletzungen** bezeichnet (> Kap. 1).¹⁷ Die zunehmende Bedrohung durch Sprengmittel, die mit radioaktiven Substanzen versetzt wurden („dirty bombs“), führte zur Benennung einer fünften Kategorie (**quintäre Explosionsverletzungen**), welche die Verletzungen durch Strahlung, chemische oder biologische Agentien umfasst.^{25,26} Außerdem wird von einigen Quellen hierzu auch die Kontamination durch Knochenfragmente gerechnet, die aufgrund des Mechanismus bereits bei den sekundären Verletzungen genannt wurden.

Verletzungsmuster

Die Helfer können entsprechend der oben geschilderten Mechanismen mit einer Kombination aus penetrierenden, stumpfen und thermischen Verletzungen sowie mit den Folgen primärer Explosionsverletzungen konfrontiert werden.²⁷ Die Zahl der Opfer und die Art der Verletzungen hängen von unterschiedlichen Faktoren wie Explosionsstärke, Zusammensetzung des Sprengkörpers, Umgebung, Aufenthaltsort und Anzahl der Personen im von der Explosion betroffenen Bereich ab.

Verschiedene Bombenarten führen zu unterschiedlichen Mortalitätsraten. In einer Studie, in der man 29 terroristische Bombenanschläge untersuchte, wurden bei Explosionen, die zur Zerstörung eines Gebäudes führten, 25 % der Opfer unmittelbar getötet, bei Explosionen in geschlossenen Räumen starben etwa 8 % und auf offenen Plätzen 4 % der Opfer.¹⁶ Unter den Überlebenden überwogen Weichteil- und knöcherne Verletzungen sowie Schädel-Hirn-Traumata (> Kasten 11.6).

11.6 Verletzungsmuster nach terroristischen Anschlägen

- Die meisten Wunden sind nichtkritische Weichteil- oder Knochenverletzungen.
- Kopfverletzungen überwiegen bei den Patienten, die versterben (50–70 %).
- Die meisten der Patienten mit Kopfverletzungen, die überleben, haben keine kritischen Verletzungen (98,5 %).
- Die meisten Opfer mit Lungenkontusionen („blast lung“) versterben unmittelbar.
- Die Überlebenden haben eine geringe Inzidenz für Bauch- oder Brustkorbverletzungen, Verbrennungen, traumatische Amputatio-nen und Lungenkontusionen, obwohl die spezifische Mortalität jeweils hoch ist (10–40 %).

(Quelle: Frykberg ER, Tepas JJ III: Terrorist bombings: lessons learned from Belfast to Beirut, Ann Surg 208: 569, 1988)

Beim Bombenanschlag in Oklahoma City hatten z. B. von den 592 Überlebenden 85 % Weichteilverletzungen (Lazerationen, Kontusionen, penetrierende Wunden und Abschürfungen), 25 % Verstauchungen, 14 % Kopfverletzungen, 10 % Frakturen oder Luxationen, 10 % Augenverletzungen (davon 9 Patienten mit Bulbusrupturen) und 2 % Verbrennungen.²⁰ Bei Weichteilverletzungen waren die Extremitäten mit 74 % am häufigsten betroffen, gefolgt von Kopf und Nacken (48 %), Gesicht (45 %) und Brustkorb (35 %). Achtzehn Opfer hatten schwerste Weichteilverletzungen, einschließlich Zerreißung der Arteria carotis und der Vena jugularis, der Arteria facialis und poplitea sowie zerstörter Nerven, Sehnen und Bänder. Siebzehn Überlebende hatten schwere Verletzungen der inneren Organe, einschließlich partieller Zerreißung des Darms, Einrisse von Nieren, Milz und Leber, Pneumothorax und Lungenkontusion. Bei den Patienten mit Knochenbrüchen hatten 37 % multiple Frakturen. Von den Opfern mit Kopfverletzungen mussten 44 % stationär aufgenommen werden.²¹

Lagebeurteilung und -bewältigung

Die diesbezüglich bekannten Mechanismen sind auch auf die Opfer eines Anschlags mit CBRN(E)-Waffen anwendbar und werden in anderen Kapiteln eingehender behandelt. Einige Besonderheiten der Explosionsverletzungen müssen jedoch bedacht werden. Insbesondere die primären Explosionsverletzungen werden oft unterschätzt. Ihre Problematik ist die unter Umständen verzögerte Feststellung der Schäden, das verzögerte Auftreten bis zu 48 Stunden²² nach dem Ereignis und die potenziell schnelle Verschlechterung der Patienten. Bedrohliche Verletzungen wie Lungenkontusion, Pneumo- oder Spannungspneumothorax und Gasembolien treten mit höherer Wahrscheinlichkeit auf. Intrapulmonale Blutungen und alveolare Ödeme resultieren in schaumig-blutigem Sputum und einem Missverhältnis zwischen Ventilation und Perfusion, intrapulmonalen Shunts und verringelter Compliance. Daraus resultiert eine Hypoxie mit vermehrter Atemarbeit analog zu anderen Lungenkontusionen, wie sie auch bei anderen stumpfen Thoraxtraumen entstehen können.²³

Die Wahrscheinlichkeit, auf Patienten mit einem Polytrauma zu treffen, ist bei Opfern eines Bombenanschlags ebenfalls deutlich erhöht.³¹ Die Behandlungsprinzipien unterscheiden sich nicht von denen bei anderen Unfallhergängen. Das Monitoring umfasst vor allem die erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich blutigem Sputum und Atemnot.

Die Bedeutung von Sekundäranenschlägen und die Konsequenzen für das Vorgehen werden in > Kap. 3 dargestellt.

Erwägungen hinsichtlich des Patiententransports

Die Patienten, die so schwer betroffen sind, dass sie in einem Krankenhaus weiter untersucht oder behandelt werden müssen, sollten in ausreichend ausgestattete Kliniken bzw. Traumazentren gebracht werden. Die Rettungsdienstkräfte sollten sich über die Besonderheiten des Patienten im Zusammenhang

mit einem CBRN(E)-Ereignis im Klaren sein. Das Eintreffen der Patienten im Krankenhaus erfolgt in der Regel in zwei Schüben:

- Die weniger schwer verletzten, noch gehfähigen Patienten erreichen die Kliniken meist selbstständig in einer ersten Welle.
- Die schwerer verletzten Patienten werden verzögert durch den Rettungsdienst eingeliefert.

Dies zeigte sich auch beim Attentat von Oklahoma City: Die Patienten begannen innerhalb von 5–30 Minuten nach dem Anschlag in den umliegenden Notfallaufnahmen einzutreffen. Die Patienten, die tatsächlich stationär aufgenommen werden mussten, erreichten die Kliniken eher später.

Außerdem zeigte sich, wie bei anderen Großschadensereignissen oder Katastrophen, dass der überwiegende Anteil der Patienten in den nächstgelegenen Kliniken erstbehandelt wurde. Nahe gelegene Krankenhäuser können von der ersten Welle der eintreffenden Patienten so überwältigt werden, dass sie Schwierigkeiten haben, die kritischen Patienten der zweiten Welle zu behandeln. In Oklahoma City wurde die höchste Aufnahmerate mit 220 Patienten pro Stunde erst nach 60–90 Minuten erreicht, 64 % suchten Kliniken in einem Umkreis von 2,5 km auf. Gerade diesen Umstand müssen Rettungsdienstkräfte bei der Wahl der Zielklinik unbedingt berücksichtigen.¹⁵

Brandsätze

Brandsätze werden vor allem im militärischen Bereich verwendet und wurden entwickelt, um Ausrüstung, Fahrzeuge oder Bauwerke zu vernichten. Die drei am häufigsten verwendeten Substanzen sind Magnesium, Thermit (Verbindung aus Aluminium und Eisenoxid) und weißer Phosphor. Alle diese Chemikalien sind hochentzündlich und verbrennen mit extrem hoher Temperatur.

Thermit ist pulverisiertes Aluminium und Eisenoxid, das in einer heftigen Reaktion mit Temperaturen bis zu 2.500 °C verbrennt und dabei Aluminiumoxid und flüssiges Eisen freisetzt, das insbesondere bei Kontakt mit Wasser explosionsartig weggeschleudert werden kann.³² Primäre Verletzungsmuster sind zweit- und drittgradige Verbrennungen. Erste Beurteilung und Behandlungsmaßnahmen erfolgen analog zu regulären Verbrennungen. Auch durch Thermit verursachte Wunden sollten nach Entfernung verbleibender Partikel mit reichlich Wasser gespült werden.

Magnesium ist ebenfalls ein Metall in pulverisierter oder fester Form, das mit sehr hoher Temperatur verbrennt. Neben normalen Verbrennungen kann Magnesium Verätzungen verursachen, wenn es mit Gewebeflüssigkeit reagiert. Bei dieser chemischen Reaktion entsteht Wasserstoffgas, das eine Gasbildung in der Wunde bis hin zur Entwicklung eines subkutanen Emphysems verursachen kann. Die Inhalation von Magnesiumstaub führt zu respiratorischen Symptomen wie Husten, Tachypnoe, Hypoxie, Pfeifen und Giemen, Pneumonie und Inhalationsverbrennungen. In der Wunde verbleibende Partikel

reagieren mit Wasser, sodass Spülungen vermieden werden sollten, bis eine Entfernung der Reste oder eine Wundreinigung erfolgt ist. Wenn die Spülung aus anderen Gründen, etwa zur Dekontamination anderer verdächtiger Substanzen, erforderlich ist, sollte versucht werden, Magnesiumreste provisorisch zu entfernen oder diese mit der Spülflüssigkeit wegzuspülen.³²

Weißer Phosphor (WP) ist eine feste Substanz, die sich spontan entzündet, wenn sie mit Luft in Kontakt kommt. Sie verbrennt mit gelber Flamme und weißem Rauch. Bei Hautkontakt verursacht WP umgehend schwere Verbrennungen. WP kann bei Verwendung in Sprengmunition durch die hohe Beschleunigung in die Haut eingesprengt werden. Dort brennen die Partikel bei Luftkontakt weiter, sodass diese Reaktion durch Eintauchen des betroffenen Körperteils in Wasser oder Abdecken mit NaCl-getränkten Verbänden gestoppt oder verlangsamt werden kann. Salbenverbände sollten vermieden werden, da WP fettlöslich ist und solche Verbände daher die systemische Toxizität erhöhen können. Kupfersulfat wurde früher eingesetzt, um WP zu neutralisieren und seine Entfernung zu erleichtern, weil die Reaktion zu einer schwarz gefärbten Verbindung führte, die in der Haut leichter identifiziert werden kann. Kupfersulfat wird heute aufgrund der möglichen Komplikationen, insbesondere intravaskulärer Hämolyse, eher nicht mehr verwendet.

Chemische Kampf- und Gefahrstoffe

Als First Responder und Rettungsdienstmitarbeiter kann man in vielen Situationen mit chemischen Gefahrstoffen konfrontiert werden, z. B. im Rahmen eines Einsatzes in einer Chemiefabrik, beim Unfall eines Tanklastwagens, der Freilegung eines Blindgängers oder bei einem Terroranschlag. Der Industrieunfall 1984 bei Union Carbide in Bhopal, Indien, und der Anschlag mit Sarins 1995 in Tokio sind Beispiele für solche Ereignisse.

Chemische Kampf- bzw. Gefahrstoffe werden in folgende Klassen eingeteilt:

- Zyanide: Blausäure (Zyanwasserstoff) und Chlorzyan (CK); sie werden auch als Blutkampfstoffe bezeichnet
- Nervenkampfstoffe: Tabun (GA), Sarin (GB), Soman (GD), Zyklosarin (GF) und VX
- Lungengifte: Chlorgas, Phosgen (CG), Diphosgen (DP), Chlorpirikrin (PS)
- Hautkampfstoffe: Senfgas (S-Lost, HD), N-Lost (HN-3) und Lewisit (L)
- Psychokampfstoffe: Chinuklidinylbenzilat (BZ)
- Reizgase/Tränengase: CN, CS
- Erbrechen auslösende Stoffe: Adamsit.

Physikalische Eigenschaften

Die Eigenschaften von Chemikalien werden durch Parameter wie chemische Struktur, Temperatur und Umgebungsdruck

beeinflusst. Diese Faktoren bestimmen den **Aggregatzustand** einer chemischen Substanz, ob sie also fest, flüssig oder gasförmig ist.

Diese physikalischen Faktoren haben großen Einfluss auf die primäre und sekundäre Kontamination und mögliche Expositionswege:

- Die **primäre Kontamination** ist definiert als Folge der Exposition gegenüber dem chemischen Stoff am Ort seines Entstehens, also vor allem in der „heißen Zone“ (Wirkzone). Gase, Flüssigkeiten und Aerosole können alle bei der primären Kontamination eine Rolle spielen.
- Als **sekundäre Kontamination** bezeichnet man die Exposition, die nicht am Entstehungsort stattfindet, sondern nachdem die Substanzen durch ein Opfer, eine Hilfskraft oder z. B. durch Ausrüstungsgegenstände in den entfernteren Bereich transportiert wurden. Sie kommt daher vor allem in der „warmen Zone“ (Sicherheitszone) vor. In der Regel tragen vor allem flüssige und feste Substanzen zur sekundären Kontamination bei.

Gase oder Dämpfe schädigen bei Inhalation, werden sich aber nicht auf der Haut ablagern oder Substanzen bilden oder freisetzen, die eine anhaltende Kontamination verursachen. Es ist jedoch möglich, dass Dämpfe von der Bekleidung absorbiert werden. Die Flüchtigkeit spielt eine entscheidende Rolle für die Gefahr der sekundären Kontamination. Flüchtigere Substanzen werden aufgrund der stärkeren Tendenz zu verdampfen mit geringerer Wahrscheinlichkeit zu einer anhaltenden Kontamination führen. Weniger flüchtige Substanzen werden entsprechend länger persistieren und damit kontaminieren. Diese Substanzen verdampfen nicht oder nur sehr langsam. Daher bleiben sie auf den kontaminierten Oberflächen lange erhalten und erhöhen das Risiko sekundärer Kontamination. Der Nervenkampfstoff Sarin ist z. B. im Gegensatz zu VX eine nicht persistierende Substanz.³³

Persönliche Schutzausrüstung

Die persönliche Schutzausrüstung richtet sich nach der Gefahrenlage und dem jeweiligen Agens. Körperschutz Form 3 (Chemikalienschutanzug; USA: Level A) schützt Atemwege und Haut vor Gasen, flüssigen und festen Substanzen sowie Aerosolen. Weil eine externe aktive Luftzufuhr sichergestellt wird, ist diese Ausstattung auch für sauerstoffarme Umgebungen geeignet. Körperschutz Form 2 (Level B) gewährleistet denselben Schutz für die Atemwege wie Form 3, der Schutanzug bietet jedoch nur einen Haut- und Spritzschutz für feste und flüssige Substanzen. Level C schützt die Atemwege nur vor bestimmten Gasen und Aerosolen und bietet einen Hautschutz analog zu B. Körperschutz Form 1 (Level D) bietet keinen spezifischen Schutz gegen chemische Gefahrenstoffe.

Lagebeurteilung und -bewältigung

Nach Sicherung des Einsatzortes muss die Dekontamination der Patienten sichergestellt werden. Patienten mit einer Haut-

exposition gegenüber einer flüssigen Chemikalie müssen mit Wasser dekontaminiert werden. Ein Detergens ist sinnvoll, jedoch werden auch reichliche Mengen Wasser im Allgemeinen ausreichen. Die Exposition gegenüber einem gasförmigen Schadstoff erfordert insbesondere die Rettung aus der heißen Zone und die Unterbrechung weiterer möglicher Exposition durch Entfernung der Bekleidung, da sich Reservoirs in der Bekleidung gebildet haben können. Nach der sorgfältigen Dekontamination werden bei den Patienten die unterschiedlichsten Symptommuster feststellbar sein. Zu diesem Zeitpunkt ist die genaue chemische Zusammensetzung der auslösenden Substanzen meistens noch nicht bekannt. Opfer, die mit chemischen Stoffen in Kontakt gekommen sind, weisen häufig Symptome auf, welche die folgenden Organsysteme betreffen und entsprechende Beeinträchtigungen nach sich ziehen:

- Respirationstrakt – Störung der Oxygenierung und Ventilation
- Schleimhäute – vor allem Reizung bzw. Verletzung der Augen und oberen Atemwege
- Nervensystem – neurologische Beeinträchtigungen bis hin zu Krampfanfällen und Koma
- Gastrointestinaltrakt – resultierend in Erbrechen und Durchfall
- Haut – Verbrennungen und Blasenbildung.

Es folgt eine orientierende Erstuntersuchung (Primary Survey), um die lebensbedrohlichen Zustände zu erkennen und unmittelbar zu behandeln. Bei fortschreitender Symptomatik muss auch erwogen werden, dass die Dekontamination unzureichend erfolgt sein könnte, und sie sollte ggf. wiederholt werden. In einer zweiten vollständigen Untersuchung wird nach Hinweisen gesucht, die bei der Identifizierung des auslösenden Agens helfen, um möglicherweise ein spezifisches Antidot verabreichen zu können. Die Konstellation von Zeichen und Symptomen, welche die Exposition gegenüber einer spezifischen Chemikalie bzw. einem Giftstoff nahe legen, nennt sich **Toxidrom**. Anhand des Toxidroms können Rückschlüsse auf die verursachende Substanz gezogen werden:³⁴

- Das **Reizgastoxidrom** beinhaltet Brennen und Entzündungen der Schleimhäute, Husten und Atembeschwerden. Auslöser können Chlor, Phosgen oder Ammoniak sein.
- Das **asphyxische Toxidrom** wird durch einen zellulären Sauerstoffmangel verursacht. Es kann durch einen zu geringen Gehalt an Sauerstoff in der eingeatmeten Luft entstehen, durch einen inadäquaten Sauerstofftransport zu den Zellen (Kohlenmonoxidvergiftung) oder durch einen gestörten Sauerstoffmetabolismus auf Zellebene (Zyanidvergiftung). Zeichen und Symptome sind Atemnot, Brustschmerzen, Arrhythmien, Synkopen, Krampfanfälle, Koma und Tod.
- Das **cholinerge Toxidrom** ist charakterisiert durch Husten, vermehrten Speichelfluss, Atembeschwerden, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, starkes Schwitzen, verengte Pupillen, Veränderungen des Bewusstseinszustands, Krampfanfälle

und Koma. Pestizide und Nervengifte können diese cholinergen Zeichen und Symptome erzeugen.

Meistens leiten die Helfer stabilisierende Maßnahmen ein, ohne das auslösende Agens zu kennen. Sobald die betreffende Substanz identifiziert ist oder ein charakteristisches Toxidrom ihr Vorliegen äußerst wahrscheinlich macht, beginnen sie eine spezifische Therapie. Zyanide und Nervengifte sind Beispiele für Toxine, bei denen die Patienten von einer spezifischen Therapie profitieren können.

Erwägungen hinsichtlich des Patiententransports

Die Patienten müssen für die weitere Untersuchung und Behandlung zu einer geeigneten medizinischen Behandlungseinrichtung gebracht werden. Die Rettungsdienstbereiche sollten Kliniken definieren, die auf die Behandlung von Vergiftungspatienten vorbereitet sind. Diese Einrichtungen sollten besser befähigt sein, solche Patienten zu behandeln, indem sie einerseits ihr Personal entsprechend weiterbilden und andererseits ausreichend Antidote und Intensivbehandlungsbetten vorhalten.

Bei der Transportsteuerung sollten ähnliche Überlegungen hinsichtlich des zu erwartenden Verhaltens der Opfer und Hilfskräfte angestellt werden wie bei den bereits beschriebenen Anschlägen mit Explosivstoffen. Dass nahe gelegene Notaufnahmen durch die gehfähigen Patienten blockiert sein können, zeigte sich auch in Tokio nach dem Saringas-Anschlag: Von den 640 Patienten, die in einem einzigen Krankenhaus nach dem Anschlag eintrafen, kamen 541 nicht mit dem Rettungsdienst.¹⁵

Ausgewählte chemische Kampf- und Gefahrenstoffe^{33,35,36}

Zyanide

Einsatz- und Rettungsdienstkräfte können auf Zyanide treffen, wenn bestimmte Kunststoffe (z. B. Kunstharze, Acrylfasern, PU-Schaum) brennen. Zyanide kommen in großen Mengen auch in der Industrie vor, wo sie für chemische Syntheseprozesse, die Galvanisierung, Ausfällung bestimmter Mineralien, Färbeprozesse, Druck und Fotografie sowie bei der Herstellung von Papier, Textilien und Plastik verwendet werden. In der Landwirtschaft sind sie z. B. Bestandteil bestimmter Düngemittel. Zyanide wurden auch für militärische Zwecke bevorratet und auf terroristischen Websites waren Anleitungen verfügbar, wie man Vorrichtungen zur Ausbringung herstellen kann.

Zyanwasserstoff bzw. Hydrogenzyanid (Blausäure, Zyklon; chemische Formel HCN) ist eine sehr flüchtige Flüssigkeit und wird daher meistens als Dampf oder Gas vorliegen. Aus diesem Grund ist das Risiko für die Auslösung eines Massenanfalls in einem umschlossenen Raum mit schlechter Belüftung höher als bei der Freisetzung im Außenbereich. Obwohl der Geruch von bitteren Mandeln als klassisch beschrieben wird, handelt es sich nicht um einen verlässlichen Indikator für eine Zyanid-

exposition. (Es wird geschätzt, dass 40–50 % der Bevölkerung nicht in der Lage sind, den charakteristischen Geruch wahrzunehmen.)

Wirkmechanismus von Zyanid ist die Blockierung der Zellatmung (über die Hemmung des Enzyms Cytochrom-c-Oxidase in der Atmungskette) und damit Auslösung eines zügigen Zelltodes. Patienten, die noch spontan atmen, werden mit einer azyanotischen Hypoxie auffallen. Die am meisten betroffenen Organe sind ZNS und Herz. Symptome einer leichten Zyanidvergiftung sind unter anderem Kopfschmerzen, Schwindel, Benommenheit, Übelkeit und Erbrechen sowie Schleimhautreizungen. Schwere Vergiftungszeichen schließen Bewusstseinstrübung, Herzrhythmusstörungen und Hypotension ein und können innerhalb weniger Minuten nach der Inhalation zum Tod führen.

Frühzeitige stabilisierende Maßnahmen sind entscheidend.

Nervenkampfstoffe

Nervenkampfstoffe wurden ursprünglich als Insektizide entwickelt, jedoch in unterschiedlichsten Formen weiterentwickelt, nachdem ihre Wirkung auf Menschen festgestellt wurde. Derzeit existieren sie primär in militärischen Beständen zahlreicher Nationen. Der bisher letzte Einsatz in einem militärischen Konflikt war im Irak-Iran-Krieg. Nervenkampfstoffe wurden außerdem bereits von terroristischen Organisationen hergestellt. Die berüchtigten Freisetzungen erfolgten in Japan, Matsumoto (1994) und Tokio (1995). Weit verbreitete Pflanzenschutzmittel (z. B. E605, Malathion und Carbaryl) und Arzneimittel (z. B. Physostigmin und Pyridostigmin) teilen Eigenschaften mit den Nervenkampfstoffen und können ähnliche Symptome erzeugen.

Nervenkampfstoffe sind bei Raumtemperatur im Allgemeinen flüssig. **Sarin** ist die flüchtigste Substanz der Gruppe, **VX** ist am stabilsten und liegt meist als ölige Flüssigkeit vor. Die Hauptintoxikation erfolgt durch Inhalation des Dampfes und Absorption über die Haut. Nervenkampfstoffe schädigen oder töten bereits in sehr geringen Mengen. Ein kleiner Tropfen VX, des potentesten Nervenkampfstoffes, könnte bei gleichmäßiger Verteilung 1.000 Menschen töten. Weil Nervenkampfstoffe als Flüssigkeiten vorliegen, beinhalten sie das Risiko sekundärer Kontamination über Bekleidung, Haut oder andere Objekte.

Der primäre Wirkmechanismus der Nervenkampfstoffe ist die Inhibition der Acetylcholinesterase (AChE). Dieses Enzym ist für die Hemmung des Neurotransmitters Acetylcholin (ACh) an den cholinergen Nervenrezeptoren verantwortlich. Die ACh-Rezeptoren werden in nikotinische (nAChR; vor allem im Skelettmuskel vorkommende) und muskarinische ACh-Rezeptoren (mAChR) unterschieden. Nikotinische Rezeptoren finden sich vor allem in der quer gestreiften (Skelett-) Muskulatur und im ZNS, während die muskarinischen Typen insbesondere in der glatten Muskulatur, den meisten sekretorischen Drüsen und im ZNS vorkommen.

Stark vereinfacht (da die Wirkung auf die ganglionäre Signalübertragung dosisabhängig ist) sind muskarinische Effekte

eines Nervenkampfstoffes folgende Symptome: Diarröh, Miosis, Bradykardie, verstärkte Bronchialsekretion, Bronchospasmus, Erbrechen, Tränenfluss, Speichelbildung und Schwitzen. Die Symptome aufgrund der nikotinischen Wirkung umfassen Mydriasis, Tachykardie, Schwäche, Hypertension, Hyperglykämie und Faszikulationen. Die durch beide Rezeptoren gleichermaßen ausgelösten ZNS-Effekte schließen Verwirrung, Krämpfe und Koma ein.

Die klinischen Effekte hängen sowohl von der Dosis als auch vom primären Übertragungsweg, also Atemwege oder (Schleim-)Hautkontamination, ab:

- Exposition gegenüber geringen Mengen gasförmigen Nervenkampfstoffes wird primär eine Irritation der Schleimhäute der Atemwege sowie der Augen verursachen. Größere Mengen Nervengas können zügig zu Bewusstlosigkeit, Krämpfen, Atemstillstand und muskulärer Erschlaffung führen. Miosis ist das sensitivste Symptom für eine Exposition gegenüber Nervengasen.
- Die Symptome nach Hautkontamination und die Geschwindigkeit ihres Auftretens hängen ebenfalls von der Dosis ab. Bei geringen Mengen können die Symptome mit mehrstündiger Verzögerung auftreten. Primär können Faszikulationen und lokal verstärkte Schweißbildung vorkommen, dann erst kommt es zu gastrointestinalen Symptomen wie Übelkeit, Erbrechen und Diarröh. Große Hautdosen können bereits innerhalb von Minuten Symptome analog zu denen nach der Exposition gegenüber Nervenkampfstoffen in gasförmigem Zustand verursachen.

Klinische Symptome treten in Form von Rhinorrhö, thorakalem Engegefühl, Miosis (stecknadelkopfgroße Pupillen und Klage über verschwommenes, getrübtes Sehen), Kurzatmigkeit, massivem Speichelfluss und Schwitzen, Übelkeit, Erbrechen, abdominalen Krämpfen, unwillkürliche Stuhl- und Urinabgang, Faszikulationen, Verwirrung, Krämpfen, schlaffer Lähmung, Koma, Atemversagen und Tod auf.

Lungenkampfstoffe und Reizgase

Reizgase, einschließlich Chlorgas (Cl_2), Phosgen (COCl_2), Ammoniak (NH_3), Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffdioxid (NO_2), sind in der industriellen Fertigung allgegenwärtig. **Phosgen** wurde für den militärischen Einsatz in großen Mengen produziert (aufgrund der Kennzeichnung der Granaten unter dem Namen Grünkreuz bekannt) und war im 1. Weltkrieg gemeinsam mit Chlorgas für die meisten der durch chemische Kampfstoffe Getöteten verantwortlich. Lungenkampfstoffe können sowohl Gase bzw. Dämpfe als auch Aerosole sein.

Die physikalischen Eigenschaften der Substanz beeinflussen auch das Ausmaß der potenziellen Gesundheitsschädigung. Maximal $2\text{ }\mu\text{m}$ große aerosolisierte Partikel können bis in die Lungenalveolen vordringen, während Partikel $> 2\text{ }\mu\text{m}$ bereits in den Bronchien ausgefiltert werden. Die Wasserlöslichkeit einer Chemikalie beeinflusst ebenfalls das Verletzungsmuster:

- Symptome der Chemikalien mit hoher Wasserlöslichkeit sind Brennen der Augen, der Nase und des Mundes, Trä-

nenfluss, nasale Sekretion. Außerdem sind aufgrund der Irritation der Glottis Husten sowie Atembeschwerden bis hin zu einem Laryngospasmus möglich. Ammoniak und Schwefeldioxid, die beide sehr gut wasserlöslich sind, verursachen z. B. Reizzonen oder Verletzungen der Augen, Schleimhäute und oberen Atemwege.

- Substanzen mit geringer Wasserlöslichkeit können bei stärkerer Exposition unmittelbar das Alveolarepithel zerstören und auf diese Weise zu akutem Lungenvorfall führen. Bei geringerer Menge können die Symptome abhängig von der Expositionsduer von verzögert auftretender Atemnot aufgrund eines geringfügigeren Lungenödems bis zu einem fulminanten Atemnotsyndrom (ARDS) reichen. Phosgen und Stickoxide, die kaum wasserlöslich sind, werden aufgrund der nur geringen Irritation der Opfer deutlich später wahrgenommen, was meist zu einer langen Einwirkzeit führt. Eine lange Expositionszeit macht es wahrscheinlicher, dass auch die Alveolen geschädigt werden, sodass nicht nur die oberen Atemwege lädiert werden, sondern aufgrund kollabierender Alveolen ein toxisches Lungenödem resultiert.
- Mittelgradig wasserlösliche Agenzien wie Chlorgas können sowohl die oberen Atemwege schädigen als auch eine alveolare Reizung verursachen.

Die Wirkmechanismen und daraus resultierende Verletzungen der einzelnen Reizstoffe sind unterschiedlich. Ammoniak z. B. reagiert mit der Feuchtigkeit der Schleimhäute und bildet dadurch Ammoniumhydroxid, eine starke Base. Chlorgas wiederum verursacht Gewebeschäden durch die Bildung von Salzsäure. Reizgase werden nicht systemisch aufgenommen, beeinträchtigen die Betroffenen jedoch durch eine Schädigung des gesamten pulmonalen Systems.

Die Maßnahmen nach einer Reizgasinhalation schließen Evakuierung der Opfer bzw. Beseitigen der Expositionssquelle, Dekontamination (bei festen Partikeln, Flüssigkeiten oder Aerosolen), die erste orientierende Untersuchung und eine stabilisierende Therapie ein. In den meisten Fällen werden eine Unterstützung der Atmung und Oxygenierung sinnvoll oder sogar erforderlich sein. Auf eine Beteiligung der Augen sollte mit ausgiebiger Spülung mit Kochsalzlösung reagiert werden. Kontaktlinsen müssen in jedem Fall entfernt werden. Außerdem sollte aufgrund der massiv gesteigerten Sekretion eine Absaugung bereitgehalten werden. Der möglicherweise auftretende Bronchospasmus reagiert meist auf Betasympathomimetika. Eine persistierende Hypoxie muss durch Sauerstoffgabe und ggf. Beatmung behoben werden. Die Rettungskräfte müssen sich aufgrund der Hypersekretion, Entzündung der glottischen Strukturen und Laryngospasmus auf eine potenziell schwierige Intubation einstellen.

Hautkampfstoffe (blasenbildende Agenzien)

Zu den Hautkampfstoffen gehören S-Lost (HD, Synonyme: Senfgas, Yperit), Stickstofflost (N-Lost, HN-3) und Lewisit (L). Diese Stoffe wurden ebenfalls für den militärischen Einsatz produziert und in großen Mengen gelagert. Senfgas wurde

erstmalig im 1. Weltkrieg eingesetzt. Durch den Irak wurde es sowohl im Krieg gegen den Iran (1980) als auch gegen die kurdische Minderheit im Irak eingesetzt. Es ist einfach und billig herzustellen.

Senfgas ist eine ölige, klare bis gelb-bräunliche Flüssigkeit, die durch die Druckwelle einer Explosion oder Absprühvorrichtungen aerosolisiert werden kann. Seine Flüchtigkeit ist gering, wodurch es für eine Woche oder länger auf Oberflächen haften kann. Dies erhöht das Risiko einer Sekundärkontamination. Die Substanz wird über die Haut oder Schleimhäute aufgenommen und verursacht unmittelbare Zellschäden. Die dosisabhängigen, klinischen Symptome treten 1–12 Stunden nach dem Kontakt auf. Das verzögerte Auftreten der Symptome erhöht ebenfalls die Wahrscheinlichkeit einer Sekundärexposition, da der Betroffene selbst eine Exposition unter Umständen erst sehr spät bemerkt. Die Aufnahme erfolgt im Bereich warmer und feuchter Haut beschleunigt, sodass Achsel- und Leistenregion besonders empfänglich sind. Augen, Haut und obere Atemwege bieten ein breites Spektrum von Symptomen, das von Erythem und Ödem bis zu Blasenbildung und Nekrose reichen kann. Die oberen Atemwege können auf den Kontakt mit Husten und Bronchospasmus reagieren. Die Exposition gegenüber hohen Dosen kann Übelkeit und Erbrechen auslösen sowie eine Knochenmarkspression verursachen.

Die Erstmaßnahmen beinhalten wiederum die Dekontamination, die erste orientierende Untersuchung und eine stabilisierende Therapie. Es existiert kein spezifisches Antidot für Senfgas. Allerdings kann mit 5- bis 10-prozentiger Chloramin-T-Lösung flüssiges Lost auf der Haut oxidiert und auf diese Weise unschädlich gemacht werden. Sobald die Exposition bemerkt wird, werden Augen und Haut durch reichlich Spülflüssigkeit dekontaminiert, um die weitere Aufnahme sowie Sekundärkontakte zu verhindern. Wenn Chloramin-T-Lösung in ausreichender Menge zur Verfügung steht, sollte sie auch zur vollständigen Waschung genutzt werden (dann allerdings 0,2-prozentig).

Bei Einsatz innerhalb von 20 Minuten kann Natriumthiosulfat (500 mg/kg KG i. v.) die resorpitive Lostwirkung aufheben.⁵⁹ Bereits aufgenommenes Senfgas kann danach nicht mehr dekontaminiert werden und verursacht dementsprechend Zellschäden. Die Flüssigkeit in den entstehenden Vesikeln und Blasen kann keine Sekundärkontakte verursachen. Eine Bronchokonstriktion kann auf Betasympathomimetika ansprechen. Offene Wunden bzw. Blasen sollten wie Verbrennungen mit dem Schwerpunkt auf Wundpflege und Verhinderung von Sekundärinfektionen behandelt werden.

Lewisit verursacht ähnliche Symptome, jedoch ist das Auftreten der Symptome deutlich schneller als bei Senfgas, was in unmittelbaren Schmerzen und Irritation der Augen, Haut und Atemwege resultiert. Außerdem ist ein schlagartiger, intravaskulärer Volumenverlust aufgrund der erhöhten Kapillarpermeabilität, der sogenannte „Lewisit-Schock“, für diese Substanz einzigartig. „British anti-lewisite“ (BAL; Dimercaprol)

steht zur Behandlung nach signifikanter Exposition zur Verfügung. Es wird Patienten mit hypovolämischem Schock oder pulmonalen Symptomen intramuskulär gegeben. BAL-Salbe, die eine Progredienz der Hautschäden verhindern sollte, wird derzeit nicht mehr hergestellt.

Biologische Waffen

Biologische Stoffe in Form von ansteckenden Krankheiten bilden eine alltägliche Gefahr für das medizinische Personal. Auch im Rahmen der täglichen Arbeit müssen Schutzmaßnahmen getroffen werden, um nicht mit Tuberkulose, Influenza, HI-Virus, MRSA, SARS sowie zahlreichen anderen Infektionskrankheiten angesteckt zu werden.

Die Vorbereitungen auf einen möglichen bioterroristischen Anschlag erhöhen die Komplexität der Eventfallplanung im Einsatz- und Rettungsdienst erheblich. Patienten mit Erkrankungen, die heutzutage typischerweise nicht mehr vom Rettungsdienst gesehen werden, wie Pest, Anthrax oder Pocken, können in großer Zahl auftreten und erfordern gezielte Schutzmaßnahmen und Schutzausrüstung.

Im Regelfall werden die bekannten Infektionsschutzmaßnahmen beim Umgang mit diesen potenziell ansteckenden Patienten ausreichen. Ein gezielter terroristischer Anschlag mit gefährlichen Erregern wird jedoch darauf abzielen, einen gefährlichen Krankheitserreger möglichst in der Fläche auszubringen und damit auch First Responder und Rettungskräfte primär oder sekundär zu kontaminiieren. Beispiele dafür sind aerosolierte Anthraxsporen, lebende Organismen oder ein biologisches Toxin. Wenn Hilfskräfte auf einen möglichen Anschlag dieser Art reagieren müssen, sollten die Vorgehensweisen und Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich der persönlichen Schutzausstattung sowie der Dekontamination der Opfer analog zu anderen Gefahrstofflagen praktiziert werden.

Die biologischen Agenzen werden in folgende Klassen eingeteilt:

- Bakterien:
 - Anthrax
 - Brucellose
 - Pest
 - Q-Fieber
 - Tularämie
 - Rotz/Pseudorotz
- Viren:
 - Pocken
 - Venezuela-Pferdeenzephalitis
 - virale hämorrhagische Fieber
- Biologische Toxine:
 - Rizin
 - Botulinustoxin
 - Staphylokokken-Enterotoxin B
 - T-2-Mykotoxine.

Es handelt sich bei dieser Liste um die „klassischen B-Kampfstoffe“, dass heißt, dass sie am wahrscheinlichsten für einen Biowaffenanschlag infrage kommen und von den CDC (Centers for Disease Control) als solche gelistet werden. Prinzipiell gibt es zahlreiche weitere Krankheitserreger, die für einen Einsatz als B-Waffe infrage kommen.

Biologischer Gefahrstoff in konzentrierter Form oder infizierter Patient

Als professioneller Helfer können Sie dem Bioterrorismus in zwei Formen begegnen:

- Eine Umgebung oder ein Patient kann mit einem biologischen Stoff bzw. einer verdächtigen Substanz kontaminiert sein. Die Anthraxanschläge 2001 bzw. die angeblich Sporen enthaltenden Briefe 1998, 1999 und 2001 in den USA sowie in geringerem Umfang z. B. auch in Deutschland sind gute Beispiele für eine solche Situation. Der Rettungsdienst bzw. spezialisierte Kräfte wurden in zahllosen Fällen alarmiert, in denen Briefe mit weißem Pulver auftauchten und teilweise auch bereits „kontaminierte“ Personen betroffen waren. Rettungskräfte werden meist primär oder zusätzlich zu Sicherheitskräften alarmiert, wenn z. B. verdächtige Substanzen in Lieferungen auftauchen. Der Grad einer tatsächlichen Bedrohung kann meistens nicht genauer bestimmt werden, sodass im Zweifelsfall eher potenziell übertriebene Schutzmaßnahmen eingeleitet werden sollten. Der Verdacht auf das Vorliegen eines biologischen Gefahrstoffes sollte bis zur sicheren Entwarnung als tatsächliche Bedrohung behandelt werden. Schutzausrüstung und mögliche Dekontaminationsmaßnahmen sollten dem im ungünstigsten Fall möglichen „B-Kampfstoff“ angepasst werden. Es wird sich also nicht um einen bereits infizierten Patienten handeln, sondern der Rettungsdienst wird sich um Personen kümmern müssen, die fraglich mit einem biologischen, infektiösen Gefahrstoff auf Bekleidung oder der Haut kontaminiert sind. Jede Person, bei der eine solche Kontamination möglich ist, sollte die Bekleidung vollständig entfernen und die möglicherweise betroffene Haut mit Seife und Wasser reinigen.¹⁷ Eine signifikante erneute Aerosolbildung von der Bekleidung oder der Haut des Opfers ist klinisch sehr unwahrscheinlich und demzufolge ist das Risiko für einen Helfer auch gering.³⁷ Um die Gefahr einer Inhalation der Substanz weiter zu verringern, sollte dennoch Bekleidung als Routinemaßnahme nicht über den Kopf ausgezogen, sondern weggeschritten werden. Daran ist ebenfalls die Dekontamination mit Seife und Wasser anzuschließen. Schließlich muss durch die Gesundheitsbehörden über eine mögliche Antibiotikaprophylaxe entschieden werden.
- Das zweite Szenario ist die Versorgung eines Patienten, der möglicherweise Opfer einer Exposition, z. B. durch einen versteckten Anschlag, wurde. Dabei können die Patienten mit einer zeitlichen Verzögerung nach der Infektion mit einem biologischen Agens erkranken und symptomatisch

werden. Ein Beispiel wäre, dass die Exposition gegenüber Anthraxsporen bereits vor Tagen am Arbeitsplatz stattgefunden hat und das Opfer jetzt, Tage später, Symptome von Lungenmilzbrand entwickelt. Ein anderes Szenario läge vor, wenn sich ein Terrorist beim Transport von Pockenviren selbst infiziert hat. Sie werden alarmiert, nachdem er mit einem verdächtigen Ausschlag bewusstlos in seiner Wohnung aufgefunden wurde.

In beiden Fällen kann die Sicherheit der Bevölkerung und das eigene Wohlergehen nur gewährleistet werden, wenn Sie die Sicherheitsmaßnahmen inklusive notwendiger Schutzausrüstung sowie Ihre korrekte Handhabung kennen (► Kasten 11.7 und ► Kasten 11.8). Alle Einsatz- und Rettungsdienstkräfte sollten im Umgang mit den unterschiedlichen Schutzausrüstungen geübt sein. Verschiedene Schutzklassen der PSA werden empfohlen und hängen von der Kontagiosität (Übertragungsfähigkeit) sowie dem möglichen Übertragungsweg des Erregers ab. Die übertragungswegadaptierte PSA wird zusätzlich zu den regulären Maßnahmen des Infektionsschutzes, die bei der Behandlung aller Patienten beachtet werden sollten, genutzt.

Die Sicherheitsmaßnahmen werden in drei Stufen unterteilt: Schutz vor Kontaktinfektion, Tröpfcheninfektion und Aerosolinfektion.

11.7 Anleitung für das Anlegen der persönlichen Schutzausrüstung (Infektionsschutz)

Der genaue Typ der Schutzausrüstung muss dem möglichen Infektionsrisiko angepasst werden und kann von Standardschutzmaßnahmen bis zum Schutz gegen Kontakt-, Tröpfchen- oder aerogen übertragenen Infektionen reichen.

- Schutzkittel/-anzug:
 - Komplette Bedeckung des Körpers muss sichergestellt sein: Nacken bis Knöchel, Arme bis zu den Handgelenken, auch am Rücken dicht schließend.
 - Am Nacken und um die Hüfte sorgfältig verschließen.
- Maske oder Atemgerät:
 - Verschließen Sie die Schnüre oder elastischen Bänder im Nacken und am Hinterkopf.
 - Passen Sie die Verstärkung an den Nasenrücken an.
 - Stellen Sie einen dichten Abschluss am Gesicht und unter dem Kinn sicher.
 - Sitz- und Funktionsüberprüfung (auch bei starker Atmung).
- Schutzbrille oder Gesichtsschild:
 - Überprüfen Sie Sitz und gute Sicht.
- Handschuhe:
 - Achten Sie auf vollständigen Anschluss an die Ärmel des Schutzkittels/-anzugs.

Arbeiten Sie sorgfältig und vermeiden Sie eine Kontamination der Umgebung:

- Fassen Sie sich mit den Händen nicht ins Gesicht.
- Berühren Sie so wenige Oberflächen wie möglich/nur wenn nötig.
- Wechseln Sie die Handschuhe, wenn sie deutliche Gebrauchsspuren aufweisen, oder sofort, wenn sie beschädigt sind.
- Desinfizieren Sie die Hände sorgfältig.

(Quelle: Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta)

11.8 Anleitung für das Ablegen der persönlichen Schutzausstattung (Infektionsschutz)

Abgesehen von Maske/Atemschutz legen Sie die Schutzausstattung im Bereich des Ausgangs bzw. in der Schleuse ab. Legen Sie die Maske erst nach Verlassen des Raumes und Schließen der Tür ab.

1. Handschuhe:

- Die Außenseite der Handschuhe ist kontaminiert!
- Greifen Sie die Außenseite eines Handschuhs mit der anderen Hand, ziehen Sie ihn von der Hand und halten Sie ihn weiter fest.
- Schieben Sie die Finger der jetzt unbehandschuhten Hand am Handgelenk in den verbleibenden Handschuh.
- Ziehen Sie ihn über den 1. Handschuh und entsorgen Sie beide in den infektiösen Abfall.

2. Schutzbrille oder Gesichtsschild:

- Die Außenseite der Schutzbrille ist kontaminiert!
- Greifen Sie beim Entfernen an das Kopfband oder die Ohrenbügel und entfernen Sie die Brille nach vorne.
- Werfen Sie sie in den dafür vorgesehenen Behälter oder ebenfalls in den infektiösen Abfall.

3. Schutzkittel/-anzug:

- Vorderseite und Ärmel des Schutzkittels sind kontaminiert!
- Öffnen Sie die Verschnürung des Schutzkittels.
- Lockern Sie den Kittel am Nacken und ziehen Sie ihn von den Schultern.
- Drehen Sie die Innenseite nach außen.
- Rollen Sie ihn in ein Bündel und entsorgen Sie ihn ebenfalls.

4. Maske oder Atemgerät:

- Die Vorderseite der Maske ist kontaminiert – auf keinen Fall berühren!
- Lösen Sie zuerst die Nackenbänder, greifen Sie dann das Band am Hinterkopf und entfernen Sie die Maske nach vorn.
- Entsorgen Sie sie ebenfalls.

(Quelle: Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta)

Schutzmaßnahmen vor Kontaktinfektion

Diese Schutzstufe wird empfohlen, um die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von Mikroorganismen durch direkten oder indirekten Kontakt zu vermeiden. Als Schutz werden Handschuhe und Schutzkittel getragen. Die folgenden Organismen oder Infektionskrankheiten können bereits im klinischen Alltag angetroffen werden und erfordern Schutzmaßnahmen gegen ihre unmittelbare Übertragung: virale Konjunktivitis, methicillinresistente Staphylokokken (MRSA), Skabies, Herpes-simplex- und Zoster-Viren etc. Weitere Erkrankungen können als Folge eines bioterroristischen Anschlags auftreten: (Beulen-)Pest sowie virales hämorrhagisches Fieber wie Marburg-Fieber oder Ebola. Der einfache Kontaktsschutz ist hier allerdings nur ausreichend, solange der Patient keine pulmonalen Symptome oder diffuses Erbrechen und Diarröh zeigt.

Schutzmaßnahmen vor Tröpfcheninfektion

Diese Schutzstufe wird angewendet, um Infektionen durch Mikroorganismen zu verhindern, die durch Tröpfchen mit einem Durchmesser $> 5 \mu\text{m}$ übertragen werden. Solche Mikroorganismen können durch Husten, Sprechen, Niesen oder durch das Absaugen eines Patienten übertragen werden. Die Tröpfchen infizieren einen Menschen, wenn sie in Kontakt mit des-

sen Augen- oder Mundschleimhaut kommen. Weil die Tröpfchen groß sind, haben sie nur eine geringe Reichweite. Eine Übertragung kann nur in unmittelbarer Umgebung (Abstand vermutlich $< 1 \text{ m}$) erfolgen. Infektionsschutzmaßnahmen umfassen Handschuhe, Schutzkittel, chirurgischen Mundschutz sowie Schutzbrille. Aufgrund der geringen Reichweite sind weitere Maßnahmen wie zusätzliche Atemfilter oder eine Filtrierung der Luft nicht notwendig.

Mikroorganismen dieser Kategorie sind typischerweise Influenzaerreger, Mykoplasmen, invasive *Haemophilus-influenzae*- (nur bei Kindern) oder *Neisseria-meningitidis*-Erreger (lösen Sepsis oder Meningitis aus). Theoretisch ist Lungenpest ein Beispiel für ein bioterroristisches Agens dieser Kategorie. Allerdings müssen aufgrund der geringen Infektionsdosis (10–100 Erreger) und der hohen Letalität stärkere Schutzmaßnahmen ergriffen werden.

Schutzmaßnahmen vor Aerosolen

Schutzmaßnahmen dieser Klasse müssen angewendet werden, wenn sich die Mikroorganismen durch die Luft als Aerosol übertragen lassen. Diese Partikel weisen einen Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$ auf und verbleiben als Aerosol in der Luft. Durch Luftströmungen in unmittelbarer Nähe der Quelle, aber auch in größerer Entfernung (z. B. durch Klimaanlagen verursacht) können sich diese Mikroorganismen weit verbreiten. Patienten mit einer solchen Infektion werden isoliert, und die Abluft aus den Isolationszimmern wird gefiltert. Schutzmaßnahmen dieser Kategorie sind Handschuhe, Überzüge, Augenschutz sowie eine geprüfte, gut sitzende Maske mit Schwebstoff-(HEPA-)Filter.

Mikroorganismen dieser Klasse können die Erreger von Tuberkulose, Masern, Windpocken und SARS sein. Pocken oder virale hämorrhagische Fieber mit pulmonaler Beteiligung sind Beispiele für aerosolübertragene Erkrankungen, die im Zusammenhang mit einem bioterroristischen Anschlag auftreten können. Bei Verdacht auf bzw. Vorliegen dieser Erkrankungen muss der Patient jedoch unbedingt in einer Isoliereinheit mit Unterdruck behandelt werden. Das betreuende Personal sollte einen ventilatorunterstützten HEPA-Schutzanzug tragen.

Gegen einen großen Anteil der Infektionen im Zusammenhang mit bioterroristischen Anschlägen müssen die Schutzmaßnahmen nicht über den regulären Infektionsschutz hinausgehen. Dies gilt jedoch nicht für die gerade genannten Beispiele sowie im Fall einer Exposition gegenüber einem hochkonzentrierten Wirkstoff. Beispiele für Letzteres sind Lungenmilzbrand oder biologische Toxine wie Botulinustoxin.

Strahlenunfälle, nukleare und radiologische Waffen

Nach den Anschlägen vom 11. September 2001 begann man sich mit der Möglichkeit auseinanderzusetzen, der Rettungsdienst könnte in die Lage kommen, die Folgen eines Anschlags mit nuklearen oder radiologischen Waffen zu bewältigen. Früher dachte man, Strahlenunfälle könnten am ehesten im Rah-

men eines Nuklearkriegs oder bei Unfällen in zivilen Kernkraftwerken entstehen. Heutzutage steigt das Bewusstsein, dass eine improvisierte Nuklearwaffe oder „schmutzige Bombe“ durch Terroristen eingesetzt werden könnte. Bei einer „schmutzigen Bombe“ wird eine konventionelle Bombe gezündet, die ein sie umgebendes radioaktives Material in der Umgebung verbreitet.

Obwohl Unfälle mit Strahlenquellen selten sind, gab es seit 1944 243 Strahlenunfälle mit 1.342 Opfern, welche die Kriterien für eine signifikante Exposition erfüllten. Weltweit gab es 403 Unfälle mit 133.617 Opfern, davon 2.965, die einer signifikanten Strahlendosis ausgesetzt waren, von denen 120 verstarben. Die Tschernobyl-Katastrophe war für 116.500 bis 125.000 Strahlengeschädigte und mit Stand 2005 nahezu 50 Todesfälle verantwortlich. Es wird jedoch befürchtet, dass die Anzahl der Todesopfer durch einen Anstieg der Krebserkrankungen auf bis zu 4.000 steigen kann.

Radioaktive Unfälle können Angst und Verunsicherung nicht nur bei der Bevölkerung, sondern auch bei den professionellen Helfern verbreiten. Das Sichvertrautmachen mit den Abläufen und routinemäßiges Üben der Bewältigung radioaktiver Unfälle sowie das Training der Verfahren im Umgang mit radioaktivem Material können helfen, diese Angst zu reduzieren, um im Katastrophenfall adäquat reagieren zu können (► Kasten 11.9).

Die Freisetzung ionisierender Strahlung und eine radioaktive Kontamination können Folge verschiedener Szenarien sein:

- Detonation einer nuklearen Waffe, z. B. einer modernen Kernwaffe oder eines improvisierten nuklearen Sprengkörpers mit geringerer Energie
- Detonation einer „schmutzigen Bombe“, das heißt einer konventionellen, nicht nuklearen Bombe, die assoziiertes radioaktives Material verteilt
- Sabotage oder ein Unfall in einem Kernkraftwerk
- falscher Umgang mit radioaktivem Material, insbesondere auch mit radioaktiven Abfällen.

11.9 Prinzipien für die Reaktion auf eine Strahlenkatastrophe

- Stellen Sie zuerst die Gefahrenlage am Unfallort fest.
- Alle Patienten werden zuerst hinsichtlich ihrer (dringend behandlungsbedürftigen) traumatologischen Probleme versorgt, bevor man Überlegungen hinsichtlich des Vorliegens einer Strahlenbelastungen und Kontamination anstellt.
- Eine äußerliche Strahlenbelastung kann Gewebeschäden verursachen, macht den Patienten aber nicht radioaktiv. Selbst Patienten mit lebensbedrohlichen Strahlenschäden stellen kein Risiko für das behandelnde Personal dar.
- Patienten können mit radioaktivem Material kontaminiert werden, das sich auf ihrer Haut oder Bekleidung absetzt. Mehr als 90 % dieser Oberflächenkontaminationen können durch die Entfernung der Bekleidung beseitigt werden. Verbleibende Kontaminationen können mit Seife und Wasser abgewaschen werden.
- Schützen Sie sich selbst gegen radioaktive Kontamination, indem Sie die grundsätzlichen Schutzmaßnahmen beachten: Tragen von Helm, Handschuhen, Maske etc.

- Patienten, die innerhalb der ersten 4 Stunden Übelkeit und Erbrechen oder eine deutliche Hautrötung aufweisen, sind wahrscheinlich mit hohen Strahlendosen konfrontiert gewesen.
- Radioaktive Kontaminationen in Wunden sollten als Verunreinigung betrachtet werden und als solche auch zügig weggespült werden. Vermeiden Sie es, metallische Fremdkörper mit der Hand zu entfernen.
- Die Gabe von Kaliumiodid ist nur sinnvoll, wenn vermutlich radioaktives Iod freigesetzt worden ist. Kaliumiodid ist kein generelles Antidot nach Bestrahlung.
- Zeit/Entfernung/Abschirmung bilden das Schlüsselkonzept in der Prävention von unerwünschten Strahlenexpositionen: Strahlenbelastungen werden vermieden bzw. reduziert, indem man die **Arbeitszeit** in der betroffenen (heißen bzw. warmen) Zone **reduziert**, die **Entfernung** zu einer Strahlenquelle möglichst **groß** hält und nach Möglichkeit eine **Abschirmung** aus Metall oder Beton nutzt.

(Modifiziert nach: Department of Homeland Security Working Group on Radiological Dispersion Device Preparedness/Medical Preparedness and Response Subgroup, 2004, www.1.va.gov/emshg/docs/Radiologic_Medical_Countermeasures_051403.pdf)

Medizinische Folgen einer Strahlenkatastrophe

Die Verletzungen und Gefährdungen im Rahmen einer nuklearen Katastrophe dürften vielfältige Ursachen haben. Bei einer nuklearen Detonation können die Opfer unmittelbar durch die Sprengkraft und Druckwelle primäre, sekundäre und tertiäre Explosionsverletzungen erleiden. Zusätzlich kommt es zu einem hohen Anteil an Verbrennungen (insbesondere durch Initial- und Hitzestrahlung). Einstürzende Strukturen sorgen für weitere Verletzungen bzw. Verletzte. Die Betroffenen können unmittelbare Strahlenschäden erleiden, aber auch weitere Strahlenbelastungen durch die Rückstandsstrahlung (überwiegend Beta- und Gammastrahlung aus Fallout) und die spätere Freisetzung von Radioaktivität aus äußeren oder inneren Kontaminationen erfahren. Eine fortschreitende äußere Strahleneinwirkung würde vorwiegend von Ablagerungen auf Haut und Bekleidung ausgehen, während eine innerliche Kontamination durch Inhalation radioaktiver Partikel, Einnahme verseuchter Nahrung, Freisetzung aus und Resorption von eingedrungenen Fremdkörpern oder Ablagerung radioaktiven Materials in Wunden entsteht.

Reaktorunfälle in einem Kernkraftwerk können ohne nukleare Detonation große Mengen ionisierender Strahlen freisetzen. Diese Gefahr besteht vor allem, wenn die Kalkulationen hinsichtlich oder die Kontrolle der kritischen Masse fehlerhaft sind. „Konventionelle“ Explosionen, Feuer oder Gasaustritte können ebenfalls radioaktive Gase und Feinstäube freisetzen, die ein Expositions- und Kontaminationsrisiko für Hilfskräfte darstellen.

Radiologische (nicht nukleare) Waffen (radiation dispersion devices, RDD) können aller Wahrscheinlichkeit nach nicht genug Radioaktivität freisetzen, um schwerwiegende akute Strahlenschäden zu verursachen. Trotzdem wird die durch sie ausgebreitete radioaktive Kontamination der Opfer – und Helfer – (primär in der Form von Feinstäuben) die Versorgung

der „konventionellen“ Explosionsverletzungen erschweren und in jedem Fall den Ablauf der Versorgung verzögern. „Schmutzige Bomben“ können auch bei Hilfskräften Verunsicherung und Panik betreffs möglicher Strahlenexposition hervorrufen und so ebenfalls die Behandlung verzögern.

Ionisierende Strahlung verursacht Verletzungen auf zellulärer Ebene durch Interaktionen mit den Atomen und die Abgabe von Energie. Durch diese **Ionisation** werden entweder die Zellkerne direkt geschädigt, was zu Zelltod oder Fehlfunktionen führt, oder die Zellen werden indirekt geschädigt, indem toxische Moleküle (durch die Interaktion mit Wasser) entstehen. Eine akute Exposition gegenüber großen Strahlemengen (Gammastrahlen und Neutronen) innerhalb kurzer Zeit führt zur akuten Strahlenkrankheit. Ionisierende Strahlung umfasst Alphateilchen, Betateilchen, Gammastrahlung und Neutronen.

- **Alphateilchen** sind relativ groß und können die Haut nicht durchdringen. Eine intakte Haut oder die Kleider bieten adäquaten Schutz vor Alphateilchen. Ionisierende Strahlung von Alphateilchen wird erst dann zu einer Gefahr, wenn sie durch Inhalation oder Einnahme in den Körper gelangen. In diesem Fall können sie massive innere Verletzungen durch direkte Zellschädigung erzeugen.
- **Betateilchen** sind kleine geladene Teilchen, die eine höhere Eindringtiefe als Alphateilchen haben und tiefere Hautschichten bis in die Unterhaut verletzen, was zu „Beta-Verbrennungen“ führt. Strahlung durch Betateilchen findet sich hauptsächlich im nuklearen Fallout. Betateilchen können auch zu einer lokalen Strahlenverletzung führen.
- **Gammastrahlen** verhalten sich ähnlich wie Röntgenstrahlen und können Gewebe leicht durchdringen. Sie werden bei einer nuklearen Detonation und später durch den Fallout freigesetzt. Gammastrahlen werden von bestimmten Radionukliden freigesetzt, die möglicher Bestandteil schmutziger Bomben sind. Sie verursachen die sogenannte **Ganzkörperexposition**. Eine ausreichend hohe Dosis kann zur akuten Strahlenkrankheit führen (► Kasten 11.10).
- **Neutronen** durchdringen das Gewebe sehr leicht und weisen die 20-fache Energie von Gammastrahlen auf, sodass sie unmittelbar große Gewebeschäden verursachen können. Auch Neutronen werden bei nuklearen Detonationen freigesetzt, stellen jedoch kein Falloutrisiko dar. Neutronen tragen zur Ganzkörperexposition bei und können ebenfalls die akute Strahlenkrankheit hervorrufen. Neutronen können Metalle in radioaktive Isotope umwandeln, was relevant für Patienten ist, die metallische Gegenstände am Körper tragen oder zum Zeitpunkt der Exposition trugen.

11.10 Allgemeine Hinweise zu terroristischen Anschlägen mit ionisierenden Strahlen

Diagnose

Diese Angaben erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dienen der schnellen Orientierung. Seien Sie wachsam in Bezug auf Folgendes:

- Die akute Strahlenkrankheit folgt je nach Expositionsmenge einem vorhersagbaren Verlauf (► Tab. 11.6).

- Personen erkranken durch eine Kontaminationsquelle in ihrer Umgebung, können jedoch erst deutlich später aufgrund ihres spezifischen Symptomenkomplexes (► Tab. 11.7) identifiziert bzw. diagnostiziert werden.
- Spezifische Symptome, die Anlass zur Besorgnis geben, insbesondere wenn eine etwa 2- bis 3-wöchige, vorausgegangene Episode mit Übelkeit und Erbrechen angegeben wird, sind:
 - Hautveränderungen wie bei Sonnenbrand bzw. geringgradigen Verbrennungen, ohne dass ein auslösendes Ereignis ermittelt/erinnert werden kann
 - immunologische Abwehrschwäche mit Sekundärinfektionen
 - Blutungsneigung: Nasen- oder Zahnfleischbluten, Petechien
 - Knochenmarksuppression: Neutro-, Lympho- und Thrombozytopenie
 - Haarausfall.

Verständnis einer möglichen Exposition

Die Exposition kann bewusst oder unbemerkt erfolgen durch:

- große, offensichtliche Strahlenquellen wie eine nukleare Bombe oder einen schweren Störfall in einem Kernkraftwerk,
- eine kleine Strahlenquelle, die kontinuierlich Gammastrahlung abgibt und damit eine intermittierende Exposition für Einzelpersonen oder Gruppen darstellt (z. B. radioaktive Isotope aus der Nuklearmedizin oder kontaminiertes Trinkwasser oder Lebensmittel),
- internalisierte Strahlung durch absorbiertes, eingeatmetes oder verschlucktes radioaktives Material (innere Kontamination).

(Modifiziert nach: Department of Veterans Affairs, pocket guide produced by Employee Education System for Office of Public Health and Environmental Hazards. Diese Information erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll eine schnelle Orientierung bieten. Zur genaueren Information sollten unbedingt weitere Quellen konsultiert werden.)

Die Stärke der Ganzkörperexposition wird in **Gray (Gy)** angegeben. Das rad (radiation absorbed dose) war die früher gebräuchliche Einheit; 1 Gy entspricht 100 rad. Die Einheit rem (radiation equivalent man) steht für die „tatsächliche Strahlenbelastung“ und wird berechnet, indem man die Dosis in rad mit einem Qualitätsfaktor multipliziert, der die unterschiedliche Ionisationsfähigkeit berücksichtigt und daher für die unterschiedlichen Strahlungsarten spezifisch ist. Die Einheit rem wurde durch **Sievert (Sv)** ersetzt, 1 Sv entspricht 100 rem.

Radioaktive Strahlung betrifft vor allem Zellen mit einer hohen Teilungsrate. Dies führt vor allem zur Schädigung von Knochenmark und Gastrointestinaltrakt. Höhere Dosen können das zentrale Nervensystem direkt schädigen.

Die Gesamtdosis der Ganzkörperexposition bestimmt auch das Ausmaß der medizinischen Folgen. Patienten, die von bis zu 1 Gy Ganzkörperexposition betroffen wurden, bieten typischerweise keinen Anhalt für eine akute Schädigung. Zwischen 1 und 2 Gy entwickelt etwa die Hälfte der Patienten Erbrechen und Übelkeit und in der Folge eine Leukopenie, nur wenige sterben an den Strahlenfolgen. Die meisten Opfer, die über 2 Gy Ganzkörperexposition erhalten, werden krank und benötigen eine stationäre Behandlung. Bei über 6 Gy ist bereits eine hohe Letalität zu erwarten. Bei Dosen über 30 Gy sind neurologische Schäden offensichtlich, und die meisten Patienten sterben in weniger als drei Tagen.

Die **akute Strahlenkrankheit** weist eine Prodromalphase mit Mattigkeit, Übelkeit und Erbrechen auf. Danach folgt eine

Tab. 11.6 Akute Strahlenkrankheit – Wirkungen akuter kurzzeitiger Ganzkörperexposition nach äußerer Strahleneinwirkung oder -inkorporation

| Dosis | 0–1 Gy | 1–2 Gy | 2–6 Gy | 6–8 Gy | 8–30 Gy | > 30 Gy |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--|---|--|------------------------------------|
| Klinische Frühsymptomatik | | | | | | |
| Übelkeit, Erbrechen | keine | 5–50 % | 50–100 % | 75–100 % | 90–100 % | 100 % |
| Zeit nach Exposition | | 3–6 h | 2–4 h | 1–2 h | < 1 h | Minuten |
| Dauer | | < 24 h | < 24 h | < 48 h | 48 h | entfällt |
| Lymphozytenzahl pro μl | > 1.500 | < 1.500 | < 1.000 nach 24 h | < 500 nach 24 h | Abnahme innerhalb von Stunden (< 200) | geht gegen 0 binnen Stunden |
| ZNS-Funktion | keine Einschränkung | keine Einschränkung | einfache Routineaufgaben lösbar, kognitive Einschränkung für 6–20 h | einfache Routineaufgaben lösbar, kognitive Einschränkung für > 24 h | rasche Handlungsfähigkeit, evtl. klares Intervall (einige Stunden) | |
| Symptomfreie Latenzphase | > 2 Wochen | 7–15 Tage | 0–7 Tage | 0–2 Tage | keine | keine |
| Manifeste Erkrankung | | | | | | |
| Zeichen und Symptome | keine | moderate Leukopenie | schwere Leukopenie, Purpura, Blutungen, Pneumonie, Haarausfall ab > 3 Gy | | Diarröh, Fieber, Elektrolytstörungen | Krämpfe, Ataxie, Tremor, Lethargie |
| Zeit bis Auftreten | | > 2 Wochen | 2 Tage bis 4 Wochen | | 1–3 Tage | 1–3 Tage |
| Kritische Phase | | keine | 4–6 Wochen – größtes Potenzial für medizinische Maßnahmen | | 2–14 Tage | 1–46 Stunden |
| Organsystem | keins | | hämatopoetisches und Atemsystem (Mukosa) | | Gastrointestinaltrakt Schleimhäute | ZNS |
| Krankenhausaufenthalt | 0 % | < 5 % 45–60 Tage | 90 % 60–90 Tage | 100 % 100 Tage | 100 % Wochen bis Monate | 100 % Tage bis Wochen |
| Sterblichkeit | keine | gering | niedrig bei zügiger Behandlung | hoch | sehr hoch, signifikante neurologische Symptome weisen auf tödliche Dosis hin | |

Modifiziert nach: Armed Forces Radiobiology Institute: *Medical management of radiological casualties*, Bethesda, Md, 2003, U.S. Army Publications

Tab. 11.7 Symptomkomplexe als verzögerte Wirkungen nach Strahlenexposition

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kopfschmerzen • Müdigkeit • Schwächegefühl | <ul style="list-style-type: none"> • Magersucht • Übelkeit • Erbrechen • Durchfall | <ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen 2. und 3. Grades • Haarausfall • Ulzerationen | <ul style="list-style-type: none"> • Lymphopenie • Neutropenie • Thrombozytopenie • Purpura • Opportunistische Infektionen |

Modifiziert nach: Armed Forces Radiobiology Institute: *Medical management of radiological casualties*, Bethesda, Md, 2003, U.S. Army Publications

Latenzphase, in der die Patienten nahezu asymptatisch sind. Die Dauer dieser Phase hängt davon ab, wie viel radioaktive Strahlung absorbiert wurde. Danach manifestiert sich die Krankheit an dem Organ system, das am stärksten betroffen ist. Je nach absorbiert Menge an Strahlung sind unterschiedliche Organsysteme betroffen:

- Bereits bei 0,7–4,0 Gy ist das Knochenmark betroffen: Die weißen Blutkörperchen nehmen in ihrer Zahl ab, und eine über einige Tage bis Wochen anhaltende Immunschwäche resultiert. Aufgrund der verminderten Anzahl an Thrombozyten

sind die Patienten anfällig für Hämatome und Blutungen. Die Schädigung der roten Blutkörperchen führt zu einer Anämie.

- Bei 6–8 Gy ist auch der Gastrointestinaltrakt betroffen, so dass die Patienten mit Diarröh und entsprechendem Volumenverlust sowie blutigem Stuhlgang auffallen.
- Ab 30 Gy werden Symptome des neurovaskulären Syndroms manifest, und der Patient leidet initial an Übelkeit und Erbrechen; nach einer Latenzphase von wenigen Stunden wird er langsam einträben. Infolge zunehmender häodynamischer Instabilität wird er schließlich komatos und stirbt.

Dosen von 30 Gy können bei Kernwaffenexplosionen auftreten; mit hoher Wahrscheinlichkeit erliegen die Opfer jedoch bereits den Verletzungen im Zusammenhang mit der Druckwelle. Ähnlich hohen Dosen können Patienten auch bei einem Reaktorunfall ausgesetzt werden.

Nicht alle Strahlenunfälle oder terroristischen Anschläge dürften zu einer Exposition gegenüber hohen Strahlungsdosen führen. Gerade bei der Explosion einer „schmutzigen Bombe“ ist durch die freigesetzte Strahlenmenge nicht mit schwerwiegenden akuten Schädigungen zu rechnen. Abhängig von der aufgenommenen Dosis steigt jedoch die Wahrscheinlichkeit, eine Krebskrankung zu entwickeln. Der unmittelbare Effekt eines Anschlags mit einer „schmutzigen Bombe“ wird neben den Explosionsverletzungen durch den „konventionellen An-

teil“ des Sprengsatzes überwiegend psychologischer Natur sein. Neben Stress- und Angstreaktionen sowie akuter Depression treten psychosomatische Erkrankungen auf, welche die Hauptbelastung des Gesundheitssystems darstellen dürften.

Patienten können durch Stoffe kontaminiert werden, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen emittieren. Eine längere Emission von Gammastrahlen wird vermutlich die Ausnahme sein. Die akute Strahlenkrankheit kann jedoch nur durch Gammastrahlung verursacht werden. Patienten, die Alpha- oder Betastrahlung ausgesetzt waren, weisen aufgrund der geringen Eindringfähigkeit dieser Strahlen vor allem oberflächlich lokale Gewebeschäden auf. Sie können durch Entkleiden und Waschen leicht dekontaminiert werden.³⁸ Strahlenopfer können durch Alpha- oder Betateilchen nicht so stark kontaminiert werden, dass sie selber eine Gefahr für Helfer darstellen. Daher sollte die Behandlung lebensbedrohlicher Verletzungen nicht verzögert werden, auch wenn noch keine Dekontamination durchgeführt wurde.

Wie beschrieben, können radioaktive Partikel inhaliert, verschluckt oder über Wunden aufgenommen werden. Diese Art der Exposition erzeugt nur geringe akute Effekte, Spätfolgen können aber auftreten. Daher sollten nicht nur die Opfer, sondern auch Helfer, die ohne bzw. mit unzureichender Schutzausstattung (kein Atemschutz gegen radioaktive Substanzen) in Gebieten gearbeitet haben, in denen das Risiko einer Kontamination mit radioaktiven Stoffen bestand, routinemäßig nachuntersucht werden. Insbesondere geht es um die Feststellung einer möglichen inneren Kontamination, deren Effekte durch eine medizinische Behandlung verhindert oder wenigstens reduziert werden können.

Persönliche Schutzausrüstung

Einsatz- und Rettungskräfte werden nach einem Einsatz nuklearer oder radiologischer Waffen oder einem Strahlenunfall wahrscheinlich in einem Bereich arbeiten müssen, in dem sie ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. PSA für Rettungskräfte, die für die Nutzung bei biologischen oder chemischen Gefahrenstoffen vorgesehen ist, wird auch einen gewissen Schutz gegen eine Kontamination durch radioaktive Stoffe bieten. Sie wird jedoch nicht vor hochenergetischer Strahlung schützen, wie sie bei Reaktorunfällen oder einem Kernwaffeneinsatz auftreten kann. Radioaktivität kann von festen Stoffen, Gasen, Aerosolen oder Flüssigkeiten ausgehen. Wenn radioaktive Gase vorhanden sind, bietet eine Schutzmaske mit umluftunabhängigem Atemgerät den besten Schutz. Wenn Aerosole vorliegen, reicht ein Atemgerät, das die Umgebungsluft filtert („ABC-Schutzmaske“), aus, um eine innere Kontamination durch die Inhalation radioaktiver Partikel zu verhindern. Eine FFP3-Maske bietet nur einen geringen Schutz gegen die Inhalation von Partikeln.

Ein einfacher Spritzschutanzug schützt gegen Alphastrahlen und begrenzt gegen Betastrahlen, hemmt jedoch nicht die Wirkung von Gammastrahlen oder Neutronen. Derartige Schutzausätze sollen die Dekontamination von radioaktiven Partikeln erleichtern, bieten jedoch keinen Schutz gegen das Risiko einer akuten Strahlenkrankheit, wenn die Person hochenergetischer

radioaktiver Strahlung ausgesetzt wird. Keine der typischen Schutzausätze für den Rettungsdienst schützt vor dieser Form der radioaktiven Strahlung. Sie tritt primär innerhalb der ersten Minute nach einer nuklearen Explosion, in der Nähe eines instabilen Reaktorkerns oder durch eine hochenergetische Strahlenquelle wie Cäsium-137 auf, deren Einsatz allerdings auch in einer schmutzigen Bombe denkbar ist. Der beste Schutz vor radioaktiver Strahlung ist generell eine möglichst kurze Expositionszeit, möglichst großer Abstand von der Quelle und eine bauliche oder fahrzeuggestützte strahlensichere Abschirmung.

Derzeit laufen Untersuchungen mit weiterentwickelten Schutzausstattungen, die aufgrund neuer Materialien auch einen gewissen Schutz vor Gammastrahlung bieten sollen. Im Gegensatz zu chemischen Gefahrenstoffen dürfte die Inhalation, Aufnahme oder Hautabsorption radioaktiver Gase oder Aerosole aufgrund einer unzureichenden Schutzausstattung ein Anschlagsopfer oder einen Helfer nicht unmittelbar handlungsunfähig machen. Alle Rettungskräfte, die in einer potenziell mit radioaktivem Material verseuchten Umgebung gearbeitet haben, müssen einer Untersuchung unterzogen werden, um festzustellen, ob eine innere Kontamination möglich und eine Behandlung erforderlich ist.

Falls vorhanden, sollten individuell Alarmsimeter getragen werden bzw. wiederholte Kontrollen mit Dosisleistungsmessgeräten erfolgen, um vorhandene Strahlung bzw. einen akuten Dosisanstieg frühzeitig zu bemerken.³⁹ Einfache Dosiometer helfen nicht bei der Beurteilung der aktuellen Situation, sind aber sinnvoll, um die erfolgte Exposition schon vor Auftreten der entsprechenden Symptomatik einschätzen zu können. Es gibt Empfehlungen zur tolerablen Dosis unter normalen Einsatzbedingungen und unter Notfallbedingungen.

Die Dosisleistung der ionisierenden Strahlung wird gemessen, um zu verhindern, dass sich Hilfskräfte einem erhöhten Risiko akuter Strahlenerkrankung oder einer inakzeptablen Erhöhung des Risikos einer späteren Krebskrankung aussetzen. Der Einsatzleiter muss eine entsprechende Lagebeurteilung treffen. Die Hilfskräfte sollten zur Auswertung etwaiger Messungen und für Empfehlungen zu den tolerablen Grenzwerten der akuten Belastung ständig Kontakt zu ihm halten.

Evaluation und Behandlung

Bei Opfern nuklearer oder radiologischer Waffen oder eines Strahlenunfalls sollten die erste, orientierende (Primary Survey) und die vollständige Untersuchung (Secondary Survey) so erfolgen, wie es die vorliegenden Verletzungen erfordern. Die Rettungskräfte treffen im Falle einer Kernwaffenexplosion auf Opfer mit Explosions- und Brandverletzungen sowie unmittelbaren Strahlenschäden; nach der Detonation einer „schmutzigen Bombe“ dürften primär die Explosionsverletzungen des konventionellen Anteils der Bombe zu behandeln sein (► Kasten 11.11).

Die Dekontamination der Opfer ist erforderlich, um radioaktive Partikeln zu entfernen. Sie sollte jedoch dringend erforderliche Behandlungsmaßnahmen nicht verzögern. Wenn der Patient keine Anzeichen für unmittelbar Behandlungsbedürftige Verletzungen hat, sollte zuerst dekontaminiert werden.

11.11 Behandlung und Dekontamination nach Strahlenexposition

Überlegungen zur Behandlung:

- Wenn ein Trauma vorliegt, behandeln Sie es.
- Wenn eine äußerliche, radioaktive Kontamination vorliegt, dekontaminieren Sie (nach der Behandlung lebensbedrohlicher Zustände).
- Wenn Radioiod vorliegen könnte (z. B. nach einem Reaktorunfall), erwägen Sie die prophylaktische Kaliumiodidgabe (Lugol-Lösung) innerhalb der ersten 24 Stunden (später ineffektiv).
- Weitere Informationen unter www.afrri.usuhs.mil oder www.orau.gov/reacts/guidance.htm.

Überlegungen zur Dekontamination:

- Strahlenexposition ohne Kontamination erfordert keine Dekontaminationsmaßnahmen.
- Exposition mit Kontamination erfordert allgemeine Schutzmaßnahmen, Entfernen der Bekleidung des Patienten und Dekontamination mit Wasser.
- Innere Kontaminationen können erst im Krankenhaus behandelt werden.
- Behandeln Sie kontaminierte Patienten, bevor die Behandlungseinrichtung durch die Dekontamination kontaminiert wird; planen Sie die Dekontamination **vor** dem Eintreffen.
- Patienten in lebensbedrohlichem Zustand: Behandeln Sie erst und dekontaminieren Sie anschließend.

- Patienten mit nicht akut lebensbedrohlichen Verletzungen: Dekontaminieren Sie zuerst und behandeln Sie anschließend.

(Modifiziert nach: Armed Forces Radiobiology Institute, *Medical management of radiological casualties*, Bethesda, Md, 2003)

Transportüberlegungen

Patienten sollten zur nächstgelegenen für die Behandlung von Traumapatienten und Strahlenschäden geeigneten Behandlungseinrichtung transportiert werden. Alle Krankenhäuser sollten einen Plan für radiologische oder nukleare Notfälle haben. In kommunalen oder regionalen Notfallplänen sind für solche Ereignisse eventuell ausgewählte Einrichtungen vorgesehen, die:

- Dekontaminationsvorrichtungen haben bzw. aufbauen können
- zur Versorgung spezifischer Traumata besonders geeignet sind
- Personal so ausgebildet haben, dass es effektiv mögliche äußere oder innere Kontaminationen behandeln und auf von der jeweiligen Ganzkörperdosis abhängige Bild einer Strahlenkrankheit reagieren kann.

Zusammenfassung

- Obwohl Massenvernichtungswaffen, die durch einige Staaten oder auch Terroristen hergestellt werden, eine ernst zu nehmende Bedrohung darstellen, dürften Rettungskräfte eher mit Explosionen oder der Freisetzung chemischer oder radiologischer Substanzen infolge von Industrieunfällen konfrontiert werden.
- Die Sicherheit der Hilfskräfte ist von höchster Bedeutung, kann aber nur gewährleistet werden, wenn sie ein fundiertes Wissen über Schutzausstattungen und die Grundlagen der Dekontamination haben.
- Bei den allermeisten Terroranschlägen der letzten Jahrzehnte wurden konventionelle Explosivstoffe verwendet. Hochexplosive Stoffe verursachen vor allem primäre Explosionsverletzungen bei Personen in unmittelbarer Nähe

der Explosion und sekundäre Verletzungen durch Fragmente sowie weggeschleuderte Trümmer und Ähnliches.

- Chemische Gefahrenstoffe schädigen vor allem Haut und Atemorgane, können aber auch systemische Wirkungen hervorrufen. Diese werden als spezifisches Toxidrom manifest, das Hinweise auf die auslösende Substanz gibt. Zur Behandlung der Vergiftungen durch einige chemische Stoffe stehen Antidote zur Verfügung.
- Biologische Agenzen können hochvirulente Bakterien oder Viren sowie von lebenden Organismen produzierte Toxine sein. Mögliche Vorsorgemaßnahmen hängen vom spezifischen Erreger ab.
- Es existieren unterschiedliche Strahlungsformen. Die Exposition gegenüber Strahlungsquellen kann in akuter Strahlenkrankheit resultieren, deren Ausprägung von Strahlenart und Dauer der Exposition abhängt.

Fallbeispiel Lösung 2

Höchste Priorität hat die Sicherung der Einsatzstelle und der Einsatzkräfte. Stellen Sie eine Lagebeurteilung an. Beachten Sie das noch nicht gelöschte Feuer im verunglückten Zug. Gibt es weitere Bedrohungen? Achten Sie z. B. auf instabile, hängende Trümmer, umgestürzte oder tief hängende Stromleitungen, möglicherweise freigesetzte Gefahrstoffe. Beobachten Sie kurz die Gruppe auf dem Bahnsteig, ob es Anzeichen für ein Toxidrom gibt: Haben mehrere Personen Atemnot? Sehen Sie Opfer, die erbrechen oder krampfen? Gibt es einen Anhalt für die Ausbreitung eines Stoffes zusätzlich zur

konventionellen Wirkung der Explosion? Denken Sie insbesondere an die mögliche Bedrohung durch einen zweiten Sprengsatz, der gezielt verzögert gezündet werden soll (Sekundäranschlag)! Geben Sie die für die vorliegende Lage geeignete Schutzausstattung aus.

Kommunizieren Sie mit Ihrer Leitstelle oder anderen Führungsstrukturen. Die nachgeordneten Führungs- oder Koordinationsstrukturen sind auf Ihre Meldungen und möglichst vollständigen Lageinformationen angewiesen. Beschreiben Sie die relevanten Details der Lage, festgestellte Gefährdun-

gen, Anzahl der Opfer, und geben Sie Ihre erste Einschätzung betreffs aller wahrscheinlich zur Lagebewältigung benötigten Ressourcen ab. Auf der Basis Ihrer Lagemeldung kann die Leitstelle bzw. der Führungsstab die Einweisung nachgefordeter Einheiten und anderer beteiligter Stellen vornehmen und diese – ggf. mit spezieller Ausrüstung – zu Ihrer Unterstützung an die Einsatzstelle schicken. Unter Umständen wird ein vorbereiteter Katastrophenplan aktiviert.

Nachdem Sie für die Sicherheit Ihrer Kräfte an der Einsatzstelle gesorgt und Informationen an übergeordnete Stellen weitergegeben haben, stellen Sie sich darauf ein, als Einsatzleiter zu fungieren, bis Sie ggf. nach Eintreffen weiterer Kräfte durch einen entsprechenden Spezialisten abgelöst

werden. Sobald durchführbar, nähern Sie sich den Opfern und führen Sie zuerst eine Sichtung (nach START-Algorithmus) durch, um Behandlungs- und Transportprioritäten festzulegen. Ohne die Individualbehandlung zu beginnen, teilen Sie die Patienten in die Kategorien sofort (T1 immediate; akute, vitale Bedrohung), dringend (urgent; T2 = schwer verletzt), verzögert (delayed; T3 = spätere, ambulante Behandlung = leicht verletzt) und ggf. ohne Überlebenschance (expectant; T4 = betreuende Behandlung bzw. zurückgestellt) ein. Sobald Unterstützung eintrifft, teilen Sie diese zur Behandlung oder ggf. zur Unterstützung der Einsatzleitung (z. B. als Abschnittsleiter) ein, bis diese von eintreffenden spezialisierten Kräften aus diesen Funktionen herausgelöst werden.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Noji EK: The public health consequences of disasters, New York, 1997, Oxford University Press.
2. Noji EK, Silverston KT: Injury prevention in natural disasters: atheoretical framework. *Disasters* 11:290, 1987.
3. Cuny SC: Introduction to disaster management. Lesson 5. Technologies of disaster management. *Prehosp Disaster Med* 6:372, 1993.
4. Burkle FM, editor: Disaster medicine: application for the immediate management and triage of civilian and military disaster victims, New Hyde Park, NY, 1984, Medication Examination Publishing.
5. Burkle FM, Hogan DE, Burstein JL: Disaster medicine, Philadelphia, 2002, Lippincott Williams & Wilkins.
6. Super-G START: A triage training module, Newport Beach, Calif, 1984, Hoag Memorial Hospital Presbyterian.
7. Burkle FM, Newland C, Orebaugh S, et al.: Emergency medicine in the Persian Gulf. Part II. Triage methodology lessons learned. *Ann Emerg Med* 23:748, 1994.
8. West H: Addressing the traumatic impact of disasters on individuals, families, and communities (White Paper). Quelle: www.nh.gov/safety/divisions/bem/bbehavhealth/documents/atc_white_paper.PDF. Letzter Zugriff: 1.9.2008.
9. Agency for Healthcare Research and Quality: Mass medical care with scarce resources: A community planning guide (AHRQ Publication No. 07-0001), Rockville, Md, 2007, Agency for Healthcare Research and Quality. Quelle: www.ahrq.gov/research/mce/. Letzter Zugriff: 1.9.2008.
10. Hick JL, Ho JD, Heegaard WG, et al.: Emergency medical services response to a major freeway bridge collapse. *Disaster Med Public Health Preparedness* 2(Suppl 1):S17–S24, 2008.
11. Lerner EB, Schwartz RB, Coule PL, et al.: Mass casualty triage: An evaluation of the data and development of a proposed national guideline. *Disaster Med Public Health Preparedness* 2 (Suppl 1):S25–S34, 2008.
12. Bloch YH, Schwartz D, Pinkert M, et al.: Distribution of casualties in a mass-casualty incident with three local hospitals in the periphery of a densely populated area: lessons learned from the medical management of a terrorist attack. *Prehosp Disast Med* 22:186–192, 2007.
13. Auf der Heide E: The importance of evidence-based disaster planning. *Ann Emerg Med* 47:34–49, 2006.
14. Asaeda G, Cherson A, Richmond N, et al.: Unsolicited medical personnel volunteering at disaster scenes. A joint position paper from the National Association of EMS Physicians and the American College of Emergency Physicians. *Prehosp Emerg Care* 7:147–148, 2003.
15. Hogan DE, Waeckerle JF, Dire DJ, et al.: Emergency department impact of the Oklahoma City terrorist bombing. *Ann Emerg Med* 34:160, 1999.
16. Arnold J, Halpern P, Tsai M: Mass casualty terrorist bombings: a comparison of outcomes by bombing type. *Ann Emerg Med* 43:263, 2004.
17. Centers for Disease Control and Prevention: Explosions and blast injuries: a primer for clinicians. Quelle: www.bt.cdc.gov/masstrama/explosions.asp. Letzter Zugriff: August 2004.
18. Wightman JM, Gladish JL: Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med* 37:664, 2001.
19. Frykberg ER, Tepas JJ, Alexander RH: The 1983 Beirut Airport terrorist bombing: injury patterns and implications for disaster management. *Am Surg* 55:134, 1989.
20. Katz E, Ofek B, Adler J, et al.: Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus, *Ann Surg* 209:484, 1989.
21. Mallonee S, Shariat S, Stennies G, et al.: Physical injuries and fatalities resulting from the Oklahoma City bombing, *JAMA* 276:382, 1996.
22. Coppel DL: Blast injuries of the lungs. *Br J Surg* 63:735, 1976.
23. Cohn SM: Pulmonary contusion: review of the clinical entity. *J Trauma* 42:973, 1997.
24. DePalma RG, Burris DG, Champion HR, et al.: Blast injuries. *N Engl J Med* 352(13):1.335–1.342, 2005.
25. Kluger Y, Nimrod A, Biderman P, et al.: Case report: the quinarian pattern of blast injury. *J Emerg Manage* 4(1):51–55, 2006.
26. Sorkine P, Nimrod A, Biderman P, et al.: The quinarian (Vth) injury pattern of blast (Abstract). *J Trauma* 56(1):232, 2007.
27. Nelson TJ, Wall DB, Stedje-Larsen ET, et al.: Predictors of mortality in close proximity blast injuries during Operation Iraqi Freedom. *J Am Coll Surg* 202(3):418–422, 2006.
28. Almogy G, Mintz Y, Zamir G, et al.: Suicide bombing attacks: can external signs predict internal injuries? *Ann Surg* 243(4):541–546, 2006.
29. Garner MJ, Brett SJ: Mechanisms of injury by explosive devices. *Anesthesiol Clin* 25(1):147–160, 2007.
30. Avidan V, Hersch M, Armon Y, et al.: Blast lung injury: clinical manifestations, treatment, and outcome. *Am J Surg* 190(6):927–931, 2005.
31. Peleg K, Limor A, Stein M, et al.: Gunshot and explosion injuries: characteristics, outcomes, and implications for care of terrorrelated injuries in Israel. *Ann Surg* 239(3):311, 2004.
32. Burstein JL: CBRNE. Incendiary agents: magnesium and thermite. Quelle: www.emedicine.com/emerg/topic917.htm. Letzter Zugriff: Oktober 2004.

33. Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, editors: Medical aspects of chemical and biological warfare. TMM series, Part 1: Warfare, weaponry and the casualty, Washington, DC, 1997, Office of the Surgeon General, TMM Publications.
34. Walter FG, editor: Advanced HAZMAT life support, ed 2, Tucson, 2000, Arizona Board of Regents.
35. U.S. Army, Medical Research Institute of Chemical Defense: Medical management of chemical casualties handbook, ed 3, 2000, Aberdeen Proving Ground, Md, U.S. Army Publications.
36. Greenfield RA, Brown BR, Hutchins JB, et al.: Microbiological, biological and chemical weapons of warfare and terrorism. Am J Med Sci 323(6):326, 2002.
37. Keim M, Kaufmann AF: Principles for emergency response to bioterrorism. Ann Emerg Med 34(2):177, 1999.
38. Armed Forces Radiobiology Institute: Medical management of radiological casualties, Bethesda, Md, 2003, U. S. Army Publications.
39. Department of Homeland Security, Working Group on Radiological Dispersion Device Preparedness/Medical Preparedness and Response Subgroup: Radiologic medical countermeasures. Quelle: www.1.va.gov/emsgh/docs/Radiologic_Medical_Countermeasures_051403.pdf. Letzter Zugriff: September 2004.
40. Kapur GB, Hutson HR, Davis MA, Rice PL: The United States twenty-year experience with bombing incidents: implications for terrorism preparedness and medical response. J Trauma 2005;59:1.436–1.444.
41. Hall JR Jr: Deaths due to unintentional injury from explosions. Quincy, MA: National Fire Protection Association, Fire Analysis and Research Division, March 2008. Quelle: www.arfireprevention.org/pdf/Deaths_Due_to_Unintentional_Injury_from_Explosions.pdf. Letzter Zugriff: 17.12.2008.
42. Office of the Historian, Bureau of Public Affairs, U. S. Department of State: Significant terrorist incidents, 1961–2003: a brief chronology, Washington, DC, 2004. Quelle: www.state.gov/r/pa/ho/pubs/fs/5902.htm. Letzter Zugriff: Oktober 2004.
43. National Counterterrorism Center: 2007 report on terrorism, April 30, 2008. Quelle: www.terrorisminfo.mipt.org/GetDoc.asp?id6051&typed. Letzter Zugriff: 15.12.2008.
44. U. S. Department of State: Country reports on terrorism, 2007, April 2008. Quelle: www.state.gov/s/ct/rls/crt/2007/index.htm. Letzter Zugriff: 15.12.2008.
45. Leibovici D, Gofrit ON, Shapira SC: Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? Am Emerg Med 34:168, 1999.
46. Leuchleuthner A: Notfallmedizin, Kap. 41 Massenanfall von Verletzten. Stuttgart, 2008, Georg Thieme.
47. Feuerwehrdienstvorschrift 100 (FwDV 100).
48. DIN 13050 – Begriffe im Rettungswesen. Deutsche Norm. Berlin, 1996, Deutsches Institut für Normung e. V.
49. Bundesverwaltungsamt - Zentralstelle für Zivilschutz, Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ): Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland, Bonn, 2003, Gebr. Klingenbergs Buchkunst Leipzig.
50. Heinrichs W, Lipp R, Hartje H, Vogel U, Stallmann A, Müller J: Ausrüstung einer Schnelleinsatzgruppe, Notfallmed 18:378–382, 1992.
51. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: www.bbk.bund.de
52. Deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem – deNIS: www.denis.bund.de
53. Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophen- schutz (SKK): www.katastrophenvorsorge.de
54. Schutzkommision beim Bundesminister des Innern: www.schutzkommision.de/
55. Everly GS, Mitchell JT: CISM – Stressmanagement nach kritischen Ereignissen – ein neuer Versorgungsstandard bei Notfällen, Krisen und Katastrophen, Wien, 2002, Facultas-Univ.-Verlag.
56. Mitchell JT, Everly GS, Müller-Lange J: Handbuch Einsatznachsorge, Edewecht, 2005, Stumpf & Kossendey.
57. Deutscher Städtetag, Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren im Deutschen Städtetag: Reform des Zivil- und Katastrophen- schutzes in der Bundesrepublik Deutschland, Teil B: Konzepti- on, Köln, 2002.
58. Feuerwehrdienstvorschrift 500 (FwDV 500), Stand 2003
59. Sefrin P, Kuhnigk H, Ibrom M: „Vorsichtung“ als Konzept bei Groß- schadensereignissen und Katastrophen, Notarzt; 23: 43, 2007.

KAPITEL

12

Goldene Prinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten

12.1 Warum Traumapatienten sterben 337

12.2 Die goldenen Prinzipien der präklinischen Traumaversorgung 338

Lernzielübersicht

Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollte der Leser in der Lage sein,

- die Bedeutung der „Goldenen Periode“ zu erkennen,

- Ursachen für die Sterblichkeit von Traumapatienten zu diskutieren,
- die 14 goldenen Prinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten zu verstehen und zu diskutieren.

In den späten 1960er-Jahren kreierte der Arzt R. Adams Cowley das Konzept einer äußerst wichtigen Zeitspanne, innerhalb derer die Behandlung eines schwer verletzten Patienten stattfinden muss. In einem Interview sagte er: „*Es gibt eine ‚goldene Stunde‘ zwischen Leben und Tod. Falls Sie schwer verletzt werden, bleiben Ihnen weniger als 60 Minuten, um zu überleben. Vielleicht sind Sie dann noch nicht gestorben, das kann drei Tage oder zwei Wochen später stattfinden, aber es hat etwas Unumkehrbares in Ihrem Körper stattgefunden.*“

Gibt es eine Grundlage für dieses Konzept? Die Antwort lautet definitiv „Ja“. Wie auch immer, wichtig ist, dass man sich darüber im Klaren ist, dass nicht jeder Patient über den Luxus einer „golden Stunde“ verfügt. Ein Patient mit einer penetrierenden Herzverletzung mag nur wenige Minuten Zeit bis zur definitiven Versorgung haben, bevor der traumatische Schock in ein irreversibles Stadium eintritt. Ein gegensätzliches Beispiel hierfür ist ein Patient mit einer mäßigen inneren Blutung aufgrund einer isolierten Femurfraktur. Diesem Patienten verbleiben mehrere Stunden Zeit, um die definitive Versorgung der Verletzung zu erhalten. Da die „goldene Stunde“ nicht strikt an einen 60-Minuten-Rahmen gebunden ist, sondern verletzungsbedingt von Patient zu Patient variiert, ist es besser, von der „goldenen Periode“ zu sprechen. Falls ein schwer verletzter Patient innerhalb dieser „goldenen Periode“ eine definitive Behandlung mit Blutungskontrolle und weiteren lebensrettenden Maßnahmen erhält, besteht für ihn eine deutlich erhöhte Überlebenschance.¹

Kein Notruf, keine Einsatzstelle und kein Patient gleicht dem anderen. Stets wird die Flexibilität des Rettungsteams gefordert, in unterschiedlichen Situationen so zu agieren und zu reagieren, wie diese sich entwickeln. Das Management des Rettungsteams muss solche zufälligen Faktoren berücksichtigen. Die Ziele sind jedoch unverändert geblieben:

1. Verschaffen Sie sich einen Zugang zum Patienten.
2. Identifizieren und behandeln Sie lebensbedrohliche Verletzungen.

3. Transportieren Sie den Patienten so schnell wie möglich in die nächstgelegene geeignete Zielklinik.

Das TFR und PHTLS-Kurskonzept vermittelt, dass First Responder, Rettungsdienstmitarbeiter und Notärzte nur dann korrekte Entscheidungen treffen können – die zu einem guten Outcome des Patienten führen –, wenn sie über ein fundiertes Fachwissen verfügen. Die Basis des TFR-Kurskonzepts beinhaltet das Konzept, dass der Patient auf Grundlage von sinnvollen Entscheidungen behandelt wird, nicht starren Abläufen folgend, so wie es dieser Kurs vorstellt. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Aspekte der Versorgung von Traumapatienten angesprochen und alles „zusammengeführt“.

12.1 Warum Traumapatienten sterben

Verschiedene Studien, die sich mit den Gründen für die Sterblichkeit bei Traumapatienten befassen, haben Gemeinsamkeiten aufgezeigt. Eine russische Studie an über 700 Traumapatienten in Russland hat ergeben, dass die meisten Patienten, die ihren Verletzungen rasch erliegen, in eine der drei folgenden Kategorien gehören: massiver akuter Blutverlust (36 %), schwere Verletzungen an vitalen Organen wie beispielsweise dem Gehirn (30 %) sowie Atemwegsverlegungen und Atemversagen (25 %).² In einer anderen Studie wurden 751 Patienten untersucht, die an ihren Verletzungen in einem Level-1-Traumazentrum verstorben waren. Stewart und Kollegen konnten zeigen, dass 51 % dieser Traumapatienten an schweren Verletzungen des zentralen Nervensystems starben (z. B. schweres SHT), 21 % an irreversiblem Schock, 25 % sowohl an schweren zerebralen Schäden und irreversiblem Schock und 3 % an Multiorganversagen.

Aber was passiert bei diesen Patienten auf zellulärer Ebene? Wie zuvor in > Kap. 5 beschrieben, benötigt der Organismus für die Stoffwechselvorgänge (Metabolismus) einen

Kraftstoff, vergleichbar mit jeder anderen Maschine. Wie eine Maschine stellt auch unser Organismus seine eigene Energie her, wofür er aber einen Treibstoff benötigt. Die Treibstoffe für unseren Körper sind Sauerstoff und Glukose. Glukose kann vom Körper in Form von Glykogen und Fett gespeichert werden, um später darauf zurückzugreifen. Sauerstoff kann allerdings nicht gespeichert werden. Er muss den Zellen des Körpers ständig zur Verfügung stehen. Die Umgebungsluft, die Sauerstoff enthält, wird durch die Arbeit des Zwerchfells und der Interkostalmuskeln in die Lunge gesogen. Der Sauerstoff diffundiert dann durch die Membranen der Alveolen und Kapillaren, wird an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) gebunden und dann zu den Geweben im Organismus transportiert. Mithilfe von Sauerstoff „verbrennen“ die Zellen die Glukose und es entsteht über komplexe metabolische Vorgänge (Krebs-Zyklus bzw. Zitronensäurezyklus) Energie, die für alle Funktionen im Organismus benötigt wird. Diese Energie wird in Form von Adenosintriphosphat (ATP) gespeichert. Ohne ausreichende Energiebereitstellung (ATP) können essenzielle metabolische Vorgänge nicht normal funktionieren und die Organe beginnen zu versagen.

Als Schock betrachtet man das Versagen der Energieproduktion in unserem Körper. Die Sensibilität von verschiedenen Organen gegenüber Sauerstoffmangel ist sehr unterschiedlich. Die Zellen innerhalb eines Organs können schwer geschädigt sein und dennoch für eine Weile weiter funktionieren (> Kap. 5 hinsichtlich der Folgen eines anhaltenden Schockgeschehens). Der später stattfindende Zelltod, der dann zum Organversagen führt, ist das, worauf sich Dr. Cowley in seiner einstigen erwähnten Aussage bezog. Die Abläufe, die er beschrieb (Schock, > Kasten 12.1), führten zum Tod des Patienten, sofern sie nicht unverzüglich behandelt wurden. Seine Definition berücksichtigte auch die Transportzeit in den Operationssaal. Nur dort kann eine innere Blutung kontrolliert werden. Der unfallchirurgische Zweig der Amerikanischen Akademie für Chirurgie (American College of Surgeons [ACS] Committee on Trauma) hat den Begriff der „goldenen Stunde“ geprägt, um zu betonen, wie wichtig es ist, dass der Patient in eine geeignete Klinik transportiert wird, in der sofort ein erfahrene Team bereit steht.

Die „goldene Periode“ bezeichnet den Zeitrahmen, in dem das Schockgeschehen zunimmt und zu einer Verschlechterung führt, aber immer noch **reversibel** ist, sofern eine adäquate Therapie erreicht wird. Falls die initiale Behandlung, die darauf abzielen sollte, die Oxygenierung zu verbessern und Blutungen zu kontrollieren, unzureichend ist, kann der Schock fortschreiten und wird **irreversibel**. Damit Traumapatienten die besten Chancen haben, sollte die adäquate Behandlung bereits „vor Ort“ durch den First Responder begonnen und dann im Schockraum, dem Operationssaal und letztlich der Intensivstation (ICU) fortgesetzt werden. Traumamanagement ist ein „Teamsport“ – der Patient „gewinnt“, wenn alle Mitglieder, von der Praklinik bis zum Traumazentrum, mitspielen und zusammenarbeiten.

12.1 Schock

Wenn dem Herzen Sauerstoff fehlt, können die Herzmuskelzellen nicht genug Energie produzieren, um das Blut über den Kreislauf zu den Zellen zu transportieren. Betrachten wir beispielsweise einen Patienten, der nach einer Schussverletzung mit Beteiligung der Aorta eine erhebliche Menge Blutvolumen und damit auch eine erhebliche Menge an roten Blutkörperchen verloren hat.

Das Herz schlägt noch für mehrere Minuten weiter, bevor es versagt. Wenn das Kreislaufsystem wieder aufgefüllt wird, nachdem das Herz für mehrere Minuten ohne Sauerstoffversorgung war, wird dies die Funktion der geschädigten Herzmuskelzellen nicht wiederherstellen können. Dieser Prozess wird irreversibler Schock genannt. Die speziellen Bedingungen, die jetzt am Herzen bestehen, sind als pulslose elektrische Aktivität (PEA) bekannt. Die Funktion der Zellen ist noch vorhanden, allerdings sind sie nicht mehr in der Lage, Blut zu den einzelnen Geweben zu transportieren. Der Patient zeigt im EKG einen Rhythmus, aber die Kontraktilität reicht nicht aus, um Blut durch den Kreislauf zu pumpen.

Ein anderes Beispiel für den gleichen Prozess, allerdings mit weniger schweren Folgen, sind Durchblutungsstörungen am Herzen. Viele der Herzmuskelzellen wurden durch die Minderversorgung ischämisch geschädigt, einige aber auch nicht. Der Schaden ist nicht vollständig, sodass noch genügend Zellen vorhanden sind, um die Pumpfunktion aufrechtzuerhalten.

Obwohl eine Ischämie, wie beispielsweise im schweren Schock, praktisch alle Gewebe schädigt, werden die Folgen an den Organen nicht zur gleichen Zeit ersichtlich. Während sich beispielsweise an der Lunge ein Organversagen (ARDS) häufig innerhalb von 48 Stunden entwickelt, kann ein Nierenversagen oder auch ein Leberversagen erst nach mehreren Tagen auftreten. Obwohl eine Sauerstoffunversorgung in allen Zellen Folgen hat, reagieren einige Zellverbände empfindlicher auf eine Ischämie. Ein Patient, der ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten hat, kann ein Hirnödem entwickeln, das zu einem anhaltenden Hirnschaden führt. Obwohl die Hirnzellen sterben, kann der Organismus mehrere Jahre weiter existieren.

12.2 Die goldenen Prinzipien der präklinischen Traumaversorgung

Die vorherigen Kapitel behandelten die Beurteilung und Behandlung von Patienten mit Verletzungen an bestimmten Organsystemen. Obwohl in diesem Manual die Organsysteme einzeln besprochen werden, haben doch die meisten schwer verletzten Patienten Schädigungen mehrerer Organsysteme und werden daher als Mehrfachverletzte oder, bei Lebensgefahr, als Polytrauma bezeichnet. Der First Responder, das Rettungsfachpersonal und der Notarzt müssen Patienten mit einem Polytrauma erkennen und die Behandlung nach Prioritäten organisieren. Dabei folgen sie den „Goldenenen Prinzipien“, die im Folgenden beschrieben sind.

1. Gewährleisten Sie die Sicherheit der eingesetzten Kräfte und der Patienten

Die Sicherheit am Einsatzort muss bei jedem Einsatz die höchste Priorität haben (> Abb. 12.1). Dies beinhaltet nicht nur die Sicherheit der Patienten, sondern auch die eigene. Anhand der

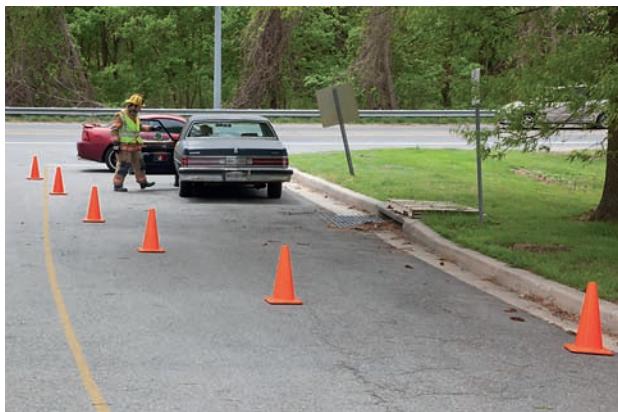


Abb. 12.1 Gewährleisten Sie die Sicherheit der Rettungskräfte und der Patienten.

Informationen der Rettungsleitstelle können Sie sich bereits während der Anfahrt Gedanken über potenzielle Gefahren machen. Bei einem Verkehrsunfall (VU) können die Gefahren etwa durch fließenden Verkehr, Gefahrgüter, Brände oder herabgestürzte Stromleitungen gegeben sein. Falls das Opfer einer Schießerei zu versorgen ist, müssen die Rettungskräfte daran denken, dass der Täter noch in der Gegend sein kann. Falls Sie an einem Tatort tätig werden, sollte die Polizei den Einsatzort als Erste betreten und absichern. Falls Rettungskräfte ein unnötiges Risiko eingehen, können sie selbst zum Opfer werden und stellen dem eigentlichen Patienten keine Hilfe mehr dar. Rettungskräfte sollten nur dann tätig werden, wenn sie dafür gut ausgebildet wurden, von ganz außergewöhnlichen Umständen abgesehen.

Ein weiterer Aspekt Ihrer Sicherheit ist die persönliche Schutzausstattung (PSA). Blut und andere Körperflüssigkeiten können infektiös sein (z.B. HIV, HBV), weshalb alle Helfer dementsprechende Schutzbekleidung und Handschuhe tragen sollten. Dies gilt besonders, wenn blutende Patienten versorgt werden.

Betrachten Sie auch den Schutz des Patienten im Rahmen einer möglichen Gefahr am Einsatzort. Auch ein Patient, der im Primary Survey als nicht lebensbedrohlich verletzt eingeschätzt wurde, muss ggf. schnell gerettet werden, falls beispielsweise die Gefahr eines Feuertodes besteht oder sich das Fahrzeug in einer prekären Position befindet.

2. Beurteilen Sie die Lage, um den Bedarf an weiteren Kräften zu erkennen

Sie müssen sich bereits während der Anfahrt Gedanken über die notwendigen Ressourcen machen und unmittelbar am Einsatzort eine Beurteilung durchführen, welche zusätzlichen und speziellen Kräfte nachgefordert werden müssen. Die nachrückenden Kräfte sollten vorausschauend und möglichst schnell alarmiert werden. Beispiele dafür wären weitere RTWs bzw. Notärzte, weil die Anzahl der Patienten dies erfordert, der Bedarf an Feuerwehrkräften, Mitarbeiter von Elektrizitätswerken, Rettungshubschrauber oder SEGs, um einen Massenanfall



Abb. 12.2 Erkennen Sie die Kinematik, die Verletzungen bewirkt hat.

an Verletzten (MANV) zu bewerkstelligen. Seien Sie darauf vorbereitet, dass weitere Kräfte erforderlich sein könnten, und fordern Sie diese ggf. so rasch wie möglich an.

3. Erkennen Sie die Kinematik, die Verletzungen bewirkt hat

In > Kap. 2 wird der Leser damit vertraut gemacht, wie Energieeinwirkungen in eine Verletzung umgewandelt werden können. Beurteilen Sie die Situation und den Patienten bezüglich der Kinematik, wenn Sie an einem Einsatzort eintreffen (> Abb. 12.2). Die Kenntnis typischer Verletzungsmechanismen hilft dabei, Verletzungen „vorherzusagen“ und an der richtigen Stelle danach zu suchen. Die Beurteilung der Kinematik darf die Patientenbeurteilung nicht verzögern, sie kann aber trotzdem kurz im Rahmen der Lagebeurteilung durchgeführt und in die Befragung des Patienten und der Zeugen des Unfalls einbezogen werden. Aufgrund der kinematischen Hinweise mag auch die Entscheidung beeinflusst werden, welches Krankenhaus als Zielklinik geeignet ist. Ihre vor Ort getroffenen Feststellungen hinsichtlich der Kinematik, die auf den Patienten eingewirkt hat, sollten dem Rettungsfachpersonal und den Ärzten im aufnehmenden Krankenhaus mitgeteilt werden.

4. Nutzen Sie den Primary Survey (Erstbeurteilung) zur Erkennung von lebensbedrohlichen Zuständen

Die zentrale Rolle des TFR-Kurskonzepts besteht in der Betonung des Primary Survey, der aus dem von der Amerikanischen Gesellschaft für Chirurgie angebotenen „Advanced-Trauma-Life-Support“-Programm übernommen wurde. Der Primary Survey erlaubt, vitale Funktionen rasch zu beurteilen und lebensbedrohliche Zustände durch eine systematische Evaluation mit dem ABCDE-Schema schnell zu identifizieren: Airway, Breathing, Circulation, Disability und Expose/Environment (> Kasten 12.2). Beim Eintreffen am Einsatzort und im Rahmen der initialen Behandlung erhält das Rettungsteam von verschiedenen Sinnesorganen Informationen (Sehen, Hören, Riechen, Berühren), die sortiert und gemäß ihrer Priorität (organgefährdende bzw. lebensbedrohliche Verletzungen) ge-

ordnet werden müssen. Dies ist notwendig, um einen Plan für das korrekte Management zu entwickeln.

12.2 Kritischer oder potenziell kritischer Traumapatient: Zeit an der Einsatzstelle 10 Minuten oder weniger

Vorliegen folgender lebensbedrohender Umstände:

- drohendes oder bestehendes Atemwegsproblem
- insuffiziente Atmung
 - abnormal hohe oder niedrige Atemfrequenz
 - Hypoxie ($\text{SpO}_2 < 95\%$ trotz Sauerstoffgabe)
 - Atemnot
 - offener Pneumothorax oder instabiler Thorax (Flail-Chest)
 - Verdacht auf Pneumothorax
- starke äußere Blutung oder vermutete innere Blutung
- Schock, auch wenn kompensiert
- abnormaler neurologischer Status
 - GCS ≤ 13
 - Krampfanfälle
 - sensorische oder motorische Defizite
- penetrierende Traumen an Kopf, Hals oder Torso oder proximal der Ellenbogen oder den Knien
- Amputation oder subtotale Amputation proximal der Finger oder Zehen
- jegliches Trauma, bei dem einer der folgenden Punkte vorliegt:
 - schwere internistische Vorerkrankungen (z. B. KHK, COPD, Grunderkrankungen)
 - Alter > 55 Jahre
 - Hypothermie
 - Verbrennungen
 - Schwangerschaft.

Der Primary Survey beinhaltet eine sofortige Behandlung, wenn ein lebensbedrohlicher Zustand diagnostiziert wird („treat as you go“). Sobald lebensbedrohliche Probleme erkannt wurden, wird die Behandlung zum frühestmöglichen Zeitpunkt eingeleitet. Obwohl die Patientenevaluation in der Ausbildung schrittweise gelehrt wird, können in der Realität mehrere Dinge simultan durchgeführt werden. Wiederholen Sie den Primary Survey (Neubeurteilung) mehrmals im Verlauf, um die Erfolge der Behandlung beurteilen zu können und ggf. neue Maßnahmen einzuleiten.

Bei Kindern, Schwangeren und älteren Patienten sollten Sie die Verletzungen als 1. schwerer, als es von außen den Anschein macht, 2. von größerem systemischen Einfluss und 3. mit größerem Potenzial für eine schnelle Dekompensation betrachten. Bei Schwangeren haben Sie zwei Patienten zu behandeln – die Mutter und den Fötus –, beide könnten Verletzungen erlitten haben. Die Kompensationsmechanismen sind andere als bei jungen Erwachsenen und möglicherweise treten Veränderungen erst auf, wenn der Patient in einem schlechten Zustand ist.

Der Primary Survey bietet auch die Rahmenstrukturen, um die Management-Kriterien bei mehreren Verletzten festzulegen. Bei einem Unfall mit mehreren Beteiligten wird es z. B. so sein, dass diejenigen mit Atemwegsproblemen, beeinträchtigter Atmung oder Kreislaufproblemen vor denjenigen behandelt und transportiert werden, die lediglich eine veränderte Neurologie aufweisen.

5. Führen Sie ein adäquates Atemwegsmanagement unter gleichzeitiger HWS-Stabilisierung durch

Das Atemwegsmanagement hat die höchste Priorität in der Behandlung von kritisch verletzten Patienten. Dies sollte stets so durchgeführt werden, dass Kopf und Hals in einer neutralen Inline-Position fixiert werden. Die essenziellen Fertigkeiten im Atemwegsmanagement müssen von allen am Unfallort Tätigen sicher beherrscht werden (manuelles Freimachen der Atemwege, manuelle Manöver zur Öffnung der Atemwege, Absaugen und Gebrauch von oro- und nasopharyngealen Hilfsmitteln).

6. Geben Sie Sauerstoff und unterstützen Sie die Atmung

Die Beurteilung der Atmung und das Management einer adäquaten Ventilation sind weitere Schlüsselkriterien in der Versorgung von kritischen Traumapatienten. Die normale Atemfrequenz eines Erwachsenen liegt zwischen 12 und 20 pro Minute. Eine niedrigere Atemfrequenz beeinträchtigt häufig signifikant die Oxygenierung und die Elimination des im Gewebe produzierten Kohlendioxids der roten Blutzellen in den Lungenkapillaren. Diese bradypnoeischen Patienten brauchen mindestens eine assistierte oder auch kontrollierte Maskenbeatmung (Beutel mit Reservoir) und Sauerstoff. Wenn die Patienten tachypnoeisch sind (Erwachsene $> 20/\text{min}$), sollten Sie deren Atemminutenvolumen abschätzen (Atemzugvolumen multipliziert mit der Atemfrequenz). Bei Patienten mit vermindertem Atemminutenvolumen (schnelle oberflächliche Atmung) sollte eine assistierte Beatmung mit Sauerstoff begonnen werden. Patienten, die eine assistierte oder kontrollierte Beatmung benötigen, können per Beatmungsbeutel mit zusätzlichem Sauerstoff beatmet werden.

7. Kontrollieren Sie jegliche starke äußere Blutung

Bei jedem Traumapatienten stellen signifikante äußere Blutungen einen bedrohlichen Befund dar und müssen sofort korrigiert werden. Da Blutkomponenten am Unfallort nicht verfügbar sind, ist die Blutungskontrolle für die eingesetzten Kräfte von überragender Bedeutung, weil sie dadurch dazu beitragen, dass dem Patienten eine ausreichende Menge roter Blutkörperchen erhalten bleibt. **Jedes rote Blutkörperchen zählt!** Extremitätenverletzungen und Kopfwunden, wie Riss- oder Platzwunden, können mit einem lebensbedrohlichen Blutverlust einhergehen.

Die meisten äußeren Blutungen können adäquat durch direkten Druck auf die blutende Stelle kontrolliert werden. Wenn die personellen Ressourcen beschränkt sind, kann auch ein provisorischer Druckverband mittels Komresse und elastischer Binde angelegt werden. Falls beide Methoden bei der Blutstillung an einer Extremität versagen, können Sie das Anlegen einer Abbindung in Betracht ziehen. Obwohl es viele Jahre im Bereich der Ersten Hilfe anders unterrichtet wurde, zeigt die aktuelle Datenlage, dass das Hochlagern der betroffenen Extremität oder Druck auf einen Druckpunkt proximal der Blutung nur wenig bringt.³ Abbindun-

gen werden im Rahmen von operativen Eingriffen (als sog. Blutsperre, Anm. d. Übers.) routinemäßig und absolut sicher angewendet und können im präklinischen Bereich lebensrettend sein.

Bei einem Patienten, der sich wegen einer äußeren Blutung offensichtlich im Schock befindet, sollten Sie lebensrettende Maßnahmen (z.B. die Verabreichung von Volumen) zurückstellen, bis die Blutung kontrolliert ist. **Jegliche Rettungsversuche werden scheitern, solange eine anhaltende Blutung besteht.** Durch die Kontrolle von äußeren Blutungen und das Erkennen einer suspekten inneren Blutung, kombiniert mit einem raschen Transport in die nächste geeignete Klinik, können die Rettungskräfte großen Einfluss auf das Outcome des Patienten gewinnen und viele Leben retten.

8. Führen Sie eine Schocktherapie inklusive Erhalt bzw. Wiederherstellung der normalen Körpertemperatur durch und schienen Sie muskuloskelettale Verletzungen

Am Ende des Primary Survey wird der Patient entkleidet, um rasch nach zusätzlichen lebensbedrohlichen Verletzungen zu suchen. Schützen Sie den Patienten vor Wärmeverlust, nachdem Sie ihn untersucht haben, da eine Hypothermie dramatische Auswirkungen auf Traumapatienten haben kann. Der schockierte Patient ist ohnehin vorbelastet, da seine Energieproduktion durch die inadäquate Gewebeperfusion beeinträchtigt ist. Falls die Körpertemperatur des Patienten nicht erhalten wird, kann daraus eine schwere Hypothermie resultieren. Die Hypothermie hindert das Gerinnungssystem in erheblicher Weise daran, die Blutung zu stillen. Die Blutgerinnung (Gerinnungsbildung) ist das Resultat einer komplexen Serie von enzymatischen Reaktionen, die dazu führt, dass sich eine Fibrin-Matrix bildet. In den Fasern des Fibrins verfangen sich die festen Bestandteile des Bluts und die Blutung wird somit gestillt. Diese Enzyme funktionieren nur in einem engen Temperaturbereich. Ein Temperaturabfall auf unter 35 °C begünstigt die Entstehung einer Koagulopathie (herabgesetzte Fähigkeit des Blutes zu gerinnen). Aus diesen Gründen ist es wichtig, die Körpertemperatur zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Dazu trägt die Verwendung von Decken bei.

Wenn ein großer Röhrenknochen bricht, werden häufig die umliegenden Gewebe inklusive Muskeln zerrissen. Durch diese Verletzungen, hervorgerufen durch die Enden des frakturierten Knochens, können starke innere Blutungen entstehen. Dieser Blutverlust kann von etwa 500 ml (Humerusfraktur) bis hin zu 1–2 Liter (Femurfraktur) betragen. Jedes unvorsichtige Bewegen eines Bruchs kann den Gewebebeschaden verschlimmern und die Blutung verstärken. Aus diesem Grund und zur Linderung der Schmerzen werden alle Frakturen immobilisiert.

Bei einem kritischen Traumapatienten haben Sie nicht die Zeit, jede einzelne Fraktur zu schienen. Vielmehr sollten Sie den Patienten auf einem Rettungsbrett immobilisieren, wodurch praktisch alle Frakturen in anatomisch korrekter Lage fixiert werden. Eine mögliche Ausnahme hierzu ist die Femurschaftfraktur. Da es zu Spasmen der kräftigen Oberschenkelmuskulatur kommt, reiben die Knochenenden aufeinander, wodurch der

Gewebebeschaden wiederum verstärkt wird. Diese Frakturen werden, sofern die Zeit es erlaubt, am besten durch ein Schienensystem versorgt, das Zug auf die Fraktur ausübt. Bei den allermeisten Einsätzen, bei denen Traumapatienten versorgt werden, kann eine angemessene Schienung aller Extremitätenverletzungen vorgenommen werden, sofern keine Lebensgefahr besteht.

9. Halten Sie die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule aufrecht, bis der Patient komplett immobilisiert wurde (z.B. auf dem Spineboard oder der Vakuummatratze)

Sobald Sie einen Traumapatienten versorgen, sollten Sie die manuelle Stabilisierung der HWS aufrechterhalten, bis der Patient entweder a) komplett immobilisiert ist (z.B. auf einem Spineboard oder der Vakuummatratze) oder b) feststeht, dass keine Indikation für eine Ruhigstellung der Wirbelsäule existiert (► Abb. 12.3). Eine angemessene Ruhigstellung der Wirbelsäule beinhaltet den kompletten Abschnitt vom Hals bis zum Becken. Sie sollte aber weder den Patienten daran hindern, den Mund zu öffnen, noch sonst irgendwie die Atmung beeinträchtigen.

Opfer eines penetrierenden Traumas werden immobilisiert, falls neurologische Ausfälle auf eine Rückenverletzung zurückgeführt werden können oder sonstige sensorische bzw. motorische Defizite bei der körperlichen Untersuchung entdeckt wurden. Bei Patienten mit einem stumpfen Trauma ist die Immobilisierung indiziert, wenn der Bewusstseinsgrad herabgesetzt ist (GCS-Wert < 15), neurologische Ausfälle oder Rückenschmerzen bestehen, die Anatomie durch das Trauma verändert wurde oder sonstige sensorische bzw. motorische Defizite bei der körperlichen Untersuchung entdeckt wurden. Falls der Unfallmechanismus Anlass zur Sorge gibt, sollte eine Wirbelsäulen-Immobilisierung stattfinden, wenn Hinweise auf Alkohol- oder Drogenkonsum oder eine ablenkende Verletzung vorliegen oder die Kommunikation nicht möglich ist (altersbedingt oder durch Sprachbarriere) (► Abb. 6.25, Algorithmus für die Indikationen zur Wirbelsäulen-Immobilisierung).



Abb. 12.3 Halten Sie die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule aufrecht, bis der Patient komplett immobilisiert wurde (z.B. auf dem Spineboard oder der Vakuummatratze).

10. Beginnen Sie den Transport von kritischen Patienten ins nächste geeignete Zielkrankenhaus innerhalb von 10 Minuten nach Ankunft am Einsatzort

Diverse Studien haben aufgezeigt, dass Verzögerungen im Abtransport von Patienten die Mortalität erhöhen (► Abb. 12.4). Obwohl die Rettungskräfte Techniken wie die endotracheale Intubation, Beatmung oder eine intravenöse Volumentherapie beherrschen, sind die meisten kritisch verletzten Patienten in einem hämorrhagischen Schock und benötigen vor allem zwei Dinge, die vor Ort nicht geleistet werden können: Verabreichung von Blut und Kontrolle der inneren Blutungen. Da menschliches Blut nur begrenzt haltbar ist, ist es für die Verabreichung unter präklinischen Bedingungen meistens nicht praktikabel (z. B. wegen AB0-Inkompatibilität). Kristalloide Infusionslösungenersetzen zwar das intravasale Volumen, aber nicht die Sauerstofftransportkapazität der verlorenen roten Blutkörperchen. Obwohl einige Blutersatzstoffe in früheren Studien vielversprechend erschienen, konnte bislang keiner davon die Zulassung für den Einsatz im Rettungsdienst erlangen. Zudem erfordert die Kontrolle innerer Blutungen fast immer chirurgische Notfalleingriffe und diese erfolgen am besten im OP. Eine nachhaltige Rettung kann nicht durchgeführt werden, solange die inneren Blutungen anhalten. Das Ziel ist deshalb, beim kritischen Patienten so wenig Zeit wie möglich am Einsatzort zu verbringen.

Dieser Appell an eine begrenzte Zeit vor Ort sollte aber nicht als „Einladen-und-Abfahren-(scoop-and-run-)Mentalität“ (ohne Versuch, lebensnotwendige Interventionen vor Abfahrt durchzuführen) ausgelegt werden. Das TFR und PHTLS-Kurskonzept verfolgt vielmehr die Philosophie einer „kurzen Zeit vor Ort“. Der Fokus liegt dabei auf einer schnellen Patientenbeurteilung, die darauf abzielt, Lebensgefahren zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten, von denen man **annimmt**, dass sie das Outcome verbessern. Beispiele sind das Atemwegsmanagement und die Beat-



Abb. 12.4 Beginnen Sie den Transport von kritischen Patienten ins nächste geeignete Zielkrankenhaus innerhalb von 10 Minuten nach Ankunft am Einsatzort, hier als Beispiel das Berufsgenossenschaftliche Unfallkrankenhaus Hamburg. (Foto: Stephan Dönnitz)

mung, die Kontrolle von äußeren Blutungen und die Wirbelsäulen-Immobilisation. Es sollte keine wertvolle Zeit für Maßnahmen vergeudet werden, die auch unterwegs vorgenommen werden können. Kritisch verletzte Patienten (► Kasten 12.2) sollten, wann immer möglich, innerhalb von 10 Minuten abtransportiert werden (die „platinen 10 Minuten“ der „goldenen Periode“). Vernünftige Ausnahmen davon sind eine lange Rettung (z. B. eingeschlossene Person, Anm. d. Übers.) oder eine zeitaufwendige Sicherung des Einsatzortes, weil etwa die Polizei sicherstellen muss, dass der Täter nicht mehr am Tatort verweilt.

Das **nächste geeignete** Krankenhaus ist für Traumapatienten unter Umständen nicht das **am besten geeignete**. Bestimmte Patienten profitieren davon, wenn sie direkt in ein spezialisiertes Zentrum gebracht werden, weil dort Expertenwissen und besondere Erfahrungen im Umgang mit Traumapatienten vorliegen. Idealerweise sollten die Patienten, deren Verletzungsmuster dies nahelegt, direkt in ein Traumazentrum gebracht werden, sofern die Distanz dorthin angemessen ist (z. B. 30 Minuten Fahrzeit). Auch ein Rettungshubschraubereinsatz kann sehr sinnvoll sein, sofern die Wartezeit auf den RTH zuzüglich der Flugzeit in die Klinik nicht länger dauert als der bodengebundene Transport. Jeder Rettungsdienstbereich sollte durch einen Konsens zwischen Chirurgen und Notfallmedizinern festlegen, welche Patienten in welche Einrichtung transportiert werden sollten. Diese Empfehlungen sollten in Protokollen festgehalten werden, welche die besten Einrichtungen bestimmen – die nächste **geeignete** Klinik. In einigen Fällen kann es sinnvoll sein, an Kliniken niedriger Versorgungsstufen vorbeizufahren, um ein Traumazentrum zu erreichen. Auch wenn sich dadurch die Transportzeit etwas erhöht, wird unter dem Strich die Zeit bis zur definitiven Versorgung kürzer sein. Idealerweise trifft der Traumapatient in städtischen Gebieten innerhalb von 25–30 Minuten nach dem Trauma in einem Traumazentrum ein. Im Krankenhaus muss dann genauso effektiv weitergearbeitet werden, um die Rettungskette aufrechtzuerhalten, und der Patient, falls erforderlich, zügig in den OP gebracht werden, um Blutungen zu beherrschen (all dies innerhalb der „goldenen Periode“).

11. Führen Sie die Patientenanamnese und den Secondary Survey erst durch, wenn die lebensbedrohlichen Probleme behoben oder ausgeschlossen sind

Wenn Sie im Rahmen des Primary Survey lebensbedrohliche Zustände identifizieren, dann sind diese sofort zu behandeln und der Patient ist innerhalb der „10 platinen Minuten“ auf den Transport vorzubereiten. Wenn keine lebensgefährlichen Probleme vorliegen, gehen Sie zum Secondary Survey über. Beim Secondary Survey handelt es sich um eine systematische Von-Kopf-bis-Fuß-Untersuchung, bei der alle Verletzungen erkannt werden sollen. Zeitgleich wird der Patient nach dem SAMPLE-Schema befragt (Symptome, Allergien, Medikamente, Patientenvorgeschichte, letzte Mahlzeit und die Ereignisse vor dem Unfall). Bei kritischen Patienten wird der Secondary Survey nur durchgeführt, wenn es die Zeit erlaubt und alle lebensbedrohlichen Prob-

leme erfolgreich behandelt worden sind. In einigen Fällen, in denen das nächste geeignete Krankenhaus sehr rasch erreichbar ist, kann es sein, dass Sie den Secondary Survey nie abschließen werden. Diese Vorgehensweise soll sicherstellen, dass sich die Aufmerksamkeit der First Responder, Rettungsassistenten und Notärzte auf die ernsthaften Probleme richtet – diejenigen, die zum Tod führen, sofern sie nicht angemessen therapiert werden – und nicht auf weniger ernsthafte Verletzungen. Beurteilen Sie den Patienten regelmäßig, denn es kann sich auch bei Patienten, die anfangs keine lebensbedrohlichen Umstände aufweisen, jederzeit eine Verschlechterung des Zustandes ergeben.

12. Teilen Sie dem eintreffenden Rettungsfachpersonal alle relevanten Informationen über den Patienten und seine Verletzungen mit

Die auf einen Traumapatienten bezogene Kommunikation beinhaltet drei Aspekte: 1. Informationen vor dem Erreichen der Einsatzstelle, 2. die Rückmeldung beim Erreichen der Einsatzstelle und ggf. 3. das sorgfältig ausgefüllte Rettungsdienst- oder Notarzteinsatzprotokoll. Die Versorgung des Traumapatienten basiert auf einer Teamleistung. Sie beginnt mit dem First Responder dem anschließend eintreffendem Rettungsteam und wird im Krankenhaus fortgesetzt. Aus diesem Grunde ist eine gute Weitergabe aller relevanten Informationen wichtig. Sie erlaubt dem eintreffenden Rettungsteam und dem aufnehmenden Krankenhaus die Mobilisierung aller erforderlichen Ressourcen, sodass bei Aufnahme des Patienten alles bestens vorbereitet ist. Beim Eintreffen des Rettungsfachpersonals erfolgt an das Team zunächst eine mündliche Übergabe durch den First Responder. Diese Übergabe sollte kurz, bündig und exakt sein und beinhaltet das Ziel, das Rettungsteam über den derzeitigen Zustand des Patienten, die Traumakinematik, die Untersuchungsbefunde, ergriffene Maßnahmen und die Reaktion des Patienten auf die Maßnahmen zu informieren. Da die Einsatzkräfte vor Ort die Möglichkeit haben, Familienangehörige oder Zeugen zu befragen, und da sich der Bewusstseinsgrad des Patienten verschlechtern kann, kann es sein, dass First Responder über wichtige Informationen verfügen, welche die Rettungsdienstmitarbeiter nicht erlangen können. Eine direkte Kommunikation zwischen den First Respondern und den Mitarbeitern von Rettungsdienst und Klinik gewährleistet eine Behandlungskontinuität.

Wenn vorhanden gehört zu einer guten Patientenversorgung aber auch die Abgabe eines akkurat und vollständig ausgefüllten Einsatzberichts. Dieser Bericht stellt, wie andere medizinische Dokumente auch, einen Bestandteil der Patientenakte dar und reflektiert das Zusammentreffen mit dem Patienten. Er beinhaltet ebenso alle wichtigen Informationen, die vom Patienten, Angehörigen oder Zeugen erlangt werden konnten, wie Untersuchungsergebnisse. Weiterhin sind in dem Bericht alle Maßnahmen dokumentiert, die ergriffen wurden, sowie Veränderungen des Patientenzustands, die sich im Rahmen der Versorgungszeit ereignet haben. Wenn es auch verschiedene Möglichkeiten der Dokumentation gibt, sollte der Bericht für den Leser ein „Bild entstehen lassen“, wie der Patient auf den First

Responder gewirkt hat, und die Chronologie der Maßnahmen sollte nachvollziehbar sein. Zudem sollten solche Berichte nicht zuletzt auch aus rechtlichen Gründen vollständig sein. Außerdem enthalten sie wertvolle Informationen, die beispielsweise in Datenbanken wie dem Traumaregister der DGU und ähnlichen wissenschaftlichen Auswertungen Verwendung finden.

13. Vor allem: Füge keinen weiteren Schaden zu (Do not further harm!)

Das medizinische Grundprinzip „Vor allem: Füge keinen weiteren Schaden zu!“ geht zurück auf den griechischen Arzt Hippokrates. Auf den Traumapatienten bezogen, kann dieses Prinzip auf vielerlei Arten angewendet werden: einen Patienten während einer Rettung vor herumfliegenden Teilen zu schützen oder eine äußere Blutung zu stoppen. Erfahrungen haben gezeigt, dass First Responder imstande sind, viele Maßnahmen sicher durchzuführen, die in einem Traumazentrum durchgeführt werden können. Nichtsdestotrotz ist die Kernaussage folgende: Präklinisch ist bei kritischen Patienten nicht wichtig, was die Helfer alles machen können, sondern was sie alles machen sollten (► Abb. 12.5).

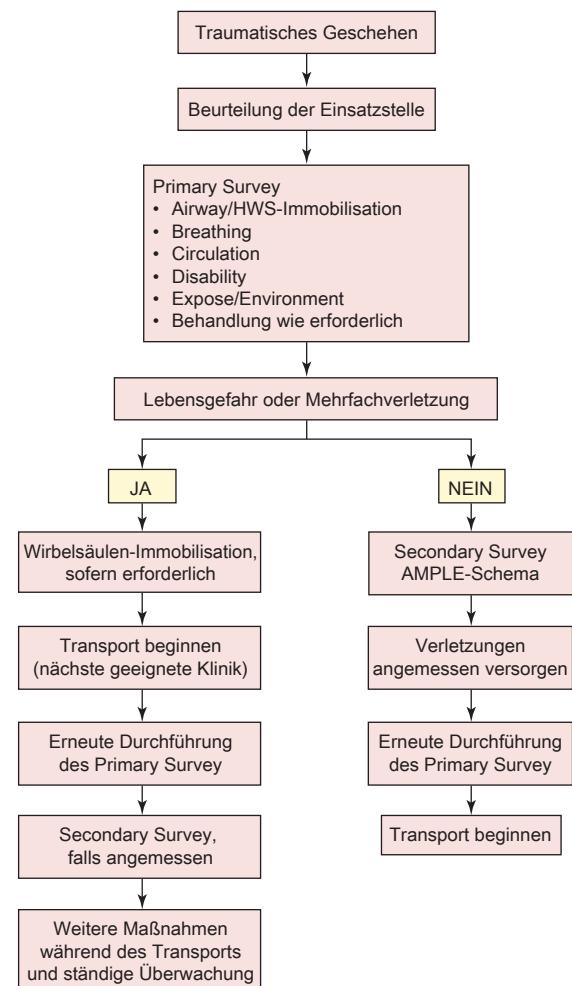


Abb. 12.5 Algorithmus Traumamanagement

Fragen Sie sich während der Versorgung vor Ort, ob Ihre Maßnahmen dem Patienten nützen; wenn Sie diese Frage mit Nein beantworten oder sich nicht ganz sicher sind, hören Sie damit auf. Alles, was nicht dazu dient, eine Verschlechterung zu vermeiden oder zu behandeln, sollte unterbleiben. Die Versorgung von Traumapatienten muss vorgegebenen Prioritäten folgen, aus denen ein effizienter Handlungsplan erwächst, wobei Zeitrahmen und jegliche Gefahren an der Einsatzstelle zu beachten sind. Zwischen First Responder, Rettungsdienst, Schockraum und OP sollte ein abgestimmtes Vorgehen existieren, um die Maßnahmen der Stabilisierung angemessen durchzuführen. Es ist sehr wichtig, dass sich jeder Mitarbeiter, egal welchen Ausbildungs- oder Erfahrungsstands, in Übereinstimmung mit dem Rest des Teams befindet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des medizinischen Grundprinzips „Vor allem: Füge keinen weiteren Schaden zu!“ bezieht sich auf den **Sekundärschaden**. Man hat erkannt, dass das Ausmaß an Verletzungsfolgen nicht nur mit dem auslösenden Trauma, sondern auch mit den späteren Auswirkungen des initialen Traumas zu tun hat. So bewirken Hypoxie, Hypotension und Hypothermie eine Verschlimmerung des primären Schadens. Somit müssen sich die Einsatzkräfte vor Augen halten, dass es diese Sekundärschäden gibt und es die Anzahl an Komplikationen sowie die Morbidität und Mortalität steigern kann, wenn diese nicht in einer angemessenen Zeit bzw. Art und Weise behandelt werden.

In diesem Zusammenhang sollte man zudem nicht nur an körperlichen Schaden denken, sondern auch an den „finanziellen Schaden“. Es geht hier um den an sich normalen Vorgang, dass Hersteller von neuen Medikamenten oder sonstigen Behandlungsmethoden versuchen, diese auf dem Markt zu etablieren oder bereits existente Verfahren „abzulösen“. Bevor man solche neuen Medikamente oder Verfahren einführt, sollte man vorher unbedingt folgende Grundsätze einbeziehen:

- Wie groß ist die medizinische Evidenz, dass die neue Behandlungsmethode wirklich effektiv ist?

- Ist die neue Technik genauso gut oder besser als das, was wir schon haben?

- Wie sind die Kosten der neuen Behandlungsmethode im Vergleich zu den bereits existierenden Möglichkeiten?

Als Grundsatz sollte gelten, dass die neuen Behandlungsmethoden nachgewiesenermaßen genauso gut oder vorzugsweise besser sind als das, was zuvor existierte, bevor man diese einführt. Da neue Verfahren häufig viel teurer als die bereits existierenden sind, führt ein Mangel an Evidenz für ihre Überlegenheit zu „finanziellen Schäden“.

Wie bereits in ➤ Kap. 1 angeführt wurde, kann es vorkommen, dass kritisch verletzte Patienten ein schlechteres Outcome haben, wenn sie mit dem Rettungsdienst anstatt mit einem Privatfahrzeug ins Traumazentrum gelangen. Ein Faktor, der möglicherweise zu der erhöhten Mortalität beiträgt, sind die gut gemeinten Maßnahmen der First Responder und Rettungskräfte, die es nicht verstanden haben, dass es sich beim Trauma um einen **chirurgischen** Notfall handelt. Die meisten schwer verletzten Patienten benötigen eine umgehende chirurgische Versorgung, um ihr Leben zu retten. Jegliche Verzögerung der chirurgischen Behandlung führt zu vermehrten Blutungen, progredientem Schock und letztlich zum Tod.

Selbst mit der bestmöglich geplanten und durchgeföhrten Rettung kann nicht jeder Traumapatient gerettet werden. Wenn wir uns jedoch bewusst machen, was die Gründe für ein rasches Versterben nach Trauma sind, so können wir durch eine gute Behandlung „vor Ort“ dazu beitragen, dass ein viel größerer Prozentsatz an Traumapatienten überlebt und die verbleibende Morbidität gesenkt werden kann. **Die wesentlichen Grundsätze, die im TFR-Kurskonzept gelehrt werden – rasche Untersuchung und die wesentlichen Maßnahmen ergriffen –, konnten zeigen, dass das Outcome beim schwer verletzten Traumapatienten verbessert werden kann.**

Zusammenfassung

Die „goldenen Prinzipien der präklinischen Versorgung von Traumapatienten“ sind die Folgenden:

1. Gewährleisten Sie die Sicherheit der eingesetzten Kräfte und der Patienten.
2. Schätzen Sie die Situation an der Einsatzstelle ein, um zu erkennen, ob weitere Kräfte erforderlich sind.
3. Erkennen Sie die Kinematik, welche die Verletzungen herbeigeführt hat.
4. Benutzen Sie den Primary Survey (initiale Beurteilung), um lebensgefährliche Umstände zu erkennen.
5. Führen Sie ein adäquates Atemwegsmanagement unter gleichzeitiger HWS-Stabilisierung durch
6. Unterstützen Sie die Atmung und verabreichen Sie Sauerstoff.

7. Kontrollieren Sie jegliche starke äußere Blutung.

8. Führen Sie eine Schocktherapie inklusive Erhalt bzw.

Wiederherstellung der normalen Körpertemperatur durch und schienen Sie muskuloskelettale Verletzungen.

9. Halten Sie die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule aufrecht, bis der Patient komplett immobilisiert wurde (z. B. auf dem Spineboard oder der Vakuummatratze).

10. Führen Sie die Patientenanamnese und den Secondary Survey erst durch, wenn die lebensbedrohlichen Probleme behoben oder ausgeschlossen sind.

11. Teilen Sie dem eintreffenden Rettungsfachpersonal alle relevanten Informationen über den Patienten und seine Verletzungen mit.

12. Vor allem: **Fügen Sie keinen weiteren Schaden zu!**

QUELLENVERZEICHNIS

1. Lerner EB, Moscati RM: The Golden Hour: scientific fact or medical "urban legend"? Acad Emerg Med 8:758, 2001.
2. Tsybuliak GN, Pavlenko EP: Cause of death in the early posttraumatic period. Vestn Khir Im II Greek 114(5):75, 1975.
3. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiovascular Care (ECC) Science with Treatment Recommendations. Part 10. First aid. Circulation 112(suppl I): III-115, 2005.

Anhang

| | |
|-----------------------------|-----|
| Abkürzungsverzeichnis | 349 |
| Glossar | 352 |
| Sachregister | 365 |

Abkürzungsverzeichnis

| | | | |
|------------|--|-------------------|--|
| A/C | assist control | CISM | Critical Incident Stress Management |
| AARC | American Association of Respiratory Care | CLS | Combat Lifesaver |
| AAST | American Association for the Surgery of Trauma | CONTOMS | Counter Narcotics and Terrorism Operational Medical Support |
| Ab | antibody (Antikörper) | COPD | chronic obstructive pulmonary disease |
| ABCDE | Atemwege – Belüftung der Lungen/Beatmung – Kreislauf (circulation) – Defizite (neurologische) – entkleideten Patienten untersuchen/Schutz vor Auskühlung | CoTCCC | Committee on Tactical Combat Casualty Care |
| ABC-Waffen | atomare, biologische und chemische Waffen | CPAP | continuous positive airway pressure |
| ACh | Acetylcholin | CPP | zerebraler Perfusionsdruck |
| AChE | Acetylcholinesterase | CPR | kardiopulmonale Reanimation (vgl. HLW) |
| AChR | Acetylcholin-Rezeptor | CSA | Chemikalienschutzzanzug |
| ACLS | Advanced Cardiac Life Support | CT | Computertomografie |
| ACS | acute coronary syndrome | CuF | Care under Fire |
| ACS | American College of Surgeons | CVR | zerebraler Gefäßwiderstand |
| ACSM | American College of Sport Medicine | DAN | Divers Alert Network |
| ADH | antidiuretisches Hormon | DCS | Dekompressionskrankheit |
| AED | automatischer externer Defibrillator | DGU | Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie |
| AGE | arterielle Gasembolie | DGV | Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin |
| AHA | American Heart Association | DMS | Durchblutung, Motorik, sensorische Funktion |
| AKNZ | Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz | DOT | U. S. Department of Transportation |
| ALS | Advanced Life Support, erweiterte lebensrettende Maßnahmen | EDV | elektronische Datenverarbeitung |
| AMPLE | Allergien, Medikamente, Vorerkrankungen (past history), letzte Mahlzeit, Ereignisse | EGV | Einsatzgruppenversorger |
| AMS | akute Bergkrankheit (acute mountain sickness) | EK | Erythrozytenkonzentrat |
| AMV | Atemminutenvolumen | EKG | Elektrokardiografie, -gramm |
| AO/OTA | Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopedic Trauma Association | ELW | Einsatzleitwagen |
| ARDS | acute respiratory distress syndrome | EMS | Emergency Medical Service |
| ASK | akute Strahlenkrankheit | EMT | Ausbildungsprogramm für Rettungspersonal |
| ASS | Acetylsalizylsäure | EMT | Emergency and Military Tourniquet® |
| ATLS | Advanced Trauma Life Support | EMT | Emergency Medical Technician |
| ATP | Adenosintriphosphat | ERG | Emergency Response Guidebook |
| AVPU | alert, responds to verbal stimulus, responds to painful stimulus, unresponsive | ERV | expiratorisches Reservevolumen |
| AZV | Atemzugvolumen | etCO ₂ | endtidales oder expiratorisches CO ₂ |
| BAL | British anti-lewisite | ETI | endotracheale Intubation |
| BAT | Beweglicher Arzttrupp | FDA | Food and Drug Administration (US-amerikanische Arzneimittelzulassungsbehörde) |
| BayKSG | Bayerisches Katastrophenschutzgesetz | FFP | Fresh Frozen Plasma |
| BBK | Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe | FGC | Fire Ground Command System |
| BG | Berufsgenossenschaft | FiO ₂ | inspiratorische Sauerstoffkonzentration |
| BHP | Behandlungsplatz | FIRESCOPE | Firefighting Resources of California Organized for Potential Emergencies |
| BLI | blast lung injury (Lungenkontusion durch Explosionsbarotrauma) | FM | Facharztmodul |
| BLS | Basic Life Support, einfache lebensrettende Maßnahmen | FOP | Fraternal Order of Police |
| BMI | Body-Mass-Index | FRC | funktionelle Residualkapazität |
| BOS | Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben | FwDV | Feuerwehrdienstvorschrift |
| BSS | Burn Size Score | G | Gauge |
| BUMED | US Navy Bureau of Medicine and Surgery | GCS | Glasgow Coma Scale |
| BWS | Brustwirbelsäule | GEL | Gesamteinzelzleiter |
| BZ | Blutzucker | GrÖNO | größeres Notfallereignis |
| C-A-T | Combat Application Tourniquet® | GSG 9 | vormals Grenzschutzgruppe 9, heute GSG 9 der Bundespolizei |
| CBF | zerebraler Blutfluss | GSM-Netz | Global System for Mobile Communications – Standard für volldigitale Mobilfunknetze |
| CBRN(E) | chemisch, biologisch, radiologisch, nuklear (explosiv) | GUV | Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung |
| CDC | Centers for Disease Control und Prevention (US-Behörde zur Seuchen- und Krankheitsvorsorge) | h | Stunde |
| CFR-A | Combat First Responder A | HACE | höhenbedingtes Hirnödem (high-altitude cerebral edema) |
| | | HAES oder HES | Hydroxyethylstärke |
| | | HAPE | höhenbedingtes Lungenödem (high-altitude pulmonal edema) |
| | | HBIG | Hepatitis-B-Immunglobulin |
| | | HBO | hyperbare Oxygenierung (Sauerstoff-Überdrucktherapie) |
| | | HBOC | Hämoglobin-basierter Sauerstoffträger |

| | | | |
|--------------------|--|-------------------------|---|
| BV | Hepatitis-B-Virus | mmHg | Millimeter Quecksilbersäule, Maßeinheit des Druckes (keine SI-Einheit) |
| HCV | Hepatitis-C-Virus | MOV | Multorganversagen |
| HE | high-order explosive(s) | MRSA | Methicillinresistente <i>Staphylococcus-aureus</i> -Stämme |
| HEPA-Filter | Schwebstoff-Filter (high-efficiency particulate air) | mSTART | modifiziertes START |
| HES | Hydroxyethylstärke | MVV | Massenvernichtungswaffen |
| HF | Herzfrequenz | nAChR | nikotinischer ACh-Rezeptor |
| HIV | humanes Immunschwächevirus | NAEMSP | National Association of EMS Physicians |
| HLW | Herz-Lungen-Wiederbelebung (vgl. CPR) | NAEMT | National Association of Emergency Medical Technicians |
| HMV | Herzminutenvolumen | NFPA | National Fire Protection Association |
| HSD | Kochsalz-Dextran-Lösung (hypertonic saline dextran) | NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration |
| HTS | hypertonische Kochsalzlösung (7,5 % hypertonic saline) | NIMS | National Incident Management System |
| HWS | Halswirbelsäule | NPTR | National Pediatric Trauma Registry |
| i. m. | intramuskulär | NSAR | nichtsteroidale Antirheumatika |
| i. o. | intraossär | NVG | Nachtsichtgerät |
| i. v. | intravenös | ÖEL | Örtliche Einsatzleitung |
| IAEM | International Association of Emergency Managers | OP | Operationssaal |
| IAFC | International Association of Fire Chiefs | OrgL | Organisatorischer Leiter Rettungsdienst |
| IC | inspiratorische Kapazität | OSHA | Occupational Safety & Health Administration (US-amerikanische Arbeitsschutzbehörde) |
| ICP | intrakranieller Druck | OTF | orale transmukosale Fentanylgabe |
| ICR | Interkostalraum | p. o. | per os (lat. für durch den Mund, orale Aufnahme) |
| ICS | incident command system | PaCO₂ | arterieller CO ₂ -Partialdruck |
| ICU | Intensivstation | PALS | Pediatric Advanced Life Support |
| IED | improvised explosive device | PASG | Antischockhose |
| ILCOR | International Liaison Committee on Resuscitation | PBI | primary blast injury |
| ILMA | Larynx-Tubus (intubating laryngeal mask airway) | PEA | pulslose elektrische Aktivität |
| IMS | National Fire Incident Management System | PEARRL | "Pupils equal and round, reactive to light" |
| IMV | intermittend mandatory ventilation | PEEP | positiver endexpiratorischer Druck |
| IOM | Institute of Medicine | PEP | Postexpositionsprophylaxe |
| IRV | inspiratorisches Reservevolumen | PFC | Perfluorkarbon |
| ISS | Injury Severity Score | PG | Packung |
| IuK | Informations- und Kommunikationsmanagement | PHTLS | Prehospital Trauma Life Support |
| KE | kinetische Energie | PJ | Pararescue Jumper |
| KG | Körpergewicht | PM | Pflegemodul |
| KHK | koronare Herzkrankheit | PNS | peripheres Nervensystem |
| KI | Kaliumiodid | POPS | Lungenüberblähungs-Barotrauma (pulmonary overpressurization syndrome) |
| KIT | Kriseninterventionsteam | PSA | persönliche Schutzausrüstung |
| KOF | Körperoberfläche | PTBS | posttraumatische Belastungsstörung |
| LBAT | Luftbeweglicher Arzttrupp | PTS | pädiatrischer Trauma-Score |
| LE | low-order explosive(s) | PTV | perkutane transtracheale Ventilation |
| LKA | Landeskriminalamt | RAM | rapid and remote assessment methodology |
| LLRZ le | Luftlanderettungszentrum leicht | RAS | retikuläres Aktivierungssystem |
| LLRZ | Luftlanderettungszentrum | RDD | radiation dispersion device |
| LMA | Larynxmaske | RI | retrograde Intubation |
| LNA | Leitender Notarzt | RKI | Robert Koch-Institut |
| LNG | Leitende Notarztgruppe | ROE | Rules of Engagement |
| LOQ | linker oberer Quadrant | ROQ | rechter oberer Quadrant |
| LSB | Linksschenkelblock | RR | (Blutdruckmessung nach) Riva-Rocci |
| LSF | Lichtschutzfaktor | RS | Rettungsstation |
| LT | Larynx-Tubus | RSB | Rechtsschenkelblock |
| LTB | Landtransportbegleittrupp | RSI | rapid sequence intubation |
| LUQ | linker unterer Quadrant | RTS | Revised Trauma Score |
| LWS | Lendenwirbelsäule | RTW | Rettungstransportwagen |
| M. | Musculus, Muskel | RUQ | rechter unterer Quadrant |
| mAChR | muskarinischer ACh-Rezeptor | RV | Residualvolumen |
| MADD | Mothers Against Drunk Drivers | RZ le | Rettungszentrum leicht |
| MANV | Massenanfall an Verletzten | RZ | Rettungszentrum |
| MAP | mittlerer arterieller Blutdruck | s. c. | subkutan |
| MCI | mass-casualty incident | SanTrp | Sanitätstrupp |
| MEDEVAC | Medical Evacuation | SaO₂ | arterielle Sauerstoffsättigung (Blutprobenmessung) |
| MEK | Mobiles Einsatzkommando | SAR | Suche und Rette (search and rescue) |
| MERZ | Marineeinsatzrettungszentrum | SARS | schweres akutes respiratorisches Syndrom (severe acute respiratory syndrome) |
| MFI | medication facilitated intubation | | |
| MIEMS | Maryland Institute of Emergency Medical Services | | |
| min | Minute | | |

| | | | |
|------------------------|---|--------------|--|
| SAS | Special Air Service | TEL | Technische Einsatzleitung |
| SbE | Stressbearbeitung nach belastenden Einsatzereignissen | TEMS | Tactical Emergency Medical Support |
| SBP | systolischer Blutdruck | TFC | Tactical Field Care |
| SEG | Schnelleinsatzgruppe | THW | Technisches Hilfswerk |
| SEK | Spezialeinsatzkommando | TLC | Totalkapazität der Lunge |
| SHT | Schädel-Hirn-Trauma | TS | Trauma-Score |
| SK | Sichtungskategorie | TSAB | traumatische Subarachnoidalblutung |
| SKK | Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und -schutz | USBV | unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen |
| SOFITT | SOF Tactical Tourniquet® | USP | United States Pharmacopeia |
| SpO₂ | arterielle Sauerstoffsättigung (pulsoxymetrisch ermittelt, quasi-arteriell) | UVV | Unfallverhütungsvorschrift |
| SSK | Strahlenschutzkommission | V.a. | Verdacht auf |
| START | simple triage and rapid treatment | VC | Vitalkapazität |
| STIKO | Ständige Impfkommission am Robert Koch-Institut | VE | Vollelektrolyt(lösung) |
| SUV | sport utility vehicle | VES | ventrikuläre Extrasystolen |
| SV | Schlagvolumen | VF | Kammerflimmern (ventricular fibrillation) |
| Sv | Sievert | vKOF | verbrannte Körperoberfläche |
| SVR | systemisch vaskulärer Widerstand (systemic vascular resistance) | VT | ventrikuläre Tachykardie |
| TACEVAC | Tactical Evacuation Care | VU | Verkehrsunfall |
| TBI | traumatic brain injury | WASB | wach, Reaktion auf Ansprache, Reaktion auf Schmerzreiz, Bewusstlosigkeit |
| TCCC | tactical combat casualty care | WHO | World Health Organisation |
| TEE | transösophageale Echokardiografie | WP | Weißer Phosphor |
| | | Z. n. | Zustand nach |
| | | ZMZ | civil-militärische Zusammenarbeit |
| | | ZNS | Zentralnervensystem |

Glossar

Abstrahlung Direkte Energieabgabe eines (warmen) Objekts in Form von infraroter Strahlung.

Abwehrspannung Verhärtung oder Verkrampfung der Abdominalwandmuskeln als Reaktion auf eine Peritonitis.

Acute respiratory distress syndrome (ARDS) Akute respiratorische Insuffizienz als Folge einer Schädigung des Kapillarendothels der Lunge; führt zum Austritt von Plasma in das Interstitium und die Alveoli.

Adoleszenz Lebensphase des Heranwachsens, das Alter zwischen Pubertätsbeginn und Erwachsenenalter, etwa zwischen 13 und 16 Jahren.

Adult Eine Person (im Allgemeinen 16 Jahre oder älter), deren Körper ausgereift ist und kindliches Wachstum und Entwicklung abgeschlossen hat.

Aerosol Gemisch aus festen oder flüssigen fein verteilten Partikeln und Luft.

Airbag Kissen, das sich bei einem schweren Aufprall automatisch explosionsartig aufbläst und den Aufprall dämpft. Es absorbiert Energie, indem es die Zeit bis zum Aufschlag des Körpers verlängert. Bei Frontal- und Beinahe-Frontalkollisionen sind Airbags beim 1. Aufprall extrem effektiv. Sie wurden zum Gebrauch in Kombination mit dem Sicherheitsgurt entwickelt.

Akute Tubularnekrose (ATN) Akute Schädigung der Nieren tubuli, meist als Folge einer Ischämie assoziiert mit Schock.

Akutes Strahlensyndrom Die physiologischen Konsequenzen einer Ganzkörperbestrahlung.

Alveolus Lungenbläschen; hier trifft das respiratorische System auf das zirkulatorische, und der Gasaustausch findet statt.

Alzheimer-Krankheit Hirnerkrankung, die häufig mit vorzeitiger seniler Demenz verbunden ist.

Amnesie Gedächtnisverlust.

Amnesie, anterograde Gedächtnisverlust für Ereignisse nach dem Trauma; Unfähigkeit, neue Erinnerungen zu bilden.

Amnesie, retrograde Gedächtnisverlust für den Zeitraum direkt vor Eintritt der Verletzung oder Krankheit eines Patienten. Auch Erinnerungsverlust für vergangene Ereignisse.

Amputat Abgetrenntes Körperteil oder Teil, das pathologisch oder chirurgisch vom Körper abgetrennt wurde.

Analgesie Schmerzlinderung.

Aneurysma, traumatisches Platzen oder Zerreissen eines pathologisch erweiterten Blutgefäßes (meist einer Arterie), verursacht durch oder in Zusammenhang mit einer Verletzung.

Angina pectoris Anfallsartig auftretende Schmerzen hinter dem Brustbein aufgrund eines myokardialen Sauerstoffmangels; strahlen häufig in den linken Arm aus, verbunden mit Beklemmung, Angst und Vernichtungsgefühl.

Anhidrose Fehlende Schweißsekretion.

Anisokorie Ungleiche Pupillenweite.

Anodontie Zahnlosigkeit.

Anterior-Cord-Syndrom Traumatische Verletzung der vorderen $\frac{2}{3}$ des Rückenmarks; meist eine Folge von Knochenfragmenten oder Druck auf spinale Arterien.

Anterokaudal Vorn und in Richtung der Füße.

Antihypertensivum Medikament, das hohen Blutdruck (Hypertonie) senkt. Einige Medikamente, welche die Urinausscheidung steigern (Diuretika), senken den Blutdruck, indem sie das Flüssigkeitsvolumen im Blutgefäßsystem verringern.

Antikoagulans Substanz oder Medikament, das die Blutgerinnung hemmt.

Aortenriss Kompletter oder teilweiser Riss einer oder mehrerer Gewebeschichten der Aorta.

Apnoe Aussetzen der spontanen Atmung.

Arachnoidea Spinnennetzartige, transparente Membran zwischen Dura mater und Pia mater; die mittlere der 3 Hirnhäute, die das Gehirn umgeben.

Arteriosklerose Verengung der Blutgefäße; die innere Schicht der Arterienwand wird durch Fettablagerungen verdickt.

Asphyxie, traumatische Stumpfe und quetschende Verletzungen des Brustkorbs und Abdomens mit deutlichem Anstieg des intravaskulären Druckes; führen zum Zerreißen der Kapillaren.

Atelektase Kollaps der Alveoli oder von Teilen der Lunge.

Atemminutenvolumen Menge an Luft, die pro Minute umgesetzt wird; wird errechnet durch Multiplikation des Atemzugvolumens (Tidalvolumen) mit der Anzahl der Atemzüge pro Minute.

Atemzugvolumen Siehe Tidalvolumen.

Atlas Erster Halswirbel (C1); ihm sitzt der Schädel auf.

Atmung, ataktische Unregelmäßige Atembemühungen ohne jedes erkennbare Muster; typischerweise bei Kopfverletzungen und ansteigendem intrakraniellem Druck.

Atmung, externe Transfer von Sauerstoffmolekülen von der Atmosphäre in das Blut.

Atmung, innere Die Bewegung oder Diffusion von Sauerstoff von den roten Blutkörperchen zu den Gewebezellen.

Aufprall Energie wird von einem sich bewegenden Objekt auf die Gewebe des menschlichen Körpers oder dem sich bewegenden menschlichen Körper auf ein stationäres Objekt übertragen.

Augenblick, lichter Periode normaler mentaler Funktion zwischen Perioden der Desorientierung, Bewusstlosigkeit oder Geisteskrankheit.

Avulsion Abreißen von Körpergewebe durch Gewalteinwirkung.

Axiale Entlastung Das Gewicht des Kopfes von der Wirbelsäule nehmen.

Axis Zweiter Halswirbel (C2); dient als Drehachse für den Atlas und den Kopf. Weitere Bedeutung: imaginäre Linie durch das Zentrum des Körpers.

Azetabulum Napfförmige Vertiefung des Hüftbeins am seitlichen Becken, die den Kopf des Femurs aufnimmt.

Azidose Erniedriger pH-Wert des Blutes durch Akkumulation von Säure.

Azidose, metabolische Azidose aufgrund des Anstiegs von Säuren außer Kohlensäure.

Bandscheibe Knorpelige Zwischenwirbelscheibe, die zwischen den einzelnen Wirbelkörpern liegt und als eine Art Stoßdämpfer dient.

Barorezeptor Sensorische Nervenendigung, die auf Druckänderungen reagiert. Barorezeptoren finden sich in den Vorhofwänden des Herzens, der Vena cava, im Aortenbogen und im Karotissinus.

Battle-Zeichen Retroaurikuläre Unterblutung. Verfärbung posterior und leicht inferior von den äußeren Ohren als Resultat von Blutungen in das Unterhautgewebe nach okzipitaler Schädelbasisfraktur.

Beatmung, gastrische Luft, die durch den Ösophagus in den Magen anstatt in die Lunge gelangt.

Beatmung, nasopharyngeale Der Tubus wird in ein Nasenloch eingeführt und folgt dem Boden der Nasenhöhle direkt zum Nasopharynx. Diese Art der Beatmung wird von Patienten mit ausgeprägtem Würgereflex üblicherweise gut toleriert.

Beatmung, oropharyngeale Der Tubus wird im Oropharynx oberhalb der Zunge platziert, verhindert so deren Zurückfallen und hält den Atemweg offen. Wird nur bei Patienten mit fehlendem Würgereflex eingesetzt.

Beutel-Masken-Beatmung Mechanische Wiederbelebungseinheit, bestehend aus einem selbstaufblasbaren Plastik- oder Gummibeutel und mehreren Einwegventilen. Durch Druck auf den Beutel wird eine Ventilation durch eine Maske, einen Endotrachealtubus oder eine andere Vorrichtung bewirkt; kann mit oder ohne zusätzliche Sauerstoffgabe benutzt werden.

Bewegung, beschleunigte Eine plötzliche Steigerung der Bewegung bzw. der Geschwindigkeit, z. B. durch den Energie-transfer bei einem Auffahrunfall; tritt ein, wenn ein sich langsam bewegendes oder stehendes Objekt von hinten getroffen wird.

Bockschuss-Munition Große Metallpellets, die in Schrotpatronen gefüllt werden.

Bradykardie Puls von unter 60 Schlägen pro Minute.

Bronchiole Kleinere Abzweigung eines Bronchus.

Brown-Séquard-Syndrom Halbseitige Querschnittsläsion des Rückenmarks durch eine penetrierende Verletzung.

Brustwirbelsäule (BWS) Teil der Wirbelsäule zwischen der Hals- (HWS) und Lendenwirbelsäule (LWS), bestehend aus den 12 Brustwirbeln (Th1–Th12). Die 12 Rippenpaare sind mit den Brustwirbeln verbunden.

Central-Cord-Syndrom Verletzung des zentralen Rückenmarks; meist bei Überstreckung des zervikalen Bereichs.

Chemorezeptor Sensorische Nervenendigung, die durch chemische Reize stimuliert wird. Chemorezeptoren finden sich in den großen Arterien von Thorax und Hals, den Tastknospen sowie den olfaktorischen Zellen der Nase.

Chemorezeptorzellen Zellen, die Nervenimpulse auslösen, wenn sie auf chemische Stimulierung reagieren. Verschiedene Chemorezeptorzellen kontrollieren die Atemfrequenz.

Cheyne-Stokes-Atmung Pathologische Form der periodischen Atmung mit rhythmisch zu- und abnehmender Atemfrequenz und Atemzugvolumen sowie Atempausen; häufig assoziiert mit traumatischen Hirnverletzungen und steigendem intrakraniellem Druck.

Colles-Fraktur Handgelenkfraktur. Wenn das Opfer nach vorn auf die ausgestreckten Hände fällt, um einen Sturz abzufangen, kann das zu einer Gabel- oder Fourchette-Stellung führen.

Contrecoup-Verletzung Verletzung von Teilen des Gehirns auf der dem Aufprallpunkt gegenüberliegenden Seite.

Coup-Verletzung Gehirnverletzung auf derselben Seite wie der Aufprallpunkt.

Crush-Syndrom Physiologische Schäden aufgrund schwerer Muskeltraumata, nachdem Teile des Körpers unter ein schweres Gewicht geraten sind; Folgen sind Nierenausfall und Tod.

Cullen-Zeichen Zyanose der Bauchhaut.

Cushing-Phänomen Die Kombination aus erhöhtem Blutdruck und daraus resultierender Bradykardie, als Folge eines steigenden Hirndrucks.

Dampf Ein Feststoff oder eine Flüssigkeit in der Gasphase, normalerweise als feine Wolke oder Nebel sichtbar.

Definitive Versorgung Versorgung, welche die Krankheit oder Verletzung des Patienten beseitigt, nachdem eine endgültige Diagnose gestellt wurde. Klare und eindeutige Versorgung, die ein Patient für sein spezielles Problem benötigt.

Dekontamination Reduktion oder Entfernung von Gefahrstoffen, biologischen oder radioaktiven Agenzien.

Dekortikationsstarre Charakteristische pathologische Körperhaltung eines Patienten mit steigendem Hirndruck; Rücken und untere Extremitäten sind gestreckt, die Arme gebeugt.

Dens axis Zahnartiger Vorsprung auf dem Wirbelkörper des 2. Wirbels (Axis) mit Gelenkflächen für das untere Kopfgelenk und den 1. Wirbel (Atlas); erlaubt dem Kopf eine Drehung um ca. 180°.

Dermatom Das sensibel versorgte Hautareal des Körpers, das von einer bestimmten Spinalnervenwurzel versorgt wird. In ihrer Gesamtheit erlauben sie eine Zuordnung der einzelnen Areale zu den Spinalnerven und helfen bei der Zuordnung einer Rückenmarksverletzung.

Dermis Hautschicht direkt unter der Epidermis, bestehend aus einem Netzwerk aus Bindegewebe mit Blutgefäßen, Nervenenden, Talg- und Schweißdrüsen.

Dezerebrationssyndrom Charakteristische Körperhaltung eines Individuums mit Dezerebrationsstarre; Beugestellung der Arme, ggf. sogar Streckhaltung der Wirbelsäule. Eine der pathologischen Haltungen, die typischerweise mit steigendem Hirndruck assoziiert sind.

Diaphragma Zwerchfell; gewölbter Muskel, der Brustraum und Abdomen trennt und eine Rolle bei der Atmung spielt.

Diaphragmaruptur (Diaphragmahlerniation) Zerreissen oder Zerschneiden des Diaphragmas (Zwerchfells), sodass

Thorax- und Abdominalraum nicht länger getrennt sind und Organteile des Abdomens in den Thoraxraum eintreten können; gewöhnlich Folge eines ansteigenden intraabdominellen Drucks, der zu einem Zwerchfellriss führt.

Diaphysal Den Schaft eines Röhrenknochens betreffend.

Diastole Erschlaffung des Herzmuskels (Füllung des Ventrikels).

Diastolischer Blutdruck Ruhedruck zwischen den Ventrikelkontraktionen, gemessen in mmHg.

Dichte Anzahl der Partikel in jedem beliebigen Gewebebereich.

Diffusion Bewegung gelöster Teilchen durch eine Membran.

Distraction Verfahren zur Reposition von ineinander verschobenen oder verkeilten Knochenfragmenten bei Frakturen.

Don-Juan-Syndrom Muster, das oft auftritt, wenn Opfer aus einer Höhe fallen oder springen und auf ihren Füßen landen. Bilaterale Kalkaneus-(Fersenbein-)Frakturen sind oft mit diesem Syndrom assoziiert. Nachdem die Füße aufgeprallt sind und die Bewegung stoppt, wird der Körper in eine Flexion gezwungen, wenn das Gewicht des sich weiter bewegenden Kopfes, Torsos und Beckens zum Tragen kommt. Dies kann Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule im thorakalen und lumbalen Bereich zur Folge haben.

Dornfortsatz Schwanzähnliche Struktur in der hinteren Region der Wirbel.

„Down and under“ Wenn ein Fahrzeug seine Vorwärtsbewegung plötzlich abbremst, bewegt sich der Insasse normalerweise vorwärts unter das Lenkrad. Vgl. „Up and over“.

Druck, extraluminaler Druck in den Geweben, welche die Blutgefäße umgeben.

Druck, transmuraler Differenz zwischen dem Druck innerhalb eines Blutgefäßes und dem außerhalb des Gefäßes.

Dura mater Äußere Membran, die Rückenmark und Gehirn bedeckt; äußere der 3 Hirnhäute; harte Hirnhaut.

Durascheide Fibröse Membran, die Gehirn und Rückenmark bedeckt und bis hinunter zum 2. Kreuzbeinwirbel reicht.

Dysarthrie Sprachstörung.

Dysbarismus Erkrankung, die durch eine Änderung des umgebenden Luftdrucks entsteht.

Dysrhythmie (kardiale) Abnormaler, gestörter Herzrhythmus.

Einklemmung des Cingulums Das Cingulum entlang der medialen Oberfläche der Hirnhemisphären wird als Folge einer Blutung oder eines Ödems unter die Hirnsichel gepresst; dadurch entstehen Verletzungen der mittleren Hirnhemisphären und des Mittelhirns.

Einsatzstelle Zu bewertende Umgebung, in welcher der Notfall geschah. Bei einem Unfall mit Motorfahrzeugen beinhaltet dies die Evaluierung der Anzahl der Fahrzeuge, der Kräfte, die auf sie einwirkten, und des Ausmaßes und Typs ihrer Beschädigungen.

Ekchymose Bläulicher oder rötlicher, unregelmäßiger Bluterguss unter der Haut.

Eklampsie Schwangerschaftserkrankung mit Hypertonie, peripheren Ödemen und Krämpfen, auch Schwangerschaftsvergiftung genannt.

Elektrolyt Substanz, die in geladene Teilchen (Ionen) zerfällt, wenn sie in Lösung geht.

Empyem Eiteransammlung im Pleuraspalt.

Energie, chemische Die Interaktion einer Chemikalie mit anderen Chemikalien oder menschlichem Gewebe setzt Energie, meist in Form von Wärme, frei.

Energie, elektrische Energie aus der Bewegung von Elektronen zwischen zwei Punkten.

Energie, kinetische (EK) Bewegungsenergie; Produkt aus Gewicht und Geschwindigkeit eines Körpers: E_k entspricht der halben Masse mal der Geschwindigkeit zum Quadrat.

Energie, mechanische Kinetische oder Bewegungsenergie.

Energie, thermische Energie aufgrund steigender Temperaturen und Hitze; Wärmeenergie.

Epidermis Äußerste Schicht der Haut, bestehend aus Epithelzellen ohne Blutgefäße.

Epiduralraum Raum zwischen Dura mater und Schädel; enthält die mittleren Hirnhautarterien.

Epiglottis Kehldeckel; dient als Ventil, das Luft in die Trachea sowie Feststoffe und Flüssigkeiten in den Ösophagus leitet.

Epiphysal Das Ende der Röhrenknochen betreffend.

Ereignisphase Phase, die mit dem Aufprall zwischen einem sich bewegenden und einem 2. Objekt beginnt; Phase des eigentlichen Unfalls.

Erfrierung Kälteschädigung von Körnergewebe nach Exposition gegenüber Temperaturen von 0 °C oder darunter.

Escharotomie Operative Entfernung von Wundschorf, z.B. bei ausgedehnten Verbrennungen.

Ehydratation Normaler Körperwassergehalt.

Eukapnie Normaler Kohlendioxidgehalt des Blutes.

Euvolämie Normales zirkulierendes Blutvolumen.

Eviszeration Teile der Eingeweide oder anderer abdominaler Organe, die durch eine offene Wunde dringen und aus der Körperhöhle herausragen.

Explosionsverletzungen, primäre Verletzungen durch die Druckwelle einer Explosion, z.B. Lungenblutungen, Pneumothorax, Perforation gastrointestinaler Organe.

Explosionsverletzungen, quartäre Verletzungen durch Hitze und Rauch, wie Verbrennungen, Inhalationstraumata, Erstickung.

Explosionsverletzungen, sekundäre Verletzungen, die auftreten, wenn das Opfer von herumliegendem Glas, herabfallendem Mörtel oder anderen Trümmern der Explosion getroffen wird.

Explosionsverletzungen, tertiäre Dritte Gruppe von Verletzungen, die bei einer Folge von Verletzungen produzierten Ereignissen (z.B. Explosionen) entstehen; sie treten auf, wenn das Opfer weggeschleudert wird und gegen ein Objekt prallt. Tertiäre Verletzungen sind vergleichbar mit denen, die beim Herausschleudern aus Fahrzeugen und Stürzen aus großer Höhe entstehen oder wenn das Opfer durch die Druckwelle einer Explosion gegen ein Objekt geschleudert wird. Tertiäre Verletzungen sind meist offensichtlich.

Exspiration Ausatmung; das Herauspressen der Luft aus den Lungen durch Erschlaffen der Interkostalmuskeln und des Diaphragmas, bis die Rippen und das Zwerchfell ihre Ruheposition erreicht haben.

FiO₂ Anteil des Sauerstoffs in der eingeatmeten Luft, angegeben als Dezimalzahl; ein FiO₂-Wert von 0,85 bedeutet, dass 85 % der eingeatmeten Luft aus Sauerstoff bestehen.

Flache Knochen Dünne, flache und kompakte Knochen, z. B. Sternum, Rippen, Schulterblatt.

Flail-Chest Instabiler Thorax aufgrund multipler Rippenfrakturen an 2 oder mehr Stellen oder assoziiert mit einem gebrochenen Sternum.

Flexion Beugebewegung an einem Gelenk, die den Winkel zwischen den Knochen an diesem Gelenk verkleinert. Auch Vorwärtsneigung des Kopfes, die das Kinn dem Sternum annähert.

Flucht-oder-Angriff-Reaktion „Fight or flight response“, Reaktion des sympathischen Nervensystems, die bewirkt, dass das Herz schneller und kräftiger schlägt, sich die Blutgefäße verengen, Blutdruck und Atemfrequenz steigen.

Foramen intervertebrale Zwischenwirbelloch, hier treten die Rückenmarknerven seitlich der Wirbel aus.

Foramen magnum Öffnung an der Schädelbasis.

Foramen vertebrale Wirbelloch, Öffnung im Wirbelkörper.

Fragmentierung Wenn ein Objekt, z. B. eine Bombe, in viele einzelne Teile zerfällt und dadurch die Reichweite vergrößert und mehr Energieaustausch verursacht.

Fraktur Knochenbruch. Eine einfache Fraktur ist geschlossen, ohne Riss oder Öffnung der Haut. Bei einer offenen Fraktur hat die ursprüngliche Verletzung oder ein Knochenende eine offene Wunde in der Nähe der Frakturstelle verursacht. Bei einem Trümmerbruch finden sich mehrere frei bewegliche Knochensegmente.

Fraktur, geschlossene Knochenfraktur, bei der die Haut nicht verletzt ist.

Fraktur, offene Fraktur eines Knochens mit offener Hautwunde.

Frostbeule Chronische Erfrierung von Körpergewebe durch Exposition gegenüber Frosttemperaturen.

Gehirnerschüttung Änderung der neurologischen Funktionen, etwa Bewusstseinsverlust, ohne intrakranielle Abweichung in der Computertomografie (CT).

Geriatrisch Assoziiert mit der Diagnose und Behandlung von Verletzungen und Krankheiten, die ältere Menschen betreffen.

Geschwindigkeit Schnelligkeit, z. B. die Schnelligkeit einer sich bewegenden Masse, und Richtung einer Bewegung.

Glasgow Coma Scale (GCS) Skala zur Evaluierung und Quantifizierung des Bewusstseinszustands bzw. einer Bewusstseinsstörung durch Bestimmung der besten Reaktionen auf standardisierte Stimuli, zu denen der Patient fähig ist.

Globaler Überblick „global survey“, simultaner 15- bis 30-Sekunden-Überblick über den Patientenzustand; fokussiert auf die unmittelbare Ventilation, den Kreislauf und den neurologischen Status des Patienten.

Glykogen Stark verzweigte Glukoseketten; Speicherform der Glukose.

Goldene Phase Zeitintervall, um eine definitive Versorgung des Patienten zu erreichen, die das bestmögliche Outcome ermöglicht.

Gravitationskraft Schwerkraft, Anziehungskraft.

Grey-Turner-Zeichen Zyanotische Verfärbung im Flankenbereich.

Grundumsatz Die Menge an Kalorien/Joule, die ein Körper in Ruhe verbrennt, z. B. zur Wärmeproduktion.

Halswirbelsäule Halsregion der Wirbelsäule mit 7 Halswirbeln (C1–C7).

Hämatokrit Messung des Volumens der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) im Gesamtblutvolumen.

Hämatom, epidurales Arterielle Blutung zwischen dem Schädel und der Dura mater.

Hämatothorax Einblutung in den Pleuraspalt.

Hämoglobin Molekül in den roten Blutzellen, das Sauerstoff bindet.

Hämoperikard Blutansammlung im Perikardraum, die zu einer perikardialen Tamponade führen kann.

Hämoptysie Aushusten oder Ausspucken von Blut.

Hämorrhagie Blutung; außerdem Verlust einer großen Blutmenge in kurzer Zeit in den oder aus dem Körper.

Hemianästhesie Verlust des Gefühls auf nur einer Körperseite.

Hemiparese Lähmung einer Körperhälfte.

Hemiplegie Vollständige Lähmung einer Körperhälfte.

Hernia tonsillaris Prozess, bei dem das Gehirn nach unten durch das Hinterhauptsloch gedrückt wird und das Kleinhirn und die Medulla vor sich her schiebt. Folgen sind Hirnzerstörung und schließlich der Tod.

Herzminutenvolumen Blutvolumen, welches das Herz bei jeder Kontraktion pumpt (Angabe in Liter pro Minute).

Hilfsfrist Zeit vom Unfallereignis bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes an der Einsatzstelle.

Hirnverletzung, primäre Direktes Trauma des Gehirns und assoziierte vaskuläre Verletzungen.

Hirnverletzung, sekundäre Ausdehnung des Ausmaßes der primären Hirnverletzung durch Faktoren, die zu einem größeren, länger andauernden neurologischen Defizit führen.

Hitze(stress)index Kombination aus Umgebungstemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit.

Hitzeerschöpfung Zustand nach exzessivem Flüssigkeits- und Elektrolytverlust durch Schwitzen und fehlender adäquater Flüssigkeitszufuhr, wenn der Patient längere Zeit, meist mehrere Tage, hohen Umgebungstemperaturen ausgesetzt ist.

Hitzekrämpfe Akute schmerzhafte Spasmen der willkürlichen Muskulatur nach schwerer körperlicher Arbeit in heißer Umgebung, vor allem, wenn der Patient nicht akklimatisiert ist.

Hitzschlag Akute Reaktion auf Hitzeexposition, charakterisiert durch erhöhte Körpertemperatur.

Höhe, große Höhenbereich zwischen 1.500 und 3.500 m.

Höhe, extreme Höhenbereich ab 5.500 m.

Höhe, sehr große Höhenbereich zwischen 3.500 und 5.500 m.

Homiotherme Warmblüter.

Homöostase Konstante stabile interne Bedingungen; physiologischer Gleichgewichtszustand des Körpers.

Hyperchloridämie Anstieg des Chloridgehaltes im Blut.

Hyperextension Extreme, abnorme Extension; eine Hyperextension des Halses kann bei Personen mit instabiler Wirbelsäule zur Fraktur oder Dislokation von Wirbeln und zu Rückenmarksverletzungen führen.

Hyperflexion Extreme oder abnorme Flexion; eine Hyperflexion des Halses kann zur Fraktur oder Dislokation von Wirbeln oder zu Rückenmarksverletzungen bei Personen mit instabiler Wirbelsäule führen.

Hyperhydratation Überschuss an Körperwasser durch überschießende Flüssigkeitszufuhr.

Hyperkaliämie Erhöhter Kaliumgehalt des Blutes.

Hyperkapnie Übermäßiger Kohlendioxidgehalt des Blutes.

Hyperrotation Exzessive Drehung.

Hyperthermie Körperkerntemperatur deutlich höher als die Normaltemperatur.

Hypertonie Blutdruck oberhalb der Grenzen des normalen Bereichs; allgemein definiert als systolischer Blutdruck > 150 mmHg.

Hypertonie, intrakranielle Erhöhter Hirndruck.

Hypertonisch Höherer osmotischer Druck als bei normalem Serum oder Plasma.

Hypertonische Krise Plötzlicher, schwerer Blutdruckanstieg auf Werte über 200/120 mmHg.

Hyperventilation, zentrale neurogene Pathologische schnelle und flache Atmung assoziiert mit Kopfverletzungen und steigendem intrakraniellem Druck.

Hypochlorit-Lösung Bleichlauge; wird im Haushalt zum Bleichen und in der Industrie zur Herstellung von Reinigungsmitteln verwendet.

Hypoglykämie Herabgesetzter Zuckergehalt des Blutes.

Hypoperfusion Inadäquate Perfusion der Zellen mit hinreichend oxygeniertem Blut.

Hypopharynx Unterer Abschnitt des Pharynx, der sich anterior in den Larynx und posterior in den Ösophagus öffnet.

Hypothalamus Die Region des Gehirns, die u. a. als Thermoregulationszentrum funktioniert. Er kontrolliert die neurologische und hormonelle Regulation der Körpertemperatur.

Hypothenar Kleinfingerballen am äußeren Rand der Mittelhand.

Hypothermie Körperkerntemperatur unterhalb der Normaltemperatur, gewöhnlich zwischen 26 °C und 32 °C.

Hypothermie, primäre Abfall der Körpertemperatur, wenn Gesunde ungeschützt überwältigender Kälte ausgesetzt werden.

Hypothermie, sekundäre Abfall der Körpertemperatur als Konsequenz einer systemischen Erkrankung wie Hypothyreose, Trauma, Krebs und Sepsis.

Hypotonie Blutdruck unterhalb der Grenzen des normalen Bereichs.

Hypotonie Orthostatische Blutdruckabfall beim Übergang vom Liegen zum Sitzen oder Stand; häufige Symptome: Benommenheit, Schwindel oder Ohnmacht.

Hypotonisch Geringerer osmotischer Druck als bei normalem Serum oder Plasma.

Hypoventilation Unzureichende Ventilation, wenn das Atemminutenvolumen unter den Normalwert sinkt.

Hypovolämie Verminderte Gesamtblutmenge (unterhalb des normalen Bereichs).

Hypoxie (Hypoxämie) Sauerstoffmangel; inadäquates Sauerstoffangebot. Das Fehlen einer adäquaten Sauerstoffversorgung der Lungen, verursacht durch inadäquates Minutenvolumen (Luftaustausch in den Lungen) oder eine verminderte Sauerstoffkonzentration in der eingeatmeten Luft.

Immunsystem Körperabwehr, die den Körper vor Krankheitserregern, Fremdkörpern und Krebszellen schützt. Die Hauptkomponenten des Immunsystems sind diverse Zellen des Knochenmarks, Thymus, Lymphgewebes, der Milz und der Leber.

Inhalation Einatmung, Aufnahme von Luft in den Respirationsstrakt.

Interkostalmuskeln Zwischen den Rippen liegende Muskeln, die diese miteinander verbinden.

Interstitielle Flüssigkeit Extrazelluläre Flüssigkeit zwischen den Zellen der Körperfuge außerhalb des Blutgefäßsystems.

Intraössär Innerhalb der Knochensubstanz.

Intrazellularflüssigkeit Flüssigkeit innerhalb der Zellen.

Intubation Einführung eines Tubus in Mund oder Nase. Endotracheale Intubation ist die Einführung eines Beatmungstibus durch Mund oder Nase in die Trachea, um einen Atemweg für Sauerstoff oder Anästhesiegase bereitzustellen.

Intubation, endotracheale Einführung eines großen Tubus in die Trachea zur direkten Beatmung von außerhalb des Körpers; optimaler Weg zur definitiven Kontrolle der Atemwege bei Traumapatienten.

Inzisur, tentoriale Einbuchtung im Tentorium cerebelli (Kleinhirnzelt) an der Verbindungsstelle von Mittelhirn und Zerebrum. Der Hirnstamm liegt unterhalb der Inzisur.

Ipsilateral Auf derselben Körperseite.

Ischämie Lokale und temporäre Mangelversorgung mit Blut, verursacht durch eine Kreislaufbehinderung/-blockierung eines Körperteils oder -gewebes.

Ischämische Empfindlichkeit Empfindlichkeit von Gewebezellen gegenüber Sauerstoffmangel.

Jochbogen Knochen, die den oberen Bereich der Wangen bilden. Seitlich, oberhalb der Molaren, dehnen sie sich weiter nach vorn als der Oberkiefer und geben dem Gesicht eine individuelle Struktur und Form; umgangssprachlich „Wangenknochen“ genannt.

Jugularvenenerweiterung Druckstau auf der rechten Herzseite mit dem Ergebnis eines venösen Poolings und Halsvenenerweiterung, verursacht durch eine verminderte Füllung auf der linken Herzseite und reduziertem linksseitigem Herauswurf.

Kapillaren Die kleinsten Blutgefäße, in denen Diffusion und Osmose durch die Kapillarwände stattfinden.

Kapnografie Monitoring des endtidalen CO₂; korreliert eng mit dem arteriellen Partialdruck von CO₂ (PaCO₂).

Kardioinhibitorisches Zentrum Teil der Medulla (des verlängerten Marks), der die Herzaktivität verlangsamt oder inhibiert.

Kardiovaskulär Herz und Gefäße betreffend.

Katarakt Trübung der Augenlinse, die den Eintritt des Lichts ins hintere Auge hemmt und die Sicht wegen der Lichtstreuung verschlechtert.

Katecholamine Gruppe körpereigener chemischer Stoffe, die als Neurotransmitter dienen. Die wichtigsten körpereigenen Katecholamine sind Dopamin, Adrenalin und Noradrenalin. Sie bereiten den Körper auf Aktivitäten in Stresssituationen vor.

Kaudal Schwanz- oder fußwärts.

Kavitation Wenn Körpergewebe (z.B. nach dem Einschlag eines Projektils) aus ihrer normalen Lage gezwungen werden und eine temporäre oder permanente Höhle bilden.

Kephal Kopfwärts.

Keraunoparalyse Vorübergehende Lähmung nach einem Blitzschlag.

Kinematik Untersuchungsprozess des Verletzungsmechanismus eines Unfalls, um festzustellen, welche Verletzungen von den beteiligten Kräften und Bewegung(sänderung)en verursacht werden; Lehre von der Bewegung.

Kleinkind Kind mit der Körpergröße und dem physischen Entwicklungsstand im Alter von ca. 1–2 Jahren.

Koagulationsnekrose Gewebezerstörung durch eine Verätzung mit Säuren; das zerstörte Gewebe formt eine Barriere, die vor dem tieferen Eindringen der Säure schützt.

Koagulopathie Blutgerinnungsstörung.

Kolliquationsnekrose Gewebezerstörung durch eine Verätzung mit Laugen; die Lauge verflüssigt das Gewebe und kann so in tiefere Gewebeschichten eindringen.

Kompartmentsyndrom Ischämie und eingeschränkter Kreislauf z.B. als Folge einer Gefäßschädigung; ein zelluläres Ödem führt zu steigendem Druck in einem geschlossenen Muskel- oder knöchernen Kompartiment.

Komplikation Zusätzliches Problem, das sekundär nach einer Verletzung, Krankheit oder Behandlung auftritt. Außerdem eine Krankheit oder ein Unfall, die/der eine andere Beeinträchtigung überlagert, ohne mit ihr in direkter Verbindung zu stehen, der oder die die Prognose der ersten Krankheit aber beeinflusst oder verändert.

Kompressibilität Fähigkeit, sich durch Energietransfer zu verformen.

Kompression Kraft, die bei einem Aufprall bewirkt, dass ein Gewebe, Organ oder ein Körperteil zwischen 2 oder mehr Objekten oder Körperteilen gequetscht wird.

Kompressionsverletzungen Verletzungen durch schwere Press- und Quetschkräfte; können äußere Strukturen des Körpers oder die inneren Organe betreffen.

Konduktion Übertragung von Wärmeenergie zwischen 2 Objekten durch direkten Kontakt.

Kondylen, okzipitale Zwei runde, knöchelartige Höcker am Ende des Hinterhauptbeins auf der Rückseite des Schädels.

Koniotomie, chirurgische Verfahren zum Öffnen der Atemwege eines Patienten, das als „letzter Ausweg“ angesehen werden sollte; dabei wird ein Schlitz in den Ringknorpel der Trachea geschnitten, um den Luftweg zu öffnen; auch als Krikotracheotomie bezeichnet.

Konsensueller Reflex Reflexartige Pupillenverengung bei Belichtung der gegenseitigen Pupille. Ein Fehlen dieses Reflexes gilt als positives Zeichen für eine Gehirn- oder Augenverletzung.

Kontaktwunde Sie entsteht, wenn der Lauf das Opfer zum Zeitpunkt des Schusses berührt; typischerweise eine runde Eintrittswunde, oft mit sichtbaren Verbrennungen, Rußablagerungen oder einem Abdruck des Waffenlaufes.

Kontamination, primäre Exposition gegenüber einer gefährlichen Substanz an ihrem Ausgangspunkt.

Kontamination, sekundäre Exposition gegenüber einem Gefahrstoff, nachdem dieser durch ein Opfer, einen Helfer oder ein Ausrüstungsteil von seinem Ausgangspunkt entfernt wurde.

Kontraindikation Jedes Zeichen, Symptom, klinischer Eindruck, Voraussetzung oder Umstand, der anzeigt, dass eine erfolgte Behandlung oder Vorgehensweise unpassend ist und damit außerhalb der akzeptierten medizinischen Praxis liegt. Eine relative Kontraindikation wird normalerweise wie eine Kontraindikation behandelt, kann aber unter besonderen Umständen von einem Arzt als akzeptierte medizinische Praxis auf einer Fall-zu-Fall-Basis zugelassen werden.

Kontralateral Auf der anderen Körperseite.

Kontusion Prellung oder Quetschung.

Konvektion Erwärmung von Wasser oder Luft, die einen warmen Körper umströmen, wobei der Körper abkühlt.

Körperoberfläche (KOF) Die äußere, mit Haut bedeckte Oberfläche des Körpers. Jeder Körperteil repräsentiert einen bestimmten Prozentsatz der Gesamtoberfläche. Dieser Wert ist einer der Faktoren, die zur Berechnung der Ausdehnung einer Verbrennung herangezogen werden.

Kranium Schädel.

Kreislaufzentrum Die Hirnregion in der Medulla oblongata, welche die sympathische Antwort zur Steigerung der Herzfrequenz aktiviert.

Krepitation Knisterndes Geräusch als Zeichen für eine Fraktur, wenn Knochenenden aneinander reiben.

Kreuzbein (Os sacrum) Teil der Wirbelsäule unterhalb der Lendenwirbelsäule, besteht aus den 5 Kreuzbeinwirbeln (S1–S5), die durch unbewegliche Gelenke verbunden sind und das Steißbein formen; gewichttragende Basis der Wirbelsäule und Teil des Beckengürtels.

Krikothyreoidmembran Dünne, feste Membran zwischen Schild- und Ringknorpel; an dieser Stelle wird die Koniotomie durchgeführt.

Kurze Knochen Mittelhandknochen, Mittelfußknochen, Finger-, Zehenglieder.

Kyphose Flache, konvexe Dauerverbiegung der Wirbelsäule, oft mit dem Alterungsprozess verbunden; kann auch durch Rickets oder Tuberkulose der Wirbelsäule verursacht werden.

Lage (Situation) Ereignisse, Beziehungen und Rollen der Parteien, die neben dem Patienten an der Notfallsituation beteiligt waren. Die Situation (z. B. häuslicher Streit, Unfall eines Fahrzeugs ohne offensichtlichen Grund, ältere, allein lebende Person, Schießerei) ist wichtig für die Beurteilung des Gesamtgeschehens.

Lange Knochen Femur, Humerus, Ulna, Radius, Tibia und Fibula.

Larynxmaske Alternative zur Atemwegssicherung, wenn eine endotracheale Intubation nicht erfolgreich oder möglich ist; besteht aus einer aufblasbaren Silikonmaske und einem verbindenden Gummischlauch; wird blind in den Pharynx eingeführt und formt eine sichere Niederdruckabdichtung des Hypopharynx, ohne dass die Maske direkt in den Larynx geschoben wird.

Lendenwirbelsäule (LWS) Teil der Wirbelsäule am unteren Rücken unterhalb der Brustwirbel, enthält die 5 Lendenwirbel (L1–L5).

Ligament Band aus festem, fibrösem Gewebe, das Knochen mit Knochen verbindet.

Ligamentum arteriosum Bindegewebsband an der Verzweigungsstelle der Lungenarterie (Überrest des beim Fetus offenen Ductus arteriosus).

Limbus Übergangszone von der Cornea in die Sklera.

Logroll-Verfahren Verfahren, um Patienten mit möglicher Wirbelsäulenverletzung von einer Seite auf die andere oder komplett zu drehen, während die Wirbelsäule manuell vor übermäßigen, gefährlichen Bewegungen geschützt wird. Wird eingesetzt, um Patienten mit angenommener instabiler Wirbelsäule auf ein Spineboard zu platzieren.

Lymphödem Eine Verengung der Lymphbahnen führt zu einem Ödem.

Mandel-Tip-Katheter Steifer Absaugkatheter zum schnellen Entfernen großer Mengen an Flüssigkeit, Erbrochenem, Blut und Zelltrümmern aus Mund und Pharynx, um eine Aspiration zu verhindern.

Masse Gewicht eines Patienten.

Massenanfall an Verletzten (MANV) Ereignis (z. B. Flugzeugunglück, zusammenstürzendes Gebäude, Großfeuer), das eine große Anzahl an Patienten mit gleichem Mechanismus, am selben Ort und zur selben Zeit verursacht.

Mediastinum Mittelteil des Thoraxinnenraums, der Herz, große Gefäße, Trachea, Hauptbronchien und Ösophagus enthält.

Medulla oblongata Teil des Hirnstamms; erstes Regulationszentrum der autonomen Kontrolle des kardiovaskulären Systems.

Meningen Die 3 Membranen, die Gehirn und Rückenmark bedecken.

Metabolismus Die Summe aller physikalischen und chemischen Umwandlungen in einem Organismus; alle Energie- und Materialumsetzungen in lebenden Zellen.

Metabolismus, aerober Sauerstoffbasierter Stoffwechsel, wichtigster Verbrennungsprozess der Körperzellen.

Metabolismus, anaerob Zellstoffwechsel ohne Sauerstoffverbrauch.

Miosis Pupillenverengung; der Patient klagt oft über verschwommene oder trübe Sicht.

Mittlerer arterieller Druck (MAP) Durchschnittlicher Druck im vaskulären System; wird bestimmt durch Addition von einem Drittel des Pulstdrucks zum diastolischen Druck.

Morbidität Krankheitshäufigkeit innerhalb einer Population.

Mortalität Sterblichkeit; Anzahl der Todesfälle in einem Beobachtungszeitraum.

Multisystemtrauma Mehr als ein Körpersystem ist verletzt.

Myoglobin Ein Muskelprotein, das dem Muskel seine typische rote Farbe gibt.

Myoglobulinurie Myoglobinausscheidung in das Blut; führt zu rötlichem oder teefarbenem Harn, Nierenvergiftung und Nierenausfall.

Myokard Mittlere und dickste Schicht der Herzwand; besteht aus Herzmuskelzellen.

Myokardiale Hypertrophie Vergrößerte Herzgröße und -muskelmasse.

Myokardiale Prellung Quetschung des Herzens oder des Herzmuskels.

Nachereignisphase Phase, die beginnt, sobald die Energie des Unfalls absorbiert und der Patient traumatisiert wurde. Phase der präklinischen Versorgung, welche die Hilfsfrist, die goldene Phase und die Reaktionszeit des OP-Teams umfasst.

Nachlast Der Druck, gegen den der linke Ventrikel das Blut bei jedem Herzschlag pumpen muss.

Nahtknochen Knochen, die durch Nähte (Suturae) verbunden sind und den Schädel bilden.

Nares Öffnungen in der Nase, welche die Passage der Luft von außerhalb in den Nasenrachenraum erlauben (Singular: Naris). Vordere Nares sind die Nasenlöcher. Hintere Nares sind die beiden Öffnungen in der Rückwand der Nasenhöhle an der Verbindung zum Nasenrachenraum.

Nasopharynx Oberer Teil der Atemwege, liegt oberhalb des weichen Gaumens.

Nervenbahnen, aszendierende Aufsteigende Nervenbahnen im Rückenmark, die sensorische Signale vom Körper zum Gehirn leiten.

Nervensystem, autonomes Teil des zentralen Nervensystems, der die unwillkürlichen Funktionen des Körpers lenkt und kontrolliert.

Nervensystem, parasympathisches Teil des Nervensystems, der die normalen Körperfunktionen kontrolliert.

Nervensystem, sympathisches Teil des Nervensystems, der die „Flucht-oder-Angriff-Reaktion“ auslöst.

Neugeborenes Ein Kind im Alter von der Geburt bis 6 Wochen.

Neunerregel Topografische Einteilung (meist Teile von 9 % und 18 %) des Körpers, um die betroffene Körperoberfläche bei Verbrennungen abzuschätzen.

Neuralbögen Zwei gebogene Auswüchse des Wirbelkörpers.

Newtonmeter Maß der mechanischen Kraft; Drehmoment; Kraft = Masse × Beschleunigung oder Entschleunigung.

Newtons 1. Gesetz der Bewegung Ein in Ruhe befindlicher Körper bleibt so lange in Ruhe und ein sich bewegender Körper bleibt so lange in Bewegung, bis eine andere Kraft von außen auf diesen Körper einwirkt.

Nichtrückatemmaske Sauerstoffmaske mit Reservoirbeutel und Nichtrückatemventilen, die den Austritt der ausgeatmeten Luft erlauben. Sie überträgt hohe Sauerstoffkonzentrationen (85–100 %) an den Patienten, wenn sie an eine Sauerstoffquelle mit hoher Flussrate angeschlossen ist.

„**Nonpatent airway**“ Verlegter Atemweg; vgl. „**patent airway**“.

Norepinephrin Noradrenalin; Neurotransmitter, der vom sympathischen Nervensystem ausgeschüttet wird. Es erhöht den peripheren Widerstand und den Blutdruck durch Verengung der Blutgefäße und passt so das Gefäßvolumen an das vorhandene Blutvolumen an.

Ödem Lokale oder generalisierte Umstände, unter denen einige Körpergewebe exzessive Flüssigkeitsmengen enthalten; führen generell zu Gewebeschwellungen.

Okulomotorius III. Hirnnerv; kontrolliert die Pupillenverengung.

Onkotischer Druck Osmotischer Druck, der durch die in den Körperflüssigkeiten gelösten Proteine hervorgerufen wird.

Oropharynx Zentraler Teil des Pharynx zwischen weichem Gaumen und oberem Teil der Epiglottis.

Osmose Durchtritt von Wasser (oder einem anderen Lösungsmittel) durch eine Membran von einer hypotonischen zu einer hypertonischen Region.

Osteomyelitis Knocheninfektion.

Osteophyt Knochenneubildungen im Rahmen degenerativer Knochenerkrankungen.

Osteoporose Verlust der normalen Knochendichte, mit Ausdünnung des Knochengewebes und dem Wachstum kleiner Löcher im Knochen; kann Schmerzen (vor allem im unteren Rückenbereich), häufige Knochenbrüche, Abnahme der Körpergröße und verformte Körperregionen verursachen; oft Bestandteil des normalen Alterungsprozesses.

Pädiatrisch Betrifft Krankheiten und Verletzungen von Kindern (von der Geburt bis etwa 16 Jahren).

Pädiatrischer Trauma-Score (PTS) Score-System, das auf klinischen Informationen als Vorhersagewerte für die Schwere von Verletzungen basiert; eignet sich für Triage-Entscheidungen.

Palpation Form der Untersuchung, bei der die Hände oder Finger auf die Körperoberfläche gelegt werden, um Anzeichen für Krankheiten, Abnormitäten oder unter der Haut liegende Verletzungen zu erkennen.

Para-Anästhesie Kribbeln oder taubes Gefühl in den unteren Extremitäten.

Paradoxe Bewegung Bewegung durch die Kombination von Unterdruck in der Brust und höherem Atmosphärendruck außerhalb der Brust; dadurch bewegt sich ein instabiles Segment beim Einatmen nach innen, nicht nach außen.

Paradoxer Puls Zustand, in dem der systolische Blutdruck des Patienten bei jedem Einatmen um mehr als 10–15 mmHg fällt; gewöhnlich verursacht durch ansteigenden intrathorakalen Druck.

Paraplegie Lähmung der unteren Extremitäten.

Parasympathische akute Stressreaktion Reaktion, welche die Körperfunktionen verlangsamt und in einer Synkope (Ohnmacht) resultieren kann.

Parese Unvollständige Lähmung, verursacht durch Nervenentzündung oder Verletzung.

Parietale Pleura Dünne Membran, welche die innere Seite der Brusthöhle auskleidet (Brustfell).

Parkland-Formel Formel für die Volumenersatztherapie bei Verbrennungsofern.

„**Patent airway**“ Offener, nicht verlegter Atemweg von ausreichendem Ausmaß für normale Volumina des Luftaustauschs, vgl. „**nonpatient airway**“.

Pathophysiologie Lehre von den Veränderungen normaler physiologischer Prozesse durch Krankheit oder Verletzung.

Perfusion Flüssigkeit, die durch ein Organ oder einen Teil des Körpers strömt. Außerdem das Umgeben und Baden von Gewebe oder Zellen mit Blut oder flüssigen Bestandteiles des Blutes.

Perikard Herzbeutel; feste, fibröse, flexible, aber unelastische Membran, die das Herz umgibt.

Perikardialraum Potenzieller Raum zwischen dem Herzmuskel (Myokard) und dem Perikard.

Perikardiozentese Prozedur, um angesammeltes Blut aus dem Perikardraum zu entfernen.

Perikardtamponade Kompression des Herzens durch Blut, das sich im Herzbeutel sammelt, der den Herzmuskel (Myokard) umgibt; wird auch kardiale Tamponade genannt.

Peristaltik Mobilisierende Muskelbewegungen des Darms.

Peritonealraum Raum im oberen Abdomen, der Darm, Milz, Leber, Magen und Gallenblase enthält; er ist vom Peritoneum ausgekleidet.

Peritoneum Bauchfell, Auskleidung der Abdominalhöhle.

Peritonitis Entzündung des Peritoneums, Bauchfellentzündung.

Perkutane transtracheale Ventilation (PTV) Methode zur Patientenbeatmung, bei der eine Nadel (16 G oder größer) durch die Krikothyreoidmembran oder durch die Tracheawand direkt in das Trachealumen eingeführt wird.

Phantomschmerz Schmerzempfindung in einer nicht mehr vorhandenen, amputierten Gliedmaße.

Pharynx Rachen; röhrenförmige Struktur, die eine Passage für den Atemweg und die Speiseröhre darstellt. Oropharynx ist der Bereich des Rachens posterior des Mundes, Nasopharynx der Bereich hinter den posterioren Nares.

Photophobie Lichtempfindlichkeit.

Pia mater Dünne, vaskuläre Membran, die dem Gehirn, dem Rückenmark und den proximalen Nerventeilen eng aufliegt; innerste Schicht der 3 Meningen oder Hirnhäute, die das Gehirn bedecken.

Pleura Dünne Membran, welche die Innenseite der Thoraxhöhle und die Lungen auskleidet. Den Teil, der die Brusthöhle auskleidet, nennt man parietale Pleura, den Teil, der die Lungen bedeckt, viszerale Pleura.

Pleuraflüssigkeit Flüssigkeit, die eine Oberflächenspannung zwischen den beiden Pleuramembranen aufbaut und sie so übereinander gleiten lässt.

Plicae vestibulares Taschenfalten des Kehlkopfes, „falsche Stimmbänder“, welche die Luft durch die Stimmbänder leiten.

Pneumatische Antischockhose (PASG) Kleidungsstück mit speziellem Design, das Druck auf die untere Körperhälfte ausübt und verhindert, dass sich Blut in Abdomen und Becken ansammelt; wird auch als militärische oder medizinische Antischockhose (MAST) bezeichnet.

Pneumothorax Verletzung, die zu einem Lufteinstrom in den Pleuraspalt führt; oft mit einer kollabierten Lunge assoziiert. Man unterscheidet einen offenen Pneumothorax mit einer Öffnung in der Brustwand nach außen und einen geschlossenen Pneumothorax als Folge eines stumpfen Traumas oder eines spontanen Kollapses.

Pneumothorax, offener Eine penetrierende Brustwunde verursacht ein Loch in der Brustwand, das einen bevorzugten Weg für Luft aus der Umgebung in den Thorax darstellt.

Polytrauma Verletzung mehrerer Körperregionen oder von Organsystemen, von denen wenigstens eine Verletzung oder eine Kombination mehrerer Verletzungen vital bedrohlich ist.

Presbyakusis Altersschwerhörigkeit.

Presbyopie Altersweitsichtigkeit.

Priapismus Krankhafte, anhaltende, schmerzhafte Erektion des Penis; verursacht z. B. durch einen Harnstein oder eine Verletzung der unteren Wirbelsäule.

Primary Survey Siehe Survey, Primary.

Pruritus Juckreiz.

Pulmonale Diffusion Bewegung des Sauerstoffs von den Alveolen durch die Alveolarkapillarmembran in die roten Blutkörperchen oder das Plasma.

Pulmonale Funktion Kontrollierter Atemweg, Sauerstoffzufuhr, Diffusion und Perfusion, die zu arteriellem Blut führen, das adäquate Mengen Sauerstoff für den aeroben Stoffwechsel sowie einen angemessenen Kohlendioxidgehalt zur Aufrechterhaltung des Säure-Base-Gleichgewichts im Gewebe enthält.

Pulmonale Kontusion Quetschung der Lungen; kann als Sekundärverletzung bei stumpfem oder penetrierendem Trauma auftreten.

Pulsdruck Druckanstieg bei jedem neuen Blutbolus, der den linken Ventrikel verlässt. Außerdem die Differenz zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck (systolischer Druck minus diastolischer Druck gleich Pulsdruck).

Pulsoxymeter Gerät zur Messung der arteriellen Oxyhämoglobinsättigung; gemessen wird das Absorptionsverhältnis von rotem und infrarotem Licht nach Passage durch das Gewebe.

„Pupils equal and round, reactive to light“ (PEARL) Pupillen gleich und rund, reagieren auf Licht; Untersuchung der Patientenaugen, um festzustellen, ob die Pupillen rund sind, normal erscheinen und sich bei Lichteinfall angemessen zusammenziehen oder aber abnormal aussehen und nicht reagieren; schließt im Allgemeinen eine konsensuelle Reaktion ein.

Querfortsatz Zur Seite weisender, paariger Fortsatz eines Wirbels.

Rapid-Sequence-Intubation (RSI) Vorbereitung eines Patienten zur Intubation mithilfe pharmakologischer Substanzen zur Sedierung und Muskelrelaxation.

Reserve-Beatmungstechniken Beatmungstechniken, die eingesetzt werden, wenn die normale endotracheale Intubation nicht gelingt; sie werden oft ohne Sicht eingesetzt und ermöglichen verschiedene Stufen der Atemwegsisolation.

Residualvolumen Luftmenge, die selbst bei maximaler Exspiration nicht ausgeatmet wird, sondern in den Alveolen und Bronchien verbleibt.

Respiration Alle Schritte der Ventilation und des Kreislaufs, die am Austausch von Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen der äußeren Atmosphäre und den Körperzellen beteiligt sind; in der Medizin meist auf die Atmung und die Schritte der Sauerstoffzufuhr beschränkt.

Respirationstrakt Atemweg zwischen der Außenluft und den Alveolen; dazu gehören Nasen- und Mundhöhle, Pharynx, Larynx, Trachea, Bronchien und Lunge.

Retroperitonealraum Raum im unteren Abdomen, der Nieren, Harnleiter, Blase, Reproduktionsorgane, untere Vena cava, abdominelle Aorta, Bauchspeicheldrüse sowie Teile des Zwölffingerdarms, Grimmdarm und Rektum enthält.

Revised Trauma Score (RTS) Überarbeiteter Trauma-Score; Methode zur Beurteilung und Quantifizierung der Schwere eines Traumas bei pädiatrischen Patienten.

Rhabdomyolyse, traumatische Siehe Crush-Syndrom.

Rotationsaufprall Wenn eine Ecke eines Fahrzeugs die Ecke oder hintere Seite eines anderen Fahrzeugs trifft und dadurch zur Rotation weg vom Aufprallort bringt. Außerdem wenn eine Ecke des Fahrzeugs ein unbewegliches Objekt oder ein Fahrzeug trifft, das langsamer oder in die andere Richtung fährt, wird Letzteres in Rotation versetzt.

Rückenmarkdurchtrennung, inkomplette Durchtrennung des Rückenmarks, bei der einige Nervenbahnen und motorische oder sensorische Funktionen erhalten bleiben.

Rückenmarkdurchtrennung, komplett Alle spinalen Nervenbahnen sind unterbrochen, und alle Rückenmarkfunktionen distal von dieser Stelle fallen aus.

Rückenmarkerschütterung Traumatische Erschütterung des Rückenmarks mit temporärer Unterbrechung der Rückenmarkfunktionen distal der Verletzung.

Rückenmarkkompression Druck auf das Rückenmark durch eine Schwellung, der zu einer Gewebe-Ischämie führen kann und in manchen Fällen eine Dekompression erfordert, um einen dauerhaften Verlust der Rückenmarkfunktionen zu verhindern.

Rückenmarkkontusion Quetschung des oder Einblutung in das Rückenmarkgewebe mit temporärer Unterbrechung der Rückenmarkfunktionen distal der Verletzung.

Rückenmarkverletzung Verletzung durch Zerreissen oder Zerschneiden des Rückenmarks.

SAMPLE Eselsbrücke zur Erinnerung an die wichtigsten Fragen der Anamnese: Symptome? Allergien? Medikamente? Persönliche Vorgeschichte? Letzte Mahlzeit? Ereignisse, die zur Verletzung führten?

Sauerstoffverbrauch Sauerstoffvolumen, das vom Körper innerhalb einer Minute verbraucht wird.

Säugling Kind im Alter von 7 Wochen bis 1 Jahr.

Schädel (Kranium) Diverse Schädelknochen, die während der Kindheit zu einer einzigen Struktur verschmelzen.

Schädelbasisfraktur Bruch der Schädelbasis.

Schädelhöhle Der Raum innerhalb des Schädels.

Scherung Aus abruper Be- oder Entschleunigung resultierende Kraft, die zu einem Abschneiden oder Abreißen von Körperteilen führt.

Schieneing, anatomische Den Körper in Rückenlage auf einem langen Brett schienen und den Patienten auf dem Brett sichern.

Schlagvolumen Blutvolumen, das bei jeder Kontraktion (Schlag) der linken Herzkammer herausgepumpt wird.

Schnüffelposition Position mit leicht erhöhtem und nach vorn geschobenem Gesicht.

Schock Weitreichender Mangel an Gewebeperfusion mit oxygenierten roten Blutkörperchen, der zu einem anaeroben Stoffwechsel und verminderter Energieproduktion führt.

Schock, distributiver Entsteht, wenn sich das intravasale Gefäßvolumen ohne proportionale Zunahme des Flüssigkeitsvolumens vergrößert.

Schock, hämorrhagischer Hypovolämischer Schock aufgrund hohen Blutverlustes.

Schock, hypovolämischer Schock durch Blutverlust, Volumenmangelschock.

Schock, kardiogener Durch Herzversagen ausgelöster Schock; die Ursachen sind entweder intrinsisch, Resultat einer direkten Herzverletzung, oder extrinsisch, verursacht durch ein Problem außerhalb des Herzens.

Schock, kompensierter Inadäquate periphere Perfusion mit Anzeichen einer verminderten Organperfusion bei normalem Blutdruck.

Schock, neurogener Tritt auf, wenn eine Rückenmarkverletzung das Rückenmark oberhalb des Sympathikusaustritts zerstört.

Schock, psychogener Temporärer neurogener Schock infolge psychologischen Stresses (Ohnmacht).

Schock, septischer Schock verursacht durch eine ausgedehnte systemische Infektion, die zur Freisetzung lokal wirkender Hormone und zur Beschädigung der Blutgefäßwände führt; dadurch werden eine periphere Vasodilatation sowie ein Heraussickern von Flüssigkeit aus den Kapillaren in den Interstitialraum hervorgerufen.

Schock, spinaler Verletzung des Rückenmarks, die zu einem vorübergehenden Verlust der sensorischen und motorischen Fähigkeiten führt.

Schulkind Ein Kind mit der Körpergröße und der physischen Entwicklung, die normalerweise bei Kindern im Alter von 6–12 Jahren gefunden werden. Willkürliche Gruppierung von Kindern, basierend auf den gleichen physischen Charakteristika, die Kindern dieser Altersgruppe gemeinsam sind.

Secondary Survey Siehe Survey, Secondary.

Sehne Band aus widerstandsfähigem, unelastischem fibrösem Gewebe, das einen Muskel mit einem Knochen verbindet.

Selbstgefälligkeit Gefühl der Sicherheit angesichts einer nicht eingestandenen potentiellen Gefahr.

Semipermeable Membran Membran, durch die nur Flüssigkeiten (Lösungsmittel) dringen können, nicht aber darin gelöste Substanzen.

Seneszenz Alterungsprozess.

Sensorische Untersuchung Grobe Untersuchung der Sensibilität in allen vier Gliedmaßen.

Sepsis Blutvergiftung.

Sesambeine In Sehnen, Bänder oder Gelenkkapseln eingegebügte Schaltknochen (z. B. Patella).

Sinusknoten Knoten an der Verbindung der oberen Vena cava mit dem rechten Herzvorhof; gilt als der Schrittmacher des Herzschlags. Bei gesunden Verletzten bewirkt die Taktgebung dieses Knotens die Kontraktion der Herzvorhöfe, wird gebremst und startet dann die Kontraktion der Ventrikel.

Spannungspneumothorax Zustand, der auftritt, wenn der Luftdruck im Pleuraspalt den äußeren Atmosphärendruck übersteigt und der Überdruck nicht entweichen kann. Die betroffene Seite schwollt stark an, komprimiert die Lunge der beteiligten Seite und verschiebt das Mediastinum so weit, dass die andere Lungenhälfte teilweise kollabiert. Der Spannungspneumothorax ist normalerweise fortschreitend und stellt eine unmittelbar lebensbedrohliche Situation dar.

Spinalstenose Verengung des Rückenmarkkanals.

Stammhirn Teil des Gehirns, der die Großhirnhemisphären mit dem Rückenmark verbindet.

Steißbein Unterster Teil der Wirbelsäule; enthält 3–5 Sakralwirbel.

Strahlungsenergie Energie von elektromagnetischen Wellen, ohne physikalische Masse.

Stupor Verminderte mentale Kapazität, Abstumpfung; meist als Folge eines Traumas oder einer Krankheit.

Subarachnoidalblutung Einblutung in den mit Zerebrospinalflüssigkeit gefüllten Subarachnoidalraum.

Subarachnoidalraum Raum zwischen der Pia mater und der Arachnoidea; enthält Zerebrospinalflüssigkeit (Liquor) und meningeale Venen. Der Subarachnoidalraum ist üblicherweise ein Ort für subdurale Hämatome.

Subdurales Hämatom Ansammlung von Blut zwischen Dura mater und Arachnoidea.

Subkutis Hautschicht direkt unter der Dermis; Kombination aus elastischem und fibrösem Gewebe und Fettspeichern.

Sublimation Wenn Feststoffe unter Umgehung der flüssigen Phase direkt in die Gasphase übergehen.

Surveillance Systematische und kontinuierliche Überwachung von Erkrankungen bzw. Todesfällen, besonders bei Infektionskrankheiten.

Survey, Primary Erstuntersuchung der Atemwege, Atmung, des Kreislaufs, neurologischer Defizite und des entkleideten Patienten, um lebensbedrohliche Verletzungen zu identifizieren und zu managen.

Survey, Secondary Folgeuntersuchung, vollständige körperliche Untersuchung des Traumapatienten. Diese Untersuchung wird nur durchgeführt, wenn die Erstuntersuchung (Primary Survey) abgeschlossen ist und keine akuten lebensbedrohenden Probleme vorliegen; erfolgt bei Schwerverletzten normalerweise während des Transports.

Sympathische akute Stressreaktion „Flucht-oder-Angriff-Reaktion“, in der die Körperfunktionen gesteigert und Schmerzen maskiert werden.

Synkope Ohnmacht.

Synovialflüssigkeit Gelenkflüssigkeit.

Systemischer vaskulärer Widerstand (SVR) Summe der Widerstände gegen den Blutfluss durch die Gefäße. Der Widerstand steigt, wenn sich die Gefäße zusammenziehen. Jede Änderung des Gefäßdurchmessers oder der Gefäßelastizität beeinflusst den SVR.

Systole Kontraktion der Herzkammern (Ventrikel).

Systolischer Blutdruck Höchste Spitze des Blutdrucks, hervorgerufen durch die Kraft der Kontraktion (Systole) der Herzkammern (Ventrikel).

Tachykardie Abnormal hohe Herzrate (> 100 Schläge pro Minute bei einem Erwachsenen).

Tachypnoe Erhöhte Atemfrequenz.

Taumeln End-über-End-Bewegung; Projektilen taumeln, wenn ihr vorderes Ende auf einen Widerstand trifft.

Tentorielle Einklemmung Normalerweise liegt das Gehirn (Zerebrum) oberhalb des Tentoriums. Wird ein Teil des Gehirns als Resultat eines steigenden intrakraniellen Druckes durch die Inzisur nach unten gedrückt, kommt es zur tentoriellen Einklemmung (Herniation).

Tentorium Eine Einfaltung der Dura, die eine Bedeckung über dem Zerebellum (Kleinhirn) bildet. Das Tentorium ist Teil der Basis des oberen Schädels, gleich unterhalb des Gehirns (Zerebrum).

Tetanie Länger andauernde Muskelkontraktionen oder Spasmen

Tetraplegie Lähmung aller 4 Extremitäten.

Thorax (Brusthöhle) Hohler Zylinder, der aus 12 Rippenpaaren, die posterior gelenkig mit der Brustwirbelsäule verbunden sind, gebildet wird. Zehn Rippenpaare sind anterior gelenkig mit dem Sternum (Brustbein) verbunden. Die beiden untersten Rippenpaare sind nur posterior (an den Wirbeln) befestigt und werden freie Rippen genannt. Der Brustkorb wird nach unten vom Zwerchfell begrenzt und abgetrennt.

Tidalvolumen, Atemzugvolumen Normales Luftvolumen, das mit jedem Atemzug ausgetauscht wird. Etwa 500 ml Luft

werden von einem gesunden Erwachsenen in Ruhe mit jedem Atemzug zwischen den Lungen und der Atmosphäre ausgetauscht.

Totalkapazität der Lunge Luftvolumen, das die Lunge bei maximaler Füllung aufnehmen kann.

Totraum Die Menge an Luft, die in den oberen Luftwegen verbleibt und nie die Alveolen erreicht, um am Gasaustausch teilzunehmen.

Toxämie Verteilung von giftigen Bakterienprodukten (Toxinen) über den ganzen Körper, ausgehend von einem Herd.

Trauma, penetrierendes Trauma durch ein Objekt, das die Haut penetriert; verursacht im Allgemeinen permanente und temporäre Höhlungen.

Trauma, stumpfes Nicht penetrierendes Trauma als Resultat einer temporären Höhle im Körper, die durch ein sich schnell bewegendes Objekt mit schmaler Aufschlagfläche verursacht wird. Die Energie konzentriert sich auf eine kleine Fläche.

Trauma-Chin-Lift Methode zum Öffnen der Atemwege eines Patienten mit vermuteter Wirbelsäulenverletzung; Adaptation des „Chin-lift-airway“-Manövers, das eine manuelle Immobilisierung des Kopfes in neutraler Linie beinhaltet.

Trauma-Jaw-Thrust Manöver zum Offthalten der Atemwege eines Traumapatienten, bei dem der Kopf und die Wirbelsäule manuell in einer neutralen Position gehalten werden.

Trendelenburg-Lagerung Der Kopf des Patienten wird abgesenkt, während gleichzeitig seine Beine angehoben werden. Gewöhnlich wird dafür das Fußende eines flachen Bettes oder eines Spineboards stärker angehoben als das Kopfende. In dieser Position (Abdomen höher als Thorax) presst das Gewicht des Abdomeninhalts gegen das Zwerchfell, was Atemprobleme auslösen kann. Eine modifizierte Trendelenburg-Lagerung, bei der Kopf und Torso horizontal gelagert bleiben und nur die Beine angehoben werden, minimiert die Atemprobleme.

Triage (Franz.: „Sortieren“); Prozess, bei dem eine Gruppe von Verletzten nach der Vorrangigkeit ihrer Hilfsbedürftigkeit kategorisiert wird. Wenn nur wenige Patienten involviert sind, erfolgt die Triage abwechselnd von Patient zu Patient, beginnend mit den dringlichsten Hilfebedürfnissen, um dann zu den weniger dringlichen Dingen überzugehen. Bei einem Massenanfall von Verletzten wird bei der Trage so verfahren, dass sowohl Dringlichkeit als auch Überlebenswahrscheinlichkeit festgestellt werden.

Übertriage Problem, das entsteht, wenn leicht verletzte oder unverletzte Patienten zu Traumazentren gebracht werden.

Untertriage Problem, das auftritt, wenn ernsthaft verletzte Patienten nicht als solche erkannt und fälschlicherweise nicht in Traumazentren, sondern in Standardkliniken gebracht werden.

„Up and over“ Vorwärtsbewegung des Körpers hoch über das Lenkrad nach einem Aufprall; Brust oder Abdomen treffen typischerweise das Lenkrad und der Kopf auf die Windschutzscheibe. In halbsitzender Position wie in Passagierfahrzeugen endet die Down-and-under-Bewegung, wenn die Knie vom Armaturenbrett gestoppt werden, der Körper geht dann in eine

Up-and-over-Bewegung über. In LKW, in denen der Fahrer ganz aufrecht sitzt und die Füße durch die Pedale gestoppt werden, erfolgt initial die Up-and-over-Bewegung.

Vagal Mit der Stimulierung des Vagus (X. Hirnnerv) zusammenhängend; Reaktion des Parasympathikus, die den Herzschlag verlangsamt und die Kontraktionskraft senkt. Diese Antwort kann sich normalerweise über die chemische Ausschüttung des sympathischen Systems hinwegsetzen und den Herzschlag in einem akzeptablen Rahmen halten. Unbeabsichtigte vagale Stimulation dagegen kann eine unerwünschte Bradykarde, weitere Senkung des Herzminutenvolumens und des Kreislaufs verursachen.

Vagusnerv X. Hirnnerv; verlangsamt bei Stimulation ungeachtet der Katecholamin-Konzentration den Herzschlag; hat motorische und sensorische Funktionsanteile und eine weitere Verbreitung als die anderen Hirnnerven.

Vena-cava-Kompressionssyndrom Abfall des Blutdrucks durch Kompression der Vena cava durch den graviden Uterus.

Ventilation Bewegung der Luft in die und aus der Lunge über den normalen Atemvorgang. Der mechanische Prozess, durch den Luft von außerhalb des Körpers durch Mund, Nase, Pharynx, Trachea, Bronchien und Bronchiolen in die Alveolen und wieder hinaus bewegt wird. Wird ein Patient beatmet, wird über eine Beatmungsvorrichtung, z. B. über Beutel-Masken-Beatmung, Luft mit Überdruck in die Lungen befördert; die Ausatmung erfolgt passiv; beatmet werden Patienten, die apnoisch sind oder selbst keine adäquate Ventilation aufrechterhalten können.

Ventrikelkontraktionen, vorzeitige Irreguläre zusätzliche Kontraktionen der Ventrikel als Folge eines ektopen Stimulus, der eine Kontraktion unabhängig von den normalen Stimuli der üblichen Schrittmacherknoten verursacht. Zweithäufigste Rhythmusstörung des Herzens.

Verbrennung 1. Grades (Oberflächliche) Verbrennung der Epidermis; rote, entzündete und schmerzende Haut.

Verbrennung 2. Grades Verbrennung sowohl der Epidermis als auch der Dermis; die Haut zeigt gerötete Stellen, Blasen oder offene, nässende Wunden.

Verbrennung 3. Grades Verbrennung von Epidermis, Dermis und Subkutangewebe (möglicherweise auch tiefer). Die Haut kann verkohlt oder lederartig aussehen und bluten.

Verbrennung 4. Grades Bei Verbrennungen 4. Grades sind nicht nur alle Schichten der Haut betroffen, sondern auch das subkutane Fettgewebe sowie Muskeln, Knochen oder Organe verbrannt.

Verbrennung, chemische Hautverbrennung durch Kontakt mit ätzenden Chemikalien.

Verdunstung Wechsel vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand.

Verletzung Schädliches Ereignis, das als Folge der Freisetzung spezifischer Formen physikalischer Energie oder durch Barrieren des normalen Energiefusses entsteht.

Verletzung, vorsätzliche Verletzung durch gegen andere oder sich selbst gerichtete Gewalt.

Verstauchung Verletzung, bei der Bänder gedehnt werden oder sogar teilweise reißen.

Vertebra (Wirbel) Jedes der 33 knöchernen Segmente der Wirbelsäule; Plural: Vertebrae.

Viszerale Pleura „Lungenfell“, der die Lungen außen überziehende Teil der Pleura.

Vorereignisphase Phase, die alle Ereignisse (z. B. Einnahme von Medikamenten und Alkohol) und Bedingungen (z. B. akute oder vorher bestehende medizinische Probleme) einschließt, die dem Unfall vorausgingen. Diese Phase umfasst auch Verletzungsprävention und Unfallvermeidung.

Vorlast Volumen und Druck des Blutes, das vom systemischen Kreislauf ins Herz fließt; Prozess außerhalb des Herzens in der Vena cava.

Vorschüler Kind mit der Körpergröße und der körperlichen Entwicklung, die normalerweise bei Kindern zwischen 2 und 6 Jahren gefunden werden. Willkürliche Einteilung von Kindern basierend auf gleichen körperlichen Eigenschaften, die Kinder dieses Alters gemeinsam sind.

Waschbärenaugen Periorbitale Ekchymose; deutlich geplattete Region rund um die Augen, begrenzt durch den Orbitarand.

Weißer Phosphor Eine brennbare Chemikalie, die in der Munitionsherstellung verwendet wird.

Wirbelbogen Zwei gebogene Seiten des Wirbelkörpers.

Wirbelkörper Teil des Wirbels, der das Hauptgewicht der Wirbelsäule trägt.

Wirbelloch Siehe Foramen vertebrale.

Wurzel, dorsale Hintere sensible Spinalnervenwurzel.

Wurzel, ventrale Vordere motorische Spinalnervenwurzel.

Zellatmung Die Nutzung von Sauerstoff zur Energieproduktion durch die Zellen.

Zerebellum Kleinhirn; liegt dorsal der Medulla oblongata und ist zuständig für die Bewegungskoordination.

Zerebraler Perfusionsdruck (CPP) Differenz zwischen mittlerem arteriellem Druck (MAP) und intrakraniellem Druck (ICP).

Zerebrospinalflüssigkeit Liquor cerebrospinalis; Flüssigkeit im Subarachnoidalraum und zwischen den Hirnhäuten; dient als Schockabsorber, schützt Gehirn und Rückenmark vor Stößen und Druck.

Zerebrum Großhirn; kontrolliert geistige, sensorische und motorische Funktionen.

Zerrung Gewebeverletzung, die an einem Gelenk auftritt, wenn die Muskeln oder Bänder gedehnt werden oder irgendwo in der Muskulatur reißen.

Zervikale Flexion Rotation des Kopfes vorwärts oder rückwärts, verursacht eine Beugung des Nackens.

Zilien Haarähnliche Fortsätze der die Bronchien auskleidenden Epithelzellen, die Fremdpartikel und Schleim aus den Bronchien befördern.

Zone, heiße Der geografische Bereich mit der höchsten Kontamination eines Gefahrstoffes; nur speziell ausgebildete und geschützte Einsatzkräfte dürfen diesen Bereich betreten.

Zone, kalte Ein geografischer Bereich, der frei von Kontaminationen durch Gefahrstoffe ist.

Zone, warme Ein geografischer Bereich mit reduzierter Kontamination durch Gefahrstoffe und Ort zur Reduktion der Kontamination, in dem exponierte Patienten vom Gefahrgutteam dekontaminiert werden.

Zyanose Blaufärbung von Haut, Schleimhaut oder Nagelbett, die desoxygeniertes Hämoglobin und einen inadäquaten Sauerstoffgehalt des Blutes anzeigen; gewöhnlich als Folge einer insuffizienten Atmung oder einer verminderten Perfusion.

Sachregister

A

Abbindung 76, 129
 ABCDE-Schema 74, 215, 339
 Abdomen, Inspektion 84
 abdominelles Trauma, pädiatrischer Patient 277
 Ableitung 200
 Absaugen 101
 Abstrahlung 352
 Abwehrspannung 352
 Acticoat-Wundauflage 219
 Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS 352
 – Schock 122
 Adoleszenz 352
 Adult 352
 Advanced Trauma Life Support, ATLS 339
 Aerober Metabolismus 358
 Aerosol 352
 – Schutzmaßnahmen 329
 AIDS-Erkrankter 61
 Airbag 31, 268, 352
 Airwaymanagement 99
 – pädiatrischer Patient 275
 Akutes Strahlensyndrom 352
 Algorithmus
 – Atemwegsmanagement 100
 – Beurteilung 82
 – START-Triage 71, 303
 – START-Triage “30-2-can-do” 71
 – Traumamanagement 343
 ältere Bevölkerung
 – Daten 281
 – Einteilung 281
 Alterungsprozesse 282
 – Atemsystem 283
 – chronische Erkrankungen 282
 – Haut und Bindegewebe 286
 – kardiovaskuläres System 284
 – Muskeln, Skelett 286
 – Nervensystem 285
 – Nieren 285
 – physiologische 281
 – Schmerzempfindung 285
 – Sinnesorgane 285
 Alveolen 94
 Alveolus 351
 Alzheimer-Krankheit 352
 Amnesie 352
 – anterograde 352
 – retrograde 352
 Amputat 352
 Amputation 200
 Amputationsverletzungen 200
 – Versorgung 201
 Anaerober Metabolismus 358
 Analgesie 352
 Anamnese 17, 82
 – Schädel-Hirn-Trauma 143
 anaphylaktischer Schock 121
 – nach Bienenstich 260

Anatomie, Grundlagen 190
 Aneurysma, traumatisches 352
 Angina pectoris 352
 Anhidrose 231, 352
 Anisokorie 143, 352
 Anodontie 352
 Anterior-Cord-Syndrom 352
 Antihypertensivum 352
 Antikoagulans 352
 Antiveningabe 261
 Aorta 117
 Aortenriß 352
 apallisches Syndrom 140
 Apnoe 75, 352
 Apoptose 138
 Arachnoidea 135, 352
 Armschlinge 208
 Arrhythmien 121
 Arteriosklerose 284, 352
 Asphyxie, traumatische 220, 352
 Atelektase 352
 Atemfrequenz
 – bei pädiatrischen Patienten 272
 – Einteilung 75
 – Schock 126
 Atemfunktion, Beurteilung 75
 Atemkontrolle, Kind 272
 Atemminutenvolumen 95, 352
 – reduziertes 98
 Atemwege 94
 – Anatomie 94
 – Beurteilung 98
 – obere 94
 – untere 94
 Atemwegshilfe
 – nasopharyngeale 107
 – oropharyngeale 105
 Atemwegskontrolle, längerer Transport 103
 Atemwegsmanagement 99, 340
 – Basishilfsmittel 102
 – bei pädiatrischem Trauma 271
 – Grundtechniken 99
 – längerer Transport 103
 Atemwegsobstruktion
 – manuelle Methoden 101
 – mechanische 98
 Atemzugvolumen 94, 95, 352
 Atlas 352
 Atmung
 – ataktische 140, 352
 – äußere 97
 – externe 352
 – innere 97, 352
 – Pathophysiologie 97
 – Physiologie 94
 Atmungshilfen, Sauerstoffkonzentration 102
 Atrium 116
 Aufprall 352
 Aufprall- oder Eintrittsphase, Katastrophenzyklus 297
 Augenblick, lichter 352
 Augenschutz 62
 Ausdehnungsgeschosse 41
 Austrittswunde 44
 Autounfälle 287
 AVPU-Schema 78, 274
 Avulsion 200, 352
 Axis 352
 Azetabulum 353
 Azidose, metabolische 353

B
 Bandscheibe 353
 Barorezeptor 353
 Barotrauma, bei Explosionen 321
 Basen 222
 Basic Life Support 89
 Battle-Zeichen 353
 Bayerisches Katastrophenschutzgesetz 300
 Beatmung 79, 340
 – gastrische 353
 – nasopharyngeale 353
 – oropharyngeale 353
 – Verbrennungen 215
 Beatmungsbeutel 103
 Beckenfrakturen 196, 198
 Behandlungsplatz 302, 304
 Behandlungszeit, am Unfallort 7
 Beinahe-Ertrinken 240
 – langer Transport 243
 Belastungsstörung 308
 Benzin 223
 Beurteilung
 – erweiterte 80
 – initiale 73
 – Patient 70
 Beutel-Masken-Beatmung 109, 353
 – Zwei-Helfer-Methode 110
 Beutel-Masken-System 109
 – Größen 110
 Bewegung, beschleunigte 353
 Bewegungsenergie 18
 Beweismittel 65
 – Sicherung 65, 79
 Bewusstseinszustand
 – eingeschränkter 77
 – Schock 125
 Bienenstich 259
 biologische Waffen 327
 – Erscheinungsformen 328
 – persönliche Schutzausrüstung 328
 Blitzschlag 244, 246
 – Verletzungsmechanismen 245
 Blitzschlag-Verletzung 246
 – Beurteilung 247
 – langer Transport 248
 – Management 247
 – Symptome 246
 – Therapie 246
 Blut 116, 117

Blutdruck 116
 - bei pädiatrischen Patienten 274
 - diastolischer 354
 - Schock 126
 Blutdruckmessung, Verbrennungen 216
 Blutfluss, Physiologie 136
 Blutgefäße, Anatomie 117
 Blutungen 340
 - äußere 76, 195
 - - Druck 129
 - - Tourniquets 129
 - innere 76, 130, 195
 - Kontrolle 76
 - Management 195
 Blutungskontrolle 76
 Blutverlust bei Frakturen 195
 Boa-Rettung 185
 Bockschuss-Munition 353
 Body-Mass-Index 228
 Bradykardie 353
 Bradypnoe 75
 Brandsätze, Substanzen 323
 Bremsweg 19
 Brennstoffe 223
 Brillenhämatom 144
 Bronchien 94
 Bronchiole 353
 Brown-Séguard-Syndrom 353
 Brustwirbelsäule 353
 Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 314

C
 Central-Cord-Syndrom 353
 chemische Kampfstoffe 323
 - Hautkampfstoffe 326
 - Klassen 323
 - Nervenkampfstoffe 325
 - persönliche Schutzausrüstung 324
 - physikalische Eigenschaften 323
 - primäre Kontamination 324
 - Reizgas 326
 - sekundäre Kontamination 324
 - Symptome 324
 - Transport 325
 - Verletzungsmuster 326
 - Zyanide 325
 Chemische Stoffe, Einteilung 222
 Chemorezeptor 353
 Chemorezeptorzellen 353
 Cheyne-Stokes-Atmung 140, 353
 Colles-Fraktur 353
 Commotio cerebri 147
 Contre-Coup-Läsion 149
 Contre-Coup-Verletzung 353
 Corium 226
 Coup-Verletzung 353
 Cowley, R. Adams 7, 72, 337
 Crush-Syndrom 201, 353
 - Therapie 202
 Crush-Verletzungen 219
 Cullen-Zeichen 353
 Cushing-Phänomen 140, 353

D
 Dampf 353
 Defibrillator 237
 definitive Behandlung vor Ort 85
 - Rettung 85
 - Transport 85
 Defizite in der Neurologie 77
 - Schock 125
 - Verbrennungen 216
 Dehydrierung 229
 Dekontamination 67, 307, 353
 - Prinzipien 316
 Dekortikationsstarre 353
 Dens axis 353
 Depression 308
 Dermatom 353
 Dermis 212, 226, 353
 Dezerebrationssyndrom 139, 353
 Diaphragma 353
 Diaphragmaruptur 353
 Diastole 354
 Dichte 354
 Diffusion 354
 Distraktion 354
 distributiver Schock 116, 120
 Diurese, kälteinduzierte 232
 Don-Juan-Syndrom 35, 354
 Dornfortsatz 354
 Druck
 - extraluminaler 354
 - transmuraler 354
 Dum dum-Projektile 41
 Dura mater 134, 353
 Durascheide 354
 Dysarthrie 354
 Dysbarismus 354
 Dysrythmie, kardiale 354

E
 Einklemmung, klinische Zeichen 139
 Einsatzbericht 88
 Einsatzkommandosystem 68
 Einsatzort
 - Gefahrstoffe 64
 - Sicherheit 64
 Einsatzstelle 354
 - Bewertung 56
 - Gefahrgut- oder Massenvernichtungswaffenunfall 66, 313
 - Patientenbeurteilung 56
 - Prioritäten 72
 - Sicherheit 57
 - Situation 10, 57
 Eintrittswunde 44
 Ekchymose 354
 Eklampsie 354
 Elastizität 21
 elektrischer Strom, Verbrennungen 219
 Elektrolyt 354
 Empyem 354
 Energie 17
 - chemische 354
 - elektrische 354
 - kinetische 354
 - mechanische 354
 - thermische 354

Energieaustausch 20
 - Gewebedichte 20
 - Hohlraumbildung 21
 - Kontaktfläche 20
 Energieerhaltungsgesetz 18
 Entkleidung, Verbrennungen 216
 Epidermis 212, 226, 354
 Epiduralhämatom 134, 147
 Epiduralraum 134, 354
 Epiglottis 94, 354
 Ereignisphase 7, 354
 Erfrierung 354
 Erholungs- oder Wiederaufbauphase, Katastrophenzyklus 297
 Erstickungsgifte 220
 Ertrinken 241
 - Häufigkeit 241
 - Mechanismen 241
 Ertrinkungsunfall
 - Beurteilung 242
 - langer Transport 243
 - Management 242
 - Vorbeugung 243
 - Wiederbelebung 242
 Erythrozyten 117
 Eschar 213
 Escharotomie 354
 Euhydratation 229, 354
 Eukapnie 354
 Euvolämie 354
 Evakuierungsdistanzen, Bombendrehung 67
 Evaporation, Verbrennungen 219
 Eviszeration 354
 Explosions, Physik 49
 Explosionsüberdruck 49
 Explosionsverletzungen 49, 50, 354
 - Abdomen 39
 - Hals 37
 - Klassifizierung 50
 - Kopf 37
 - Lungenkontusion 321
 - primäre 320
 - quartäre 322
 - sekundäre 321
 - tertiäre 322
 - Thorax 38
 - Transport 322
 - Verletzungsmuster 322
 Expose/Environment 78
 Exspiration 355
 Extensionsschiene 197, 204
 Extremitäten
 - Inspektion 84
 - Primary Survey 191
 - Schienung 197
 - zerstörte 202
 Extremitätentrauma, pädiatrischer Patient 278
 Extremitätenverletzungen 190
 - Blutungen 194
 - Immobilisierung 197
 - Instabilität 195
 - lange Transportwege 202
 - Primary Survey 193
 - Secondary Survey 193

- F**
- Fahrzeugpositionierung 58
 - Fahrzeugunfälle
 - Airbags 31
 - Heckaufprall 26
 - Inkompatibilität von Fahrzeugen 29
 - Rotationsaufprall 29
 - Seitenaufprall 27
 - Sicherheitsgurte 30
 - Überschlag 29
 - Fehlerquellen Katastrophenschutz 309
 - Kommunikationsstrukturen 310
 - Materialversorgung 310
 - Medien 311
 - Sicherheit Einsatzstelle 310
 - unkoordinierte Hilfeleistung 310
 - Vorkehrungen 309
 - Femurfraktur 197
 - File of Life 289
 - FiO₂ 355
 - Flail-Chest 355
 - Fluorwasserstoff 224
 - Flüssigkeitshaushalt, Aufrechterhaltung 239
 - Fontanellen 134
 - Foramen
 - intervertebrale 355
 - magnum 355
 - vertebrale 355
 - Foramina 134
 - Fragmentierung 51, 355
 - Fraktur 196, 355
 - Blutverlust 196
 - des Beckens 196, 198
 - geschlossene 196
 - Larynx 146
 - Management 197
 - Mittelgesicht 145
 - nasale 145
 - offene 196
 - Schädel 144
 - Unterkiefer 146
 - Frostbeule 355
 - Gradeinteilung 233
 - Frosttriss 232
 - Führungsstab, Sachgebiete 301
 - Fußbrand 233
 - Fußgängerunfälle 33
 - Erwachsene 33
 - Kind 33
- G**
- Gefahrguteinsatz, Struktur 64
 - Gefahrgutunfall 64
 - Einsatzkommandosystem 68
 - Gefahrstoffe 63
 - Gehirn, Anatomie 134
 - Gehirnerschütterung 147, 355
 - Gehirnschwellung 140
 - Gehirnverletzung, primäre 138
 - Gehirnschwellung 140
 - zentrales Ödem 140
 - Gehirnverletzung, sekundäre 138
 - Hypoxie 141
 - intrazerebrale Hämatome 140
 - Masseneffekte und Einklemmung 138
- Pupillenreaktion 139
 - Verletzungsmechanismen 138
 - geriatrisches Trauma 281
 - Atemwegmanagement 290
 - Beurteilung 287
 - Immobilisierung 291
 - Kommunikation 288
 - Kreislauf 291
 - langerer Transport 293
 - Prämedikation 289
 - Primary Survey 287
 - Secondary Survey 288
 - Verletzungsmechanismen 287
 - Vorerkrankungen 290
 - Zielklinik 293
 - Gesamteinsatzleiter, GEL 301
 - Geschwindigkeit 355
 - Gesicht
 - Anatomie 83
 - Inspektion 82
 - Gesichtsschutz 62
 - Gewalttätigkeit 59
 - Gewebedichte 20
 - Gewehrschüsse, Verletzungsmuster 48
 - Glasgow Coma Scale, GCS 77, 78, 142, 355
 - Glukose 338
 - Glykogen 355
 - goldene Periode 72, 337
 - Goldene Phase 355
 - goldene Stunde 7, 72, 337
 - Grand-Mal-Anfall 141
 - Gravitationskraft 355
 - Grey-Turner-Zeichen 355
 - Großhirn 136
 - Großschadeneignnis, Führungsebenen 300
 - Großschadenlage, sanitätsdienstliche Organisation 302
 - Großschadensereignis
 - Führungsstruktur 314
 - Lagebeurteilung 313
 - Grundumsatz 355
 - Guedel-Tubus 102, 105
 - Anwendung 105
- H**
- Hals
 - Anatomie 83
 - Inspektion 83
 - Halswirbelsäule 355
 - Hämatokrit 355
 - Hämatom
 - epidurales 355
 - Epiduralhämatom 147
 - intrakraniale 147
 - Kontusion 149
 - Subarachnoidalblutung 149
 - Subduralhämatom 148
 - Hämatothorax 355
 - Hämoglobin 355
 - Hämoperikard 355
 - Hämoptysie 355
 - Hämorrhagie 355
 - pädiatrisches Trauma 270
- hämorrhagischer Schock 116, 119
 - Klassifizierung 119
 - Schockmanagement 120
 - Hämostase 256
 - Händewaschen 62
 - Handschuhe 62
 - Hauptkammer (Herz) 116
 - Haut 212
 - Aufbau 226
 - Untersuchung 77
 - Hautfarbe, Schock 125
 - Hauttemperatur, Schock 125
 - Heimatschutzministerium 69
 - heiße Zone
 - Definition 315
 - Kontrollzonen 66
 - Helmbnahme 186
 - Schlüsselemente 187
 - Helmpflicht 6
 - Hemianästhesie 355
 - Hemiparese 143, 355
 - Hemiplegie 143, 355
 - Hepatitis 61
 - Hepatitis-B-Immunglobulin, HBIG 61
 - Hepatitis-B-Virus, HBV 61
 - Impfung 61
 - Hepatitis-C-Virus, HCV 61
 - Hernia tonsillaris 355
 - Herniation
 - Gehirn 138
 - klinische Zeichen 139
 - Herniationssyndrom 139
 - Herz, Anatomie 116
 - Herzbeuteltamponade 122
 - Herz-Kreislauf-Stillstand, bei Trauma 88
 - Herzminutenvolumen 355
 - Herzmuskelschaden 121
 - Herzstillstand
 - in der Wildnis 258
 - traumatischer 258
 - Herzversagen 121
 - Hilfeleistungssystem, Schlüsselemente 68
 - Hilfsfrist 7, 355
 - Hippokrates 343
 - Hirnhäute 134
 - Hirnkontusion 149
 - Hirnnerven 136
 - Hirnprellung 149
 - Hirnstamm 136
 - Hirnverletzung 147, 355
 - ältere Menschen 287
 - Commotio cerebri 147
 - Gehirnerschütterung 147
 - intrakraniale Hämatome 147
 - Hitze(stress)index 355
 - Hitzeakklimatisierung 229
 - Hitzeausschlag 230
 - Hitzebedingte Krankheiten 237
 - Hitzeerschöpfung 230, 355
 - Hitzekrämpfe 230, 355
 - Hitzeödem 230
 - Hitzesynkope 230
 - Hitzetetanie 230
 - Hitzetrauma 226
 - Risikofaktoren 228

- Hitzschlag 231, 355
 - anstrengungsabhängiger 231
 - Behandlung am Notfallort 237
 - klassischer 231
 - Kühlmaßnahmen 232
- HIV-Krankheit 61
 - HIV-Positiver 61
 - Höhe 355
 - Hohlspitzgeschoß 41
 - Homoiotherme 356
 - Homöostase 229, 356
 - Honeymoon-Periode 221
 - Hubschraubertransporte 87
 - humanes Immunodefizienzvirus, HIV 61
 - Hyperämiezone 213
 - Hyperchloridämie 356
 - Hyperextension 356
 - Hyperflexion 356
 - Hyperhydratation 229, 356
 - Hyperkapnie 356
 - Hyperrottation 356
 - Hyperthermie 227, 356
 - Hypertonie 356
 - Hypertrophie, myokardiale 284
 - Hyperventilation, zentrale neurogene 356
 - Hypochlorit-Lösung 356
 - Hypoglykämie 356
 - Hypohydratation 229
 - Hypoperfusion 115, 356
 - Hinweise auf 123
 - Hypopharynx 356
 - Hypotension, pädiatrischer Patient 273
 - Hypothalamus 356
 - Hypothenar 356
 - Hypothermie 356
 - aktives Erwärmen 238
 - Einteilung 237
 - primäre 235, 356
 - sekundäre 235, 356
 - unfallbedingte 235
 - Hypotonie 356
 - Gehirnschädigung 138
 - orthostatische 230
 - Hypoventilation 97, 356
 - Hypovolämie 356
 - hypovolämischer Schock 116, 119
 - Hypoxämie 97, 356
 - Hypoxie 97, 115, 356
 - Gehirnschädigung 138, 141
 - pädiatrisches Trauma 270
 - zelluläre 220
 - I**
 - Immersionssfuß 233
 - Immersionshypothermie 235
 - Immobilisierung 341
 - der Arme 166
 - der Beine 166
 - der Wirbelsäule 160, 162, 177
 - des Kopfes 165
 - des Rumpfes 164
 - Fehler 166
 - in Wildnissituationen 252
 - komplette 165
 - komplette, Indikation 166
 - von Kindern 165
 - Inhalation 356
 - Inhalationstrauma 220
 - Inline-Position 83
 - Inline-Stabilisierung, des Kopfes 163, 164
 - Interkostalmuskeln 356
 - Interstitielle Flüssigkeit 356
 - Intrazellularflüssigkeit 356
 - Intubation, endotracheale 356
 - Inzisur 356
 - ionisierende Strahlung 331
 - Diagnose 331
 - Ischämie 356
 - Ischämie-Sensitivität 115
 - J**
 - Jochbogen 356
 - Jugularvenenerweiterung 356
 - K**
 - kalte Zone
 - Definition 316
 - Kontrollzonen 66
 - Kältebedingte Krankheiten 232
 - Behandlungsrichtlinien 237
 - Kältetrauma 226
 - Kapillare 117, 357
 - Kapnografie 357
 - kardiogener Schock 116, 121
 - Katarakt 357
 - Katastrophe 295, 308
 - Feststellung 300
 - posttraumatische Folgen 308
 - psychische Faktoren 308
 - terroristischer Anschlag 306
 - Katastrophenfall
 - administrativ-organisatorische Komponente 302
 - Dekontamination 307
 - Erstmaßnahmen 302
 - Führungsebenen 300
 - operativ-taktische Komponente 301
 - psychologisches Krisenmanagement 307
 - Schnelleinsatzgruppen 306
 - Suchen und Retten 303
 - Transport 306
 - Triage 303
 - Katastrophenmanagement 295
 - Katastrophenschutz 300
 - Aus- und Weiterbildung 309
 - Fehlerquellen 309
 - Katastrophenzyklus 297
 - Katecholamine 357
 - Kavitation 21, 357
 - KED®-System 177
 - Kemmler-Zahl 64
 - Keraunoparalyse 357
 - Kerntemperatur 227
 - Kerosin 223
 - Kindersitze 6
 - Kindesmisshandlung 278, 279
 - Dokumentation 279
 - Kontaktverbrennungen 221
 - Verbrennungen 212
 - Verbrennungen und Verbrühungen 221
 - Kinematik 17, 268, 339, 357
 - in der Untersuchung 51
 - Schädel-Hirn-Trauma 141
 - Kleinhirn 136
 - Knochenotypen 190
 - Koagulationsnekrose 222, 357
 - Koagulationszone 213
 - Koagulopathie 122, 357
 - Kohlenmonoxid 220
 - Kohlenmonoxidvergiftung 220
 - Kolliquationsnekrose 222, 357
 - kommunaler Krisenstab 300
 - Kommunikation 87
 - Kompartmentsyndrom 357
 - Komplikation 357
 - Kompresse 76
 - Kompressibilität 357
 - Kompression 357
 - Kompressionskräfte 23
 - Kompressionsverletzungen 357
 - Abdomen 39
 - Hals 37
 - Kopf 37
 - Thorax 38
 - Konduktion 357
 - Koniotomie 357
 - Konsensueller Reflex 357
 - Kontaktfäche 20
 - Kontaktinfektion, Schutzmaßnahmen 329
 - Kontaktverbrennungen 278
 - Kindesmisshandlung 221
 - Kontaktwunden 47, 357
 - Kontamination
 - primäre 357
 - sekundäre 357
 - Kontraindikation 357
 - Kontrollzonen 66, 313
 - Kontusion 357
 - Konvektion 227, 357
 - Kopf
 - Anatomie 134
 - Inspektion 82
 - Kopf- und Nackenverletzungen
 - Gesicht 144
 - Kopfhaut 143
 - Larynx 146
 - Schädelfraktur 144
 - zervikale Blutgefäße 146
 - Kopfhaut 134
 - Körperoberfläche (KOF) 357
 - Körpertemperatur, Schock 131
 - Krampfanfälle, Schädel-Hirn-Trauma 141
 - Kranium 357
 - Anatomie 134
 - Krankheitserreger
 - allgemeine Vorsichtsmaßnahmen 62
 - durch Blut übertragbare 60
 - Postexpositionsprophylaxe 63
 - Kreislauf 75
 - Schock 124
 - Verbrennungen 216
 - Kreislaufzentrum 357
 - Krepitation 193, 357

- Kreuzbein 357
 Krikothyreoidmembran 357
 kriminelles Umfeld, Einsätze 64
 Krise, hypertonische 356
 kritisches Denken 11
 – Flexibilität 12
 – Schritte 11
 – Vorurteile 12
 Kyphose 358
- L**
 Lagebeurteilung 339
 Larynx 94
 – Verletzungen 146
 Larynxmaske 358
 Leberversagen, Schock 122
 Le-Fort-Fraktur 145
 Leitender Notarzt, LNA 301
 Lendenwirbelsäule 358
 Leukozyten 117
 Level-B-Schutz 67
 Lewisit-Schock 327
 Lichtbögen 220
 Ligament 358
 Ligamentum arteriosum 358
 Limbus 358
 Liquor 136
 Logroll 169
 Logroll-Verfahren 358
 Luftembolie 146
 Luftrettungsmittel 87
 Lund-Browder-Diagramm 216, 217
 Lungenkampfstoffe 326
 Lungenödem, toxisches 221
 Luxationen 199
 Lymphödem 358
- M**
 Mandel-Tip-Katheter 358
 mass-casualty incident (MCI)
 response 296
 Massenanfall von Verletzten, MANV 69,
 296, 358
 – START-Triage 70
 – Triage 69
 Massenvernichtungswaffen 307
 Massenvernichtungswaffen, MVW 65, 307
 – Eigenschutz 66
 – Einsatzkommandosystem 68
 – Kontrollzonen 66
 – Sekundärmechanismen 68
 Mazeration 233
 Mediastinum 358
 Medikation, ältere Menschen 289
 Medizin
 – Fortschritte 8
 – Prinzipien 9
 – Strategie 9
 Medulla oblongata 117, 136, 358
 Meningen 134, 358
 Metabolismus 358
 – aerober 358
 – anaerober 358
 – Komponenten 73
 – Treibstoff 337
 Miosis 358
- Misshandelnder, Profil 292
 Misshandlung 88
 – ältere Menschen 287, 291
 – Kind 221
 Misshandlung im Alter 291
 – Feststellung 292
 – Kategorien 292
 – Meldung 292
 – Risikofaktoren 292
 Mittelgesichtsfrakturen 145
 Monro-Kellie-Lehrsatz 139
 Morbidität 358
 Mortalität 358
 Motorradunfälle 31
 – frontaler Aufprall 31
 – Hochschleudern 32
 – schräger Aufprall 32
 – Verletzungsprävention 32
 Multiorganversagen 7
 – Schock 122
 Multisystemtrauma 358
 Mundschutz 62
 Muskelzittern 227
 Muskuloskelettale Verletzungen,
 Schock 127
 Myoglobin 201, 219, 358
 Myoglobinurie 219, 358
 Myokard 358
 Myokardiale Hypertrophie 358
- N**
 Nachereignisphase 7, 358
 Nachlast 358
 Nachtriagieren 304
 Nadelstichtest 214
 Nahtknochen 358
 Nares 358
 Nasopharyngeal-Tubus 102
 Nasopharynx 358
 National Incident Management System
 69
 Nervenbahnen
 – absteigende (efferente) 155
 – aufsteigende (afferente) 155, 358
 Nervenkampfstoff-Vergiftung,
 Symptome 326
 Nervensystem 117, 358
 – autonomes 358
 – parasympathisches 358
 – sympathisches 358
 Neunerregel 216, 217, 359
 neurogener Schock 120
 neurologische Untersuchung 84
 Neutralposition 271
 Newtonmeter 359
 Newtons 1. Gesetz der Bewegung 17, 359
 Newtons 2. Gesetz der Bewegung 18
 NEXUS-Studie 252
 Niedrigenergiewaffen 42
 Noradrenalin 359
 Norepinephrin 359
 Notfall- und Gefahrenmanagement 297
 Notfallkarte 290
 Notfallmedizin, wissenschaftliche Betrach-
 tung 8
 Notfallort, Sicherheitsanregungen 60
- Notfallplanung 298
 – persönliche 298
 Notfallvorsorge 298
 nukleare Waffen 329
- O**
 Ödem 359
 – zerebrales 140
 Okulomotorius 359
 Onkotischer Druck 359
 Organisatorischer Leiter Rettungsdienst,
 OrgL 301
 Oropharyngealtubus 102
 Oropharynx 359
 Örtliche Einsatzleitung 68
 Os sacrum 357
 Osmose 359
 Osteomyelitis 196, 359
 Osteophyt 359
 Osteoporose 286, 359
 Oxygenierung 97
- P**
 Pädiatrische Spracheinschätzung 274
 Pädiatrischer Trauma-Score 359
 pädiatrisches Trauma 268
 – Atemwegmanagement 271
 – Auswirkungen auf Entwicklung 269
 – Bauchtrauma 277
 – Extremitätentrauma 278
 – Hämodynamik 273
 – Hämorrhagie 270
 – Hirnverletzungen 276
 – Hypoxie 270
 – Kinematik 268
 – Management 275
 – Misshandlung 278
 – neurologische Beurteilung 274
 – Primary Survey 271
 – psychozoziale Aspekte 269
 – Secondary Survey 274
 – Sicherheitsgurte, Airbags 268
 – thermische Verletzungen 278
 – Thoraxverletzungen 277
 – Transport 276
 – Ventilation 272
 – Verletzungsmuster 269
 – Wirbelsäulenverletzungen 276
 – ZNS-Verletzungen 270
 Palpation 359
 Papiertüten-Effekt 39
 Para-Anästhesie 359
 Paradoxe Bewegung 359
 Paradoxer Puls 359
 Paraplegie 359
 Parästhesien 261
 Parasympathikus 117
 Parese 359
 Parkland-Formel 359
 Pathophysiologie 359
 Patientenbeurteilung 70, 342
 Patientenlagerung, Schock 131
 Patientensichtung 69, 70
 Patientenzustand 10
 Perfusion 359
 Perikard 359

Perikardiozentese 359
 Perikardtamponade 359
 Peristaltik 359
 Peritoneum 359
 Peritonitis 359
 Perkutane transtracheale Ventilation 359
 persönliche Schutzausrüstung, PSA 314
 - Ablegen 328
 - bei biologischen Waffen 328
 - bei chemischen Kampfstoffen 324
 - bei Strahlunfall 333
 - Kategorien 201, 314
 Phantomschmerz 201, 359
 Pharynx 359
 Photophobie 359
 PHTLS, Philosophie 9
 Pia mater 135, 360
 platin 10 Minuten 342
 Pleura 360
 Pleuraflüssigkeit 360
 Plicae vestibulares 360
 Pneumatische Antischockhose 360
 Pneumothorax 360
 Polytrauma 338, 360
 Postexpositionsprophylaxe, PEP 63
 posttraumatische Belastungsstörung, PTBS 308
 präklinische Traumaversorgung
 - goldene Prinzipien 338
 - goldene Stunde 337
 Prehospital Trauma Life Support, Kurskonzept 337
 Presbyakusis 285, 360
 Presbyopie 360
 Priapismus 160, 360
 Primary Survey 73, 193, 339
 - Atemwege 74
 - Blutungskontrolle 76
 - Defizite Neurologie 77
 - entkleideten Patienten untersuchen 78
 - Erhalt von Körperwärme 78
 - erster Eindruck 73
 - HWS-Stabilisierung 74
 - Kind 271
 - Kreislauf 75
 - längerer Transport 90
 - Monitoring 87
 - Neubeurteilung 87
 - Reanimation 79
 - Reihenfolge 79
 - Schädel-Hirn-Trauma 141
 - Schock 124
 - Untersuchung der Oberschenkel 76
 - Untersuchung des Beckens 76
 - Ventilation 75
 - Verbrennungen 215
 Prinzipien 9
 - kritisches Denken 11
 Projektil, Form 41
 Pruritus 360
 psychogener Schock 121
 Psychologisches Krisenmanagement 307
 Puls 77
 - Schock 124, 126

Pulsdruck 116, 360
 Pulsfrequenz, bei pädiatrischen Patienten 273
 pulslose elektrische Aktivität, PEA 338
 Pulsoxymeter 360
 Pupillendifferenz 143
 Pupillenreaktionskontrolle 84
Q
 Querfortsatz 360
R
 radiologische Waffen 330
 Rapid-Extrication-Methode 181
 Rapid-Sequence-Intubation 360
 Rauchgasinhalation 212, 220
 Reanimation 79
 - Abbruch 89
 - Leitlinien 89
 - Verzicht auf 89
 Recapping 63
 Reibungswärme 18
 Reitzgasinhalation, Management 326
 Rekapillarisierungszeit 77
 Reserve-Beatmungstechniken 360
 Residualvolumen 360
 Respiration 360
 Respirationstrakt 360
 respiratorisches System 94
 Retroperitonealraum 360
 Rettungsdienstpersonal, Kompetenz 10
 Rettungskorsett 177
 Rettungsphase, Katastrophenzyklus 297
 Revised Trauma Score 360
 Rhabdomolyse, traumatische 360
 Rotationsaufprall 360
 Rücken, Inspektion 84
 Rückenmark, Anatomie 155
 Rückenmarkdurchtrennung 360
 Rückenmarkerschütterung 360
 Rückenmarkkompression 360
 Rückenmarkkontusion 361
 Rückenmarkverletzungen 158
 - Formen 158
 - Ursachen 159
 Rückenverletzungen, Ursachen 159
 Ruhephase, Katastrophenzyklus 297
S
 SAMPLE-Schema 82, 143, 342, 361
 Sauerstoff 338
 Sauerstofftransport 97
 Sauerstoffverbrauch 361
 Säugling 361
 Säuren 222
 Schädel, Anatomie 83, 134
 Schädelbasisfraktur 361
 Schädelfraktur 144
 Schädel-Hirn-Trauma
 - Atemwege 149
 - Beatmung 149
 - Beurteilung 141
 - Defizite in der Neurologie 150
 - Kind 271
 - Kinematik 141
 - Krampfanfälle 141
 - Kreislauf 150
 - längerer Transport 150
 - Management 149
 - Pathophysiologie 138
 - Primary Survey 141
 - Secondary Survey 143
 - SHT 134
 - Transport 150
 Schädelhöhle 361
 Schauplätze von Gewalt, Sicherheitsregeln 60
 Scherkräfte 23
 Scherung 361
 Scherverletzungen
 - Abdomen 40
 - Hals 38
 - Kopf 37
 - Thorax 39
 Schiene, starre 203
 Schienentypen 197, 198
 Schienung, anatomische 361
 Schienungssysteme 203
 Schlagvolumen 361
 Schlangenbisse 260
 - Vergiftungsscheinungen 261
 schmutzige Bombe 307, 312, 330, 332, 333
 Schneebblindheit 232
 Schnelleinsatzgruppe, SEG 306
 Schnüffelposition 271, 361
 Schock 338, 361
 - Alter 127
 - anaphylaktischer 121, 260
 - bei pädiatrischem Trauma 270
 - Beurteilung 123, 126
 - Definition 114
 - distributiver oder vasogener 120
 - durch Lewisit 327
 - hämorrhagischer 119, 361
 - hypovolämischer 118
 - irreversibler 338
 - kardiogener 121
 - Klassifikation 116
 - Komplikationen 122
 - längerer Transport 131
 - Management 128
 - Medikamente 127
 - muskuloskelettale Verletzungen 127
 - neurogener 120
 - Patientenlagerung 131
 - Physiologie 114
 - Primary Survey 124
 - psychogener 121
 - Schwangerschaft 127
 - Secondary Survey 126
 - septischer 121
 - Sportler 127
 - Transport 131
 - Typen 118, 120
 - Verfälschungen 127
 - Vorerkrankungen 127
 - Zeitfaktor 128
 Schockbehandlung 128
 - Atemwege 128
 - äußere Blutungen 129
 - Beatmung 128
 - Defizite in der Neurologie 131

- Exposition 131
 - Kreislauf 128
 - Schockmanagement, hämorrhagischer Schock 120
 - Schockstadium, kompensierte - Kind 273
 - Schocktherapie 341
 - Schrotflinten 46
 - Munition 47
 - Verletzungen 46
 - Schusswaffen 43
 - Schutzausrüstung, persönliche 58, 62, 67
 - Schutzkittel 62
 - Schutzkleidung, Motorradfahrer 32
 - Secondary Survey 80, 193, 342
 - Abdomen 84
 - Anamnese 82
 - Becken 84
 - Fühlen 80
 - Hals 83
 - Hören 80
 - Konzept 80
 - Kopf 82
 - neurologische Untersuchung 84
 - pädiatrisches Trauma 274
 - SAMPLE-Schema 82
 - Schädel-Hirn-Trauma 143
 - Schock 126
 - Sehen 80
 - Thorax 83
 - Verbrennungen 216
 - Vitalzeichen 81
 - Sehen-Hören-und-Fühlen-Konzept 80
 - Sehne 361
 - Sekundäranschlag 313
 - Sekundärmechanismen, Verhaltensrichtlinien 68
 - Seneszenz 282
 - Senfgas 223
 - Sepsis 361
 - septischer Schock 121
 - Sesambeine 361
 - Sicherheit, am Einsatzort 338
 - Sicherheitsgurte 30, 268
 - Sichtung 303
 - Sinusknoten 361
 - Situation, Beispiele 10
 - Spannungspneumothorax 361
 - Spinalstenose 361
 - Spineboard
 - Abmessungen 167
 - Anwendung 173
 - kurzes (Halfboard) 181
 - Splitterverletzungen 51
 - Sportverletzungen 36
 - Sprengstoffe, Kategorien 318
 - Stammhirn 361
 - Ständige Impfkommission am Robert Koch-Institut, STIKO 61
 - Starkstromverletzung 246
 - START-Triage 70, 303
 - Kriterien 70
 - Stasezone 213
 - Status epilepticus 141
 - Steißbein 361
 - Stichverletzungen, Schutz vor 62
 - Stimmlippen 96
 - Stoffwechsel 114
 - Strahlenexposition
 - Behandlung 334
 - Symptome 332
 - Strahlenkrankheit, akute 331, 332
 - Strahlenunfall
 - Behandlung 333
 - Management 330
 - medizinische Folgen 330
 - persönliche Schutzausrüstung 333
 - statistische Daten 330
 - Transport 334
 - Strahlungsenergie 361
 - Straßenbeschaffenheit 58
 - Strategie 9
 - Ausrüstung 11
 - Kompetenz 10
 - Patientenzustand 10
 - Situation 10
 - verfügbares Wissen 11
 - Stressmanagement an der Einsatzstelle 309
 - Stresszeichen Rettungsdienstmitarbeiter 308
 - Stromunfall 219
 - Begleitverletzungen 220
 - Stupor 361
 - Stürze 35, 287
 - Subarachnoidalblutung 135, 149, 361
 - Subarachnoidalraum 361
 - Subdurales Hämatom 361
 - Subduralhämatom 134, 148
 - Subduralraum 134
 - Subkutis 226, 361
 - Submersionsopfer 243
 - Sulfur 223
 - Surveillance 362
 - Survey, Primary 362
 - Survey, Secondary 362
 - Sympathikus 117
 - Synkope 362
 - Synovialflüssigkeit 362
 - Systole 362
- T**
- Tachykardie 362
 - Tachypnoe 75, 362
 - schwere 75
 - Taschenmaske 103
 - Tatort 65
 - Taumeln 362
 - Technische Einsatzleitung 68
 - Technische Einsatzleitung, TEL 68, 301
 - Tentorium 362
 - Terrorismus 306
 - Tetanie 362
 - Tetraplegie 362
 - TFR, Konzept der Prinzipien und Strategien 9
 - thermische Energie 18
 - thermische Verletzungen, pädiatrischer Patient 278
 - Thermoregulation
 - Kind 269
 - physiologische 227
 - Thorax 362
 - Inspektion 83
 - Thoraxtrauma, pädiatrischer Patient 277
 - Thrombozyten 117
 - Tidalvolumen 362
 - Todeszeichen, vermutliche 258
 - Totraum 94, 362
 - Tourniquet 76, 129
 - Anwendung 130
 - Anwendungsart 130
 - Spannung 130
 - Toxämie 362
 - Toxidrom 324
 - Trägheitsprinzip 17
 - Tränengas 223
 - Transport 79, 85, 342
 - adipöser Patienten 167
 - Dauer 87
 - geeignete Einrichtung 7
 - Methode 87
 - Schock 131
 - und Überleben 7
 - Transport, längerer
 - Atemwegsmanagement 103
 - Besatzung 90
 - Material 90
 - pädiatrischer Patient 280
 - Patientenbelange 90
 - Patientenbetreuung 89
 - Rückenmarkverletzungen 167
 - Schock 131
 - Trauma
 - Hitze 226
 - Kälte 226
 - mechanische Grundlagen 23
 - Trauma, penetrierendes 22, 40, 160, 362
 - Abdomen 46
 - Extremitäten 46
 - Kopf 45
 - physikalische Grundlagen 40
 - Thorax 45
 - Trauma, stumpfes 22, 159, 362
 - Ursachen 159
 - Trauma-Chin-Lift 101, 362
 - Trauma-Jaw-Thrust 101, 104, 362
 - Traumamanagement, Ziele 337
 - Traumapatient
 - kritischer 80
 - Sterblichkeit 337
 - traumatische Hirnverletzungen 276
 - traumatischer Herzstillstand 258
 - Traumatot, Einteilung 7
 - Trendelenburg-Lagerung 362
 - Triage 69, 303, 362
 - Kategorien 70
 - Schema 70, 85
 - Schema START 70, 303
 - Sichtungskategorien 303
 - Transportentscheidung 86
 - Verletzenanhängekarte 304
 - Tröpfcheninfektion, Schutzmaßnahmen 329

Trunkenheit am Steuer 6
 Trunkey, Donald 7
 Tubularnekrose, akute 352

U
 Überanstrengung 230
 Übergabe 88
 Übertriage 362
 Unfall
 - Fahrzeug 23
 - Fußgänger 33
 - Motorrad 31
 - Sportverletzungen 36
 - Stürze 35
 Unfallverhützungsvorschriften 62
 Unterkieferfrakturen 146
 Untertriage 362

V
 Vagusnerv 363
 Vakuumschiene 207
 vasogener Schock 120
 vasovagale Synkope 121
 vasovagaler Schock 121
 Vena-cava-Kompressionssyndrom 363
 Ventilation 75, 94, 340, 363
 Ventrikel 116
 Ventrikellkontraktionen, vorzeitige 363
 Verätzungen, Behandlung 222
 Verbandsplatz 304
 Verbrauchskoagulopathie 122
 Verbrennung 212, 363
 - ältere Menschen 287
 - Ausdehnung 216
 - Beatmung 215
 - Charakteristika 212
 - Defizite in der Neurologie 216
 - elektrischer Strom 219
 - Entkleidung 216
 - Erstversorgung 218
 - Kindesmisshandlung 212, 221
 - Kreislauf 216
 - Nadelstichtest 214
 - Primary Survey 215
 - Rauchgasinhalation 220
 - Secondary Survey 216
 - Transport 218
 - Wärmeerhalt 216
 - Wundversorgung 218
 - zirkuläre 220
 - Zonen 213
 Verbrennunggrade 213
 Verbrennungsschorf 213
 Verbrennungstiefe 213
 Verbrennungszentren 218
 Verbrühungen 278
 - Kindesmisshandlung 221
 Verdunstung 227, 363
 Verdunstungseffekt, Verbrennungen 219
 Verformungsenergie 19

Vergiftungen

- durch Nervenkampfstoffe 325
- durch Zyanid 325
- Verkehrssicherheit 57
- Fahrzeugpositionierung 58
- reflektierende Kleidung 58
- vorbeugende Maßnahmen 58

Verletzenablage 302

Verletzung

- der Extremitäten 190
- der Wirbelsäule 157
- des Bewegungsapparates 190
- des Rückenmarks 158
- durch Brandsätze 323
- durch Explosion 49
- durch Explosionen 320
- durch Splitter 51
- primäre 192
- sekundäre 192
- spinale 151
- vorsätzliche 363

Verletzungsmechanismen 191

Verletzungsmuster, pädiatrisches Trauma 269

Verstauchung 202, 363

Vertebra 363

Vitalzeichen 81, 126

Vorereignisphase 6, 363

Vorhof 116

Vorlast 363

Vorwarnphase, Katastrophenzyklus 297

W

Waffen

- biologische 327
- chemische 323
- mit mittlerer Energie 43
- nukleare 329
- radiologische 330

warme Zone

- Definition 315
- Kontrollzonen 66

Wärmeenergie 19

Wärmeleitung 227

Wärmeproduktion, metabolische 227

Wärmestrahlung 227

Wärmeströmung 227

Warntafel 64

WASB-Schema 78

Waschbärenaugen 363

Wasserbalance des Körpers 229

Wasserrettung, Hilfsmittel 244

Weißer Phosphor 363

Wendl-Tubus 102, 107

- Anwendung 107

Wetterbedingungen 58

Wiederbelebung 242

Wildnis

- Definition 250
- Sicherheit 251

Wildnis-Medizin

- Ausscheidungsbedürfnisse 253
- Bienenstiche 259
- Dekubitusprophylaxe 255
- Dislokationen 257
- Hämostase 256
- Infektionsprophylaxe 256
- kardiopulmonale Wiederbelebung 258
- Nahrung und Flüssigkeit 254
- Risikoabwägung 252
- Schlangenbisse 260
- Sonnenschutz 255
- Verletzungsmuster 251
- Wundverschluss 257
- Wundversorgung 256

Wirbel, Anatomie 152

Wirbelbogen 363

Wirbelkörper 363

Wirbelsäule

- Abschnitte 152
- Symptome bei Verletzung 160
- Wirbelsäulen-Immobilisierung 177
- Indikationen 160
- Prinzipien 162
- Wirbelsäulenverletzungen
- Drehung des Patienten 169
- Formen 157
- Inline-Stabilisierung 163
- pädiatrischer Patient 276
- Symptome 160

Wirbelverletzungen, instabile 158

Wunden

- durch aufgesetzte Waffen 47
- durch Schüsse aus großer Distanz 48
- durch Schüsse aus kurzer Distanz 48
- durch Schüsse aus mittlerer Distanz 48
- Wundversorgung, Verbrennungen 218

Z

Zellatmung 363

Zement 223

Zerebellum 136, 363

zerebraler Blutfluss, CBF 137

Zerebrospinalflüssigkeit 363

Zerebrum 136, 363

Zerrung 363

Zervikalstützen, starre 163

- Anwendung 163

Zilien 363

Zone

- heiße 363

- kalte 364

- warme 364

Zyanid 220

Zyanidvergiftung 221

- Symptome 325

Zyanose 364