

Paediatric polytrauma care – new guideline

B. Landsleitner¹ · P. Jung² · M. Lehner³

Das kindliche Polytrauma – neue Leitlinie

► **Zitierweise:** Landsleitner B, Jung P, Lehner M: Das kindliche Polytrauma – neue Leitlinie. *Anästh Intensivmed* 2022;63:307–319. DOI: 10.19224/ai2022.307

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

- 1 Klinik Hallerwiese – Cnopfsche Kinderklinik, Abt. Anästhesie u. Intensivmedizin, Nürnberg (Chefärztin: Dr. K. Becke-Jakob)
- 2 Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein – Campus Lübeck (Direktor: Prof. Dr. E. Herting)
- 3 Luzerner Kantonsspital, Kinderspital – Kinderchirurgie, Luzern, Schweiz (Chefarzt: Prof. Dr. P. Szavay)

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Polytrauma – Kind – Schwerverletztenversorgung

Keywords

Paediatric – Trauma – Injury – Children

Zusammenfassung

Die S2k-Leitlinie „Polytraumaversorgung im Kindesalter“ fokussiert auf die spezifischen Besonderheiten und stellt eine Ergänzung der S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ dar. Zur Beurteilung kritisch verletzter Kinder eignen sich v. a. solche Parameter, die weitgehend unabhängig von altersentsprechenden Normalwerten, Kompensationsmechanismen und Stressoren sind: Atemarbeit, Rekapillarierungszeit, Vigilanz, Gesamteindruck. Bei der prähospitalen Versorgung polytraumatisierter Kinder steht die Stabilisierung der Vitalparameter im Vordergrund: Normotonie, Normoxie, Normokapnie, Normothermie und Analgesie. Da diese Ziele häufig auch mit einfachen Interventionen erreichbar sind, ist die Indikation zur invasiven prähospitalen Therapie (z. B. Notfallnarkose und invasive Beatmung) streng zu stellen. Die Schockraumversorgung folgt der gleichen Systematik wie bei Erwachsenen, allerdings steht bei der Diagnostik zunächst Ultraschall in Kombination mit klinischem Bild und Laborparametern im Vordergrund. Die Indikationsstellung zur Trauma-Spirale darf kein Automatismus sein, sondern erst nach Nutzen-/Risiko-Beurteilung erfolgen.

Summary

The S2k guideline “Paediatric Polytrauma Care” focuses on specific paediatric features and represents a supplement to the S3 guideline “Polytrauma/Treat-

ment of Critically Injured Adults”. For the assessment of critically injured children, parameters will be particularly useful if they are largely independent of age, compensation mechanisms and stressors, such as breathing work, re-capillarisation time, vigilance and the clinical impression. During prehospital therapy, maintaining normotonia, normoxia, normocapnia, normothermia and analgesia is of utmost importance. These goals can often be reached by simple interventions, there must be a strict indication for invasive prehospital care (e. g., emergency anaesthesia and invasive ventilation). The emergency room treatment algorithm is similar to those used for adults, however, ultrasound in combination with clinical and laboratory parameters should be given priority. Trauma CT must not be applied routinely, instead, it should be indicated only after an individual risk-benefit evaluation.

Vorbemerkung

Ende 2020 ist die unter Federführung der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie (DGKCH) erstellte S2k-Leitlinie **Polytrauma im Kindesalter** (Registernummer 006–120) nach etwa 5-jähriger Vorarbeit erschienen [1]. Die Inhalte beschränken sich auf die kinderspezifischen Besonderheiten der Polytraumaversorgung und stellen daher eine Ergänzung der Erwachsenen-Leitlinie dar [2].

In diesem Beitrag kann nicht die gesamte Leitlinie wiedergegeben werden – er fokussiert daher auf die prähospitalen Therapie sowie auf die erste hospitalen Phase im Schockraum.

Einleitung

Die traditionelle **Definition des Polytraumas** als eine Verletzung von zwei oder mehreren Körperregionen, von denen mindestens eine oder die Kombination lebensbedrohlich ist [4], findet weiterhin im Kindesalter Anwendung. Die modernere, mortalitätsbasierte **Berliner Definition** des Polytraumas [5] ist für Kinder nicht evaluiert.

Pädiatrische Notfälle sind allgemein selten und machen nur ca. 5 % der prähospitalen Notfalleinsätze aus [6]. Obwohl Traumata bei Kindern prozentual häufiger sind als bei Erwachsenen, ist das Polytrauma im Kindesalter eine Rarität. Von 47.915 im Deutschen Traumaregister in den Jahren 1997–2010 erfassten Polytraumata betrafen nur 3.522 (7,4 %) Patienten <18 Jahre [7]. Dies ergibt rechnerisch pro Jahr ca. 250 Polytraumafälle bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland, d. h. pro Traumanetzwerk 5 bzw. pro Notarztstandort 0,2 Fälle [8,9].

Das kindliche Polytrauma ist sowohl prä- als auch intrahospital ein seltener Notfall.

Wie alle pädiatrischen Notfälle wird die Mehrzahl kindlicher Polytraumata – zumindest prähospital – von nicht-spe-

zialisierten Teams versorgt [10]. Diesem Umstand trägt die Leitlinie Rechnung, indem sie **für jede prähospitalen invasive Maßnahme eine konsequente Nutzen-Risiko-Abwägung** unter Berücksichtigung der Faktoren Zeit und Teamkompetenz fordert.

Ein polytraumatisiertes Kind sollte innerhalb einer Transportzeit von 30 Minuten in ein geeignetes Traumazentrum transportiert werden.

Auch innerklinisch werden nicht immer in jeder Fachdisziplin Kinder-Spezialisten zur Verfügung stehen. Für Deutschland zeigt sich zwar kein Mortalitätsunterschied, aber z. B. eine geringere Splenektomie-Rate unter der Beteiligung von Kinderchirurgen an der hospitalen Polytraumaversorgung [11]. International betrachtet ist die Versorgung durch ein **spezialisiertes Kinder-Traumazentrum** mit einer geringeren Mortalität und einer geringeren Organverlust-Rate beim Abdominaltrauma assoziiert [12].

Die Behandlung kindlicher Polytraumata sollte in einem Traumazentrum erfolgen, das über spezielle Expertise für Kinder und eine Kinderintensivstation verfügt.

Kinder können auch schwerste Schädel-Hirn-, Organ- und Weichteiltraumata überleben, daher muss bereits die initiale Behandlung auf die spätere **vollständige Rehabilitation** ausgerichtet sein. Bei polytraumatisierten Kindern sind schwere Schädel-Hirn-Traumata (SHT) häufiger, alle anderen Verletzungsmuster jedoch

seltener als bei Erwachsenen (Abb. 1). Mit zunehmendem Alter gleichen sich die Häufigkeiten an [13].

Prähospitalen Versorgung

Allgemeine Betrachtungen

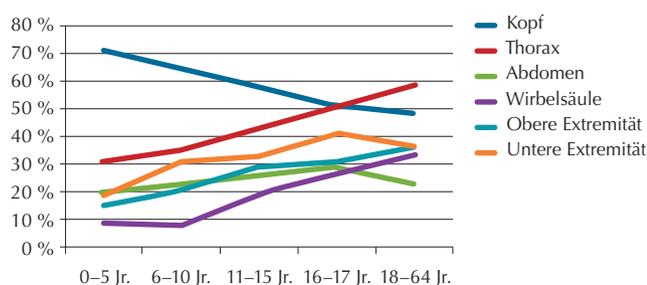
Die **prähospitalen Erstbeurteilung** (Primary Survey) des polytraumatisierten Kindes erfolgt nach dem bekannten **ABCDE-Schema**. Dabei werden primär lebensbedrohliche Störungen identifiziert und ggf. unmittelbar versorgt („**Treat first, what kills first**“). Nach Stabilisierung durch die eingeleiteten Maßnahmen bzw. fehlender Lebensbedrohung schließt sich eine **körperliche Untersuchung** (Secondary Survey) an. Wie bei Erwachsenen ist dabei der Umfang der prähospitalen Versorgung immer im Spannungsfeld zwischen **load an go** und **stay and play** individuell abzuwägen. Bei Kindern sind zusätzlich einerseits der **erhöhte Schwierigkeitsgrad von Standardinterventionen**, andererseits die möglicherweise **geringere Teamkompetenz** zu berücksichtigen. So darf nicht auf lebensrettende Interventionen zugunsten einer kurzen Prähospitalzeit verzichtet werden, aber umgekehrt dürfen prolongierte Maßnahmen vor Ort nicht die intrahospitalen Versorgung verzögern [2]. Bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten wird eine Prähospitalzeit von nicht über 60 Minuten angestrebt [14].

Obgleich bisher kein Outcome-Vorteil bewiesen werden konnte, empfiehlt sich ein handlungsorientiertes und algorithmenbasiertes Teamtraining in zertifizierten Traumakursen (z. B. Pre-Hospital Trauma Life Support PHTLS®, International Trauma Life Support ITLS).

Sicherung von Atemweg (A = Airway) und Atmung (B = Breathing) – AB-Management

In der ABCDE-Systematik hat das Erkennen und Behandeln von **A (Atemwegs-) und B (Be-/Atmungs)-Problemen** eine zentrale Stellung. Die Sicherstellung einer bestmöglichen Oxygenierung und

Abbildung 1



Verletzungsmuster polytraumatisierter Kinder (modifiziert nach [13]).

Ventilation ist beispielsweise beim Schädel-Hirn-Trauma unmittelbar mit dem Überleben assoziiert [15].

Risikoabwägung beim AB-Management

Auch wenn die **endotracheale Intubation** im Rahmen der Polytraumaver-sorgung noch als Goldstandard zur Atemwegssicherung gilt, muss ihre Anwendung in der prähospitalen Notfallmedizin bei Kindern kritisch reflektiert werden [16]. Anatomische und physiologische Besonderheiten, limitierte Rahmenbedingungen, hohe Komplikationsraten, mangelnde Routine und Zeitverlust stellen Risikofaktoren dar, die im Einzelfall gegen den potenziellen Nutzen der Maßnahme abgewogen werden müssen [17,18].

Bei polytraumatisierten Kindern mit Apnoe oder Schnappatmung sollen prähospital Notfallnarkose, Atemwegssicherung (mittels Tubus oder Larynxmaske) und Beatmung durchgeführt werden.

Bei allen anderen Konstellationen kann diese Aussage für Kinder nicht so eindeutig formuliert werden, da das Unterlassen einer Atemwegssicherung nicht notwendigerweise negative Auswirkungen hat und die Risiken daher proportional relevanter sind. So ist bei Kindern in den letzten Jahrzehnten in der wissenschaftlichen Literatur **kein tödlicher Aspirationszwischenfall** beschrieben worden [19]. Darüber hinaus ist ein Vorteil der Intubation für die häufige Diagnose Schädel-Hirn-Trauma bei Kindern bisher nicht nachzuweisen, und einige Autoren raten davon ab, das schwere Schädel-Hirn-Trauma hier als alleinige rechtfertigende Indikation einzustufen [20–22].

Bei anderen Notfallsituationen wie z. B. Hypoxie und/oder Hypoventilation trotz ausgeschöpfter nicht-invasiver Therapie, schwerem Schädel-Hirn-Trauma in Kombination mit weiteren Verletzungen sowie trauma-assoziiertes hämodynamischer Instabilität sollte die Indikationsstellung

zu Narkose und invasiver Beatmung nur nach sorgfältiger Nutzen-Risiko-Analyse erfolgen.

In diese Nutzen-Risiko-Analyse müssen engmaschig apparative und klinische Parameter mit einfließen:

- Die **Pulsoxymetrie** (SpO₂) liefert schnell Informationen über Oxygenierung und Pulsfrequenz, jedoch nicht über die Ventilation.
- Die **Kapnographie** (etCO₂) soll bei jeder Form der Beatmung eingesetzt werden, um Ventilation, Lage des künstlichen Atemwegs und indirekt die Perfusion zu beurteilen; auch eine Überwachung der Spontanatmung ist möglich.

Daneben sollten Atmung bzw. Beatmung klinisch beurteilt werden (Tab. 1). Grundsätzlich orientiert sich der Ablauf der Maßnahmen des AB-Managements auch beim Polytrauma im Kindesalter am **prähospitalen Standard-Algorithmus** (Abb. 2) [23].

B-Problem Thoraxtrauma

Das Thoraxtrauma ist bei Kindern klinisch schwierig zu diagnostizieren, weil knöcherne Verletzungen wegen der höheren **Thoraxelastizität** oft fehlen. Es hat eine hohe Mortalität und wird oft unterschätzt [24]. Als klinische Symptome können u. a. auftreten:

- einseitig abgeschwächtes Atemgeräusch,
- Dyspnoe,
- Tachypnoe,
- niedrige Sauerstoffsättigung,
- thorakaler Schmerz,

- Hautemphysem,
- obere Einflusstauung, aber auch
- kleinere äußere Verletzungen und Prellmarken.

Die klinische Untersuchung des Thorax soll mindestens Inspektion und Palpation, die Bestimmung der Atemfrequenz und die Auskultation der Lunge umfassen.

Bei der **Indikationsstellung zu Notfallnarkose und Beatmung** soll die Gefahr eines **Spannungspneumothorax** bei bestehendem Thoraxtrauma miteinbezogen werden. Bei der Kalkulation des Zeit- und Materialbedarfs muss neben Vorbereitung und Durchführung der Notfallnarkose auch eine eventuell anschließend erforderliche Spannungspneumothorax-Behandlung berücksichtigt werden.

Im Falle einer raschen Verschlechterung der Kreislaufsituation, einseitig abgeschwächtem/ fehlendem Atemgeräusch unter kontrollierter Beatmung und Ausschluss anderer Ursachen (z. B. einseitige Tubuslage) soll ein Spannungspneumothorax angenommen und sofort behandelt werden.

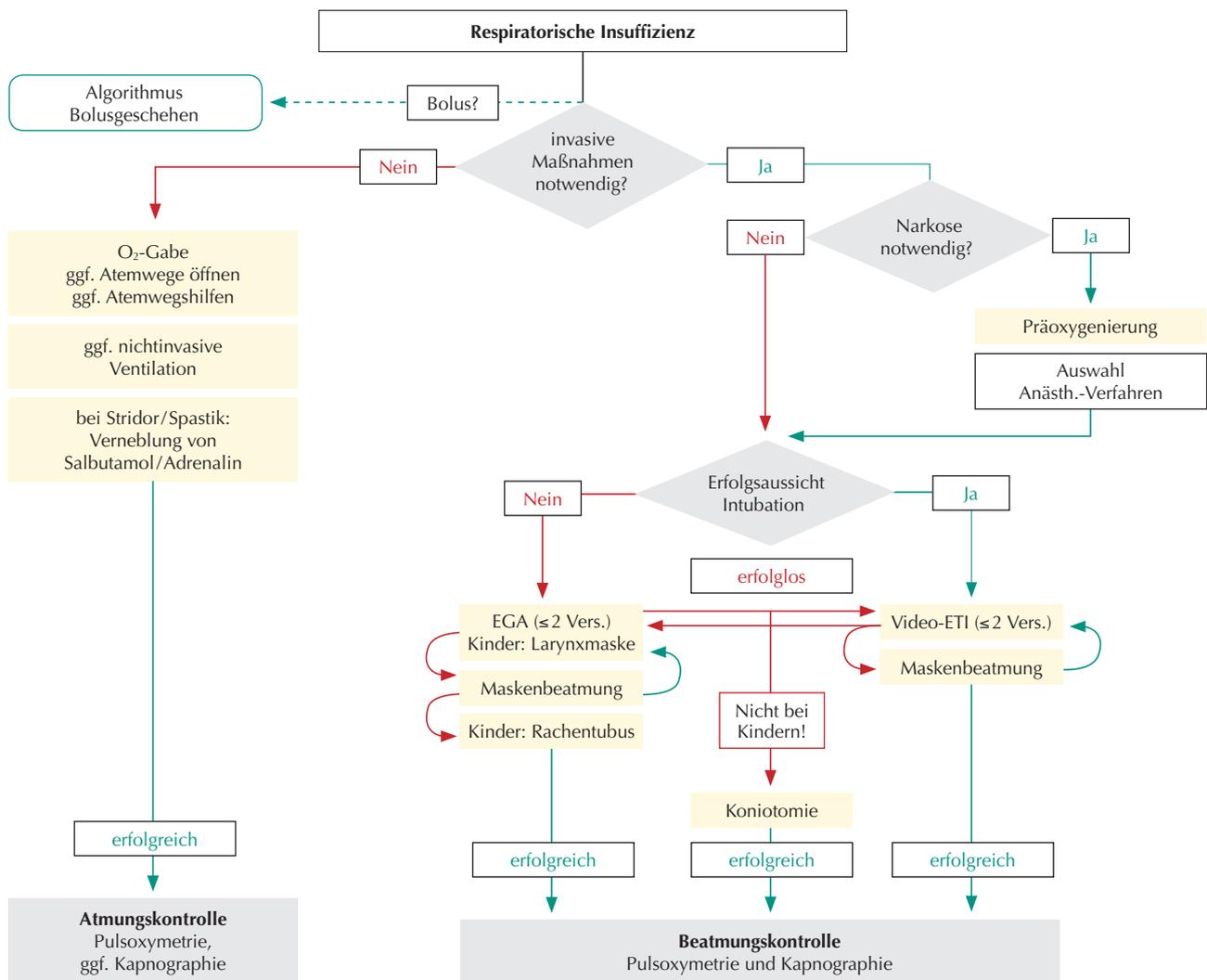
Bis zum **Vorschulalter** sollte die Dekompression im 4. Intercostalraum (ICR) in der vorderen Axillarlinie erfolgen. Hier zeigt die Thoraxwand die geringste Dicke und die Verletzungsgefahr intrathorakaler Organe ist geringer als im 2. ICR medio-clavikulär [25]. Es gibt

Tabelle 1

Klinische Beurteilung von Atmung und Beatmung.

Zeichen erhöhter Atemarbeit:	<ul style="list-style-type: none"> • Nasenflügeln • Einziehungen (thorakal, jugulär epigastrisch) • schnelle, flache Atmung
Zeichen eines extrathorakalen Atemwegsproblems:	<ul style="list-style-type: none"> • inspiratorisches pathologisches Atemgeräusch
Zeichen eines intrathorakalen Atemwegsproblems:	<ul style="list-style-type: none"> • expiratorisches pathologisches Atemgeräusch
Zeichen seitendifferenzierter Atmung/ Beatmung:	<ul style="list-style-type: none"> • einseitig fehlende Thoraxexkursion • einseitig fehlendes Atemgeräusch
Zeichen ineffektiver Atmung/ Beatmung:	<ul style="list-style-type: none"> • fehlende Thoraxexkursionen

Abbildung 2



EGA: Extraglottischer Atemweg → bei Kindern: Larynxmaske; **ETI:** Endotracheale Intubation.

Algorithmus zum prähospitalen Airwaymanagement (nach [23]).

keine sichere Evidenz, welche Technik und welches Equipment überlegen sind, deshalb sollte ein schnell verfügbares und vertrautes Verfahren gewählt werden. Die **Minithorakotomie** mit stumpfer Präparation ist bei kleinen Kindern (unter 5.–8. Lebensjahr) wegen der engen Interkostalräume oft nicht möglich, deshalb werden innerklinisch **Pigtail-Drainagen in Seldingertechnik** oder die **Nadeldekompression** angewendet. Auch die bei Erwachsenen obsoleete **Trokar-**

technik kann bei Beachtung entsprechender Vorsichtsregeln eine Alternative sein. Im Gegensatz zum Vorgehen beim Erwachsenen spricht bei Kindern nichts gegen die Verwendung **normaler Venenverweilkanülen** zur Nadel-Dekompression, da die Thoraxwanddicke bis zum 10. Lebensjahr 2,7 cm nicht übersteigt [25]. Zur Vermeidung von Verletzungen der Interkostalgefäße können altersangepasste Nadeldurchmesser verwendet werden (Tab. 2).

Prähospitaler Notfallnarkose

Notfallnarkose, Atemwegsicherung und Beatmung bei Kindern unterscheiden sich in einigen Punkten relevant vom Vorgehen bei Erwachsenen. Insbesondere **Säuglinge und Kleinkinder** haben einen deutlich **höheren Sauerstoffverbrauch** als Erwachsene und einen **kleineren Sauerstoffspeicher**. Während apnoeischer Phasen entsteht schnell eine Hypoxämie. Es kommt deshalb die **kontrollierte Rapid Sequence Induction**

Tabelle 2

Beispiele für Dekompressionsnadel- und Thoraxdrainagegrößen.

	Neugeborene, Säuglinge	Kleinkinder	Schulkinder
Venenverweilkanüle	18 G	16 G	14 G
Thoraxdrainage	(10–) 12 Ch	14 (–16) Ch	16 (–20) Ch

G: Gauge; Ch: Charrière.

Tabelle 3

Checkliste Notfallnarkose.

Vorbereitung
<ol style="list-style-type: none"> 1. Präoxygenierung mit 100 % O₂ und dichtsitzender Maske 2. Bestätigung der Indikation zur Narkose im Team 3. i.v./i.o.-Zugang sichern und prüfen 4. Narkoseplanung im Team (Ablauf, Medikamente, „Plan B“); Festlegung von Dosierungen und Größen mithilfe einer Dosierhilfe 5. Vier-Augen-Prinzip beim Vorbereiten der Medikamente; eindeutige Spritzenbeschriftung 6. Equipment und Patient checken <ul style="list-style-type: none"> • Monitoring: SpO₂ (Ton an), EKG, NIBP, etCO₂ • Absaugung einschalten, großlumiger Absaugkatheter • Lagerung mit Kopf in Neutralposition (Schulterrolle) • Plan A/B: Endotrachealtubus + benachbarte Größen, Führungsstab, Laryngoskop • Plan B/A: Larynxmaske (2. Generation mit Ösophagusdrainagekanal) • Plan C: Beutel-Masken-Beatmung mit Manometer (ggf. Guedeltubus) • Wichtige Hilfsmittel: Fixierung, Cuffdruckmesser, Stethoskop • ggf. Beatmungsgerät checken und einstellen (nur für Kinder geeignete Geräte!) • ggf. HWS-Schiene abnehmen → manuelle In-Line-Stabilisierung
Anästhesie-Einleitung
<p>Closed-Loop-Communication!</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Medikamente injizieren: Hypnotikum > Relaxans > Analgetikum (volle berechnete Dosis – keine Titration) 8. Beutel-Masken-Beatmung: gefühlvoll, drucklimitiert – alternativ: druckkontrollierte Beatmung (PCV) mit einem geeigneten Beatmungsgerät <ul style="list-style-type: none"> • Beatmungsspitzenndruck < 15 mbar (Magenüberblähung vermeiden) • Effektivität prüfen (Thoraxexkursionen, Kapnogramm) → ggf. Lagerung korrigieren, Doppel-C-/Esmarch-Griff, ggf. Magen entlasten • Relaxans-Anschlagszeit abwarten; Intubationszeitpunkt rechtzeitig kommunizieren 9. Intubation mit Tubus (Einführtiefe merken!) oder Larynxmaske <ul style="list-style-type: none"> • Lagekontrolle: Kapnographie, Thoraxexkursionen, Auskultation • Fixierung des Atemweges; ggf. Anschluss eines geeigneten Beatmungsgerätes
Nachbereitung
<ol style="list-style-type: none"> 10. Monitoring: Vitalparameter, Temperatur, Atemweg; Beatmung <ul style="list-style-type: none"> • Bei Beatmungsproblemen systematisch mögliche Ursachen prüfen: <ul style="list-style-type: none"> Dislokation des künstlichen Atemwegs (akzidentelle Extubation, Fehllage) Obstruktion von Tubus, Filter oder Beatmungsschläuchen Pneumothorax/Pulmonale Probleme (Bronchospasmus) Equipmentversagen (Sauerstoffquelle, Beatmungsbeutel/-gerät) Stomach = Magenüberblähung/Sedation (unzureichende Narkosetiefe) 11. Narkose aufrechterhalten: Medikamente vorbereiten/ injizieren (ggf. infundieren üb. Spritzenpumpe) <ul style="list-style-type: none"> • Ziele: SpO₂ ≥ 94 %/etCO₂ ≈ 35 mmHg → ggf. FiO₂ + Atemzugvolumen anpassen 12. Vor Transport: Patientenstatus nach ABCDE-Schema reevaluieren

i.v.: intravenös; i.o.: intraossär; EKG: Elektrokardiogramm; NIBP: nichtinvasive Blutdruckmessung; HWS: Halswirbelsäule; FiO₂: inspiratorische Sauerstofffraktion.

(RSI) zum Einsatz (Tab. 3). Sie verhindert eine Hypoxie, ohne das Aspirationsrisiko relevant zu erhöhen [19].

Bis zum Kleinkindalter generell sowie für kritisch kranke oder verletzte, hypoxiegefährdete Kinder aller Altersklassen wird die pädiatrisch modifizierte kontrollierte Rapid Sequence Induction (RSI) empfohlen.

Die Durchführung einer **Notfallnarkose bei Kindern** ist grundsätzlich und insbesondere im prähospitalen Setting beim Polytrauma eine **Hochrisikointervention** [17, 18]. Durch Verwendung von

- Checklisten und Dosierhilfen (Kognitive Hilfen),
- Einplanung von Rückfallebenen sowie
- sorgfältige Kommunikation im Team kann die Sicherheit verbessert werden. Andererseits erhöht jede Zunahme der Komplexität das Fehlerrisiko; deshalb sollten beispielsweise **möglichst wenige Medikamente** eingesetzt und auf eine Verdünnung verzichtet werden. Tabelle 3 zeigt das konkrete Vorgehen bei Einleitung, Durchführung und Nachsorge der Notfallnarkose. Die Auswahl der Medikamente orientiert sich dabei an regionaler Ausstattung, Teamkompetenz und Notfallsituation – es gibt derzeit keine Evidenz für die Bevorzugung einer bestimmten Medikamentenkombination. Allerdings gibt es klinische Daten, die zeigen, dass **Ketamin/Esketamin** in der Lage ist, Hirndruckanstiege zu vermeiden und sogar erhöhten Hirndruck zu senken [26]. Zusammen mit großer therapeutischer Breite, stabiler Hämodynamik und der zusätzlichen analgetischen Wirkung lassen diese Befunde Ketamin/Esketamin als ideales Hypno-Analgetikum für die Notfallnarkose bei Kindern erscheinen.

Als einfaches und sicheres „Kochrezept“ zur Durchführung einer Notfallnarkose bei polytraumatisierten Kindern kann daher die Kombination von 2 mg/kg Esketamin und 1 mg/kg Rocuronium i.v./i.o. gelten.

Bei jeder Notfallnarkose beim Polytrauma im Kindesalter sollte ein **schwieriger Atemweg** antizipiert werden. Die häufigste Ursache, die **funktionelle Atemwegsverlegung** z. B. durch Laryngo-/Bronchospasmus, kann durch ausreichende Narkosetiefe vermieden werden [27]. Bei Säuglingen und Kleinkindern sollte zusätzlich vor Narkoseeinleitung die **Anteflexion des relativ großen Kopfes** in Rückenlage durch die Verwendung eines Schulterpolsters ausgeglichen werden.

Die **endotracheale Intubation** darf nicht erzwungen werden; die beabsichtigten Ziele der Notfallnarkose – adäquate Oxygenierung und Ventilation – können ebenso gut durch die Anwendung einer **Larynxmaske** (2. Generation mit Ösophagusdrainagekanal) erreicht werden. Der **Larynxtrubus** wird nicht empfohlen [28]. Für die endotracheale Intubation ist der orale Zugangsweg und der Einsatz blockbarer Tuben zu bevorzugen; dabei darf der Cuffdruck 20 cmH₂O nicht übersteigen [23].

Während der Notfallnarkose und der anschließenden Weiterversorgung sollen EKG, Blutdruck, Sauerstoffsättigung und endtidales CO₂ (Kapnographie) überwacht sowie die beatmungssynchrone Thoraxexkursion engmaschig klinisch geprüft werden. Das technische Monitoring soll mindestens Beatmungs- und Cuffdruck umfassen.

Die **Kapnographie** dient zur Lage- und Dislokationskontrolle des künstlichen

Atemwegs sowie zur Titration von jeder Form der kontrollierten Beatmung.

Beim beatmeten Traumatpatienten soll, insbesondere beim Schädel-Hirn-Trauma, eine Normoventilation (etCO₂ 35–40 mmHg) durchgeführt werden.

Sicherung der Kreislauffunktion (C=Circulation) – C-Management

Erkennen des Schockzustands

Jedes Polytrauma kann durch **innere oder äußere (Blut-)Volumenverluste** zum Schock mit Mikro- und Makrozirkulationsstörung führen. Um Sekundärschäden zu vermeiden, muss daher ein Schockzustand frühzeitig erkannt und behandelt werden. Das Problem dabei ist, dass die Normalwerte altersabhängig für Atem- und Kreislauffunktion (Tab. 4) sowie zusätzlich durch Stress und Angst beeinflusst sind.

Ein Symptom der beginnenden Mikrozirkulationsstörung ist die **verlängerte Rekapillarisierungszeit**, die bereits bei Volumenverlusten ab ca. 15 % pathologisch verändert ist, während beispielsweise eine **arterielle Hypotonie** erst ab ca. 30 % nachweisbar ist. Zur Überprüfung der Rekapillarisierungszeit wird möglichst zentral (Sternum oder Stirn) Haut über hautnahe Knochen für 5 Sekunden eingedrückt und danach das Wiedereinströmen des Blutes in das Kapillarbett beobachtet. Jede Zeitspanne über 2 Sekunden gilt als pathologisch verändert und zeigt einen beginnenden Schock an [30].

Hypotonie, Zentralisierung und Bewusstseinsstörung sind Spätsymptome, Tachykardie und Tachypnoe durch Schmerz und Stress beeinflusst, daher kommt der verlängerten Rekapillarisierungszeit (>2 Sek.) die zentrale Rolle bei der Früherkennung des Schocks zu.

Volumentherapie

Grundvoraussetzung für die Einleitung einer Volumentherapie ist die Anlage eines oder mehrerer **Gefäßzugänge**. Im Kindesalter kann die peripherenöse Gefäßpunktion – insbesondere im Schock und unter prähospitalen Bedingungen – erschwert sein, daher hat der **intraosäre Gefäßzugang** als Alternative einen hohen Stellenwert. Dabei entsprechen die mittels Druckinfusion maximal erreichbaren Laufraten (40–150 ml/min) denen großlumiger intravenöser Venenweilkanülen [31].

Bei polytraumatisierten Kindern mit Hinweisen auf einen Volumenmangel sollte so bald wie möglich eine Volumentherapie – primär mit isotonischen, balancierten Kristalloidlösungen – eingeleitet werden.

Isotonische, balancierte Vollelektrolytlösungen (VEL) zeigen Vorteile gegenüber physiologischer Kochsalzlösung (NaCl 0,9 %) und sind daher Mittel der Wahl. Durch die Addition von Bikarbonatvorstufen (Acetat, Maleat, Laktat) wird eine hyperchlorämische Dilutionsazidose, wie

Tabelle 4

Normalwerte für Atem- und Kreislauffunktion (nach [29]).

Alter	Atemfrequenz (Obergrenze) [1/min]	Herzfrequenz (Obergrenze) [1/min]	SAP (Untergrenze) [mmHg]	MAP (Untergrenze) [mmHg]
1 Monat	35 (55)	120 (175)	60 (50)	45 (35)
1 Jahr	30 (40)	110 (170)	80 (70)	55 (40)
2 Jahre	25 (30)	100 (160)	90 (70) + 2 × Alter	55 (40) + 1,5 × Alter
6 Jahre	20 (25)	90 (130)		
12 Jahre	15 (20)	80 (100)	120 (90)	80 (65)

SAP: systolischer Blutdruck; MAP: mittlerer Blutdruck.

sie unter NaCl 0,9 %-Gabe entsteht, verhindert [32]. Die Basisinfusionsrate beträgt 10–20 ml/kg/h und sollte bei Säuglingen mittels Infusionsspritzenpumpe, bei älteren Kindern mittels Infusionssystem mit Tropfenzähler appliziert werden, um eine akzidentelle Überinfusion zu vermeiden. Für Bolusgaben kann bei Säuglingen und Kleinkindern zur kontrollierten Applikation eine 50-ml-Spritze verwendet werden. Für das bei Erwachsenen empfohlene **Konzept der permissiven Hypotension** (reduzierte Volumengabe bei unkontrollierbaren Blutungen mit niedrig-stabilem Kreislaufniveau) liegen keine Daten aus dem Bereich der pädiatrischen Notfallmedizin vor.

Die Volumentherapie bei polytraumatisierten Kindern soll gewichtsadaptiert in Einzelgaben von 20 ml/kg verabreicht werden. Die Mengen sollten exakt dokumentiert und zügig appliziert werden. Die aktuellen Reanimationsleitlinien [10] empfehlen für jede Form des kindlichen Kreislaufversagens „...frühzeitig einen oder mehrere Flüssigkeitsboli von 10 ml/kg Körpergewicht...“ und sind damit mit dieser Leitlinienaussage vereinbar.

Bei anhaltend hohem Volumenbedarf kann der Einsatz von **Kolloidlösungen** in Betracht gezogen werden, da sie durch eine längere intravasale Verweildauer einen größeren Volumeneffekt haben. Es besteht keine Evidenz für die Bevorzugung einer bestimmten Substanz (Hydroxyethylstärke 3. Generation (HES 6%/130/0,4) oder Gelatine); allerdings bestehen zunehmende Einschränkungen für die Verwendung von HES [33].

Die günstigen Daten für den Einsatz von **Tranexamsäure** (TXA) bei erwachsenen Polytraumapatienten scheinen theoretisch auf Kinder übertragbar. Angesichts des bewährten Einsatzes von TXA in der perioperativen Kindermedizin bei gleichzeitig vernachlässigbaren Nebenwirkungen sollte die prähospitalen Anwendung bei Polytrauma im Kindesalter erfolgen. (Dosierungsempfehlung: 10–20

mg/kg KG (max. 1 g) über 10 min, ggf. gefolgt von einer kontinuierlichen Infusion mit 5 mg/kg/h über weitere 8 h oder weiteren Bolusgaben bis zu 3x täglich).

Katecholamintherapie

Ein Schädel-Hirn-Trauma tritt bei polytraumatisierten Kindern häufiger auf als bei Erwachsenen. Das wesentliche Behandlungsziel beim schweren SHT ist die **Sicherung der cerebralen Perfusion**, die u. a. vom arteriellen Mitteldruck abhängig ist. Obgleich keine eindeutigen Blutdruck-Grenzwerte definiert werden können, besteht doch Konsens, dass eine arterielle Hypotonie rasch behandelt werden muss [34,35]. Sollte dies durch die Volumentherapie allein nicht gelingen, so ist zusätzlich eine **Vasopressor- bzw. Katecholamintherapie** erforderlich.

Bei hypotensiven Kindern mit einem Schädel-Hirn-Trauma sollte eine Kreislauftherapie mit dem Ziel der arteriellen Normotension durchgeführt werden. Reicht die Volumentherapie allein nicht aus, sollten Vasopressoren und/oder Katecholamine gegeben werden.

Eine pragmatische Dosisempfehlung für die Dosierung von Adrenalin oder Noradrenalin mittels Spritzenpumpe lautet: 1 mg/50 ml-Spritze → Start-Laufrate [ml/h] = Körpergewicht [kg] : 3 (Δ 0,1 μ g/kg/min) [29].

Störungen des Bewusstseins (D = Disability) – Schädel-Hirn-Trauma

Ein schweres Schädel-Hirn-Trauma liegt bei über 70 % der polytraumatisierten Kinder vor (Abb. 1) – es gilt als wichtigster Mortalitätsfaktor [36]. Eine Beurteilung und Dokumentation der Schwere des SHT sowie weiterer neurologischer Symptome soll im Rahmen des ABCDE-Algorithmus am Unfallort, während des Transports und bei Übergabe erfolgen.

Glasgow Coma Scale (GCS)

Während bei der Beurteilung des quantitativen Bewusstseins erwachsener Notfallpatienten die Glasgow Coma Scale (GCS) weit verbreitet ist, gilt das für die pädiatrisch modifizierte Version (PGCS) nicht in gleichem Maße (Tab. 5). Die PGCS berücksichtigt **Pupillenstatus** (einseitig/beidseitig erweiterte Pupille) und **motorische Seitendifferenzen** (Halbseitensymptomatik) nicht. Diese Symptomkomplexe sind jedoch für die weitere Einschätzung von großer Bedeutung, daher sollte jede GCS-Bestimmung am Unfallort, im Schockraum und im Verlauf immer durch Beurteilung und Dokumentation motorischer Seitendifferenzen und des Pupillenstatus ergänzt werden.

AVPU-Skala

Als Alternative zur PGCS kann die AVPU-Skala verwendet werden, die leichter zu merken und anzuwenden ist. Sie unterscheidet nur **4 quantitative Zustände des Bewusstseins**:

- **A (= alert)** wird vergeben, wenn ein Kind die Augen spontan öffnet und adäquat auf Umweltreize reagiert,

Tabelle 5

Pädiatrische Glasgow Coma Scale (PGCS).

Punkte	Augen öffnen	Beste verbale Kommunikation	Beste motorische Reaktion
6			spontane Bewegungen
5		plappern, brabbeln	auf Schmerzreiz, gezielt
4	spontan	weinen, aber tröstbar	auf Schmerzreiz, normale Beugeabwehr
3	auf Anruf	weinen, untröstbar	auf Schmerzreiz, abnorme Abwehr
2	auf Schmerzreiz	stöhnen/unverständliche Laute	auf Schmerzreiz, Strecksynergismen
1	keine Reaktion	keine verbale Reaktion	keine Reaktion auf Schmerzreiz

Tabelle 6
AVUP-Skala.

AVPU	Klinischer Status	Korrelation zur PGCS
A: alert	Patient ist spontan wach	14–15 P
V: vocal stimuli	Reaktion auf Ansprache	10–13 P
P: painful stimuli	Reaktion auf Schmerzreiz	4–9 P
U: unresponsive	keine Reaktion auf Reize	3 P

- **V (= verbal)**, wenn das Kind nur auf Ansprache bzw.
- **P (= pain)**, wenn es nur auf Schmerzreiz reagiert.
- **U (= unresponsive)** entspricht der völligen Reaktionslosigkeit und damit PGCS 3 (Tab. 6).

Sekundäre Schädigungsereignisse vermeiden

Die **primäre Gehirnschädigung** (Primary Injury) entsteht durch das Unfallereignis und ist therapeutisch nicht beeinflussbar. Im Fokus der prähospitalen Therapie muss daher die **Vermeidung sekundärer Schädigungsereignisse** (Secondary Insults) stehen.

Behandlungsziele bei Schädel-Hirn-Trauma sind Normotonie (Tab. 4), Normoxie (SpO₂ > 90 %) und Normokapnie (etCO₂ 35–40 mmHg).

Dazu ist ein lückenloses Monitoring von Blutdruck, Sauerstoffsättigung und endtidalem Kohlendioxid erforderlich. Sind diese Therapieziele unter Spontanatmung nicht zu erreichen, so sollte bei bewusstlosen Patienten (AVPU „P“ und „U“, bzw. PGCS < 8) die Durchführung von Narkose und invasiver Beatmung erwogen werden. Allerdings haben Auswertungen des Deutschen Traumaregisters für Kinder im Alter von 1–6 Jahren mit einem GCS < 8 eine höhere Mortalität intubierter Kinder gezeigt (41 % vs. 6,8 %) [20]. Da jeder Intubationsversuch das **Risiko eines Sättigungsabfalls** birgt und bereits eine Episode mit SpO₂ < 90 % eine Outcome-Verschlechterung bedeutet, soll die Indikation streng gestellt und frühzeitig auf **alternative Atemwegsstrategien** gewechselt werden.

Bei vermutetem **erhöhtem intrakranielllem Druck (ICP)** soll eine **Normokapnie** angestrebt werden. Außerdem kann bei kreislaufstabilen Patienten eine **30°-Oberkörper-Hochlagerung** erfolgen.

Eine Hypokapnie (etCO₂ < 35 mmHg) durch bewusste Hyperventilation soll vermieden werden, da sie über eine Vasokonstriktion zur cerebralen Ischämie führt.

Eine prophylaktische **medikamentöse Therapie zur Hirndrucksenkung** ist ohne ICP-Messung oder Bildgebung nicht sinnvoll, insbesondere da eine einseitig erweiterte Pupille als alleiniges Symptom auch andere Ursachen, wie z. B. ein Orbitatrauma, haben kann. Andererseits kann bei weiteren klinischen Einklemmungszeichen (Anisokorie plus Hypertension/Bradykardie, Strecksynergismen) nach adäquatem Trauma die Gabe von Mannitol (0,5–1 g/kg) oder von hypertonem Kochsalz (z. B. NaCl 5,85 % 0,5–1,5 ml/kg) jeweils über 10 min erwogen werden [37].

Polytraumatisierte Kinder mit Schädel-Hirn-Trauma sollen in eine Klinik mit sofort verfügbarer Computertomographie, Neurochirurgie (bzw. Kinder-Neurotraumatologie) und Kinder-Intensivmedizin transportiert werden.

Nach ABCDE: Skelettverletzungen

Extremitätenverletzungen

Lebensbedrohliche **Extremitätenblutungen** werden bereits zu Beginn des **Primary Survey** unmittelbar durch (Hoch-) Lagerung und Kompression behandelt.

Es gibt keine Daten zum Tourniquetgebrauch bei Kindern – er ist nur dann zu erwägen, wenn eine Blutung nicht durch manuelle Kompression oder Druckverband beherrschbar ist bzw. die Umstände es erfordern (z. B. Amoklage). Die Feststellung von größeren, aber nicht unmittelbar lebensbedrohlichen Blutungen erfolgt dann unter „C“ (Circulation), während kleinere Extremitätenverletzungen im Rahmen des **Secondary Survey** registriert werden.

Die Versorgung nicht-lebensbedrohlicher Extremitätenverletzungen soll weitere Schäden vermeiden, darf die Gesamtrettungszeit beim Polytrauma aber nicht verlängern.

Zur Diagnose von Extremitätenverletzungen ist bei Kindern die **Erfassung des Unfallhergangs** und ggf. der **Fremdanamnese** noch wichtiger als bei Erwachsenen, da insbesondere kleinere Kinder Schmerzen nicht genau zuordnen bzw. noch nicht artikulieren können. Eine **orientierende klinische Untersuchung** des gesamten Körpers (Secondary Survey) inkl. der Extremitäten ist immer erforderlich. Der Umfang richtet sich auch nach der Behandlungs- und Transportdringlichkeit, die sich nach dem ABCDE-Survey ergeben hat.

Aufgrund der bei Kindern bestehenden diagnostischen Unsicherheit soll jede auch nur vermutlich verletzte Extremität vor Umlagerung bzw. Transport immobilisiert werden.

Dabei soll frühzeitig und großzügig eine **medikamentöse Analgesie** erfolgen; die Immobilisation allein ist kein Ersatz für ein Analgetikum. Für die Titration des Analgetikums ist immer die (Selbst-)Einschätzung des Patienten relevant [38]. Bei Kindern, die sich nicht äußern können, sollen Schmerzen durch einen **geeigneten Fremdbeobachtungsscore** systematisch erfasst werden (Tab. 7) [39].

Die **Immobilisation** von Extremitäten erfolgt nach den gleichen Grundsätzen und mit den gleichen Hilfsmitteln wie

Tabelle 7

Kindliche Unbehagens- und Schmerzskala (KUSS; nach [39]).

Parameter	Beobachtung	Punkte
Weinen	gar nicht	0
	stöhnen, jammern, wimmern	1
	schreien	2
Gesichtsausdruck	entspannt, lächelt	0
	Mund verzerrt	1
	Mund und Augen grimassieren	2
Rumpfhaltung	neutral	0
	unstet	1
	aufbäumen, krümmen	2
Beinhaltung	neutral	0
	strampelnd, tretend	1
	an den Körper gezogen	2
Motorische Unruhe	nicht vorhanden	0
	mäßig	1
	ruhelos	2

bei Erwachsenen; formbare Schienen (z. B. SamSplint®) oder Vakuumschienen können an die kindliche Anatomie angepasst werden – mit Luftkammer-schienen ist dies eher nicht möglich. Bei Säuglingen und Kleinkindern ist die Fixierung der betroffenen Extremität am eigenen Körper eine Alternative zum Einsatz von Schienenmaterial; bei größeren Kindern kann eine Immobilisation stammnaher Verletzungen mit der Vakuummatratze erfolgen. **Schwere und Ausmaß von Wunden und Frakturzeichen** sollten sorgfältig dokumentiert und ggf. fotografiert werden.

Bis ins junge Schulkindalter sind echte **Gelenkluxationen** selten; meist handelt es sich um gelenknahe Frakturen. Da eine Differenzierung nur aufgrund des klinischen Befundes schwierig ist, sollen **Repositionsmanöver** zurückhaltend indiziert werden, am Ellenbogen sind sie zu vermeiden. Insbesondere am Ellenbogengelenk reicht eine Lagerung in Extension in der Regel aus, um die Gefäße nicht zu kompromittieren.

Nur bei grober Fehlstellung mit Kompromittierung von Weichteilen und/oder Gefäßen sind Repositionsmanöver indiziert. Sie sollen unter Analgosedierung durch Zug und Gegenzug mit dem Ziel der Weichteilentlastung und ohne das Ziel einer anatomisch korrekten Reposition durchgeführt werden.

Die Versorgung von offenen Frakturen und Amputationen unterscheidet sich nicht vom Vorgehen bei Erwachsenen; die Auswahl der einer geeigneten Zielklinik ist entsprechend zu berücksichtigen.

Wirbelsäulenverletzungen

Die Inzidenz von Wirbelsäulenverletzungen ist bei Kindern geringer als bei Erwachsenen; sie beträgt bei bis zu 9-Jährigen etwa 1 %, bei 10- bis 14-Jährigen 3 % und bei 15- bis 17-Jährigen bis zu 5 %. Relativ häufiger sind allerdings Verletzungen im Bereich der Halswirbelsäule (HWS), ebenso das Risiko neurologischer Komplikationen, während Wirbelkörperfrakturen seltener sind [40]. Ab einem Alter von 10–12 Jahren ist die kindliche Wirbelsäule soweit ausgereift, dass anatomisch und biomechanisch keine relevanten Unterschiede zum Erwachsenenalter mehr bestehen.

Bei polytraumatisierten Patienten soll – insbesondere bei Hochrasanztrauma – bis zum Beweis des Gegenteils von einer Wirbelsäulenverletzung ausgegangen werden.

Diagnostische Hinweise können bei wachen Patienten

- Schmerzlokalisation,
- Auffälligkeiten bei Inspektion und Palpation der Wirbelsäule (Druckschmerz, Stufenbildung, tastbare Lücken zwischen den Dornfortsätzen) sowie
- typische neurologische Veränderungen (Motorik, Sensibilität) sein. In einer großen, multizentrischen Untersuchung konnten 8 Risikofaktoren

für eine Wirbelsäulenverletzung bei Kindern nach stumpfem Trauma identifiziert werden [41]:

- eingeschränktes Bewusstsein
- fokales neurologisches Defizit
- Angabe von Nackenschmerzen
- HWS-Fehlstellung (Tortikollis)
- relevante Begleitverletzungen am Körperstamm
- Sprung ins Wasser
- Hoch-Risiko-Verkehrsunfall (z. B. Auto gegen Fußgänger/Fahradfahrer, aus Fahrzeug herausgeschleudert, Überrolltrauma, Hochrasanztrauma).

Die **technische Rettung** erfolgt, sofern sie nicht zeitkritisch ist, unter Immobilisation der Wirbelsäule mit geeigneten Hilfsmitteln. Säuglinge und Kleinkinder können auch direkt im Kindersitz belassen und darin gerettet werden. Grundsätzlich wird in der Leitlinie die **HWS-Immobilisation** mittels Zervikalstütze in Neutralposition empfohlen. Allerdings ist v. a. bei Säuglingen und Kleinkindern dadurch oft keine adäquate Ruhigstellung zu erzielen bei gleichzeitig relevanten Nebenwirkungen (z. B. Halsvenenstauung, Abwehrbewegungen) und es ist daher sinnvoll, auf alternative Immobilisationstechniken z. B. mittels Vakuummatratze und Headblocks (ggf. mit Tapefixierung) zurückzugreifen. Bei Erwachsenen wird zunehmend nicht mehr von Immobilisation gesprochen, sondern eine komplette sog. **spinale Stabilisierung** ohne Einsatz der Zervikalstütze empfohlen [42]. Hierzu fehlen für Kinder belastbare Daten.

Beckenverletzungen

Beckenverletzungen im Kindesalter sind selten und oft Folge eines **Hochrasanz- oder Überrolltraumas**. Sie sind häufig mit schweren **Thorax- und Abdominaltraumata** assoziiert [43]. Die gegebenen Behandlungsrichtlinien an kleineren Fallzahlen unterscheiden sich nicht von denen der Erwachsenen. Aufgrund der hohen Elastizität können relevante intrapelvine Verletzungen ohne knöcherne Beckenverletzungen auftreten; durch Organverletzungen oder v. a. venöse Blutungen können schnell lebensbedrohliche Situationen entstehen.

Bei Verdacht auf ein Beckentrauma sollte eine mechanische Stabilisierung durch Beckenkompression erfolgen. Hierzu eignen sich kommerzielle erhältliche Notfallbeckenschlingen* oder bei kleineren Kindern die Umschlingung mit einem Tuch ggf. kombiniert mit Einsatz der Vakuummatratze.

Transport und Logistik

Die Einschätzung der Verletzungsschwere ist bei Kindern präklinisch häufig schwierig. Unerfahrenheit der meisten Rettungsteams und die eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten mit kleinen Kindern sowie die lange Kreislaufkompensation nach Volumenverlusten spielen hierbei eine Rolle.

Im Zweifelsfall ist deshalb zugunsten der Versorgungssicherheit eine höhere Verletzungsschwere anzunehmen („Übertriagierung“) und die Entscheidung zur Schockraumversorgung zu fällen.

Um ein schwer verletztes Kind innerhalb von 30 Minuten Transportzeit im Schockraum zu übergeben, ist oft der Einsatz der Luftrettung erforderlich. Ein Zeitvorteil ergibt sich besonders dann, wenn ein Rettungshubschrauber (RTH) bereits primär alarmiert wird. Als Faustformel gilt: bei Nachalarmierung RTH ist ein bodengebundener Transport bis zu 30 km Fahrstrecke bis zum Zielkrankenhaus schneller!

Schockraumversorgung

Strukturelle Voraussetzungen

Analog zum Vorgehen bei Erwachsenen soll in jedem Traumazentrum ein **klinik- und kinderspezifisches Schockraum-**

* Anm.: Die in Deutschland verbreiteten Beckenschlingen sind entweder nicht für Kinder (Sam Sling®) oder erst ab dem Schulkindalter bzw. 23 kg (T-Pod®) zugelassen. Einziges zugelassenes Produkt ist der Pediatric-PelvicBinder®, der aber in Europa nicht vertrieben wird und bisher keine CE-Zertifizierung hat.

protokoll, in dem Abläufe und interdisziplinäre Zusammenarbeit geregelt sind, etabliert sein [44,45].

Das Basis-Schockraumteam soll im überregionalen Traumazentrum aus mindestens 3 Ärzten bestehen: Chirurg (Kinderchirurg oder Traumatologe mit kindertraumatologischer Expertise), Anästhesist und pädiatrischer Intensivmediziner. Ein Kinder-radiologe oder Radiologe mit kinder-radiologischer Expertise und ein pädiatrisch erfahrener Neurochirurg/ neurochirurgisch erfahrener Kinderchirurg sollten verfügbar sein.

Speziell geschulte Mitarbeitende der Bereiche (Kinder-)Notaufnahme-, (Kinder-)Anästhesie- und Kinderintensivpflege sollen das Schockraumteam ergänzen. Im erweiterten Schockraumteam hat ein Neurochirurg oder **neurochirurgisch erfahrener Kinderchirurg** aufgrund der hohen Prävalenz eines SHT bei Kindern besonders hohe Priorität. Weitere Mitglieder des erweiterten Schockraumteams sind HNO, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Gefäßchirurgie, Augenheilkunde und Gynäkologie – sie sollten bei Bedarf im Verlauf der Gesamtversorgung zeitnah konsiliarisch hinzugezogen werden können.

Die Leitung des Schockraumteams soll sich an den strukturellen Gegebenheiten vor Ort orientieren und kann sowohl als interdisziplinäre Führungsgruppe als auch in Person eines Trauma-Leaders erfolgen.

Die genaue Zusammenstellung der Schockraumteams ist nicht validiert und basiert auf internationalen Empfehlungen; sie ist auch von lokalen Gegebenheiten abhängig. Alle an der Kinderschockraumversorgung beteiligten Fachdisziplinen und Berufsgruppen sollen spezielle Expertise in der Routineversorgung von Kindern haben.

Der überwiegende Teil des Schockraumteams soll ein spezielles Schockraumtraining (z. B. Advanced

Trauma Life Support ATLS®, European Trauma Course ETC, Definite Surgical Trauma Care DSTC™) absolviert haben.

Die Schockraumversorgung von Kindern ist **personalintensiver** als die von Erwachsenen, da im Zweifel Erwachsenen- und Kinderdisziplinen parallel arbeiten. Daher ist auch der **Raumbedarf** erhöht: ein Kinderschockraum sollte mindestens eine Grundfläche von 25 m² (bei Neubau: 40 m²) umfassen. Der Kinderschockraum soll effektiv beheizbar und in räumlicher Nähe zu Rettungsdienstanzfahrt, Hubschrauberlandeplatz, radiologischer und Operationsabteilung gelegen sein. Für eine adäquate Bildgebung sollte im Schockraum Ultraschall, Röntgen und ein Multislice-Spiral-CT verfügbar sein.

Im Kinderschockraum sollen alle für die Notfallversorgung erforderlichen Materialien/Instrumente in sämtlichen kinderspezifischen Größen vorgehalten werden.

Es empfiehlt sich, **Altersklassen-adaptierte Versorgungspakete** vorzuhalten, in welchen die verschiedenen Größen von Kathetern, Drainagen, Verbands- und chirurgischen Materialien, Blutentnahmesets sowie ggf. Notfallaufkleber bereits zusammengestellt sind. Es konnte gezeigt werden, dass über 50 % der Kinder im Alter von 0–9 Jahren nach der Schockraumversorgung direkt auf die Kinderintensivstation zur weiteren Therapie verlegt werden [46]. Es ist deshalb notwendig, die Kinderintensivmedizin frühzeitig einzubinden, um Informationsverluste zu vermeiden und therapeutische Strategien gemeinsam festzulegen.

In einem überregionalen Kindertraumazentrum sollten pädiatrische Intensivmedizin und Kinderradiologie mit in die Schockraumversorgung eingebunden sein.

Tabelle 8

Vorschlag zum strukturierten Schockraumablauf (nach [45]).

↓	max. 5 min	Übergabe durch NA/Umlagerung	
	0–5 min	Phase 1 Lebensrettende Sofortmaßnahmen Vorgehen nach ABCDE	Entscheidung: • Röntgen Thorax? • Notfall-CT? • Not-OP?
	6–15 min	Phase 2 Stabilisierung	
	16–30 min	Phase 3 Dringliche Diagnostik/Therapie	
	31–60 min	Phase 4 Komplettierung Diagnostik/Therapie	
		→ OP/Intensivstation	

Ablauf der Schockraumversorgung

Der Ablauf der Schockraumversorgung folgt grundsätzlich der gleichen Systematik wie bei Erwachsenen (Tab. 8). Durch die strukturierte Schockraumversorgung kann die **Versorgungszeit** signifikant reduziert und damit der Patient rascher seiner definitiven Versorgung zugeführt werden [44].

Bildgebende Diagnostik in der Schockraumversorgung

Sonographie

Im Rahmen des Primary Survey sollte eine eFAST* zur Diagnostik von freier abdominaler Flüssigkeit, von Perikard- und Pleura-Erguss oder Pneumothorax durchgeführt werden. Ein primär negativer sonographischer Befund schließt jedoch eine abdominale oder thorakale Verletzung nicht aus.

Mit der in den ATLS®-Ablauf integrierten FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) können Blutungen im Bereich von Perikard, **Morison-Pouch** (zwischen Leber und Niere), **Koller-Pouch** (zwischen Milz und Niere) und **Douglas-Pouch** (Excavatio rectouterina

* Anm.: eFAST (extended Focused Assessment with Sonography in Trauma) fokussiert zusätzlich die lateralen und anterioren Pleuraräume zum Nachweis eines Pneumo- und/oder Hämatothorax. Im Vergleich zur CT liegt die Sensitivität bei 47 % und die Spezifität bei 99 % – damit ist eFAST vergleichbar oder sogar sensitiver als die Röntgenaufnahme [48].

bzw. retrovesicalis) detektiert werden. Allerdings ist die alleinige Anwendung von FAST zum Ausschluss einer intra-abdominalen Verletzung im Kindesalter unsicher. Die Sensitivität beträgt ca. 50 %, die Spezifität ca. 95 % [47]. Die Sensitivität von FAST kann durch die **Kombination mit klinischen oder laborchemischen Parametern** gesteigert werden. Im weiteren Verlauf sollte eine ausführliche **Abdomensonographie** stets großzügig indiziert werden.

Bei Säuglingen <1 Jahr mit Schädelhirntrauma kann eine transfontanel-läre und transtemporale Schädelsonographie durchgeführt werden, wenn dadurch der weitere diagnostische Ablauf nicht verzögert wird.

Die Ultraschalldiagnostik zeigt zwar für die Altersgruppe bis 1 Jahr eine hohe Treffsicherheit für epidurale Hämatome, dennoch gilt, dass ein negativer Befund eine intrakranielle Blutung – insbesondere im Bereich der hinteren Schädelgrube – nicht ausschließt.

Computertomographie

Die Überlegung, eine Computertomographie durchzuführen, kommt nur in Betracht, wenn nach dem Primary Survey die Verdachtsdiagnose Polytrauma überhaupt aufrechterhalten wird. Dann muss dem potenziellen Nutzen des Verfahrens die alters- und geschlechtsbezogene, potenziell relevante Erhöhung des Krebsrisikos gegenübergestellt werden.

Die Indikationstellung zur Ganzkörper-Computertomographie soll beim polytraumatisierten Kind nach Nutzen-/Risiko-Abwägung, aufgrund definierter Kriterien und im Konsens des Traumateams erfolgen. Die Durchführung soll einem altersspezifischen Untersuchungsprotokoll folgen, das die Überschreitung diagnostischer Referenzwerte* vermeidet.

Für polytraumatisierte Erwachsene ist eine Mortalitätsreduktion durch die **Ganzkörper-CT** (sog. Trauma-Spirale) nachgewiesen, allerdings ist die Erkenntnis – nicht nur wegen des erhöhten Strahlenrisikos – nicht 1:1 auf Kinder übertragbar. So war die Wahrscheinlichkeit für eine Ganzkörper-CT bei Kindern höher, wenn die Behandlung nicht in einem speziellen Kindertraumazentrum erfolgte [48]. Aus den CT-Befunden verunfallter Kindern resultiert seltener eine OP-Indikation als bei Erwachsenen. Auch bei strengerer Indikationsstellung ergab sich retrospektiv immer noch ein hoher Anteil an negativen CT-Befunden (2/3 der Patienten) [49]. Bei gegebener Indikation zur Ganzkörper-CT ist das **ALARA-Prinzip** (As Low As Reasonably Achievable) anzuwenden. Nach dem nativen Scan des Schädels schließt sich die Traumspirale mit Splitbolus-Kontrastmittelgabe (oberhalb der Schädelbasis) an. Das kaudale Ende der Scanabdeckung richtet sich nach dem Verletzungsmuster und kann auch die untere Extremität einschließen, wenn es hierfür eine Indikation gibt.

Zusammenfassung

Die S2k-Leitlinie **Polytraumaversorgung** im Kindesalter fokussiert auf die spezifischen Besonderheiten und stellt eine Ergänzung der S3-Leitlinie **Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung** dar.

Zur **Beurteilung kritisch verletzter Kinder** eignen sich v. a. solche Parameter, die weitgehend unabhängig von alters-

* Diagnostische Referenzwerte des Bundesamtes für Strahlenschutz (BFS).

entsprechenden Normalwerten, Kompensationsmechanismen und Stressoren sind: Atemarbeit, Rekapillarierungszeit, Vigilanz, Gesamteindruck.

Bei der **prähospitalen Versorgung polytraumatisierter Kinder** steht die Stabilisierung der Vitalparameter im Vordergrund: Normotonie, Normoxie, Normokapnie, Normothermie und Analgesie. Da diese Ziele häufig auch mit einfachen Interventionen erreichbar sind, ist die Indikation zur invasiven prähospitalen Therapie (z. B. Notfallnarkose und invasive Beatmung) streng zu stellen.

Die **Schockraumversorgung** folgt der gleichen Systematik wie bei Erwachsenen, allerdings steht bei der Diagnostik zunächst Ultraschall in Kombination mit klinischem Bild und Laborparametern im Vordergrund. Die Indikationsstellung zur Trauma-Spirale darf kein Automatismus sein, sondern erst nach Nutzen-/Risiko-Beurteilung erfolgen.

Literatur

- Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie: S2k-Leitlinie Polytrauma bei Kindern und Jugendlichen. AWMF-Registernummer 006/120; <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/006-120.html> (Zugriffsdatum: 02.05.2022)
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie: S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwererletzten-Behandlung. AWMF Register-Nr. 012/019; <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html> (Zugriffsdatum: 02.05.2022)
- Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörge V, Eich C, Gräsner JT et al: S1-Leitlinie: Prähospitaler Atemwegsmanagement (Kurzfassung). *Anästh Intensivmed* 2019;60:316–336
- Muhr G, Tschern H: Bergung und Erstversorgung beim Schwerverletzten. *Chirurg* 1978;49:593–600
- Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, et al: The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new „Berlin definition“. *J Trauma* 2014;77:780–786
- Bernhard M, Helm M, Luiz T, Biehn G, Kumpch M, Hainer C et al: Pädiatrische Notfälle in der prähospitalen Notfallmedizin – Implikationen für die Notarztqualifikation. *Notfall Rettungsmed* 2011;14:554–566
- Debus F, Lefering R, Frink M, Kühne C, Mand C, Ruchholtz S: Das Polytrauma von Kindern und Jugendlichen. Auswahl der primärversorgenden Klinik und Bedeutung von kindertraumatologischen Kompetenzzentren. *Unfallchirurg* 2015;118:432–438
- <http://www.traumanetzwerk-dgu.de> (Zugriffsdatum: 02.05.2022)
- <http://www.gbe-bund.de> (Zugriffsdatum: 02.05.2022) > Beschäftigte und Einrichtungen der Gesundheitsversorgung > Rettungsdienste, Krankentransportwesen > ältere Informationen > Rettungsdienst, Notarztstandorte (1994,2000)
- Van de Voorde P, Turner NM, Djakow J, de Lucas N, Martinez-Mejias A, Biarent D, et al: Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (Paediatric Life Support, PLS) Leitlinien des European Resuscitation Council 2021 Notfall Rettungsmed 2021;24:650–719
- Strohm PC, Zwingmann J, Bayer J, Neumann MV, Lefering R, Schmal H et al: Unterschiede im Outcome schwerverletzter Kinder in der Abhängigkeit von der Versorgungsstufe. *Unfallchirurg* 2017;121:306–312
- Osler TM, Vane DW, Tepas JJ, Rogers FB, Shackford SR, Badger GJ: Do pediatric trauma centers have better survival rates than adult trauma centers? An examination of the National Pediatric Trauma Registry. *J Trauma* 2001;50:96–101
- Debus F, Lefering R, Kühne CA, Ruchholtz S: Verletzungsmuster und präklinische Versorgung von polytraumatisierten Kindern und Jugendlichen. *OUP* 2014;12:565–571
- Fischer M, Kehrberger E, Marung H, Moecke H, Prückner S, Trenzsch H et al: Eckpunktepapier 2016 zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in der Prähospitalphase und in der Klinik. *Notfall Rettungsmed* 2016;19:387–395
- Kannan N, Wang J, Mink RB, Wainwright MS, Groner I, Bell MJ, et al: Timely hemodynamic resuscitation and outcomes in severe pediatric traumatic brain injury: Preliminary findings. *Pediatr Emerg Care* 2016;34:325–329
- Hansen M, Meckler G, O'Brien K, Engle P, Dickinson C, Dickinson K, et al: Pediatric airway management and prehospital patient safety: Results of a national delphi survey by the Children's Safety Initiative-Emergency Medical Services for Children. *Pediatr Emerg Care* 2016;32:603–607
- Pek JH, Ong GYK: Emergency intubation in a high-volume pediatric emergency department. *Pediatric Emergency Care* 2018;34:852–856
- Kerrey BT, Rinderknecht AS, Geis GL, Nigrovic LE, Mittiga MR: Rapid sequence intubation for pediatric emergency patients: Higher frequency of failed attempts and adverse effects found by video review. *Ann Em Med* 2012;60:251–259
- Schmidt J, Strauß JM, Becke K, Giest J, Schmitz B: Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induktion im Kindesalter. *Anästh Intensivmed* 2007;48:588–593
- Czorlich P, Pedram E, Fritzsche FS, Westphal M, Lefering R, Hoffmann M: The impact of prehospital intubation on the outcome of severe traumatic brain injury in children and adults with a Glasgow Coma Scale of 8 or less. 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC), Frankfurt am Main, 12.–15.06.2016. Düsseldorf
- v. Elm E, Schoettker P, Henzi L, Osterwalder J, Walder B: Pre-hospital tracheal intubation in patients with traumatic brain injury: systematic review of current evidence. *Brit J Anaesth* 2009;104:371–386
- Emami P, Czorlich P, Fritzsche FS, Westphal M, Rueger JM, Lefering R et al: Observed versus expected mortality in pediatric patients intubated in the field with Glasgow Coma Scale scores <9. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2019;45:769–776
- Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörge V, Eich C, Gräsner JT et al: S1-Leitlinie Prähospitaler Atemwegsmanagement. *Anästh Intensivmed* 2019;60:316–336
- Störmann P, Weber JN, Jakob H, Marzi I, Schneidmueller D: Thoracic injuries in severely injured children: Association with increased injury severity and a higher number of complications. *Unfallchirurg* 2018;121:223–229
- Terboven T, Leonhard G, Wessel L, Viergut T, Rudolph M, Schöler M et al: Chest wall thickness and depth to vital structures in paediatric patients – implications for prehospital needle decompression of tension pneumothorax *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2019;27:45
- Bar-Joseph G, Guilburd Y, Tamir A, Guilburd JN: Effectiveness of ketamine in decreasing intracranial pressure in children with intracranial hypertension. *J Neurosurg Pediatrics* 2009;4:40–46
- Weiss M, Schmidt J, Eich C, Stelzner J, Trieschmann U, Müller-Lobeck et al: Handlungsempfehlungen zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwie-

- rigen Atemweges in der Kinderanästhesie. *Anästh Intensivmed* 2011;52:S54–S63
28. Keil J, Jung P, Schiele A, Urban B, Parsch A, Matschke B et al: Interdisziplinär konsentrierte Stellungnahme zum Atemwegmanagement mit supraglottischen Atemweghilfen in der Kindernotfallmedizin. *Anästhesist* 2016;65:57–66
 29. V.d. Voorde P (Ed.) *European Paediatric Advanced Life Support – Course Manual (German Translation)*. European Resuscitation Council, Niel, Belgium. ISBN 9789492543394
 30. Fleming S, Gill P, Jones C, Taylor JA, Van den Bruel A, Heneghan C, et al: Validity and reliability of measurement of capillary refill time in children: a systematic review. *Arch Dis Child* 2015;100:239–249
 31. Helm M, Gräsner JT, Gries A, Becke K, Eich C, Höhne C et al: Die intraossäre Infusion in der Notfallmedizin. *Anästh Intensivmed* 2018; 59:667–677
 32. Strauß JM, Sümpelmann R: Kinderanästhesie – Infusionstherapie bei Säuglingen und Kleinkindern. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2013;48:264–271
 33. Rote-Hand-Brief, 13. August 2018: Hydroxyethylstärke(HES)-haltige Arzneimittel zur Infusion: Neue Maßnahmen zur Verstärkung der bestehenden Beschränkungen aufgrund eines erhöhten Risikos von Nierenfunktionsstörungen und tödlichen Verläufen bei kritisch kranken oder septischen Patienten. (www.bfarm.de)
 34. Morrissey K, Fairbrother H: Severe Traumatic Brain Injury In Children: An Evidence-Based Review Of Emergency Department Management. *Pediatr Emerg Med Pract* 2016;13:1–28
 35. Spaite DW, Hu C, Bobrow BJ, Chikani V, Sherill D, Barnhart B et al: Mortality and Prehospital Blood Pressure in Patients With Major Traumatic Brain Injury: Implications for the Hypotension Threshold. *JAMA Surg* 2017;152:360–368
 36. Kipfmüller F, Wyen H, Borgman MA, Spinella PC, Wirth S, Maegele M: Epidemiologie, Risikostratifizierung und Behandlungsergebnisse nach schwerem kindlichen Trauma. *Klin Padiatr* 2013; 225:34–40.
 37. Kochanek PM, Tasker RC, Bell MJ, Adelson PD, Carney N, Vavilala MS et al: Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury: 2019 Consensus and Guidelines-Based Algorithm for First and Second Tier Therapies. *Pediatr Crit Care Med* 2019;20:269–279
 38. Maciocia PM, Strachan EM, Akram AR, Hendrie RE, Kelly DN, Kemp A et al: Pain assessment in the paediatric Emergency Department: whose view counts? *Eur J Emerg Med* 2003;10:264–267
 39. Büttner W, Finke W, Hilleke M, Reckert S, Vsianska L, Brambrink A: Entwicklung eines Fremdbeobachtungsbogens zur Beurteilung des postoperativen Schmerzes bei Säuglingen. *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1998;33:353–361
 40. Voth M, Nau C, Marzi I: Brust- und Lendenwirbelsäulenverletzungen im Kindes- und Jugendalter. *Unfallchirurg* 2013;116:1062–1068
 41. Leonard JC, Kuppermann N, Olsen C, Babcock-Cimpello L, Brown K, Mahajan P et al: Factors associated with cervical spine Injury in children after blunt trauma. *Ann Emerg Med* 2011;58:145–155
 42. Maschmann C, Rudolph M: Die Zervikalstütze für Traumapatienten – seit 2018 obsolet? Neue Nationale Klinische Leitlinien 2018 für die spinale Stabilisierung erwachsener Traumatopatienten in Dänemark. *Notarzt* 2019;35:65
 43. Zwingmann J, Lefering R, Maier D, Hohloch L, Eberbach H, Neumann M et al: Pelvic fractures in severely injured children – Results from the TraumaRegister DGU. *Medicine* 2018;97:35(e11955)
 44. Lehner M, Hoffmann F, Kammer B, Heinrich M, Falkenthal L, Kurz M: iTRAPs – Interdisziplinäre Schockraumversorgung im Kindesalter. *Notfall Rettungsmed* 2018;21:90–99
 45. Jakob H, Wyen H, Marzi I: Polytrauma im Kindesalter – Management-, Diagnostik und Therapiestrategien. *Trauma Berufskrankh* 2013;15[Suppl 1]:67–74
 46. Schöneberg C, Tampier S, Hussmann B, Lendemans S, Waydhas C: Diagnostik des stumpfen Abdominaltraumas des Kindes – ein systematisches Review mit Metaanalyse. *Zentralbl Chir* 2014;139:584–591
 47. Nandipati KC, Allamaneni S, Kakarla R, Wong A, Richards N, Satzterfield J et al: Extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST) in the diagnosis of pneumothorax: experience at a community based level I trauma center. *Injury* 2011;42:511–514
 48. Pandit V, Michailidou M, Rhee P, Zangbar B, Kulvatunyou N, Khalil M, et al: The use of whole body computed tomography scans in pediatric trauma patients: Are there differences among adults and pediatric centers? *J Pediatr Surg* 2016;51:649–653
 49. Muhm M, Danko T, Henzler T, Luiz T, Winkler H, Ruffing T: Pediatric trauma care with computed tomography – criteria for CT scanning. *Emerg Radiol* 2015;22:613–621.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Bernd Landsleitner**

Abt. Anästhesie u. Intensivmedizin
Klinik Hallerwiese –
Cnopfsche Kinderklinik
St.-Johannis-Mühlgasse 19
90419 Nürnberg, Deutschland
Tel.: 0911 3340-4900
Fax: 0911 3340-4911
E-Mail:
bernd.landsleitner@diakoneo.de
ORCID-ID: 0000-0002-7939-318X