

Notfallmedizin *up2date*

3 · 2017

Traumatologische und chirurgische Notfälle 3

# Das schwere Trauma im Kindesalter

*Philipp Störmann  
Simon Meier  
Sebastian Wutzler  
Ingo Marzi*

VNR: 2760512017152374825  
DOI: 10.1055/s-0043-116474  
Notfallmedizin up2date 2017; 12 (3): 271–285  
ISSN 1611-6550  
© 2017 Georg Thieme Verlag KG

## Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

**Das Schädel-Hirn-Trauma** S. Liebigt, C. Renner Heft 3/2015

**Präklinische Akutbehandlung von Wirbelsäulenverletzungen**  
M. Kreinest, S. Goller, A. Türk Heft 2/2015

**Amputationsverletzungen und schwere Weichteilquetschung**  
Y.-J. Kim, M. Sauerbier, R. Hoffmann, U. Schweigkofler  
Heft 2/2015

**Präklinische Versorgung von Extremitätenfrakturen und Luxationen** B. Wohlrath, U. Schweigkofler, R. Hoffmann  
Heft 1/2015

**Thoraxtrauma** S. Schulz-Drost, G. Matthes, A. Ekkernkamp  
Heft 1/2015

**Akzidentelle Hypothermie/schwere Unterkühlung**  
H. Andruszkow, F. Hildebrand Heft 4/2013

**Interdisziplinäre Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten** J. Hinkelbein, C. Faymonville, M. Hackenbroch, V. Burst, B. Böttiger Heft 3/2013

**Das TraumaNetzwerk der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie** A. Ernstberger, M. Nerlich, S. Ruchholtz Heft 3/2013

**Strom- und Blitzunfälle im Rettungsdienst** O. Spelten, J. Hinkelbein Heft 1/2013

**Präklinische Versorgung von Extremitäten- und Wirbelsäulenverletzungen** B. Bücking, F. Debus, S. Ruchholtz Heft 4/2012

**Ersttherapie polytraumatisierter Patienten mit Schädel-Hirn-Verletzung** B. Donaubaue, F. Pfeifer, H. Wrigge Heft 2/2012

**Versorgung von Brandverletzten** J. Gille, H. Fischer, J.-C. Willms-Jones Heft 1/2012

**Die S3-Leitlinie Polytrauma** S. Ruchholtz, H. Bail, M. Bardenheuer, M. Bayeff-Filloff, A. Beck, A. Biewener, B. Bouillon, M. Fischbacher, S. Hentsch, E. Hüls, K.-G. Kanz, C. Lackner, T. Lindner, I. Marintschev, G. Matthes, H. Mayer, M. Raum, E. Rickels, S. Sauerland, U. Schächinger, M. Schädel-Höpfner, T. Schildhauer, K. Schwerdtfeger, A. Seekamp, E. Stolpe, J. Sturm, F. Walcher, C. Waydhas Heft 4/2011

**S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenversorgung**

M. Bernhard, G. Matthes, K.-G. Kanz, C. Waydhas, M. Fischbacher, M. Fischer, B. Böttiger, M. Raum Heft 4/2011

**Notfallbehandlung von Beckenfrakturen** U. Culemann, M. Burkhardt, T. Pohlemann Heft 2/2011

**Traumatische Nerven- und Plexusschäden: Prä- und klinische Versorgungsalgorithmen und Behandlungsoptionen**  
G. Antoniadis Heft 2/2011

**Präklinisches Management akuter Blutungen** J. Strüwer, E. Ziring, C. Kühne, S. Ruchholtz Heft 4/2010

**Interdisziplinäres Schockraummanagement und prioritätenadaptiertes Behandlungsmanagement Schwerverletzter**  
C. Kühne, T. Müller, S. Ruchholtz, N. Roewer, T. Wurmb  
Heft 4/2009

**Tauch- und Dekompressionsunfälle** U. van Laak Heft 2/2009

**Notfallversorgung bei Mund-Kiefer-Gesicht-Verletzungen**  
R. Gruber, H. Schliephake Heft 2/2009

**Präklinisches Management der Amputationsverletzung**  
E. Ziring, B. Ishaque, S. Ruchholtz Heft 1/2009

**Frakturversorgung – Lagerungssysteme und Schienung**  
C. Wölfl, J. Etti Heft 4/2008

**Gefäßnotfall** K. Walluscheck Heft 4/2008

**Therapeutische Hypothermie** R. Kollmar, A. Schneider, E. Popp  
Heft 3/2008

**Präklinische Frakturversorgung** D. Eschmann, F. Walcher, U. Obertacke Heft 1/2008

**Stromunfall und Verbrennung** A. Beck, G. Krischak, M. Bischoff  
Heft 1/2008

**Versorgung des Thoraxtraumas** D. Schmitz, C. Waydhas, D. Nast-Kolb Heft 4/2007

**Schädel-Hirn-Trauma** C. Renner, J. Meixensberger Heft 2/2007

### ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos!  
<https://eref.thieme.de/notfall-u2d>

### JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt:  
[www.thieme.de/eref-registrierung](http://www.thieme.de/eref-registrierung)

## Das schwere Trauma im Kindesalter

Philipp Störmann, Simon Meier, Sebastian Wutzler, Ingo Marzi

\* S. Meier und P. Störmann haben zu gleichen Teilen bei der Manuskripterstellung mitgewirkt.



Schwere Mehrfachverletzungen beim Kind sind selten; in diesen Fällen ist die Beachtung anatomisch-physiologischer Besonderheiten bei der Diagnostik und Therapie besonders wichtig, um ein möglichst gutes Outcome zu erreichen.

### FALLBEISPIEL 1

Aufnahme des 12-jährigen Patienten über den Schockraum, nachdem dieser als behelmter Motocrossfahrer bei einem Sprung aus ca. 4 Meter Höhe zu Fall gekommen war.

Nach „Primary Survey“ Durchführung eines Traumascans. Es fanden sich eine linksseitige Lungenkontusion, eine 3.-gradige offene distale Unterarmfraktur rechts, eine Femurschaftfraktur, eine Fraktur der Schädelbasis, sowie eine Fraktur des Unterkiefers.

Nach Abschluss der Diagnostik erfolgte die umgehende Versorgung der Frakturen wie in ► **Abb. 1** gezeigt.

Der Patient wurde in der Folge 2 Tage auf der Intensivstation überwacht. Bei insgesamt komplikationslosem Verlauf konnte er am 10. posttraumatischen Tag nach Hause entlassen werden.



► **Abb. 1** Fallbeispiel 1.

- a Femurfraktur im Traumascan.
- b Postoperative Kontrolle der operativen Versorgung der Femurfraktur.
- c 3.-gradige offene distale Unterarmfraktur rechts.
- d Postoperative Kontrolle der operativen Versorgung der Unterarmfraktur.

**ABKÜRZUNGEN**

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BWK	Brustwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
cCT	kraniale Computertomografie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DSM	Durchblutung, Sensibilität, Motorik
ESIN	elastisch-stabile intramedulläre Nagelung
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
ISG	Iliosakralgelenk
ISS	Injury Severity Score
K-Draht	Kirschner-Draht
LiLa e. V.	Licht und Lachen für kranke Kinder – Effizienz in der Medizin e. V.
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
MAD	Mucosal Atomization Device
MRT	Magnetresonanztomografie
PCCF	AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures
RTH	Rettungshubschrauber
SCIWORA	Spinal Cord Injury without radiographic Abnormality
SHT	Schädel-Hirn-Trauma

**Einleitung**

Im Kindes- und Jugendalter ist das schwere Polytrauma selten, dennoch sind Unfälle in der genannten Altersgruppe die häufigste Todesursache und führen oft zu bleibenden Behinderungen [1]. Selbst überregionale Traumazentren weisen durch das seltene Auftreten nur geringe Fallzahlen (ca. 10–15/Jahr) auf, sodass es an Routine in der Behandlung dieses speziellen Patientenkollektivs fehlen kann.

Neben den zahlreichen anatomischen und physiologischen Besonderheiten stellt die Versorgung heranwachsender Patienten, auch aufgrund der notwendigen interdisziplinären Behandlungsstrategie, die versorgenden Teams vor eine große Herausforderung. Eine inadäquate Primärbeurteilung und somit Etablierung eines insuffizienten Behandlungsregimes wurde für bis zu einem Drittel der frühen Todesfälle mit Schädel-Hirn-Verletzung als ursächlich angesehen [2]. Die Wichtigkeit dieser Faktoren spiegelt sich auch im aktuellen Update der S3-Leitlinie Polytrauma wider, in der Bereiche zum kindlichen Trauma eine deutliche Aufwertung erfahren haben (S3-Leitlinie 2016 [3]).

Dennoch haben Anpassungen und Fortschritte in der Therapie im 10-Jahres-Zeitraum von 2001–2010 die Zahl von Verletzungen mit Todesfolge bei unter 14-Jährigen um 37% auf zuletzt 3 je 100 000 gesenkt (Unfälle, Gewalt und Suizid bei Jugendlichen, destatis 2014 [27]). Ursächlich sind bei Säuglingen und Kleinkindern vor allem Stürze aus bereits geringer Höhe, ab dem Schulkindalter stellen Verkehrsunfälle die häufigste Verletzungsursache dar. Dabei sind Jungen häufiger beteiligt als Mädchen.

**Merke**

**Je jünger die Patienten sind, desto größeren Einfluss auf Verletzungsmuster und Therapie haben die anatomischen Besonderheiten, wie z. B. der im Vergleich zum Körper deutlich größere Schädel.**

So gilt insgesamt das Schädel-Hirn-Trauma als häufigste Todesursache und beeinflusst führend das Outcome.

**Begriffsklärung**

In der vorliegenden Arbeit wird von einem Polytrauma ausgegangen, wenn die Berlin-Definition zutrifft (s. Infobox) [4]. Da gerade bei Heranwachsenden aber auch oft schwere Monotraumata im Rahmen der Schockraumdiagnostik festgestellt werden, sind die im Folgenden aufgeführten Hinweise für schwerverletzte Patienten (Injury Severity Score mindestens  $\geq 16$ ) und auch für Patienten mit relevanten Monotraumata gedacht.

**DEFINITION****Berlin-Definition des Polytraumas**

- Injury Severity Score (ISS)  $\geq 16$
- 2 Körperregionen betroffen
- mindestens 1 physiologisches Problem

**Präklinik**

Mit nur 5–10% ist die Inzidenz pädiatrischer Notfälle im Rettungsdienst selten. Dementsprechend gering ist somit die Erfahrung der Rettungsdienste mit schwerverletzten pädiatrischen Patienten, auch wenn im Schulkindalter das Trauma noch der häufigste Alarmierungsgrund ist [5]. Zusätzlich verkomplizieren weitere Faktoren die präklinische Versorgung.

Je jünger die Kinder, desto schwerer gestaltet sich die verbale Kommunikation, sodass eine gezielte Anamnese bzw. die präzise Äußerung von Beschwerden unter Umständen unmöglich ist. Eine umso größere Bedeutung haben somit eine strukturierte Untersuchung sowie ggf. die Fremdanamnese. Darüber hinaus sind praktisch vor allem invasive Maßnahmen, wie die Anlage von i. v. Zugängen oder die Intubation, allein schon durch die geringe Körpergröße der Patienten erschwert [6].

## PRAXISTIPPS

Sinnvolle Alternativen zur i. v. Applikation von Medikamenten stellen eine intranasale Gabe (MAD) oder die rektale Verabreichung dar.

Im Notfall kann die intraossäre Anlage eine notwendige Maßnahme zur Etablierung eines Zugangs sein.

Gerade beim schweren SHT konnten Vorteile im Outcome nach frühzeitig erfolgter Intubation nachgewiesen werden, sodass die zuvor beschriebenen Besonderheiten nicht die Durchführung medizinisch notwendiger Maßnahmen im Rettungsdienst verhindern sollten.

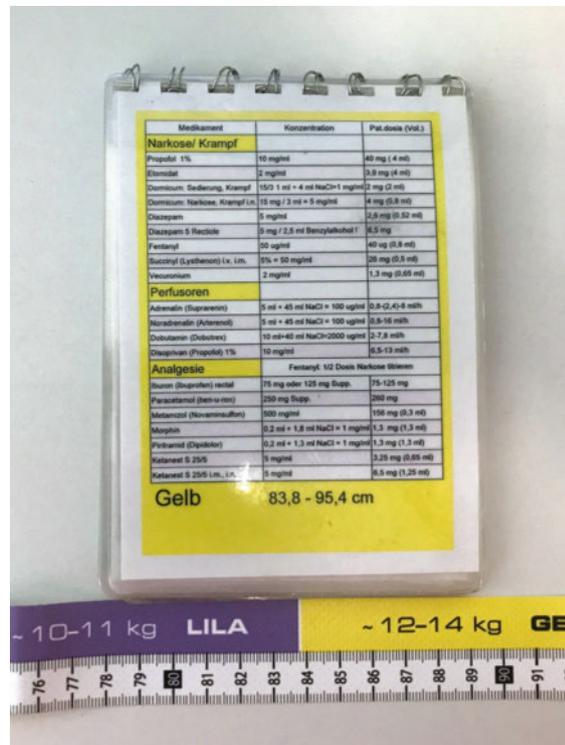
### Merke

Bei initialem GCS  $\leq 8$  besteht die Indikation zur endotrachealen Intubation.

Notwendige Maßnahmen zur Vorbereitung des Patiententransportes sind in ► **Tab. 1** aufgeführt. Die Maßnahmen zur Immobilisierung orientieren sich an den Standards der Erwachsenenversorgung.

Strukturelle Probleme reichen über die möglichst präzise Schätzung des Körpergewichtes, die gewichtsadaptierte Applikation von Medikation, bis hin zur Einstellung der Beatmungsparameter. Zur Bestimmung der Medikamentendosis hat sich die Anwendung eines Notfalllineals/-bandes als äußerst hilfreich erwiesen (► **Abb. 2**).

Auch die Auswahl einer adäquaten Zielklinik ist mitunter erschwert und bedingt unter Umständen eine verlängerte Transportzeit. Die Indikationen zur Schockraumalarmierung sind in ► **Tab. 2** dargestellt.



► **Abb. 2** Notfalllineal mit zugehöriger Dosierungshilfe vom hauseigenen Notarzteinsetzfahrzeug. Das Lineal wird an den Verletzten angelegt und so die Körpergröße bestimmt. Entsprechend der Farbcodierung können dann dem beiliegenden Register die entsprechenden Medikamentendosierungen entnommen werden.

Nicht zuletzt führen insbesondere pädiatrische Notfälle zu einer besonderen emotionalen Belastung des Notfallpersonals. Trotz der aufgeführten Schwierigkeiten konnten Laurer et al. nachweisen, dass die präklinische Versor-

► **Tab. 1** Präklinische Maßnahmen zur Stabilisierung und Vorbereitung des Patiententransportes in eine geeignete Zielklinik. Invasive Maßnahmen und medikamentöse Therapie orientieren sich dabei am Patientenzustand und dem Körpergewicht.

Maßnahmen	im Einzelnen
Anamnese und Untersuchung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anamnese, ggf. Fremdanamnese zum Unfallhergang</li> <li>Bodycheck inkl. Auskultation und Pupillenreaktion</li> </ul>
Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring (Pulsoxymetrie, EKG, Blutdruckmessung)</li> <li>Kapnometrie bei Intubation</li> </ul>
Lagerungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Immobilisierung (Stiffneck, Vakuummatratze)</li> <li>Schienung von Extremitäten mit Frakturverdacht</li> <li>Reposition luxierter Gelenke/offensichtlicher Fehlstellungen</li> </ul>
invasive Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlage Zugang (i. v., ggf. intraossär)</li> <li>Intubation</li> <li>Thoraxdrainage bei V. a. Spannungspneumothorax</li> </ul>
medikamentöse Therapie	<ul style="list-style-type: none"> <li>ausreichende Analgesie</li> <li>Volumentherapie/Kreislaufunterstützung</li> <li>Narkoseeinleitung und -aufrechterhaltung</li> </ul>
logistische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auslösung „Schockraumalarm“</li> <li>Haus mit der Möglichkeit zur umgehenden Intervention</li> <li>ggf. frühzeitige Alarmierung/Nachforderung RTH</li> </ul>

► **Tab. 2** Indikationen zur Schockraumalarmierung (nach [3]).

Kriterium	Indikation
Verletzungsmuster	schweres Schädel-Hirn-Trauma
	schwere abdominelle Verletzung
	instabiler Thorax
	offene Thoraxverletzung
	instabiles Becken
	mehr als 1 Fraktur der großen Röhrenknochen
	stammahe Gefäßverletzung
	proximale Amputation
Unfallmechanismus	Fußgänger/Radfahrer angefahren (> 30 km/h)
	Hochrasanztrauma
	Ejektion aus dem Fahrzeug
	ausgedehnte Verformung der Karosserie (> 50 cm)
	Tod eines Beifahrers
	Sturz > 3 Meter Höhe
	Explosionsverletzung

gungsqualität pädiatrischer Patienten zumindest hinsichtlich der präklinisch getroffenen Maßnahmen gleichwertig ist [7].

## Schockraummanagement

Auch für das schwerverletzte Kind orientiert sich die Behandlung und Diagnostik des Patienten im Schockraum maßgeblich an den Prinzipien des Advanced-Trauma-Life-Support (ATLS®) sowie den Empfehlungen der S3-Leitlinie Polytraumaversorgung [3] bzw. des Weißbuchs Schwerverletztenversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU).

### Merke

**Neben der primären Sicherung der Vitalfunktionen ist eine schnelle und vollständige Diagnostik sowie die Einleitung eines den speziellen Bedürfnissen der jungen Patienten angepasstes Therapiekonzeptes entscheidend.**

Notwendige Hilfsmittel zur Stabilisierung des Patienten, wie Endotrachealtuben oder Thoraxdrainagen, müssen der Größe des Kindes angepasst werden und sollten vorrätig sein. Für etwaige Reanimationsmaßnahmen müssen die entsprechenden Therapiealgorithmen befolgt werden.

### PRAXISTIPP

Das Basisteam der Schockraumversorgung sollte, wenn möglich von Beginn an, zur adäquaten Behandlung um Kollegen der pädiatrischen Intensivmedizin und ggf. auch der Kinderchirurgie erweitert werden, sodass der Interdisziplinarität eine nochmals gesteigerte Rolle im Vergleich zur Behandlung Erwachsener zukommt.

In Zusammenarbeit mit der Anästhesie ist der Pädiater für die Sicherung der Vitalfunktionen verantwortlich, während der Unfallchirurg die körperliche Untersuchung und sonografische Beurteilung durchführt (eFAST). Vor dem Hintergrund der zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Informationen sollte eine möglichst strahlenarme radiologische Diagnostik durchgeführt werden, welche aber in keinem Fall zulasten der präzisen Diagnosesicherung fallen darf. Falls personell und strukturell durchführbar, kann bei Spezialindikationen, z. B. beim isolierten Schädel-Hirn-Trauma, nach Abschluss der Schockraumdiagnostik und Ausschluss lebensbedrohlicher Verletzungen eine MRT-Diagnostik erfolgen.

### Merke

**Der Standard in der Notfallbildgebung bleibt jedoch das konventionelle Röntgen von Thorax und Becken sowie, je nach Traumamechanismus bzw. Verletzungsschwere, die Computertomografie.**

Zur Reduktion des „life time cancer risks“ ist die Verwendung dosisangepasster Untersuchungsprotokolle obligat [8, 9].

Essenziell für eine schnelle und sichere Schockraumbehandlung sind interdisziplinär abgestimmte Algorithmen, eine dem speziellen Fall angepasste, aber unbedingt adäquate Bildgebung (Sonografie, Röntgen, CT, ggf. MRT) und eine konsensuelle Entscheidungsfindung der weiteren therapeutischen Maßnahmen.

Im Folgenden soll geordnet nach Körperregionen/Organsystemen auf anatomisch-physiologische Besonderheiten und therapeutische Maßnahmen in der Versorgung schwerverletzter Kinder eingegangen werden.

## Schädel-Hirn-Trauma

Das Schädel-Hirn-Trauma stellt die häufigste Todesursache im Kindesalter dar. Das ungünstige Verhältnis von großem, schwerem Kopf zum verhältnismäßig kleinen Rumpf, gepaart mit unzureichend ausgebildeten Schutzmechanismen, führt dazu, dass bereits Niedrigenergie-traumata in schweren Verletzungen resultieren können.

Grundsätzlich begünstigt die vergleichsweise dünnere Kalotte beim Heranwachsenden durch einen schlechteren Schutz intrazerebrale Verletzungen. Häufig treten spezielle Frakturformen wie z.B. Impressionsfrakturen (Fallbeispiel 2) auf, die auch in der festen Verbindung von Dura mater und Kalotte begründet sind. Des Weiteren ist bis zu einem Alter von 3 Jahren das Auftreten eines epiduralen Hämatoms eine Rarität, da es selten zu Läsionen der A. meningea media durch Frakturfragmente kommt.

Neben den primären, direkten Hirnschädigungen sollte die Gefahr einer sekundären Hirnschädigung im Rahmen einer Hypoxie oder einer Hypotonie Beachtung finden und der raschen Behandlung einer respiratorischen Insuffizienz oder dem hämorrhagischen Schock eine entsprechend hohe Bedeutung beigemessen werden.

**Cave**  
**Hypoxie kann ein sekundäres Hirnödem bedingen.**

Ebenso erfordert eine durch die noch nicht vollständig ausgebildete Blut-Hirn-Schranke bedingte erhöhte Gefahr der Ödembildung mitunter eine aggressive Hirndrucktherapie. Eine großzügige Indikationsstellung zur operativen Versorgung mittels Kraniotomie oder zumindest Anlage einer Hirndrucksonde hat sich in dieser Situation als vorteilhaft erwiesen [10].

**Merke**  
**Zur altersgerechten Einordnung der neurologischen Symptomatik sollte zur Bestimmung der Glasgow Coma Scale der pädiatrische GCS verwendet werden (► Tab. 3).**

Bei Kindern mit initial normalem GCS15 (► Tab. 3) und unauffälligem neurologischem Untersuchungsbefund kann auf eine radiologische Diagnostik des Schädels verzichtet werden. Bei stattgehabter Bewusstlosigkeit oder

vegetativer Begleitsymptomatik (Erbrechen, Schwindel) sollten zumindest eine 24-stündige stationäre Monitor-Überwachung sowie engmaschige Pupillen- und Vigilanzkontrollen erfolgen. Obligat hingegen ist eine cCT bei intubiert/beatmeten Kindern, insbesondere bei durch den Notarzt beschriebener Vigilanzminderung vor Intubation, genauso wie bei Vigilanzminderung mit einer persistierenden GCS von < 14.

Im Falle einer intrakraniellen Blutung sollte die Indikation zur operativen Entlastung frühzeitig und großzügiger gestellt werden als beim Erwachsenen, da die Kompression von relevanten Arealen ab der dritten posttraumatischen Stunde zu deutlichen Verschlechterungen des Outcomes führt [11].

Anzumerken bleibt, dass ein SHT auch bei Kindern die Entstehung einer Thrombose begünstigen kann, es muss daher auch beim heranwachsenden Patienten mit SHT auf eine adäquate und an das Verletzungsmuster angepasste Antikoagulation geachtet werden.

**Merke**  
**Die operative Versorgung eines schweren SHT nach Primärstabilisierung sollte Vorrang erhalten, da sie maßgeblich das Outcome beeinflusst.**

Kinder, die initial eine GCS < 8 aufweisen, entwickeln in 16% ein apallisches Syndrom; die Letalität in dieser Gruppe liegt bei 30%.

**Merke**  
**Eine kürzere Dauer des Komas wirkt sich begünstigend auf ein gutes Outcome aus.**

Patienten mit einem relevanten SHT sollten möglichst frühzeitig einer ausführlichen neurologischen Rehabilitationsbehandlung zugeführt werden.

► **Tab. 3** Pädiatrische Glasgow Coma Scale.

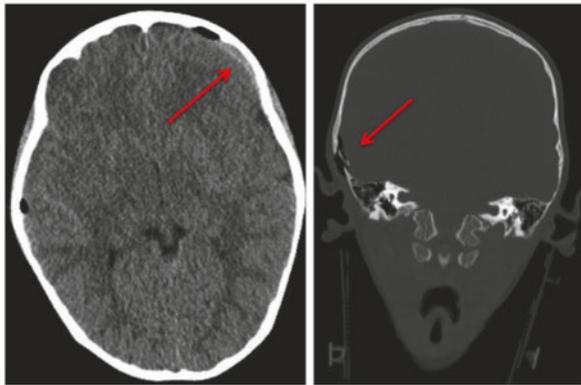
Punkte	Augen öffnen	beste verbale Kommunikation	beste motorische Reaktion
6	–	–	spontane Bewegung
5	–	plappern, brabbeln	gezielte Abwehr auf Schmerzreiz
4	spontan	schreien, tröstbar	normale Beugeabwehr auf Schmerzreiz
3	auf Schreien	schreien, untröstbar	abnorme Abwehr auf Schmerzreiz
2	auf Schmerzreiz	stöhnen, unverständliche Laute	auf Schmerzreiz, Strecksynergismen
1	keine Reaktion	keine verbale Reaktion	keine Reaktion auf Schmerzreiz

**FALLBEISPIEL 2**

Dem 4-jährigen Patienten sei ein Regal auf den Kopf und den Oberkörper gefallen. Bei initialer GCS von 8 und Blutung aus dem linken Ohr erfolgte die Einlieferung in den Schockraum intubiert und beatmet. Neben einer Lungenkontusion zeigte sich eine Impressionsfraktur der Kalotte links temporal mit begleitendem Subduralhämatom (► **Abb. 3**).

Es erfolgte die umgehende operative Versorgung mit Hebung der Kalotte und Anlage einer Hirndrucksonde. Noch am Unfalltag konnte der Patient extubiert werden.

Es folgte ein komplikationsloser stationärer Aufenthalt für insgesamt 11 Tage, bei Entlassung zeigte sich ein unauffälliger neurologischer Befund.



► **Abb. 3** Fallbeispiel 2.  
a Subdurales Hämatom.  
b Impressionsfraktur der Kalotte links temporal.

## Thorax

Wie auch beim adulten Patient dominieren in Deutschland beim Heranwachsenden stumpfe Traumamechanismen, penetrierende Verletzungen sind eine Rarität (► **Abb. 4**).

**PRINZIPIEN**

Grundsätzlich sind beim kindlichen Patient durch eine hohe thorakale Compliance ossäre Verletzungen des Thorax relativ selten. Resultierend werden die Kräfte jedoch nach intrathorakal weitergeleitet, sodass bei entsprechend schwerem Thoraxtrauma gehäuft intrathorakale Verletzungen auftreten. Am häufigsten sind hier Lungenkontusionen sowie Pnuemo- oder Hämatothoraces zu verzeichnen, Läsionen zentraler Organe wie Trachea, Bronchien oder dem zentralen Gefäßstamm sind entsprechend rar und deuten auf ein massives Trauma hin.



► **Abb. 4** Penetrierende thorakale Verletzungen sind eine Rarität. Die hier eingedrungene Holzlatte wurde intraoperativ entfernt, eine intrathorakale Beteiligung lag nicht vor.

## Behandlung

### Hämato- und Pneumothorax

Die Behandlung von Hämato-/Pneumothoraces wird auch beim Kind über die Anlage einer Thoraxdrainage durchgeführt. Die Wahl des Drainagedurchmessers sollte größenadaptiert erfolgen, dennoch verbietet sich auch hier die Anlage tiefer als Mamillenhöhe. Zudem sollte eine Drainage zum Schutz der Organe immer stumpf und unter digitaler Kontrolle eingebracht werden.

**Cave**

**Anlage einer Thoraxdrainage unter stumpfer Palpation und nie unter Mamillenhöhe!**

### Lungenkontusion

Die häufig auftretende Lungenkontusion kann je nach Ausmaß rasch zu einer respiratorischen Insuffizienz führen, somit stellt ihre Behandlung einen zentralen Pfeiler in der Behandlung dar. Die Therapie kann über frühzeitige Intubation und lungenprotektive Beatmungsmodi erfolgen.

Altersabhängige physiologische Normwerte und empfohlene Tubusgrößen sind in ► **Tab. 4** zusammengestellt.

► **Tab. 4** Altersabhängige physiologische Normwerte und empfohlene Tubusgrößen.

Alter (Jahre)	Atemfrequenz (min <sup>-1</sup> )	Atemzugvolumen (ml)	Tubusgröße (mm)	Länge ab Zahnreihe (cm)
1	32–38	50–60	3,5–4,0	13
3	25–30	70–90	4,5–5,0	14
5	20–25	80–110	5,0–5,5	16
7	18–22	115–150	5,5–6,0	18
10	16–20	150–200	6,5	20
12	15–17	200–280	7,0	21
14	14–16	250–350	7,0–7,5	22

#### PRAXISTIPP

Näherungsweise kann der erforderliche Tubusdurchmesser anhand des Kleinfingers des Patienten bestimmt werden.

Bei ausgeprägter Lungenkontusion besteht zudem ein deutlich erhöhtes Pneumonierisiko (20–30%), für eine großzügige prophylaktische antibiotische Abdeckung fehlt allerdings eine zureichende Evidenz.

#### PRAXIS

##### OP-Indikation beim Thoraxtrauma

Äußerst selten stellt sich beim Kind die Indikation zur operativen Versorgung einer thorakalen Verletzung. Als Indikation gelten hier

- anhaltende Blutung aus einer Thoraxdrainage
- Perikardtamponade
- penetrierende Verletzung mit Fremdkörperanschluss
- Verletzungen des Trachealbaums, die nicht mittels Tubus abgedichtet und somit nicht konservativ therapiert werden können.

## Abdomen

Durch ein tieferstehendes Zwerchfell sowie ein ungünstigeres Größenverhältnis von Milz und Leber sind diese Organe beim Kind schlechter geschützt als beim Erwachsenen. Resultierend finden sich häufig Läsionen dieser Organe. Im Gegensatz zum Erwachsenen ist beim Kind, selbst beim Nachweis größerer Mengen freier intraabdomineller Flüssigkeit, bei stabilem Kreislauf ein konservatives Vorgehen etabliert. So konnte gezeigt werden, dass unter dieser Bedingung selbst höhergradige Leber- und Nierenlazerationen unter konservativer Therapie ohne Residuen ausheilen [12–14].

#### Merke

**Intraabdominale Organlazerationen bei stabilem Kreislauf können bei Kindern unter engmaschiger Überwachung häufig konservativ behandelt werden.**

Grundvoraussetzung einer konservativen Behandlung solcher Verletzungen sind

- eine entsprechende intensivmedizinische Überwachung
- die Möglichkeit zur umgehenden operativen Revision im Falle einer klinischen Verschlechterung

Kommt es unter Überwachung zu einer Befundverschlechterung, kann auf eine der operativen Therapie vorgeschaltete Bildgebung verzichtet werden.

#### PRINZIPIEN

Besteht die Indikation zur operativen Therapie, haben Organerhalt und eine primäre Ausversorgung ohne geplante Folgeeingriffe die höchste Priorität.

Hohlorganverletzungen, insbesondere des Dünndarms, sind schwierig zu diagnostizieren und können den Verlauf deutlich komplizieren und prolongieren. Lässt sich initial der Verdacht auf eine Hohlorganverletzung nicht sicher ausschließen, sind eine enge klinische Überwachung, wiederholte Ultraschalluntersuchungen und erweiterte diagnostische Maßnahmen, z. B. unter Zuhilfenahme enteraler Kontrastmittelapplikation, unabdingbar.

Nachgewiesene Verletzungen sollten so schnell wie möglich, meist mittels direkter Naht oder Segmentresektion, ausbehandelt werden. In seltenen Fällen kann aber auch die Anlage eines temporären Anus praeter notwendig werden.

OP-Indikationen bei intraabdominellen Verletzungen fasst die Übersicht zusammen.

**ÜBERSICHT****OP-Indikationen beim abdominellen Trauma**

- hämodynamische Instabilität trotz Volumensubstitution
- freie intraabdominelle Luft
- Ruptur eines Hohlorgans
- Peritonitiszeichen

Sekundäre Organfunktionsstörungen im Sinne eines Multiorganfunktionsversagens sind selten und am ehesten durch einen initial ausgeprägten Blutverlust bedingt. Die konsekutive Vasokonstriktion hat eine Minderperfusion der Organe zur Folge, welche bei unzureichender Substitutionstherapie dann zum Organversagen führt.

**Wirbelsäule**

Verletzungen der kindlichen Wirbelsäule sind mit etwa 1–2% aller verletzten Kinder selten, beim schwer verletzten Kind liegt der Anteil an Wirbelsäulenverletzungen jedoch zwischen 8% und 30% [15, 16]. Die Lokalisation von Wirbelsäulenverletzungen ist zudem altersabhängig: So stellen aufgrund des Missverhältnisses zwischen schwerem Kopf und schwacher Hals- und Nackenmuskulatur sowie unausgereiften Bandstrukturen bei flachen Facettengelenken und noch unvollständiger Verknöcherung bei Kindern vor dem 9. Lebensjahr Halswirbelsäulenverletzungen die häufigsten Wirbelsäulenverletzungen dar.

**Merke**

**Wirbelsäulenverletzungen beim Kind sind altersabhängig und eng mit den anatomischen Besonderheiten verknüpft.**

Rund 70% der Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern betreffen die HWS, ein Großteil der Verletzungen findet sich in Höhe C0–C2. Damit sind Halswirbelsäulenverletzungen bei Kindern insgesamt etwa doppelt so häufig wie beim Erwachsenen.

Im Adoleszentenalter und mit anatomisch-biomechanischer Annäherung an das Erwachsenenskelett ist dann schließlich hauptsächlich der thorakolumbale Übergang betroffen. Es überwiegen in 90% der Fälle Kompressionsverletzungen, die häufig konservativ behandelt werden können.

Bei kindlichen Wirbelsäulenverletzungen wird die Mortalität stark vom häufig begleitenden Schädel-Hirn-Trauma beeinflusst, weitere negative prädiktive Faktoren sind

- ein jüngeres Alter,
- Verletzungen der oberen HWS sowie
- der Unfallmechanismus (v. a. Verkehrsunfälle).

**Diagnostik**

Zur Detektion von Verletzungen der Wirbelsäule sowie der Sicherung von neurologischen Auffälligkeiten kommen der Anamnese und der körperlichen Untersuchung ein hoher Stellenwert zu. Prophylaktisch sollte die HWS im Stiffneck immobilisiert werden sowie ausschließlich eine achsgerechte Lagerung durchgeführt werden. Dorsale Weichteilverletzungen, Schürfungen und Prellmarken ebenso wie Schmerzen bei der Palpation können wichtige Hinweise für eine relevante Wirbelsäulenverletzung geben. Die differenzierte neurologische Untersuchung sollte zudem regelmäßig wiederholt werden.

Das höchste Risiko für neurologische Komplikationen betrifft bei den kindlichen Wirbelsäulenverletzungen die Halswirbelsäule mit 30% neurologischen Komplikationen bei instabilen Verletzungen. Gelingt bei deutlichen neurologischen Ausfällen im Röntgen bzw. CT kein Nachweis einer strukturellen Verletzung, wurde 1982 von Pang et al. der Begriff SCIWORA (spinal Cord injury without radiographic Abnormality) geprägt. Durch moderne MRT-Diagnostik gelingt heutzutage jedoch häufig trotzdem der Nachweis von Rückenmarkläsionen [17, 18].

**PRINZIPIEN**

Der Verdacht auf das Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung erfordert zumindest die Durchführung einer Röntgendiagnostik in 2 Ebenen, bei ausgeprägter Klinik bzw. bei komplexeren Verletzungen sowie im Falle einer notwendigen operativen Versorgung sollte eine CT-Untersuchung erfolgen.

Falls aufgrund eines Schädel-Hirn-Traumas eine cCT-Untersuchung durchgeführt wird, sollte zum Ausschluss der häufig assoziierten Halswirbelsäulenverletzung die HWS im CT mitabgebildet werden. Die MRT-Diagnostik dient in unklaren Fällen im Anschluss an die Notfalldiagnostik zur Detektion von konventionell-radiografisch okkulten Verletzungen wie Rückenmarkläsionen, Bandscheibenverletzungen sowie Verletzungen der Wachstumsfugen.

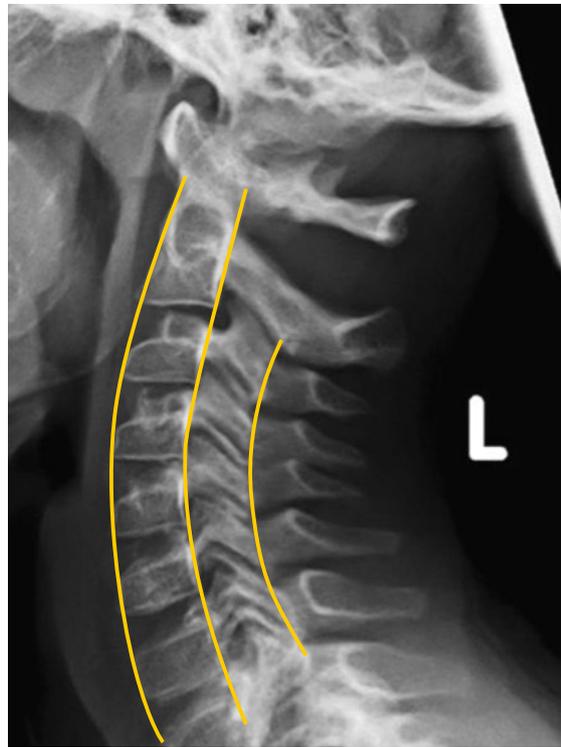
**Anatomische Besonderheiten im Kindesalter**

Zur sicheren Beurteilung der angefertigten bildgebenden Diagnostik und um Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist eine genaue Kenntnis der anatomischen Besonderheiten im Kindesalter unerlässlich.

- So ist der atlantodentale Abstand beim Kind bis zu  $\leq 5$  mm normal (Erwachsene: 2–3 mm).
- Außerdem kann in bis zu 20% der Fälle bis zum 8. Lebensjahr ein „Reiten“ des Atlas über der Densspitze bei lateralen HWS-Aufnahmen in Extension beobachtet werden (► **Abb. 5**), bedingt durch Knorpelzonen von Atlas und Densspitze.



► **Abb. 5** „Reiten“ des Atlas über dem Dens, in bis zu 20% der Fälle bis zum 8. Lebensjahr bei lateralen HWS-Aufnahmen in Extension (männlich, 5. Lebensjahr).



► **Abb. 6** Normalbefund einer lateralen HWS-Aufnahme mit Hilfslinien zur Alignment-Beurteilung bei einem 5-jährigen Mädchen.

- Zudem sind in diesen Aufnahmen bei Kindern bis zum 8. Lebensjahr in bis zu 40% der Fälle Pseudosubluxationen von C2/C3 zu beobachten, ein Versatz von  $\leq 4$  mm kann akzeptiert werden.
- Des Weiteren ist die Wirbelkörperkonfiguration der BWS und LWS bis zum 8. Lebensjahr noch keilförmig.
- Der Knochenkern der Densspitze fusioniert erst um das 12. Lebensjahr mit dem Dens axis.
- Noch offene Synchondrosen des Atlas bzw. Axis können bis zum 6.–7. Lebensjahr als Fraktur fehlinterpretiert werden.
- Ein erweiterter prävertebraler Weichteilschatten der HWS im retropharyngealen Raum bis  $\leq 7$  mm sowie im retrotrachealen Raum bis  $\leq 14$  mm ist bei Kindern normal.

### Befundung

Zur Beurteilung der nativradiologischen Diagnostik der Wirbelsäule kann der Einsatz von gedachten Hilfslinien zur Beurteilung des Alignments gerade im Bereich der HWS sinnvoll sein (► **Abb. 6**).

### Therapie

Verletzungen der Halswirbelsäule lassen sich oftmals konservativ therapieren, z.B. in einem Philadelphia-Kragen. Instabile ligamentäre Verletzungen im Bereich C2/C3 bedürfen ausnahmsweise einer Ruhigstellung im Halofixateur, der beim Kind eher zurückhaltend verwendet werden sollte.

Um Wachstumsstörungen zu vermeiden, kann eine ventrale Fusion wie beim Erwachsenen erst nach Abschluss der Endplattenreifung erfolgen. Kinder unter 8 Jahren können zudem auch Verletzungen der knorpeligen Wirbelsäulenanteile aufweisen.

Bei Kindern ab dem 8.–10. Lebensjahr können aufgrund der zunehmenden Verknöcherung der Wirbelsäule – welche teilweise erst um das 25. Lebensjahr ihren Abschluss findet – alle Verletzungsformen des Erwachsenen auftreten, die analog der etablierten AO-Klassifikation nach Magerl eingeteilt werden in

- Kompressionsfrakturen (Typ A)
- Flexions-Distraktions-Frakturen (Typ B)
- Rotationsverletzungen (Typ C)

**PRAXIS****OP-Indikation beim Wirbelsäulentrauma**

Knapp 90% der Fälle liegen thorakal zwischen BWK 5 und BWK 8 sowie am thorakolumbalen Übergang zwischen BWK 11 und LWK 2 [19].

- Typ-A-Verletzungen werden in der Regel konservativ behandelt.
- Instabile Verletzungen der Typen B und C sowie Frakturen mit neurologischem Defizit bedürfen einer operativen Versorgung mittels kurzstreckiger dorsaler Instrumentierung. Bei neurologischen Ausfällen und relevanter Spinalkanaleinengung sollte eine Laminektomie mit dorsaler Stabilisierung erfolgen.

**Beckentrauma****Merke**

**Beckenfrakturen beim Kind sind zumeist die Auswirkung von massiver Gewalteinwirkung.**

Dies erklärt auch die schon bei simplen Frakturformen auftretenden, teils massiven Begleitverletzungen, z.B. des Urogenitaltraktes sowie des Rektums. Die klinische Untersuchung auf Stabilität und Hämatome sowie Prellmarken ist daher essenziell [20] (► **Tab. 5**).

In über 60% der Fälle liegt bei beckenverletzten Kindern ebenfalls ein Schädel-Hirn-Trauma vor, eine Polytraumatisierung ist ebenfalls häufig [18]. Je nach Ausprägung des Verletzungsmusters ist ein hoher Blutverlust bei intra- oder retroperitonealen Begleitverletzungen möglich. Bei Verletzungen des Beckenbodens sowie des Rektums und des Anus besteht die Gefahr der Entwicklung einer Peritonitis. Wachstumsfugenverletzungen können in ausgeprägten Fehlbildungen bis hin zur Hypoplasie einer Beckenhälfte resultieren.

Frakturen des Beckenrandes treten beim Kind häufiger auf als Beckenringverletzungen – sie sind zu über 90% stabil und können dann konservativ therapiert werden.

► **Tab. 5** Klinische Zeichen von Beckenverletzungen.

	Kennzeichen
Destot-Zeichen	ausgeprägtes inguinales sowie skrotales Hämatom
Earle-Zeichen	Hämatom bzw. palpable Frakturenden in der digital-rektalen Untersuchung
Roux-Zeichen	verringertes Abstand zwischen Trochanter major und Mons pubis im Seitenvergleich (laterale Kompressionsfraktur)

Analog zur Klassifikation von Beckenverletzungen beim Erwachsenen können Frakturen des Beckens beim Kind nach der AO-Klassifikation eingeteilt werden in

- stabile A-Verletzungen
- partiell (rotations-) instabile B-Verletzungen
- (vertikal) instabile C-Verletzungen

**Diagnostik**

Die Diagnostik erfolgt beim schwerverletzten Kind im Rahmen des „Primary Survey“ mittels Beckenübersichtsaufnahme. Bei entsprechendem Unfallmechanismus sollte ohne Verzögerung eine Multi-Slice-CT durchgeführt werden.

**Therapie**

Bei vorderer, geschlossener Beckenringfraktur können Dislokationen bis 5 mm sowie bei Symphysensprengungen von unter 1 cm akzeptiert werden, bis zum 3. Lebensjahr kann die Symphysenweite bis zu 12 mm betragen. Offene Frakturen sowie Organverletzungen stellen eine Indikation zur operativen Revision dar.

Die Anlage einer Beckenzwinge ist bei Kindern im Regelfall nicht indiziert, konventionelle Maßnahmen wie die Anlage eines Beckengurtes bzw. straffes Wickeln der Beine in Innenrotation haben sich als ausreichend herausgestellt [21].

Dislozierte und instabile Typ-B- und -C-Verletzungen werden beim Kind in den allermeisten Fällen mit einem supraacetabulären Beckenfixateur ausreichend stabilisiert. In Einzelfällen müssen ISG-Schrauben oder Plattenosteosynthesen eingesetzt werden.

Begleitverletzungen müssen prä- bzw. intraoperativ detektiert werden und können im Rahmen des operativen Vorgehens dann ebenfalls adressiert werden. Perianale Läsionen können Second-Look-Operationen notwendig machen [22].

**Azetabulumfraktur**

Azetabulumfrakturen des Kindes sind mit einem Anteil von 0,8–15% selten und meist Folge von indirekter Gewalteinwirkung oder Folge einer Hüftgelenksluxation; sie führen jedoch bei Verletzung der Wachstumsfugen teils zu ausgeprägten Deformitäten [23, 24]. Zur osteosynthetischen Versorgung von Azetabulumverletzungen eignen sich am ehesten Schrauben, welche zur Vermeidung von Wachstumsstörungen jedoch frühzeitig entfernt werden sollten, oder auch Platten zur anatomischen Rekonstruktion [25, 26].

## Extremitätentrauma

### Akutphase

- Während der Akutphase werden bei Verletzungen an kindlichen Extremitäten vital bedrohliche Blutungen gestillt.
- Es findet eine Schienung bzw. Immobilisation von Frakturen, z. B. mittels Notfallschienen/Splints statt.
- Weichteilverletzungen müssen steril abgedeckt werden.

Wichtig ist für eine spätere operative Versorgung die Klassifikation und genaue Dokumentation des Ausmaßes der Verletzung. Hierbei ist insbesondere achten auf DSM:

- Durchblutung,
- Sensibilität und
- Motorik.

Im Zweifel stehen die Doppler-Sonografie sowie CT-Angiografie zum Ausschluss von Gefäßverletzungen zur Verfügung.

### Frakturklassifikation

Für die Klassifikation von Frakturen der kindlichen Extremitäten existieren 2 spezielle Klassifikationssysteme, beide orientieren sich an der beim Erwachsenen etablierten AO-Klassifikation nach Müller sowie an den für Epiphysefugenverletzungen etablierten Klassifikationssystemen nach Aitken bzw. Salter-Harris. Dies sind einerseits

- LiLa-Klassifikation für Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter sowie
- AO-Klassifikation für Frakturen im Wachstumsalter (AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures, PCCF).

### Weichteilverletzungen

Die Einteilung von begleitenden Weichteilschäden erfolgt analog zum Erwachsenen nach Tschern/ Oestern bei geschlossenen bzw. nach Anderson/Gustilo bei offe-

nen Frakturen. Ein Kompartmentsyndrom muss wie beim Erwachsenen ausgeschlossen bzw. zeitnah operativ mittels Kompartmentspaltung und temporärer Weichteildeckung versorgt werden.

#### Merke

**Ein Kompartmentsyndrom muss umgehend operativ gespalten werden.**

### Therapie

Die operative Versorgung von Frakturen erfolgt in der Primärphase (Stufenversorgung des polytraumatisierten Patienten s. ► **Tab. 6**), eine Ausversorgung ist, falls möglich, anzustreben, um Folgeeingriffe zu vermeiden.

Offene Frakturen bzw. Frakturen mit Gelenkeröffnung erfordern eine ausgiebige Spülung mit Weichteil-Débridement und eine der Situation angepasste, stabile Osteosynthese. Bei ausgedehnten Gewebeläsionen kann zusätzlich wie beim Erwachsenen ein mehrzeitiges Vorgehen mit Vakuumversiegelung sowie Fixateur-externe-Anlage notwendig werden (► **Abb. 7**).

#### Cave

**Bei der Planung von aufwendigen Rekonstruktionen bzw. Folgeeingriffen sollten Eingriffe in der inflammatorischen Phase zwischen dem 2.–4. posttraumatischen Tag vermieden werden.**

### Osteosyntheseverfahren

Zur Frakturversorgung stehen je nach Lokalisation unterschiedliche Osteosyntheseverfahren zur Verfügung. So können Schaftfrakturen von langen Röhrenknochen bei Kindern häufig minimalinvasiv mittels elastisch-stabiler intramedullärer Nagelung (ESIN) versorgt werden. Die Versorgung mittels Fixateur externe stellt ebenfalls ein adäquates Verfahren dar. Bei epi- bzw. metaphysären Verletzungen dominiert die K-Draht-Osteosynthese, es gibt jedoch auch Indikationen zur Schraubenosteosynthese. Bei älteren Kindern bzw. bei speziellen Indikatio-

► **Tab. 6** Stufenversorgung des polytraumatisierten Patienten.

Phase	Zeitraumen	OP-Indikationen	mögliche OPs
akut	0–90 Minuten	Notfall-OPs mit vitaler Indikation	Blutungskontrolle Kraniotomie
primär	Tag 1	dringliche Eingriffe	Stabilisierung der Wirbelsäule Frakturversorgung Weichteilmanagement Versorgung von Hohlorganverletzungen
intermediär	2.–5. Tag	Second Look	Débridement zur Vermeidung sekundärer Schäden
sekundär	ab dem 5. Tag	komplexe Eingriffe	Ausversorgung von Frakturen Gelenk- und plastische Rekonstruktionen



► **Abb. 7** Ausgeprägte Décollement-Verletzung des Unterschenkels. In solch einem Fall ist das stufenweise Débridement mit Vakuumversiegelung und abschließend plastischer Deckung indiziert.

nen kann auch eine Plattenosteosynthese erforderlich werden. Starre Marknägel oder Platten finden zumeist erst nach Schluss der Wachstumsfugen ihren Einsatz.

#### PRAXISTIPPS

- Häufig besteht bei kindlichen Frakturen eine deutliche Korrekturpotenz, sodass der konservativen Frakturbehandlung ebenfalls ein wichtiger Stellenwert zukommt.
- Verletzungen der Wachstumsfugen bergen je nach Schweregrad ein Risiko für Wachstumsstörungen, sodass auch längerfristige Wachstumskontrollen notwendig werden können.

#### Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

#### Über die Autoren



##### Philipp Störmann

Dr. med., Assistenzarzt an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Frankfurt am Main und aktiver Notarzt des Klinikums.



##### Simon Meier

Dr. med., Assistenzarzt an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Frankfurt am Main und aktiver Notarzt der Klinik.



##### Sebastian Wutzler

Prof. Dr. med., Leitender Oberarzt der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Frankfurt am Main und Leiter des Notarztstandortes am Universitätsklinikum.



##### Ingo Marzi

Prof. Dr. med., Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Frankfurt am Main.

#### KERNAUSSAGEN

- Definition Polytrauma (Berlin-Definition):
  - Injury Severity Score (ISS)  $\geq 16$
  - 2 Körperregionen betroffen
  - mindestens 1 physiologisches Problem
- Die Ausführungen dieses Beitrags beziehen sich neben dem Polytrauma auf schwere Monoverletzungen sowie schwerverletzte Patienten (Injury Severity Score mindestens  $\geq 16$ ).
- Polytraumata und schwerste Verletzungen bei Kindern sind selten.
- Präklinische Maßnahmen umfassen Anamnese und Untersuchung, Überwachung, Lagerungsmaßnahmen, invasive Maßnahmen, medikamentöse Therapie sowie logistische Maßnahmen.
- Im Schockraum sind entscheidend:
  - die primäre Sicherung der Vitalfunktionen,
  - eine schnelle und vollständige Diagnostik,
  - die Einleitung eines den speziellen Bedürfnissen der jungen Patienten angepasstes Therapiekonzeptes.
- Der Beitrag behandelt anatomisch-physiologische Besonderheiten und therapeutische Maßnahmen in der Versorgung schwerverletzter Kinder geordnet nach Körperregionen bzw. Organsystemen:
  - Schädel-Hirn-Trauma
  - Thoraxtrauma
  - Abdominaltrauma
  - Wirbelsäulentrauma
  - Beckentrauma
  - Extremitätentrauma

## Korrespondenzadresse

### Dr. med. Philipp Störmann

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

## Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. med. Philipp Störmann, Frankfurt.

## Literatur

- [1] Gatzka C, Begemann PGC, Wolff A et al. Verletzungsmuster und klinischer Verlauf polytraumatisierter Kinder im Vergleich mit Erwachsenen Eine 11-Jahres-Analyse am Klinikum der Maximalversorgung. Unfallchirurg 2005; 108: 470–480. doi:10.1007/s00113-005-0921-4
- [2] Sharples PM, Storey A, Aynsley-Green A, Eyre JA. Avoidable factors contributing to death of children with head injury. BMJ 1990; 300: 87–91
- [3] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (federführend). S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. AWMF Register-Nr. 012/019. Im Internet: [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-019l\\_S3\\_Polytrauma\\_Schwerverletzten-Behandlung\\_2017-03.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2017-03.pdf); Stand: 15.07.2017
- [4] Pape H-C, Lefering R, Butcher N et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new “Berlin definition”. J Trauma Acute Care Surg 2014; 77: 780–786. doi:10.1097/TA.0000000000000453
- [5] Schlechtriemen T, Masson R, Burghofer K et al. Pädiatrische Notfälle in der präklinischen Notfallmedizin. Anaesthesist 2006; 55: 255–262. doi:10.1007/s00101-005-0922-2
- [6] Tosounidis TH, Giannoudis PV. Paediatric trauma resuscitation: an update. Eur J Trauma Emerg Surg 2016; 42: 297–301. doi:10.1007/s00068-015-0614-9
- [7] Laurer H, Wutzler S, Wyen H et al. Prä- und frühklinische Versorgungsqualität pädiatrischer Traumapatienten im Schulalter im Vergleich mit dem Erwachsenenkollektiv Matched-Pair-Analyse an 624 Patienten aus dem Traumaregister der DGU. Unfallchirurg 2009; 112: 771–777. doi:10.1007/s00113-009-1589-y
- [8] Berrington de González A. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med 2009; 169: 2071–2077. doi:10.1001/archinternmed.2009.440
- [9] Stöver B, Rogalla P. CT-Untersuchungen bei Kindern. Radiologe 2008; 48: 243–248. doi:10.1007/s00117-007-1600-y
- [10] Emami P, Czorlich P, Fritzsche FS et al. Impact of Glasgow Coma Scale score and pupil parameters on mortality rate and outcome in pediatric and adult severe traumatic brain injury: a retrospective, multicenter cohort study. J Neurosurg 2016; 1–8. doi:10.3171/2016.1.JNS152385
- [11] Ruchholtz S, Nast-Kolb D. Kraniozerebrales Trauma. Chirurg 2002; 73: 194–207; quiz 208–209. doi:10.1007/s00104-002-0424-6
- [12] Holland AJA, McBride CA. Non-operative advances: what has happened in the last 50 years in paediatric surgery? J Paediatr Child Health 2015; 51: 74–77. doi:10.1111/jpc.12461
- [13] Okur MH, Arslan S, Aydogdu B et al. Management of high-grade renal injury in children. Eur J Trauma Emerg Surg 2016; 1–6. doi:10.1007/s00068-016-0636-y
- [14] Tataria M, Nance ML, Holmes JH et al. Pediatric blunt abdominal injury: age is irrelevant and delayed operation is not detrimental. J Trauma 2007; 63: 608–614. doi:10.1097/TA.0b013e318142d2c2
- [15] Nau C, Jakob H, Lehnert M et al. Epidemiology and management of injuries to the spinal cord and column in pediatric multiple-trauma patients. Eur J Trauma Emerg Surg 2010; 36: 339–345. doi:10.1007/s00068-010-1136-0
- [16] Kim C, Vassilyadi M, Forbes JK et al. Traumatic spinal injuries in children at a single level 1 pediatric trauma centre: report of a 23-year experience. Can J Surg 2016; 59: 205–212. doi:10.1503/cjs.014515
- [17] Bosch PP, Vogt MT, Ward WT. Pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA): the absence of occult instability and lack of indication for bracing. Spine 2002; 27: 2788–2800. doi:10.1097/01.BRS.0000035687.53040.F5
- [18] Dreizin D, Kim W, Kim JS et al. Will the real SCIWORA please stand up? Exploring clinico-radiologic mismatch in closed spinal cord injuries. AJR Am J Roentgenol 2015; 205: 853–860. doi:10.2214/AJR.14.13374
- [19] Kraus R, Stahl J-P, Heiss C et al. Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule im Wachstumsalter. Unfallchirurg 2013; 116: 435–441. doi:10.1007/s00113-011-2113-8
- [20] Bakal U, Sarac M, Tartar T et al. Twenty years of experience with perineal injury in children. Eur J Trauma Emerg Surg 2016; 42: 599–603. doi:10.1007/s00068-015-0576-y
- [21] Holt GE, Mencio GA. Pelvic C-clamp in a pediatric patient. J Orthop Trauma 2003; 17: 525–527
- [22] Burkhardt M, Culemann U, Seekamp A et al. Operative Versorgungsstrategien. Unfallchirurg 2005; 108: 812–820. doi:10.1007/s00113-005-0997-x
- [23] Schneidmueller D, Wutzler S, Kelm A et al. Beckenverletzungen im Kindes- und Jugendalter. Unfallchirurg 2011; 114: 510–516. doi:10.1007/s00113-010-1918-1
- [24] Slongo TF. Acetabulumverletzungen im Kleinkindes- und Kindesalter. Unfallchirurg 116: 1076–1084. doi:10.1007/s00113-013-2462-6
- [25] Schlickewei W, Keck T. Pelvic and acetabular fractures in childhood. Injury 2005; 36 (Suppl 1): A57–A63. doi:10.1016/j.injury.2004.12.014
- [26] Thannheimer A, Marzi I, Bühnen V. Becken. In: Marzi I, Hrsg. Kindertraumatologie. Berlin Heidelberg: Springer; 2016: 275–305
- [27] Ellsäßer G. Unfälle, Gewalt, Selbstverletzung bei Kindern und Jugendlichen 2017. Ergebnisse der amtlichen Statistik zum Verletzungsgeschehen 2014. Fachbericht. Statistisches Bundesamt (Destatis). Im Internet: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheitszustand/UnfaelleGewaltKinder5230001149004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheitszustand/UnfaelleGewaltKinder5230001149004.pdf?__blob=publicationFile); Stand: 15.07.2017

## Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-116474>  
Notfallmedizin up2date 2017; 12: 271–285  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 1611-6550

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter [cme.thieme.de/hilfe](https://cme.thieme.de/hilfe) eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter [eref/thieme/ZZX8YYK](https://eref.thieme.de/ZZX8YYK) oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512017152374825



### Frage 1

Welche Aussage zur Intubation beim polytraumatisierten Kind trifft *nicht* zu?

- A Bei initialer GCS  $\leq 8$  besteht die Indikation zur endotrachealen Intubation.
- B Andauernde Hypoxie kann zu einem sekundären Hirnödem führen.
- C Orientierend kann der Tubusdurchmesser anhand des Kleinfingers bestimmt werden.
- D Eine Intubation sollte wegen mangelnder Erfahrung präklinisch zum Schutz des Patienten möglichst vermieden werden.
- E Die Medikamentenapplikation kann auch über einen intraossären Zugang erfolgen.

### Frage 2

Wodurch ist das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) beim Kind gekennzeichnet?

- A Epidurale Hämatome bei Kindern unter 3 Jahren sind häufig.
- B Beim Erwachsenen kommt es signifikant häufiger zu einem sekundären Hirnödem.
- C Ein hämorrhagischer Schock kann ein sekundäres Hirnödem bedingen.
- D Die operative Versorgung des SHT erfolgt i. d. R. in der Intermediärphase.
- E Kinder erreichen auch bei initial niedrigem Wert auf der Glasgow Coma Scale ( $< 9$ ) immer ein sehr gutes Outcome.

### Frage 3

Nur eine der folgenden Verletzungen kommt bei Kindern im Rahmen eines Thoraxtraumas häufig vor. Welche?

- A Lungenkontusion
- B penetrierende Verletzung des Thorax
- C Rippenserienfraktur
- D Perikardtamponade
- E Bronchusruptur

### Frage 4

Eines der folgenden Prinzipien gilt bei der Versorgung des abdominalen Traumas beim Kind *nicht*. Welches?

- A Es wird der Organerhalt angestrebt.
- B Sekundäre Organschäden sind oft durch eine konsekutive Vasokonstriktion beim akuten Schock bedingt.
- C Selektives nicht operatives Management ist ein sicheres Behandlungskonzept.
- D Die intraabdominellen Organe sind schlechter geschützt als beim Erwachsenen.
- E Höhergradige Leberverletzungen sollten immer operativ therapiert werden, um Sekundärkomplikationen zu vermeiden

### Frage 5

Welcher Befund gehört *nicht* zu den Indikationen zum operativen Vorgehen beim abdominalen Trauma beim pädiatrischen Patienten?

- A hämodynamische Instabilität
- B „Seat Belt Sign“ mit starken Schmerzen
- C Peritonitiszeichen
- D Hohlorganperforation
- E freie intraabdominelle Luft

### Frage 6

Welches ist die häufigste Lokalisation von kindlichen Beckenverletzungen bei Kindern?

- A der vordere Beckenring
- B der Beckenrand
- C das Azetabulum
- D der hintere Beckenring
- E die Symphyse

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung...

### Frage 7

Welche der folgenden Aussagen gilt für kindliche Wirbelsäulenverletzungen *nicht*?

- A Das schwer verletzte Kind weist in 8–30% Verletzungen der Wirbelsäule auf.
- B Die Lokalisation von Wirbelsäulenverletzungen ist altersabhängig.
- C Halswirbelsäulenverletzungen treten bei Kindern seltener auf als bei Erwachsenen.
- D Im Adoleszentenalter ist hauptsächlich der thorakolumbale Übergang betroffen.
- E Neurologische Ausfälle ohne radiografischen Nachweis einer strukturellen Verletzung werden als SCIWORA bezeichnet.

### Frage 8

Welche Aussage zur Diagnostik und Therapie von kindlichen Beckentraumata trifft zu?

- A Begleitverletzungen sind häufig nicht prognoserelevant.
- B Begleitverletzungen sind ein Hinweis auf geringe Gewalteinwirkung.
- C Die Diagnostik erfolgt im Rahmen des „Secondary Survey“.
- D Beckenverletzungen beim Kind treten meist als Monoverletzungen auf.
- E Beckenverletzungen beim Kind bedürfen in der Regel keiner Versorgung mittels einer Beckenzwinge.

### Frage 9

Nach schwerem kindlichen Trauma müssen bestimmte Verletzungen operativ versorgt werden. Welche Aussage hierzu ist *falsch*?

- A Eine Versorgung offener Frakturen kann mittels Fixateur externe und Vakuumversiegelung erfolgen.
- B Ein Kompartmentsyndrom muss umgehend operativ gespalten werden.
- C Schaftfrakturen von langen Röhrenknochen können bei Kindern mittels elastisch-stabiler intramedullärer Nagelung versorgt werden.
- D Komplexe rekonstruierende Eingriffe sollten zwischen dem 2. und 4. Tag nach Trauma durchgeführt werden.
- E Bei ausgeprägten raumfordernden intrakraniellen Blutungen erfolgt eine Trepanation bzw. Kraniotomie in der Akutphase.

### Frage 10

Anatomische Besonderheiten spielen bei kindlichen Wirbelsäulenverletzungen eine wichtige Rolle. Welche Aussage hierzu trifft zu?

- A Ab dem 8.–10. Lebensjahr kommt es aufgrund der zunehmenden Verknöcherung der Wirbelsäule zu ähnlichen Frakturformen wie bei Erwachsenen.
- B Aufgrund der steilen Facettengelenke sind Halswirbelsäulenverletzungen bei Kindern vor dem 9. Lebensjahr seltener.
- C Ein verhältnismäßig schwerer Kopf sowie unausgereifte Bandstrukturen bedingen bei Kindern hauptsächlich Verletzungen der unteren HWS.
- D Die unvollständige Verknöcherung der kindlichen Wirbelsäule bedingt eine rechteckige Wirbelkörperkonfiguration im seitlichen Strahlengang.
- E Ein „Reiten“ des Atlas über der Densspitze im seitlichen HWS-Röntgenbild ist bei Kindern unter 8 Jahren ein Zeichen einer atlantoaxialen Dissoziation.