

***“Who cares for the weakest?”* Eine internationale Querschnittserhebung der
pädiatrischen Trauma- und Notfallversorgung**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Braun, Jacqueline aus Offenbach

Gießen (2025)

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax-, Transplantations- und Kinderchirurgie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Andreas Hecker

Gutachter: Prof. Dr. Michael Sander

Tag der Disputation: 15.12.2025

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 Die Polytraumaversorgung	2
1.1.1 Präklinik	2
1.1.2 Versorgung im Schockraum	3
1.1.3 Knöcherner Verletzungen	7
1.1.4 Schädel-Hirn-Trauma	8
1.1.5 Thoraxtrauma	9
1.1.6 Abdominaltrauma	13
1.2 Die kindliche Polytraumaversorgung ist in den internationalen Leitlinien nur unzureichend abgebildet	16
1.3 Die kindliche Polytraumaversorgung unterscheidet sich zum Teil wesentlich von der Erwachsenenversorgung	17
1.2.1 Knochen	18
1.2.3 Schädel und Gehirn	18
1.2.3 Thorax	19
1.2.4 Abdomen	20
1.3. Die <i>World Society of Emergency Surgery</i>	22
1.4. Die internationale Erfassung der Polytraumaversorgung von Kindern	22
1.5. Fragestellung und Hypothese	23
2. MATERIAL UND METHODEN	24
2.1 Adressaten	24
2.2 Design der Umfrage	24
2.3 Statistische Auswertung	25
2.4 Ethikantrag	25
3. ERGEBNISSE	26
3.1 Charakteristika der Teilnehmer und ihrer zugehörigen Krankenhäuser	26
3.2 Individuelle Infrastruktur für pädiatrische Trauma- und chirurgische Notfallversorgung	29
3.3 Teambildung und Teamtraining für die kinderchirurgische Notfallversorgung	34
3.4 Auswirkungen der Krankenhausgröße auf die pädiatrische Notfall- und Traumaversorgung	39
4. DISKUSSION	45
4.1 Charakteristika der Umfrageteilnehmer und ihrer zugehörigen Krankenhäuser und deren Auswirkungen auf die pädiatrische Traumaversorgung	46

4.2 Infrastruktur für pädiatrische Trauma- und chirurgische Notfallversorgung	47
4.3 Implementierung von Standards in der Traumaversorgung	48
4.4 Training für die kinderchirurgische Notfallversorgung	49
4.5 Weitere Lösungsansätze zur Erhöhung der Bereitschaft für die Behandlung von Traumata und schweren Verletzungen bei pädiatrischen Patienten	50
4.6 Physische und psychische Besonderheiten der Behandlung von Kindern	51
5. ZUSAMMENFASSUNG	53
6. REFERENZEN	55
6.1 Literatur	55
6.2 Fußnoten	60
7. ANHANG	61
7.1 Tabellenverzeichnis	61
7.2 Abbildungsverzeichnis	62
7.3 Abkürzungsverzeichnis	63
8. PUBLIKATIONSVERZEICHNIS	64
8.1 Originalveröffentlichungen in Zeitschriften mit wissenschaftlichem Beirat	64
8.2 Präsentation eigener wissenschaftlicher Arbeiten	64
9. EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	65

1. Einleitung

Die präklinische Klassifizierung, die Untersuchung im Krankenhaus, das *Management* und die Behandlung von Traumapatienten sind hoch standardisiert und in evidenzbasierten nationalen Leitlinien, Empfehlungen verschiedener medizinischer Fachgesellschaften sowie in international etablierten Zertifizierungsprogrammen wie dem *Advanced Trauma Life Support*® (*ATLS*®) festgelegt (American College of Surgeons, 2018; Coccolini F et al., 2015; Coccolini F et al. 2016; Coccolini F, Montori G et al., 2017; Coccolini F, Stahel PF et al., 2017; Coccolini F et al., 2018; Coccolini F, Fugazzola P et al., 2019; Coccolini F, Kobayashi L et al., 2019; Coccolini F, Moore EE et al., 2019; Coccolini F, Sartelli M et al., 2020; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022; Kozar RA et al., 2018; Moore EE et al., 1990; Moore EE et al., 1992; Moore EE et al., 1994; Moore EE, Cogbill TH et al., 1995; Moore EE, Jurkovich GJ et al., 1995; Pereira BMT et al, 2015).

Auf Grundlage aktueller Erkenntnisse geben diese Expertenempfehlungen wichtige Hinweise für die Klassifizierung und das Notfallmanagement von schwerverletzten Traumapatienten. Darüber hinaus bieten sie einen konkreten evidenzbasierten Leitfaden für nichtoperative, interventionelle oder operative Behandlungsoptionen bei multiplen und komplexen Verletzungen (American College of Surgeons, 2018).

Das *Management* und die konsekutive therapeutische Entscheidungsfindung in der Notfallsituation selbst schwerer und komplexer Traumata mit Mehrfachverletzungen sind gut beschrieben und evidenzbasiert. Sie gehören in zahlreichen Notaufnahmen auf der ganzen Welt insbesondere bei erwachsenen Patienten zur klinischen Routine. Im Gegensatz dazu ist die Inzidenz schwerer Traumata bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen deutlich geringer. Für das Jahr 2022 wurden insgesamt 30.806 Schwerverletzte in Deutschland dokumentiert, davon waren aber nur 1.149 unter 16 Jahre alt (Höfer C, 2023). Dabei sind traumatische Verletzungen derzeit weltweit die häufigste Ursache für Morbidität, Langzeiteinschränkungen, sowie Mortalität im Kindesalter. Posttraumatische Morbidität und Mortalität bei Kindern sind ein schwerwiegendes Problem im Gesundheitswesen. Diese beiden einleitenden Feststellungen aus dem *ATLS*®-Handbuch (zehnte Auflage) unterstreichen die Bedeutung einer angemessenen Versorgung hinsichtlich therapeutischer Entscheidungen bei pädiatrischen Traumata, um die peritraumatische Morbidität und Mortalität, sowie das Langzeit-*Outcome* nachhaltig

zu verbessern (American College of Surgeons, 2018; Choi PM et al. 2016; Osler TM et al. 2001; Wesson DE, 2012).

Wie die internationalen Richtlinien festhalten, sind „Kinder keine kleinen Erwachsenen“ (American College of Surgeons, 2018; Livingston DH et al, 2001; Schmittenbecher PP, 2020)!

Im Folgenden soll zunächst darauf eingegangen werden, welche Unterschiede in der Physiologie von Erwachsenen und Kindern bestehen, und welche Unterschiede sich daraus für die medizinischen Versorgung ergeben.

1.1 Die Polytraumaversorgung

1.1.1 Präklinik

Die präklinische Phase beginnt ab dem Zeitpunkt, an dem medizinisches Personal den ersten Kontakt zu dem Patienten hat. Sie dient bei einem Schwerverletzten vor allem der Stabilisierung der Vitalparameter und dem Transport in einen geeigneten „Schockraum“ einer Zielklinik. Bei einem polytraumatisierten Patienten muss immer an eine mögliche Blutung gedacht werden, da die Oberbauchorgane Leber und Milz vulnerabel sind und eine solche Verletzung potenziell lebensbedrohlich sein kann. Somit sollte bei dem Verdacht auf eine aktive Blutung eine leichte Hypotonie mit einem Mitteldruck von 50-65 mmHg angestrebt werden. Weiterhin sollte auf Normothermie und Normokalziämie geachtet, sowie eine Azidose vermieden werden. Bei einem Verletzten mit Abdominal- oder Beckentrauma sollte schon präklinisch die Anlage einer Beckenschlinge erfolgen (Weigand MA et al. 2021).

Traumazentren werden in Deutschland in verschiedene Stufen eingeteilt. Unterschieden wird zwischen 1.) Überregionalen Traumazentren, 2.) Regionalen Traumazentren und 3.) Lokalen Traumazentren. Ein überregionales Traumazentrum hat im Vergleich zum regionalen und auch das regionale im Vergleich zum lokalen Traumazentrum ein größeres Spektrum an Versorgungsmöglichkeiten, indem zum einen mehrere Fachbereiche repräsentiert werden, zum anderen eine größere Kapazität für Schwerverletzte besteht. Die Anwesenheit eines Kinderchirurgen ist aber nicht vorgeschrieben (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2019).

Eine ähnliche Struktur besteht im amerikanischen Raum. Die *American Trauma Society* beschreibt „level“ 1 (breitestes Spektrum/höchste Aufnahmekapazität) bis 5 Traumazentren. Um einen ähnlichen Wert für die vorliegende Arbeit zu haben, wird hier von Level 1-3 Traumazentren gesprochen, als Äquivalent für die deutschen Traumazentren¹.

1.1.2 Versorgung im Schockraum

Es gibt verschiedene Kriterien zur Aktivierung eines Schockraumes mit unterschiedlichen Empfehlungsgraden.

Die Kriterien mit dem höchsten Empfehlungsgrad sind:

- Atemstörung/Intubationspflicht
- Atemfrequenz <10 oder >29
- Systolischer Blutdruck <90 mmHg
- Herzfrequenz >120 /min
- Schockindex (= Herzfrequenz/systolischer Blutdruck) $>0,9$
- Positives *extended Focused Assessment with Sonography for Trauma* (eFAST)
- *Glasgow Coma Scale* (GCS) ≤ 12
- Hypothermie $<35,0^{\circ}\text{C}$

Weitere Kriterien in Abhängigkeit vom Verletzungsmuster sind:

- Instabiler Thorax
- Mechanisch instabile Beckenverletzung
- Penetrierende Verletzungen des Rumpfes oder des Halses
- Neurologische Defizite nach Verletzung der Wirbelsäule
- Prähospitale Intervention
- Amputationsverletzungen, ausgenommen distale Amputationen der Hände oder Füße

Jeder Schockraum hat ein Team, bestehend aus Personal verschiedener Fachabteilungen wie der Unfallchirurgie, Anästhesie, Notfallmedizin, Neurochirurgie, Allgemeinchirurgie und Radiologie (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022).

¹ Trauma Center Levels Explained: <https://www.amtrauma.org/page/traumalevels>, aufgerufen am 20.01.2025

Primary und secondary survey

In der zehnten Edition des *Advanced Trauma Life Support*® (ATLS) wird detailliert beschrieben, wie der Ablauf der klinischen Untersuchung gestaltet werden sollte. Im Rahmen des sogenannten *primary survey* wird mit Hilfe der ABCDEs der initiale Zustand des Verletzten untersucht (American College of Surgeons, 2018):

Airway maintenance with restriction of cervical spine motion, also die Aufrechterhaltung der Atemwege bei eingeschränkter Bewegung der Halswirbelsäule.

Breathing and ventilation, Atmung und Beatmung.

Circulation with hemorrhage control, also Kreislauf mit Blutstillung.

Disability, was für das fokale neurologische Defizit steht.

Exposure, also Exposition, hierzu gehört der „*Bodycheck*“.

Laut ATLS® können A, B, C und D innerhalb von 10 Sekunden eruiert werden.

Auch zu den Grundprinzipien des ATLS gehört das sogenannte *MIST-Schema*, hilfreich für die Übergabe des Patienten (Anger F, 2022).

- **M** - „*mechanism*“ (Unfallmechanismus)
- **I** - „*injury*“ (Verletzungsmuster)
- **S** - „*vital signs*“ (Vitalparameter)
- **T** - „*treatment*“ (bisherige Versorgung)

Sobald die Erstuntersuchung im Rahmen des *primary survey* abgeschlossen ist, folgt eine genauere Evaluation des Verletzten („*secondary survey*“). Hierbei erfolgen Anamnese und körperliche Untersuchung nach dem *AMPLE-Schema* (American College of Surgeons, 2018; Anger F, 2022):

- *Allergies* (Allergien)
- *Medications currently used* (aktuelle Medikation)
- *Past illnesses/Pregnancy* (Vorerkrankungen, mögliche Schwangerschaft)
- *Last meal* (Letzte Mahlzeit)
- *Events/Environment related to the injury* (Ereignisse/Umgebung im Zusammenhang mit der Verletzung)

Diagnostik

Im Schockraum ist die Diagnostik mittels Ultraschall unentbehrlich, da es sich um eine breit verfügbare *Point-of-care* Diagnostik ohne Strahlenbelastung für den Patienten

handelt. Im Rahmen des *eFAST* (*extended Focused Assessment with Sonography for Trauma*) erfolgt die sonographische Untersuchung des Brustkorbs, welche beispielsweise zum Ausschluss eines Pneumothorax geeignet ist. Ein Erguss kann je nach Aspekt hinweisend auf einen Hämatothorax sein (Weigand MA et al., 2021).

Weiterhin wird subxyphoidal nach einem möglichen Perikarderguss gesucht und das Abdomen auf freie Flüssigkeit hin untersucht (Tabelle 1).

Letztere kann ein Indiz für eine potenziell lebensbedrohliche Verletzung wie eine aktive Blutung sein. In Tabelle 1 sind die häufigsten Verletzungsmuster je nach Lokalisation der freien Flüssigkeit aufgelistet. Für die Diagnosestellung einer Hohlorganperforation ist die eFAST-Untersuchung jedoch ungeeignet, dafür erfolgt eine Computertomographie des Abdomens.

Tabelle 1: *Extended focused assessment with sonography for trauma (eFAST)* Untersuchung im Schockraum, mögliche Pathologie je nach Befund der jeweiligen Lokalisation, mod. nach Weigand MA et al. 2021

Lokalisation	Pathologie
Recessus hepatorenalis (<i>Morison-Pouch</i>)	- Leberverletzung - Nierenverletzung
Recessus costodiaphragmaticus links/rechts	- Hämatothorax - Pleuraerguss
Recessus splenorenalis (<i>Koller-Pouch</i>)	- Milzverletzung - Nierenverletzung
Subxyphoidal	- Perikarderguss
2. oder 3. Intercostalraum parasternal	- V.a. Pneumothorax bei fehlendem Pleuragleiten

Die Sensitivität der Sonographie für eine Parenchymverletzung liegt bei bis zu 86 % (Coccolini F, Coimbra R et al., 2020), mit einer Spezifität für eine Parenchymverletzung von bis zu 99% (Soyoncu S et al., 2007).

Falls bei der FAST-Untersuchung freie Flüssigkeit erkannt wird, sollte anhand der Klinik (abdominelle Schmerzen, Gurtmarken, etc.) und des Traumamechanismus das weitere Procedere festgelegt werden. Es bestehen grundsätzlich 3 verschiedene Optionen:

- Computertomographie: Die aktuelle S3 Leitlinie für Polytrauma gibt an, dass bei schwerverletzten, aber hämodynamisch stabilen Patienten, eine Ganzkörpertomographie erfolgen sollte (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022).
- Konzept der „*active surveillance*“: Dabei handelt es sich um ein aktives Beobachten mit klinischen, laborchemischen und gegebenenfalls auch diagnostischen Kontrollen im Sinne eines „*Tertiary Trauma Survey*“ (Weigand MA et al., 2021).
- Notfalloperation: Bei lebensbedrohlicher Situation wird auf weitere Diagnostik verzichtet. Falls fachübergreifend versorgungsbedürftige Verletzungen bestehen, muss eine Reihenfolge festgelegt werden, je nach Schweregrad der einzelnen Verletzungen.

Es gibt verschiedene Klassifikationssysteme zur Einteilung der Traumafolgen.

Für die Berechnung des *Injury Severity Score (ISS)* wird folgende Formel angewendet:

$ISS = (AISa)^2 + (AISb)^2 + (AISc)^2$, wobei AISa,b,c für die Körperregionen mit dem höchsten AIS stehen (Weigand MA et al., 2021).

Die *Abbreviated Injury Scale (AIS)-Codes* sagen aus, wie schwer eine einzelne Körperregion verletzt ist (1 – leichte Verletzung bis 6 – schwerste Verletzung)

ISS Körperregionen sind folgende:

1. Kopf oder Hals
2. Gesicht
3. Thorax
4. Abdomen
5. Extremität/Beckengürtel
6. Weichteile

Ab einem *ISS* von mindestens 16 spricht man von einem Polytrauma. Wird eine der drei Körperregionen mit einem AIS von sechs eingestuft, so spricht man unabhängig von dem AIS der zwei weiteren Körperregionen von einem *ISS* von 75 (Weigand MA et al., 2021).

1.1.3 Knöcherner Verletzungen

Knöcherner Verletzungen nach einem Polytrauma betreffen häufig mehrere Körperregionen und Knochen, was zu erheblichen Komplikationen führen kann. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland insgesamt 688.403 Frakturen registriert.

Die häufigsten Frakturen und ihre Inzidenz pro 100.000 waren:

- Schenkelhalsfrakturen: 120
- Distale Radiusfrakturen: 106
- Proximale Humerusfrakturen: 91
- Lendenwirbelfrakturen: 71
- Beckenringfrakturen: 60
- Rippenfrakturen: 46
- Brustwirbelfrakturen: 41

(Rupp et al., 2021)

Frakturen im Ober- oder Unterschenkel können bei Verkehrsunfällen oder Stürzen aus großer Höhe vorkommen. Diese Frakturen gehen oft mit erheblichen Weichteilverletzungen und Blutverlust einher und sollten deshalb innerhalb von 6 Stunden versorgt werden im Sinne einer Reposition und Rekonstruktion. Hüftgelenksnahe Femurfrakturen sollten in den ersten 24 Stunden definitiv versorgt werden (Weigand MA et al., 2021).

Oberarm- und Schulterfrakturen treten ebenfalls häufig auf. Diese Frakturen können Auswirkungen auf die Funktionalität des Arms haben. Schwere Verletzungen mit einer Gefäß- und/oder Nervenbeteiligung müssen sofort versorgt werden (Weigand MA et al., 2021).

Verletzungen der Wirbelsäule machen etwa 3-6% aller knöchernen Skelettverletzungen aus. Sie können stabile oder instabile Frakturen umfassen, wobei instabile Frakturen besonders kritisch sind, da sie das Rückenmark und die Spinalnerven gefährden und zu Lähmungen führen können (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022; Weigand MA et al., 2021).

Beckenfrakturen stellen eine besondere Gefahr dar, weil das Becken viele große Blutgefäße umschließt, in etwa 80% der Fälle ist der präsakrale Venenplexus betroffen. Sie erfordern oft rasche Stabilisierung, z.B. durch externe Fixateure oder chirurgische

Eingriffe. Kommt es zur Kreislaufinstabilität muss zum einen eine stabilisierende knöcherne Versorgung mittels Fixateur externe oder Beckenzwinge erfolgen, zum anderen muss die Blutung kontrolliert werden. Dies erfolgt bei arteriellen Blutungen und Kreislaufstabilität mittels einer Angiographie. Bei einer venösen Blutung profitiert der Patient von einer retroperitonealen Beckentamponade (American College of Surgeons, 2018; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022; Eysenbach G, 2004; Felix S et al.; 2016; Weigand MA et al., 2021).

1.1.4 Schädel-Hirn-Trauma

Beim Schädel-Hirn-Trauma (SHT) handelt es sich um eine der häufigsten und gefährlichsten Verletzungen bei Unfällen mit einer Inzidenz von 849/100.000 Einwohnern in Europa (Brazinova et al., 2021).

Das SHT wird nach der *Glasgow Coma Scale* (GCS), die die Bewusstseinslage des Patienten beurteilt, in drei Schweregrade unterteilt (Weigand MA et al., 2021):

1. Leichtes SHT (GCS 13-15)
2. Mittelgradiges SHT (GCS 9-12)
3. Schweres SHT (GCS 3-8)

Eine Computertomographie des Kopfes ist der Goldstandard zur schnellen Erkennung von Blutungen, Frakturen und Hirnschäden. Bei speziellen Fragestellungen oder unklaren Befunden kann eine MRT eingesetzt werden.

In Folge eines SHT können intrakranielle Blutungen entstehen. Ursächlich für ein epidurales Hämatom sind in der Regel Frakturen des Schädelknochens, für ein subdurales Hämatom Verletzungen der kortikalen Venen und für intrazerebrale Hämatome Einrisse tiefer zerebrovaskulärer Strukturen (Weigand MA et al., 2021).

Ein wichtiger Aspekt in der Versorgung des SHT ist die Vermeidung einer Hypoxie durch Sicherung des Atemwegs sowie die Vermeidung einer arteriellen Hypotonie, um eine Minderperfusion zu umgehen.

Eine sofortige Evakuierung intrakranieller Hämatome ist erforderlich im Falle einer Ausdehnung des Hämatoms von >10mm oder einer Mittellinienverlagerung von >5mm. Goldstandard zur Überwachung des intrakraniellen Druckes (ICP) ist die externe Ventrikeldrainage (EVD), mit deren Hilfe eine intensivmedizinische Überwachung im Sinne einer ICP-Therapie erfolgen kann. Dabei wird auf eine Oberkörperhochlage, sowie

die Applikation hyperosmolarer Medikation geachtet, während eine kontinuierliche Messung des ICP erfolgt.

Die Prognose nach einem SHT kann häufig während des Krankenhausaufenthaltes nicht abgeschätzt werden. Eine frühzeitige Neurorehabilitation scheint von Vorteil zu sein (Weigand MA et al., 2021).

1.1.5 Thoraxtrauma

Bei Thoraxtraumata wird zwischen penetrierend und stumpf unterschieden.

Auch hier können die verschiedenen Organverletzungen nach der AAST-Klassifikation in Schweregraden eingeteilt werden. (Tabelle 3)

Im Schockraum sollte auf Zeichen einer lebensgefährlichen Verletzung geachtet werden, die als sogenanntes „tödliche Dutzend“ („*lethal six*“ und „*hidden six*“) zusammengefasst werden (Weigand MA et al., 2021).

Tabelle 3: Einteilung der Organverletzungen des Thorax – Eigene Darstellung nach Moore et al. 1994

Trauma	Grad I (gering)	Grad II (gering)	Grad III (moderat)	Grad IV (schwer)	Grad V (schwer)
Lunge	Kontusion: Unilateral, <1 Lappen	Kontusion: Unilateral, ein Lappen	Kontusion: Unilateral, >1 Lappen	Lazeration: Schweregradige Fistel	Vaskulär: Abriss eines hilären Gefäßes
	Lazeration: Pneumothorax	Lazeration: Persistierende Fistel (>72h)	Hämatom: Auf das Parenchym begrenzt	Hämatom: Nicht auf das Parenchym begrenzt	Grad VI – Vaskulär: Destruktion des Lungenhilus
Thoraxwand	Kontusion	Lazeration: Haut, Subkutangewebe und Muskeln	Lazeration: Mit Bezug nach intrapleurale	Lazeration: Avulsion der Thoraxwand mit Beteiligung der jeweiligen Rippen; Instabiler Thorax (<i>flail chest</i>) unilateral	
	Lazeration: Haut und Subkutangewebe	Fraktur: >3 Rippen, geschlossen; offene oder dislozierte Klavikulafraktur; geschlossene, nicht dislozierte Sternumfraktur; Skapulafraktur offen oder geschlossen	Fraktur: offene oder dislozierte Sternumfraktur	Fraktur: Instabiler Thorax (<i>flail chest</i>) bilateral	
Zwerchfell	Kontusion	Lazeration <2cm	Lazeration 2 – 10cm	Lazeration >10cm mit Gewebeverlust <25cm ²	Lazeration mit Gewebeverlust >25cm ²
		Fraktur: <3 Rippen, geschlossen, nicht disloziert			

„*The lethal six*“ sind Verletzungsmuster, welche man zügig erkennen kann, und setzen sich folgend zusammen (Weigand MA et al., 2021):

- Instabiler Thorax
- Spannungspneumothorax
- Offener Pneumothorax
- Hämatothorax
- Atemwegsobstruktion
- Perikardtamponade

„*The hidden six*“ sind Organverletzungen welche schwieriger zu erkennen, aber dennoch lebensbedrohlich sind (Weigand MA et al., 2021):

- Tracheobronchialverletzung
- Lungenkontusion
- Aortenverletzung
- Herzkontusion
- Ösophagusruptur
- Zwerchfellruptur

Bei einem Hämatothorax sollte eine Exploration erfolgen, falls nach der Thoraxdrainagenanlage ein Blutverlust von initial >1500ml oder von >250ml/h über mehr als 4 Stunden auftritt. Untersuchungen während des Vietnamkriegs zeigen, dass eine operative Versorgung die Letalität senkt (McNamara JJ et al., 1970).

Bei der anterolateralen Thorakotomie sollte der Standardzugang auf Höhe des 4.-6. Interkostalraumes erfolgen (Weigand MA et al., 2021). Je nach Lokalisation der Verletzung kann aber auch ein anderer Weg gewählt werden, falls eine Lokalisation präoperativ möglich ist. Bei kardiorespiratorisch stabilen Patienten kann auch eine videoassistierte Thorakoskopie erwogen werden (Feliciano D, 1999; Karmy-Jones R et al., 2004). Falls Fremdkörper im Thorax einliegen, sollten diese nur unter Sicht entfernt werden, wenn mittels explorativer Thorakotomie die Fremdkörperlokalisierung intrathorakal sicher dargestellt ist.

Bei einem instabilen Polytraumatisierten, vor allem bei einer Verschlechterung nach erfolgter Intubation sollte die Verdachtsdiagnose „Spannungspneumothorax“ evaluiert und auch dementsprechend behandelt werden. In diesem Fall erfolgt am besten die Einlage einer Drainage in Bülauposition (4. Oder 5. Interkostalraum der vorderen oder mittleren Axillarlinie) oder in Monaldiposition (2. Interkostalraum in der Medioklavikularlinie) (Weigand MA et al., 2021).

Pulmonale Verletzung

Falls das Lungenparenchym verletzt ist, sollte möglichst wenig Parenchym entfernt werden, denn eine Lobektomie oder Pneumonektomie sind in der Traumasituation mit einer hohen Komplikationsrate verbunden (Cothren C et al., 2020; Gasparri M et al., 2001; Huh J et al., 2003; Wall MJ Jr et al., 2001).

Verletzungen des Tracheobronchialsystems treten häufig iatrogen auf und werden auch gelegentlich übersehen, da die Diagnosestellung per Bildgebung schwierig ist. Falls der Verdacht auf eine Trachealverletzung besteht, beispielsweise bei einem Weichteilemphysem trotz einliegender Thoraxdrainage, sollte eine Tracheobronchoskopie erfolgen. (Balci AE et al., 2002; Dienemann H, 2001; Kiser AC et al., 2001; Rossbach MM et al., 1998).

Je schneller eine Trachealverletzung versorgt wird, desto besser ist das Outcome für den Patienten (Meridith JW, 2007). Eine Intubation mit Platzierung des Cuffs distal des Defektes dient zur Sicherung des Atemweges. Kleine Bronchusdefekte, die weniger als ein Drittel der Zirkumferenz ausmachen, können konservativ behandelt werden, falls die Bronchusränder gut adaptieren (Balci AE et al., 2002; Dienemann H, 2001; Kiser AC et al., 2001; Rossbach MM et al., 1998).

Zwerchfellverletzung

Bei der Verletzung des Diaphragmas sollte umgehend die Reposition der intraabdominellen Organe und der Defektverschluss erfolgen. Gleichzeitig gehören Zwerchfellverletzungen auch zu den häufigsten „*missed injuries*“. Posttraumatische Hernien können laparoskopisch versorgt werden, falls der Patient kreislaufstabil ist (Lomanto D et al., 2001; Ouazzani A et al., 2009). Die Diagnostik kann durch ein Röntgenbild erfolgen, am besten kann man jedoch das Vorhandensein von Magen oder Darm im Thorax durch eine Computertomographie erkennen. Die Therapie ist ein Defektverschluss, sowie die Resektion von ischämien Gewebe. Wichtig ist auch das

Erlangen der Bluttrockenheit, da Zwerchfellrupturen eine relevante Blutung auslösen können aufgrund von Verletzungen der Arteriae phrenicae inferiores. Die Einlage eines Netzes kann erfolgen, jedoch nur wenn keine Kontamination vorliegt (Townsend CM et al., 2022).

1.1.6 Abdominaltrauma

Während bei in die Bauchdecke penetrierenden Verletzungen die Indikation zur Laparotomie unabhängig vom klinischen Zustand gestellt werden kann, ist die Indikation zur Notfalllaparotomie bei einem stumpfen abdominellen Trauma schwieriger zu stellen (Weigand MA et al., 2021). Wenn der Patient hämodynamisch instabil ist und gleichzeitig freie abdominelle Flüssigkeit vorliegt, sollte eine Notfalllaparotomie erfolgen. Diese sollte immer eine Medianlaparotomie sein, um alle 4 Quadranten sicher inspizieren zu können. Bei penetrierenden Traumata sollte die Eintrittswunde mitexploriert werden. Bei massiver Kreislaufinstabilität muss der Patient unabhängig von ausstehender Schnittbildgebung sofort operiert werden. Bei stabilen Patienten kann zunächst eine Bildgebung ausreichend sein, falls keine Traumafolgen apparent sind (Townsend CM et al., 2022).

Die „*American Association for the Surgery of Trauma*“ (AAST) hat mit Moore et al. in den 90er Jahren die AAST-Klassifikationen veröffentlicht. Dabei handelt es sich um eine Einteilung der Schweregrade einer Organverletzung von Grad I (gering) bis Grad V oder VI (schwer) (Coccolini F et al., 2015; Moore EE et al., 1990; Moore EE et al., 1992; Moore EE et al., 1994; Moore EE, Cogbill TH et al., 1995; Moore EE, Jurkovich GJ et al., 1995; Weigand MA et al., 2021).

Jedem Schweregrad kann ein *AIS-Code* zugeordnet werden, sodass mit Hilfe des AAST der ISS berechnet werden kann.

Außerdem ist die AAST-Klassifikation ein gutes Instrument zur Therapieentscheidung und erlaubt zudem eine Prognoseabschätzung je nach Schweregrad einer Verletzung. Tabelle 2 zeigt exemplarisch die Schweregrade der häufigsten abdominellen Traumata (Coccolini F et al., 2015; Moore EE et al., 1990; Moore EE et al., 1992; Moore EE et al., 1994; Moore EE, Cogbill TH et al., 1995; Moore EE, Jurkovich GJ et al., 1995; Weigand MA et al., 2021).

Tabelle 2: Einteilung der Organverletzungen des Abdomens – Eigene Darstellung nach Moore et al. 1994

Trauma	Grad I (gering)	Grad II (gering)	Grad III (moderat)	Grad IV (schwer)	Grad V (schwer)
Milz	Hämatom: Subkapsulär <10% der Oberfläche	Hämatom: Subkapsulär 10-50% der Oberfläche; Intraparenchymal <5cm	Hämatom: Subkapsulär >50% der Oberfläche oder progredient rupturiertes subkapsuläres oder intraparenchymales Hämatom; Intraparenchymal >5cm Hämatom	Lazeration: Parenchymal mit Beteiligung segmentaler oder hilärer Gefäße und >25% Devaskularisierung	Lazeration: Komplette Organzerstörung
	Lazeration: Parenchymal <1cm tief Kapselriss	Lazeration: Parenchymal 1-3cm tief	Lazeration: Parenchymal >3cm tief		
Leber	Hämatom: Subkapsulär <10% der Oberfläche	Hämatom: Subkapsulär 10-50% der Oberfläche; Intraparenchymal <2cm Durchmesser	Hämatom: Subkapsulär >50% der Oberfläche; Intraparenchymal >10cm Durchmesser Rupturiertes subkapsuläres oder intraparenchymales Hämatom	Lazeration: Parenchymal 25-75% eines Leberlappens oder 1-3 Couinaud-Segmente	Lazeration: Parenchymal >75% eines Leberlappens oder <3 Couinaud-Segmente
	Lazeration: Parenchymal <1cm tief	Lazeration: Parenchymal 1-3cm tief, <10cm Länge	Lazeration: Parenchymal >3cm tief		
Dünn- und Dickdarm	Hämatom: Kontusion oder Hämatom ohne Devaskularisierung	Lazeration: <50% der Zirkumferenz	Lazeration >50% der Zirkumferenz	Lazeration: Durchtrennung des Darmes	Lazeration: Durchtrennung des Darmes mit Gewebeverlust
	Lazeration: Partielle Lazeration ohne Perforation				
					Vaskulär: Devaskularisiertes Segment

Operative Herangehensweise beim Abdominaltrauma

Bei hämodynamischer Instabilität des Patienten sollte eine notfallmäßige Laparotomie erfolgen. Ist der Patient in einer stabilen Situation, muss entschieden werden, ob eine konservative Herangehensweise vertretbar ist oder eine operative Intervention (Laparoskopie oder Laparotomie) notwendig ist.

Eine explorative Laparoskopie kann erfolgen, wenn die Organverletzung zu lokalisieren und minimalinvasiv zu behandeln ist. Da bei dieser Herangehensweise die „*missed injuries*“ nicht zu unterschätzen sind, sollte eine Konversion zur Laparotomie großzügig erfolgen, sobald der Situs unübersichtlich wird und/oder die Organverletzung nicht zu lokalisieren ist (Villavicencio RT et al., 1999; Weigand MA et al., 2021).

Die Indikation zur *DCS* = „*Damage control surgery*“ wird mit Hilfe der AHK-Trias gestellt. Dieser besteht aus der Azidose (pH <7,2), Hypothermie (<34°C) und Koagulopathie (INR >1,6 beziehungsweise Transfusionsbedarf im OP >4l) (Weigand MA et al., 2021).

Eine Laparotomie im Sinne einer „*Damage control*“ bedeutet, dass zunächst nur ein temporärer Bauchdeckenverschluss erfolgt und auf rekonstruktive Maßnahmen wie beispielsweise Anastomosen verzichtet wird. Stattdessen gehört beispielsweise das „*Packing*“, also das Ausfüllen des Bauchraumes mit Bauchtüchern als blutstillende Maßnahme, zu einer Maßnahme des „*Damage control*“ (Weigand MA et al., 2021).

Der Patient wird folglich zunächst durch eine intensivmedizinische Behandlung stabilisiert und eine rekonstruktive Reintervention wird im Verlauf erfolgen (Germanos S et al., 2008; Lee JC & Peitzman AB, 2006; Loveland JA, 2004; Rotondo MF, 1997).

1.2 Die kindliche Polytraumaversorgung ist in den internationalen Leitlinien nur unzureichend abgebildet

Laut dem statistischen Bundesamt sind in Deutschland im Jahr 2019 insgesamt 571 Kinder ab einem Jahr verstorben, davon verstarben 153 nach einem Unfall².

Laut „Eurostat“ (dem statistischen Amt der Europäischen Union) ist die Sterblichkeitsrate durch Verkehrsunfälle in den letzten Jahren zurückgegangen³.

Weltweit sterben jährlich etwa 1,35 Millionen Menschen an den Folgen von Verkehrsunfällen, und Kinder sind überproportional häufig betroffen, sodass weltweit jeden Tag etwa 500 Kinder bei Verkehrsunfällen sterben. In Summe beschreibt die *World Health Organization (WHO)*, dass jährlich 42.000 Kinder und Jugendliche unter 20 Jahren aufgrund eines Unfalls allein in der Europäischen Union sterben⁴.

Es gibt mehrere Studien und Fachartikel, die sich mit der Optimierung von Schockräumen für Kinder befassen. Eine umfassende Quelle für die Grundlagen ist die *APLS (Advanced Pediatric Life Support)* - Leitlinie, die viele internationale Richtlinien beeinflusst hat. Zudem gibt es Fachzeitschriften wie beispielsweise das "*Journal of Trauma and Acute Care Surgery*", die regelmäßig Studien zu diesem Thema veröffentlichen. So wurde 2023 durch Selesner et al. eine Richtlinie zur Notfallthorakotomie bei Kindern publiziert (Selesner et al., 2023).

Die Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie (DGKCH) hat spezifische Empfehlungen zur Versorgung von Kindern im Schockraum im Sinne einer S2K-Leitlinie herausgegeben. Sie betont die Notwendigkeit, dass jedes Teammitglied speziell für die pädiatrische Notfallversorgung geschult sein muss. Zudem fordert die DGKCH eine enge Zusammenarbeit zwischen den chirurgischen und intensivmedizinischen Teams. Es wird auch empfohlen, dass pädiatrische Schockräume in Level-1-Traumazentren zur Verfügung stehen, um eine optimale Versorgung sicherzustellen (Schmittbecher PP, 2020).

Die Letalität nach Polytraumata bei Kindern variiert je nach Region, Schwere des Traumas und Versorgungsstruktur erheblich. In Deutschland gab es im Zeitraum 2004 -

² Bundesministerium für Gesundheit- Prävention von Kinderunfällen:

<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/kindergesundheit/praevention-von-kinderunfaellen#:~:text=Kinderunfälle%20sind%20außerdem%20die%20häufigste,einem%20Unfall%20in%20Deutschland%20verstarben,aufgerufen%20am%2021.01.2025>

³ Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/de/>, aufgerufen am 20.01.2025

⁴European report on child injury prevention:

<https://iris.who.int/handle/10665/326500#:~:text=Every%20year%2C%20unintentional%20injuries%20kill,%2D%20and%20middle%2Dincome%20countries,aufgerufen%20am%2020.01.2025>

2013 laut statistischem Bundesamt 21,3% Sterbefälle bei Kindern in Folge eines Polytrauma⁵. Im Vergleich dazu liegt die Prozentzahl europaweit bei 24,5%.

1.3 Die kindliche Polytraumaversorgung unterscheidet sich zum Teil wesentlich von der Erwachsenenversorgung

Trauma-Klassifizierungsmodelle, diagnostische und therapeutische Optionen sowie chirurgische Techniken und intraoperative Überlegungen unterscheiden sich erheblich zwischen pädiatrischer und adulter Traumatologie (American College of Surgeons, 2018; Coccolini F, Montori G et al., 2017; Coccolini F, Fugazzola P et al., 2019 ; Mehall JR et al., 2001; Notrica DM et al., 2015; Schmittenbecher PP, 2020; St Peter SD et al., 2011). Trotz adäquater präklinischer Patiententriage und konsekutiver Zuweisung schwer verletzter pädiatrischer Patienten durch Rettungsdienste an erfahrenere Traumazentren höherer Versorgungsstufen sollten die Mitglieder der Traumateams aus Traumazentren jeder Versorgungsstufe die Behandlungsprinzipien pädiatrischer Traumata beherrschen und grundlegende Kenntnisse über deren Versorgung haben (Schmittenbecher PP, 2020; Strohm PC et al., 2017).

Die Versorgung eines schwerverletzten oder lebensbedrohlich erkrankten Kindes unterscheidet sich durchaus von der Versorgung eines erwachsenen Patienten, vor allem aufgrund der besonderen anatomischen, physiologischen und emotionalen Bedürfnisse von Kindern. Auch die Zusammensetzung des Schockraumes und die Vorgehensweise müssen deshalb anders gestaltet sein.

In der S2k-Leitlinie Polytraumaversorgung im Kindesalter ist beschrieben, dass das ärztliche Team aus einem Chirurgen, entweder Kinderchirurgen oder einem Traumatologen mit kindertraumatologischer Erfahrung, einem Anästhesisten und einem pädiatrischen Intensivmediziner bestehen sollte. Weiterhin sollte aber auch das pflegerische Team Erfahrung mit der Versorgung von Kindern mitbringen. Zusätzlich sollte das Team um einen Radiologen mit kinderradiologischer Erfahrung oder Kinderradiologen und einen Neurochirurgen erweitert werden können.

⁵ Unfälle, Gewalt, Selbstverletzung bei Kindern und Jugendlichen:
https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Gesundheitszustand-Relevantes-Verhalten/Publikationen/Downloads-Gesundheitszustand/unfaelle-gewalt-kinder-5230001149004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt aufgerufen am 19.01.2025

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Größenanpassung von Geräten wie Beatmungsgeräten, Monitoren und Infusionssystemen, da die physiologischen Parameter von Kindern (z.B. Herzfrequenz, Blutdruck) altersabhängig variieren (Schmittbecher PP, 2020).

Laut S2K-Leitlinie zur Polytraumaversorgung im Kindesalter sollte die Behandlung der Polytraumata bei Kindern in einem Zentrum erfolgen, welches Erfahrung mit pädiatrischen Patienten hat. Somit sei eine geringere Mortalität, sowie ein besseres Überleben bei schwerem SHT und weniger Organverlust bei einem abdominellen Trauma gegeben, denn laut Ingram et al. sind bei nur 17% aller Milz- und Leberläsionen im Kindesalter eine Intervention wie eine Embolisation, eine Splenektomie oder ein *Packing* notwendig (Ingram M-CE et al., 2016; Schmittbecher PP, 2020).

1.2.1 Knochen

Bei Kindern sind die Knochen flexibler und bestehen zu einem größeren Teil aus Knorpel, der noch nicht vollständig verknöchert ist. Die Wachstumsfugen (Epiphysenfugen) sind für das Längenwachstum entscheidend und bis zum Erwachsenenalter noch offen.

Dies erklärt die Komplexität fugen-naher Frakturen, welche zu relevanten Fehlstellungen und Wachstumsstörungen führen können. Schaftfrakturen bei Kindern sind oft grünholzartig, was bedeutet, dass der Knochen sich verbiegt, aber nicht komplett durchbricht (Schmittbecher PP, 2020; Speer CP et al., 2019).

1.2.3 Schädel und Gehirn

Bei Kindern, insbesondere Kleinkindern, ist der Kopf im Vergleich zum Rest des Körpers größer, was bei Stürzen oder Unfällen ein höheres Risiko für Kopfverletzungen mit sich bringt.

Kinder haben ein höheres Risiko für Gehirnerschütterungen und Schädel-Hirn-Traumata aufgrund der noch offenen Gehirnnähte.

Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) ist ein wichtiger Prognosefaktor bei einem polytraumatisierten Kind. Zur Beurteilung der Schwere des SHT eignet sich die pädiatrische GCS-Skala (Bassewitz C & Leutner A, 2020; Schmittbecher PP, 2020).

Falls sich in der CT-Bildgebung eine raumfordernde Blutung zeigt oder eine raumfordernde Fraktur, muss sofort chirurgisch gehandelt werden. Ebenso ist der klinische Befund entscheidend für die Indikationsstellung einer Operation. Beispielsweise muss man bei einer transtentoriellen Herniation sofort handeln. Falls das Kind stabil genug für einen Transport in den OP ist, sollte dieser unmittelbar erfolgen (Schmittenbecher PP, 2020).

Die Anlage einer ICP-Sonde zur Messung des Hirndruckes ist nur selten im Schockraum notwendig, beispielsweise falls eine präoperative Dekompression zum notwendigen Transport in den OP erfolgen muss (Schmittenbecher PP, 2020).

Das Schütteltrauma - „shaken baby syndrome“

Im Rahmen einer Kindesmisshandlung kann das Schütteln des Kindes und Kindskopfes zu schweren Subduralhämatomen führen, welche sich im Verlauf zu einem Hygrom entwickeln können. Typisch für dieses Syndrom sind retinale Einblutungen, welche sich im Verlauf zurückbilden. Falls der Kopf gegen einen harten Gegenstand aufprallt, kann es sogar zu einer Schädelfraktur kommen (Speer CP et al., 2019).

1.2.3 Thorax

Bei Säuglingen und Kleinkindern sind die Rippen noch fast horizontal angeordnet, was die Atemmechanik beeinflusst.

Kinder haben eine weniger ausgeprägte Brustmuskulatur im Vergleich zu Erwachsenen, was ebenfalls zu einem verminderten Schutz der Lunge und anderer thorakaler Organe führt. Kinder nutzen das Diaphragma stärker zur Atmung, weil ihre Brustwand und Rippen weniger effizient an der Atemarbeit teilnehmen. Dies hat direkte Auswirkungen bei Thoraxverletzungen, da Verletzungen im Bereich des Zwerchfells die Atmung besonders stark beeinträchtigen können (Speer CP et al., 2019).

Bei hämodynamischer Instabilität gilt auch hier, dass ein sofortiger operativer Eingriff erfolgen sollte. Wird nach Anlage einer Thoraxdrainage ein Hämatothorax festgestellt, muss die Fördermenge dokumentiert werden. Beträgt diese mehr als 40ml/kgKG/Tag und ist konservativ nicht weiter behandelbar, oder besteht eine nicht behandelbare Luftfistel, sollte eine Exploration zur Suche einer Blutungsquelle, beziehungsweise zur Behandlung einer Verletzung der Lunge erfolgen (Schmittenbecher PP, 2020).

Bei einem Kind gestaltet sich eine Drainageeinlage in Bülauposition durch eine Minithorakotomie schwierig, sodass eine Nadeldekompression oder eine Drainageeinlage durch Seldingertechnik meistens präferiert wird (Schmittenbecher PP, 2020). Die Größe der Drainage ist abhängig vom Alter und wird in *Charrière (Ch)* gemessen. Die Empfehlungen sind folgende (Anger F, 2022):

- <6 Monate: 10-14 Ch
- 6 Monate bis 2 Jahre: 16-20 Ch
- 3-6 Monate: 20-24 Ch
- 7-12 Jahre: 24-26 Ch

1.2.4 Abdomen

Bei Kindern ist der Bauch relativ zum restlichen Körper größer und runder. Dies gilt besonders für Kleinkinder und Säuglinge, bei denen der Bauch oft vorgewölbt ist (Speer CP et al., 2019).

Da das Fettgewebe weniger ausgeprägt ist, sind die inneren Organe bei Kindern direkter traumatischen Einwirkungen ausgesetzt, und es besteht ein höheres Risiko für innere Blutungen oder Organverletzungen bei stumpfen Bauchtraumata (Schmittenbecher PP, 2020).

Organe wie die Leber, Milz und Nieren durchlaufen im Kindesalter eine intensive Wachstumsphase und deren Kapsel ist zunächst elastischer und dicker als bei Erwachsenen, sodass Kapselrisse mit einhergehender Parenchymblutung schneller entstehen können.

Zu den häufigsten Ursachen für eine Milzlazeration im Kindesalter zählt der Verkehrsunfall. Die Kompression durch den Anschnallgurt oder auch Frakturen der kaudalen Rippen sind ursächlich für die Lazeration beim Kind. Eine weitere häufige Ursache ist der Sturz, wobei hier der Fahrradsturz, bei dem das Kind mit dem Bauch auf den Fahrradlenker fällt, ein klassisches Muster darstellt (Bassewitz C & Leutner A, 2020). Eine Operation wird in der Regel nur dann erwogen, wenn das Kind hämodynamisch instabil ist und die konservative Therapie nicht erfolgreich war. In diesen Fällen wird die Notwendigkeit eines Eingriffs auf Basis der Blutungskontrolle beurteilt (Schmittenbecher PP, 2020).

Der Milz *Trauma Management* Algorithmus für pädiatrische Patienten der *WSES* bietet Richtlinien zur Behandlung von Milzverletzungen bei Kindern. Dieser Algorithmus betont in der Regel eine nicht-operative Behandlung (NOM), wann immer möglich, da die Milz eine wichtige Rolle im kindlichen Immunsystem spielt. Der Algorithmus hilft bei der Entscheidungsfindung auf Grundlage des Verletzungsgrades, der hämodynamischen Stabilität des Patienten und dem Vorhandensein anderer Verletzungen (Coccolini F, Montori G et al., 2017; Linet et al., 1996).

WSES Management Algorithmus für Kinder mit Milzverletzungen:

Hämodynamisch stabile Patienten

Die Nicht-operative Behandlung (NOM) wird bevorzugt: Unabhängig vom Verletzungsgrad (I-V) ist die erste Behandlungsoption bei stabilen Kindern die nicht-operative Therapie. Es erfolgt eine Überwachung auf einer Intensivstation und es werden regelmäßige körperliche Untersuchungen durchgeführt, um Anzeichen von Bauchschmerzen oder Zustandsverschlechterung zu beobachten.

Bildgebende Verlaufskontrollen sollten nur bei klinischer Verschlechterung erfolgen, routinemäßige Wiederholungs-Computertomographien sind nicht notwendig.

Hämodynamisch instabile Patienten

Angioembolisation: Diese ist empfohlen bei anhaltenden, aber nicht lebensbedrohlichen arteriellen Blutungen.

Chirurgische Intervention (Splenektomie): Bei anhaltender Instabilität oder schwerer Verletzung, die durch Angioembolisation nicht behoben werden kann, ist eine Operation notwendig (Coccolini F, Montori G et al., 2017).

1.3. Die *World Society of Emergency Surgery*

Die *World Society of Emergency Surgery (WSES)* ist eine internationale Organisation, die sich der Förderung der Notfallchirurgie widmet. Sie wurde gegründet, um Chirurgen und andere medizinische Fachkräfte, die in der Versorgung von Notfällen und Traumata arbeiten, weltweit zusammenzubringen. Die WSES verfolgt das Ziel, die Qualität der Versorgung in der Notfallchirurgie zu verbessern und den Wissensaustausch unter Fachleuten zu fördern⁶. Weitere Ziele sind die Standardisierung von Protokollen, Publikationen und eine globale Zusammenarbeit.

1.4. Die internationale Erfassung der Polytraumaversorgung von Kindern

Pädiatrische Polytraumata sind ein globaler Schwerpunkt, deren Erfassung wird durch verschiedene internationale Initiativen und Organisationen adressiert. Die WSES, aber auch die *World Health Organization* und das *American College of Surgeons* haben Richtlinien für die Polytraumaversorgung bei Kindern entwickelt. Mehrere Länder haben spezifische Register und Erfassungssysteme zur Überwachung und Verbesserung der Versorgung etabliert. Beispiele dafür sind das Traumaregister DGU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie) in Deutschland, die *NTDB (National Trauma Data Bank)* in den USA oder die *TARN (Trauma Audit & Research Network)* in Großbritannien.

Insgesamt ist die internationale Erfassung von Polytraumata bei Kindern ein wichtiger Aspekt der weltweiten Gesundheitsversorgung. Diese Promotionsarbeit beruht auf einer Beauftragung durch die WSES, der unten genannten Fragestellung und Hypothese durch eine Befragung der WSES-Teilnehmer nachzugehen.

⁶The World Society of Emergency Surgery: wses.org.uk, aufgerufen am 21.01.2025

1.5. Fragestellung und Hypothese

Eine fundierte Kenntnis der Prinzipien der pädiatrischen Traumaversorgung bzw. die Einbeziehung spezialisierter Kinderchirurgen in multiprofessionelle Behandlungsüberlegungen bei schwerverletzten Kindern führt nicht nur zu einer geringeren Mortalität, sondern auch zu geringeren Raten an (unnötigen) Operationen und konsekutiv höheren Raten an organerhaltender Therapie, wie es anhand von posttraumatischen Splenektomien gezeigt werden konnte (Choi PM et al., 2016; Hall JR et al., 1996; Ingram M-CE et al., 2016; Osler TM et al., 2001; Potoka DA et al., 2000; Schmittenebecher PP, 2020; Strohm PC et al., 2017; Stylianos S, 2005).

Es ist jedoch weiterhin unklar, wie die Notfallversorgung eines schwer verletzten Kindes ablaufen sollte. Während es für erwachsene Traumapatienten klare Empfehlungen und Leitlinien gibt, fehlen derzeit evidenzbasierte Leitlinien oder umfassend anwendbare Empfehlungen für das pädiatrische Traumamanagement. Pädiatrische Traumasituationen werden von den aktuellen Traumaleitlinien nicht oder nur unzureichend abgedeckt (American College of Surgeons, 2018; Coccolini F, Montori G et al., 2017; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2022; Schmittenebecher PP, 2020).

Innerhalb der *World Society of Emergency Surgery* wurde großer Bedarf gesehen, die kindliche Traumaversorgung international zu erfragen.

Diese internationale Studie beschäftigt sich mit verschiedenen Fragestellungen zu folgenden Themenkomplexen

- strukturelles *Management* pädiatrischer Traumata in Zentren unterschiedlicher Versorgungsstufen
- Erfahrungen mit bzw. Notwendigkeit von strukturierten Ausbildungsprogrammen für das chirurgische pädiatrische Traumamanagement.
- Zugehörigkeiten und Erfahrungen verschiedener Notfalleingriffe
- Verbesserungsmöglichkeiten für die Versorgung pädiatrischer Traumata weltweit in Zukunft

2. Material und Methoden

2.1 Adressaten

Eine *Online*-Umfrage wurde von einer interdisziplinären Gruppe der WSES entworfen und innerhalb des *Steering committees* geprüft. Als Plattform für die Umfrage wurde *Google Forms* (Google LLC, Mountain View, Kalifornien, USA) verwendet. Hiernach wurde diese Querschnittsstudie im Oktober 2021 an die internationalen WSES-Mitglieder per *E-Mail* verschickt. Die Umfrage wurde im März 2022 abgeschlossen.

Die Umfrage wurde in Anlehnung an die *Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES)* - Erklärung konzipiert, durchgeführt, die Ergebnisse analysiert und berichtet. Die *CHERRIES* ist ein standardisiertes Instrument, das dazu dient, die Qualität und Transparenz von Online-Umfragen zu verbessern. Die Checkliste enthält Empfehlungen zu Aspekten wie ethische Überlegungen, der Datenvereinbarung, etc. (Eysenbach G, 2004).

2.2 Design der Umfrage

Die Umfrage wurde kurz gestaltet, sodass die Beantwortung der Frage in etwa 10 Minuten dauert, um die Wahrscheinlichkeit eines Abbruchs aufgrund fehlender Zeit oder fehlendem Interesse möglichst gering zu halten.

Die Umfrage besteht aus 24 *Single-Choice*-Fragen sowie einer Frage mit offener Antwortmöglichkeit. Die Fragen können in fünf thematische Abschnitte untergliedert werden:

- Erfassung der Charakteristika der Befragten und der ihnen assoziierten Krankenhäuser, Fragen 1-3
- Volumen des lokalen pädiatrischen Traumazentrums, Fragen 4-6
- Individuelle Kapazitäten und Infrastruktur für die pädiatrische Traumaversorgung und die allgemeine chirurgische Notfallversorgung bei Kindern, Fragen 7-12
- Zusammensetzung des krankenhausinternen Traumateams, klinische Behandlungspfade und Teamtraining für die pädiatrische Trauma- und chirurgische Notfallversorgung bei Kindern, Fragen 13-20

- Individuelle Erfahrungen mit der pädiatrischen Trauma- und chirurgischen Notfallversorgung bei Kindern in Abhängigkeit vom Alter der Patienten, Fragen 21-25

2.3 Statistische Auswertung

Nach Abschluss der Umfrage wurden die Ergebnisse extrahiert und auf Duplikate überprüft. Darüber hinaus wurden die Antworten der beteiligten hinsichtlich der Größe der angeschlossenen Krankenhäuser unterteilt in ≤ 500 stationäre Betten und > 500 stationäre Betten, um einen Vergleich der Befragungsergebnisse zu ermöglichen und die aktuelle Versorgungssituation in der pädiatrischen Traumachirurgie hinsichtlich des individuellen Krankenhausvolumens zu interpretieren.

Statistische Analysen wurden mit *GraphPad Prism* (Version 9 für Windows, GraphPad Software, San Diego, CA, USA, www.graphpad.com) durchgeführt. Der Zweigruppenvergleich kategorialer Daten erfolgte mit dem exakten *Fisher*-Test oder dem *Pearson Chi-Quadrat*-Test. P-Werte $\leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant betrachtet.

2.4 Ethikantrag

Die Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität Gießen stellte fest, dass aufgrund der Sachlage der Durchführung einer internationalen Umfrage unter Medizinern (vornehmlich Chirurgen), die sich mit notfallmäßigen Eingriffen beschäftigen, kein Votum der Ethikkommission erforderlich ist, da keine Patientendaten abgefragt wurden. Dies wurde am 17.05.2022 bestätigt. (siehe Anlage)

3. Ergebnisse

3.1 Charakteristika der Teilnehmer und ihrer zugehörigen Krankenhäuser

133 Mediziner aus 34 Ländern (5 Kontinenten) haben an der Umfrage teilgenommen. Die meisten Teilnehmer arbeiten in größeren Krankenhäusern mit mehr als 500 Betten (72,9%) (Abbildung 3) mit dem Äquivalent eines Level-1- oder Level-2-Traumazentrums (82,0%) (Abbildung 4), welche vom *American College of Surgery (ACS)* und der *American Trauma Society (ATS)* als erfahrene und maximalversorgende Traumazentren definiert sind ¹. Die überwiegende Mehrheit der Befragten stammte aus der Allgemein- und Abdominalchirurgie (80,5%) (Abbildung 2) und war mit 77,4% in der überwiegenden Anzahl Fachärzte (Abbildung 1).

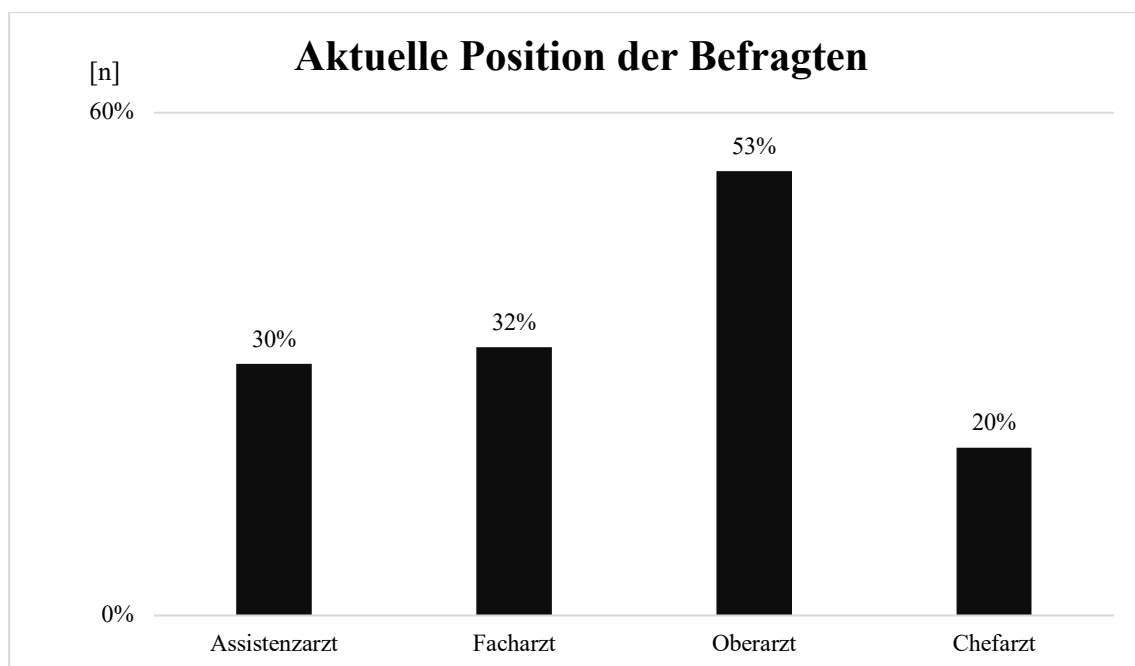


Abbildung 1: Charakteristika der Umfrageteilnehmer - Die aktuelle Position der Antwortenden.

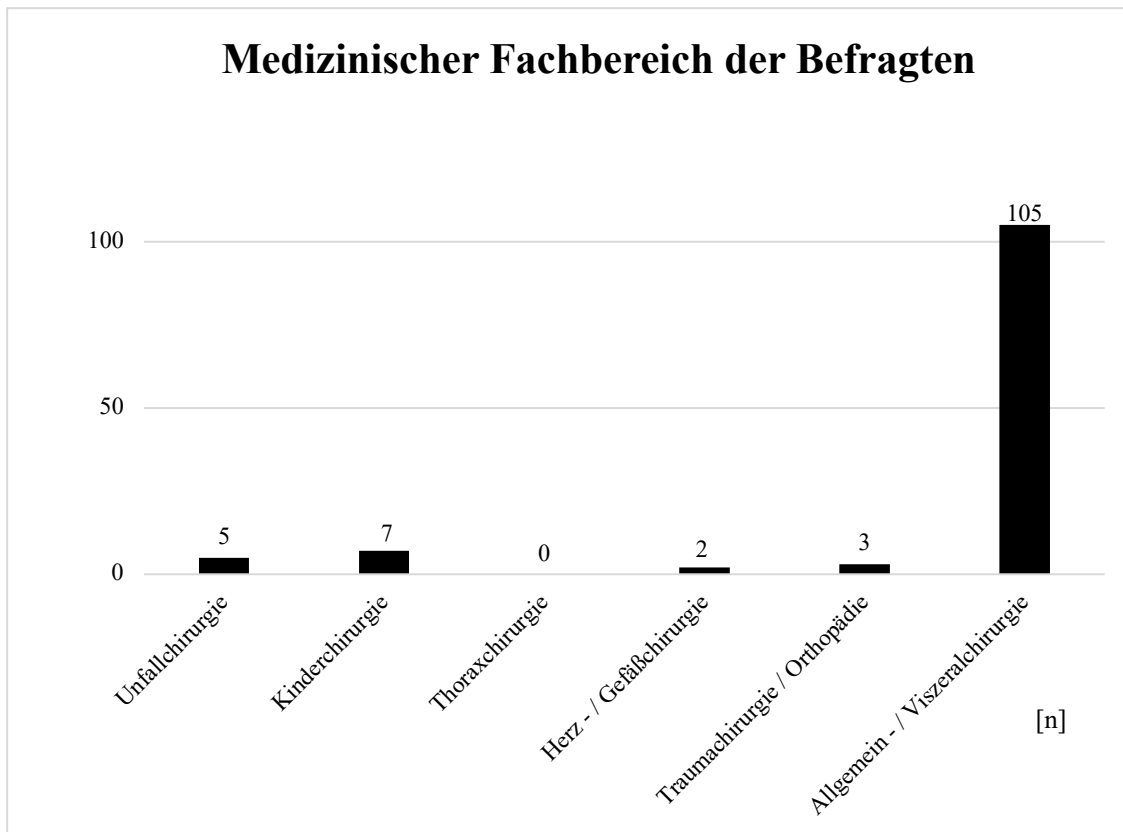


Abbildung 2: Charakteristika der Umfrageteilnehmer - Der medizinische Beruf der Antwortenden.

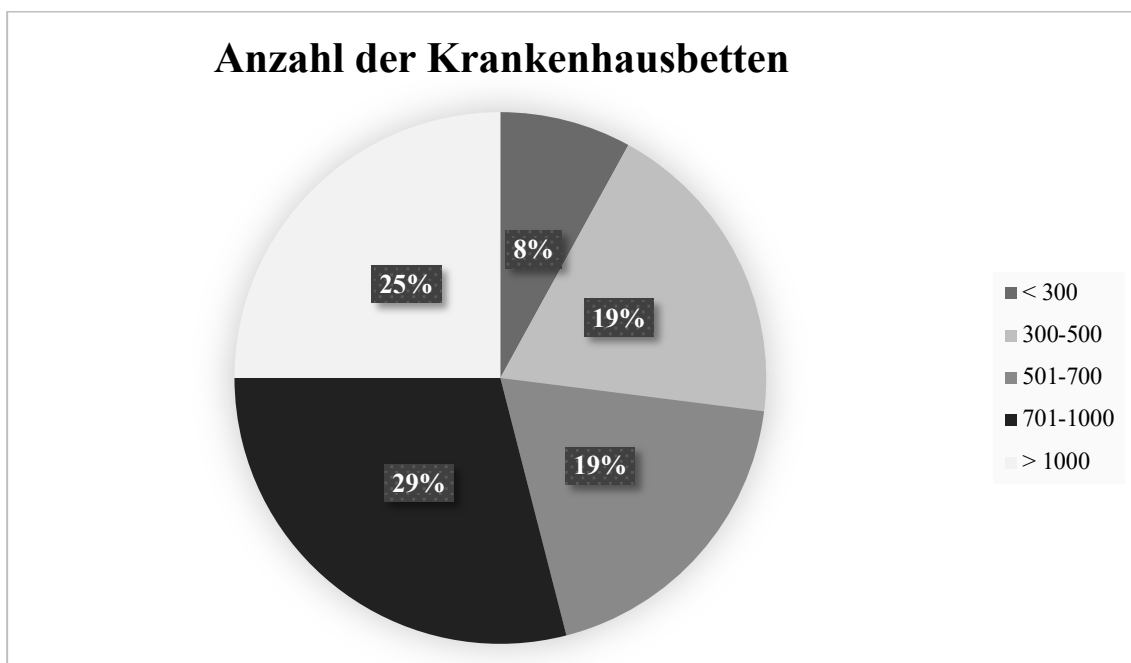


Abbildung 3: Merkmale der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser - Die Größe der zugehörigen Krankenhäuser.

Klassifikation der Traumazentrum

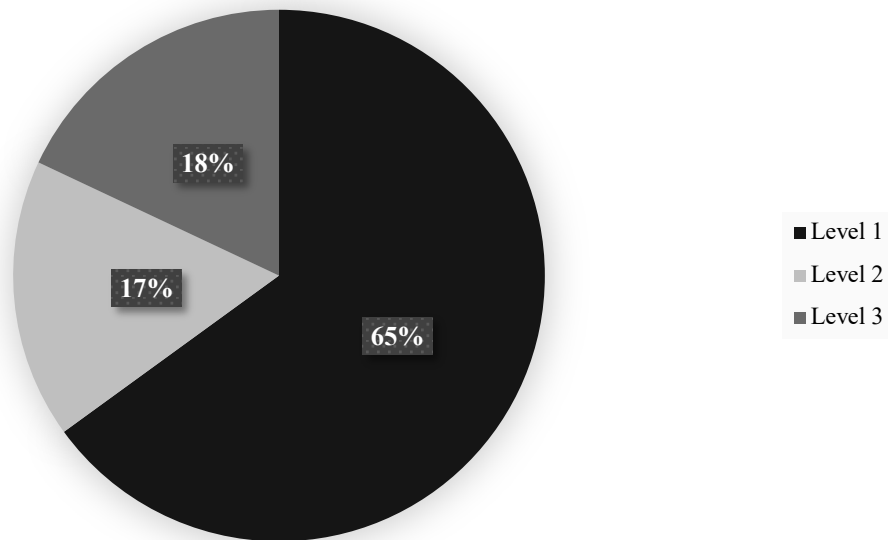


Abbildung 4: Merkmale der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser - Das Niveau der Traumazentren von I bis III. Die Stufe der Traumazentren wurde gemäß der aktuellen Definition des American College of Surgeons und der American Trauma Society definiert (American College of Surgeons, 2014)¹.

3.2 Individuelle Infrastruktur für pädiatrische Trauma- und chirurgische Notfallversorgung

Die medizinische Versorgung von Kindern jeden Alters wurde von 74,4% der zugehörigen Krankenhäuser angeboten. Lediglich 5,3% der Krankenhäuser nehmen nicht an der pädiatrischen Notfallversorgung teil (Abbildung 5). In den meisten anderen Krankenhäusern war die Möglichkeit, pädiatrische Patienten zu behandeln, vom Alter der Patienten abhängig. Es verfügten 41,4 % bzw. 44,4 % der Krankenhäuser nicht über eine allgemeine pädiatrische Intensivstation oder über eine Neugeborenen-Intensivstation (Abbildung 6 und 7). Wenn jedoch eine pädiatrische Intensivstation vorhanden war, war in den meisten Fällen auch die Intensivtherapie von Neugeborenen möglich. Allerdings sind Kinderintensivkapazitäten deutlich limitiert. Umfrageteilnehmer haben nur selten angegeben, dass in deren zugehörigen Krankenhäusern pädiatrische Intensivstationen mit mehr als 10 Betten vorhanden waren. (Abbildung 6).



Abbildung 5: Infrastruktur für die Versorgung kritisch kranker pädiatrischer Patienten. Die meisten Krankenhäuser bieten medizinische Versorgung für Kinder an.

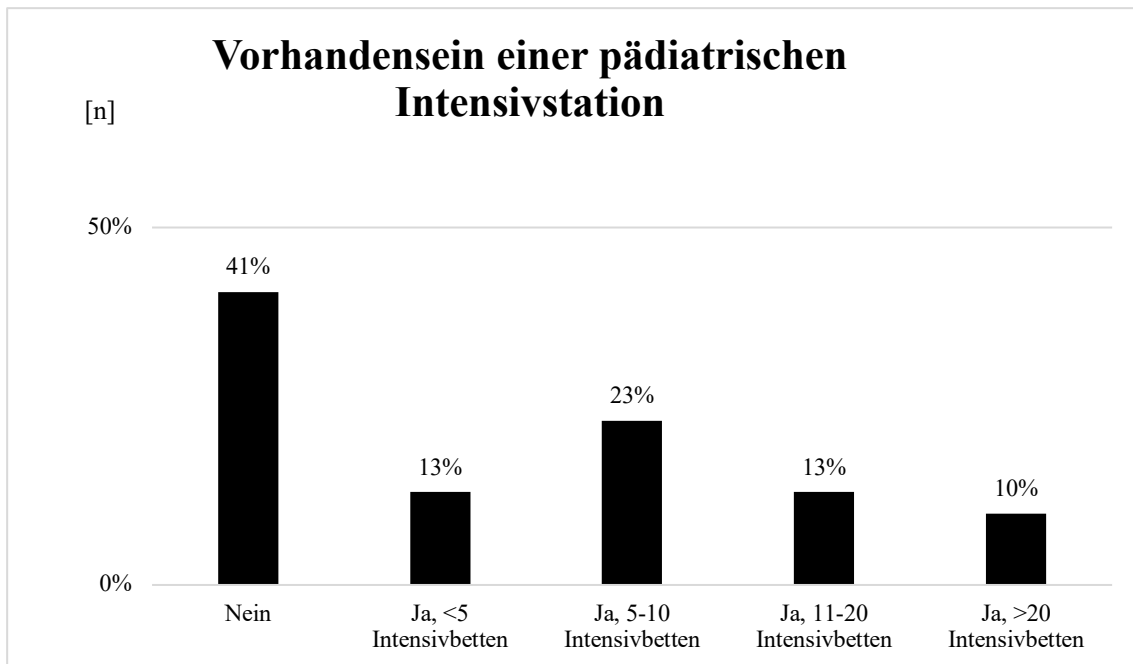


Abbildung 6: Signifikant weniger Umfrageteilnehmer hatten Erfahrung mit der Behandlung von schwerverletzten Kindern unter 5 Jahren (b , $p = 0,0014$ versus 5-10 Jahre).

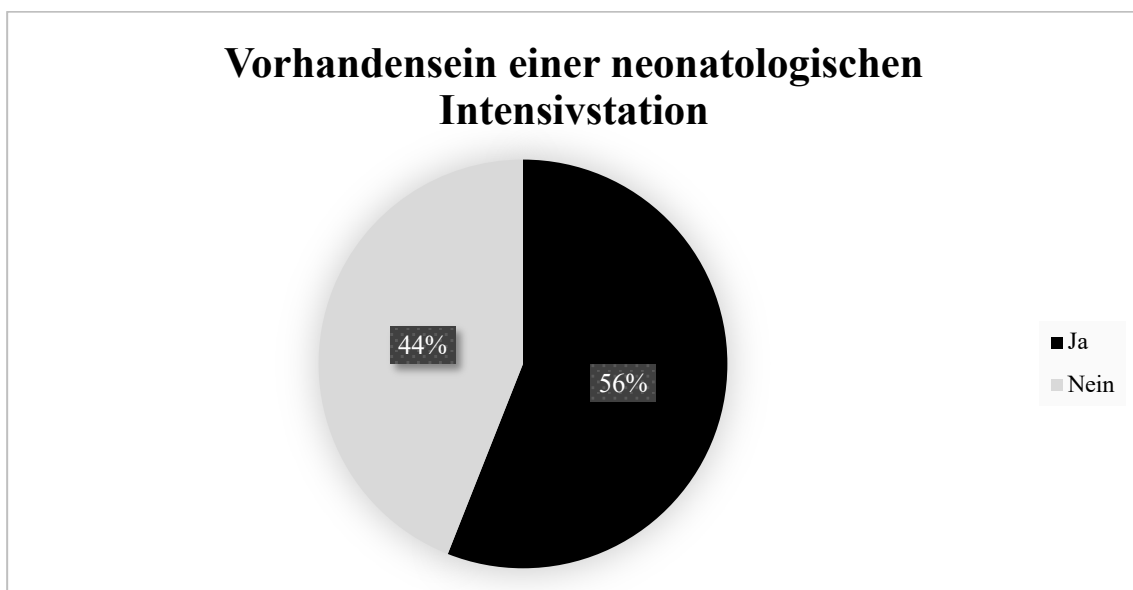


Abbildung 7: Etwa die Hälfte der Krankenhäuser verfügt nicht über eine Neugeborenen-Intensivstation.

Volumen der pädiatrischen Notfallversorgung

In der überwiegenden Anzahl der Krankenhäuser erfolgte die Behandlung einer kleinen Anzahl (1-25 pro Jahr) von schwer verletzten Kindern unter 12 Jahren. Ein sehr hohes Notfallaufkommen von schwerverletzten Kindern wurde lediglich von der Minderheit der Befragten berichtet (Abbildung 8). Somit nahm die Erfahrung mit schwer verletzten Kindern mit dem Alter der Patienten dramatisch ab: Während 63,2% der Teilnehmer Erfahrungen mit der chirurgischen Traumaversorgung bei Kindern im Alter von 5-10 Jahren hatten, sank dieser Anteil bei Kindern unter 5 Jahren auf 42,9% ($p=0,0014$) (Abbildung 9).

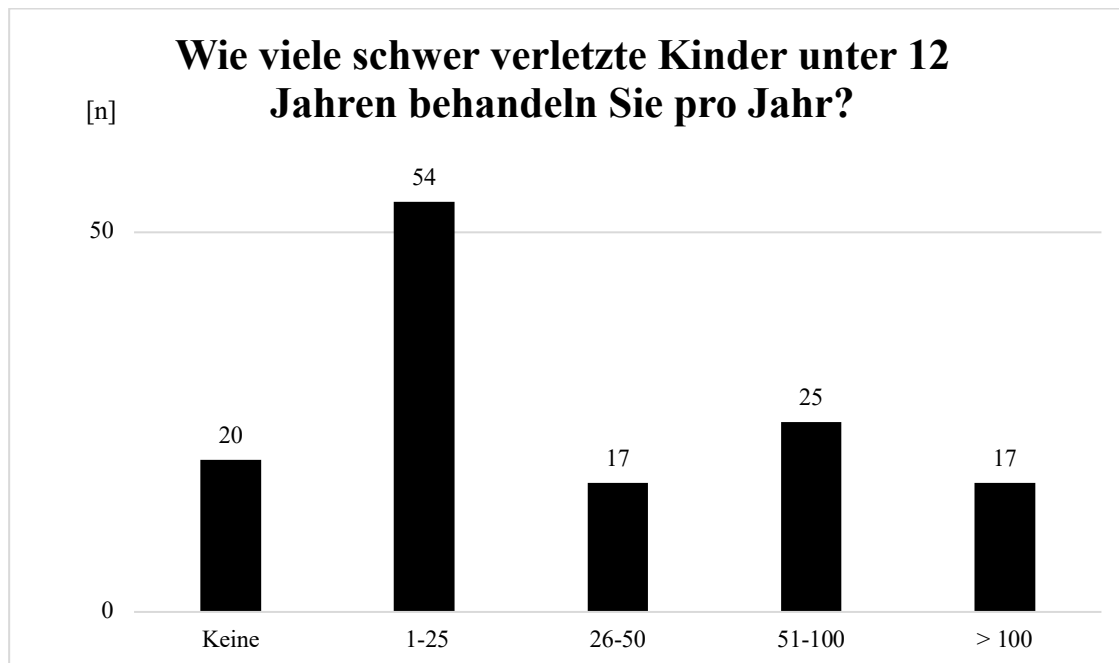


Abbildung 8: Individuelle und institutionelle Erfahrungen in der pädiatrischen Traumaversorgung der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser. Die Größe der Krankenhäuser in Bezug auf die Versorgung von schwerverletzten Kindern unter 12 Jahren.

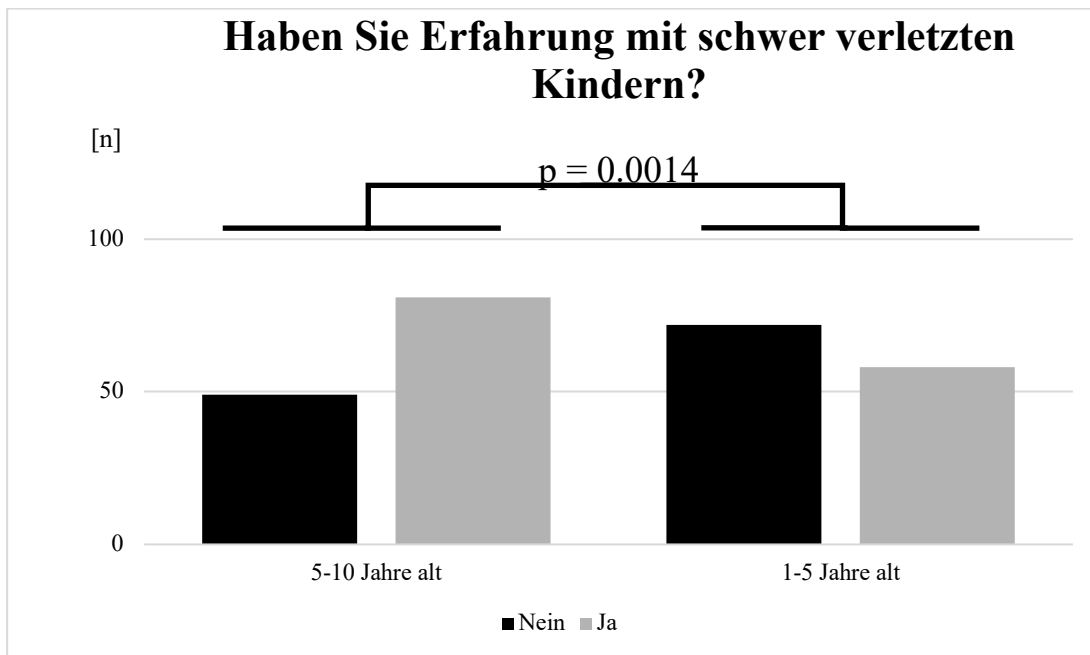


Abbildung 9: Signifikant weniger Umfrageteilnehmer hatten Erfahrung in der Behandlung von schwerverletzten Kindern unter 5 Jahren ($b, p = 0,0014$ versus 5-10 Jahre).

Angesichts dieser Situation arbeiteten 57,9% bzw. 42,9% der Umfragebeteiligten bei der Behandlung schwer verletzter Kinder entweder mit spezialisierten Kinderchirurgen des eigenen Krankenhauses (Abbildung 10) oder in Kooperation mit Kinderchirurgen anderer Krankenhäuser zusammen (Abbildung 11).

Gibt es in Ihrem Krankenhaus einen Facharzt für Kinderchirurgie?

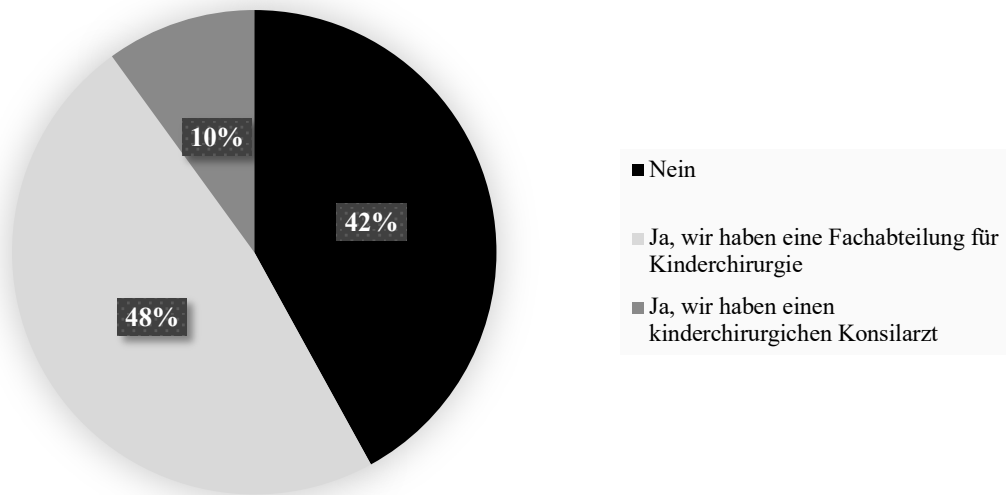


Abbildung 10: Verfügbarkeit eines Facharztes für Kinderchirurgie im Krankenhaus.

Kooperiert Ihr Krankenhaus mit einer kinderchirurgischen Klinik?

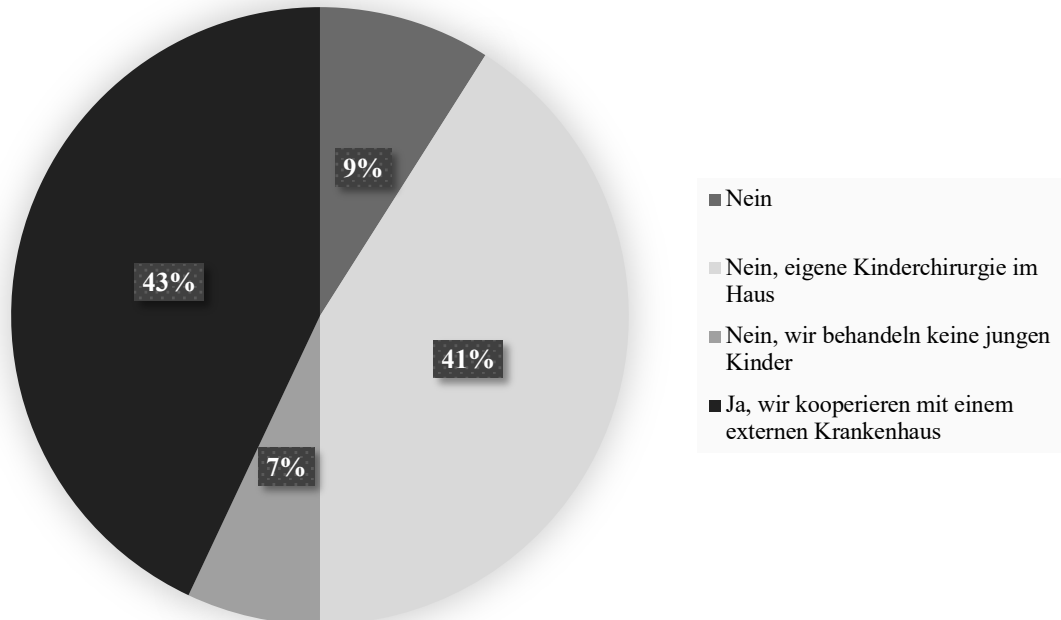


Abbildung 11: Verfügbarkeit einer Abteilung für Kinderchirurgie.

3.3 Teambildung und Teamtraining für die kinderchirurgische Notfallversorgung

Die Struktur der krankenhauses-internen Traumateams wurde von den Umfrageteilnehmern sehr unterschiedlich angegeben. Ein Drittel der Teilnehmer gab an, dass sowohl Kinderärzte als auch Kinderchirurgen zum versorgenden Team der schweren pädiatrischen Polytraumata gehören, unabhängig vom Alter der Patienten. Bei den restlichen Umfrageteilnehmern konnte die Zusammensetzung dieser Teammitglieder in Abhängigkeit von Verletzungsmuster oder von Tages- bzw. Nachtzeit variieren. (Abbildung 12).

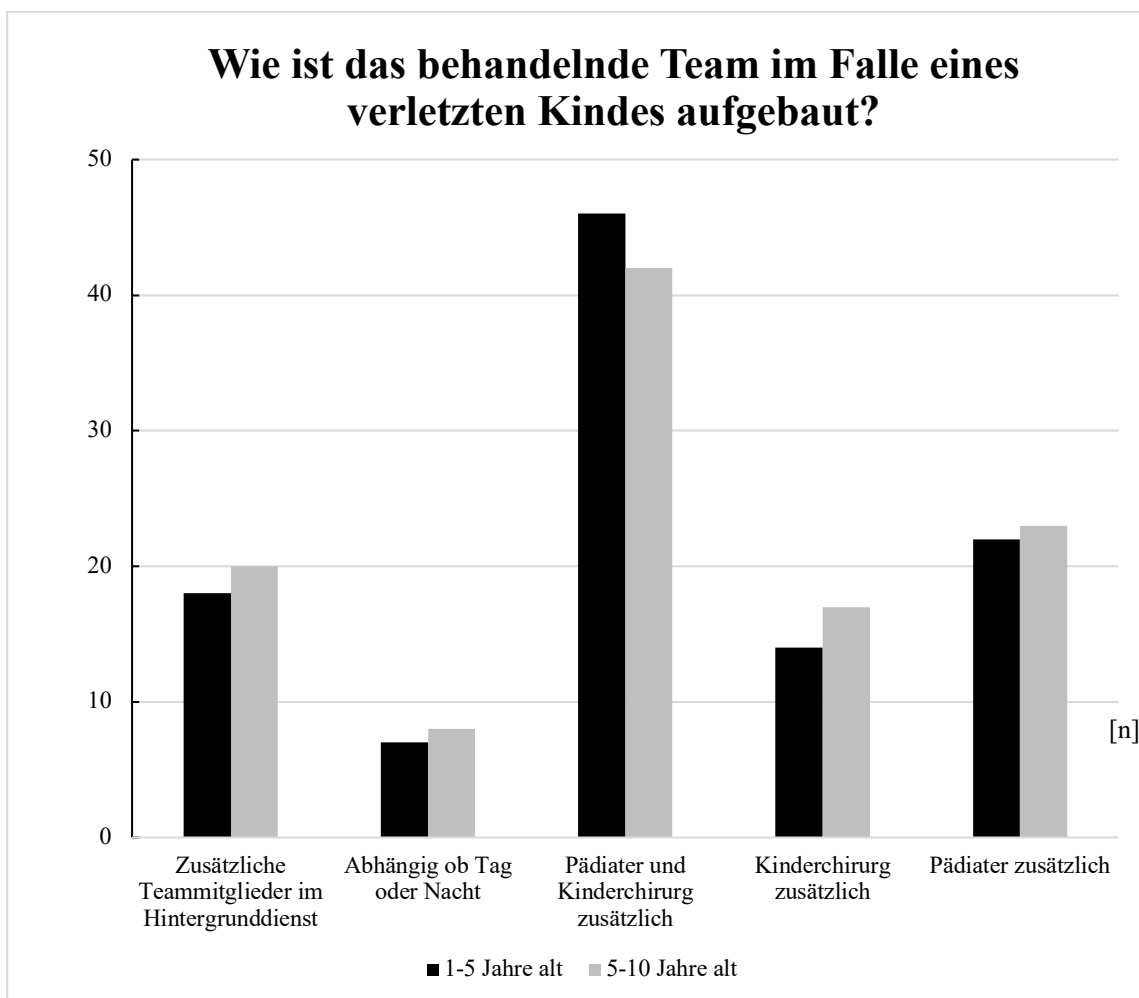


Abbildung 12: Zusammensetzung des behandelnden Teams in pädiatrischen Notfallsituationen.

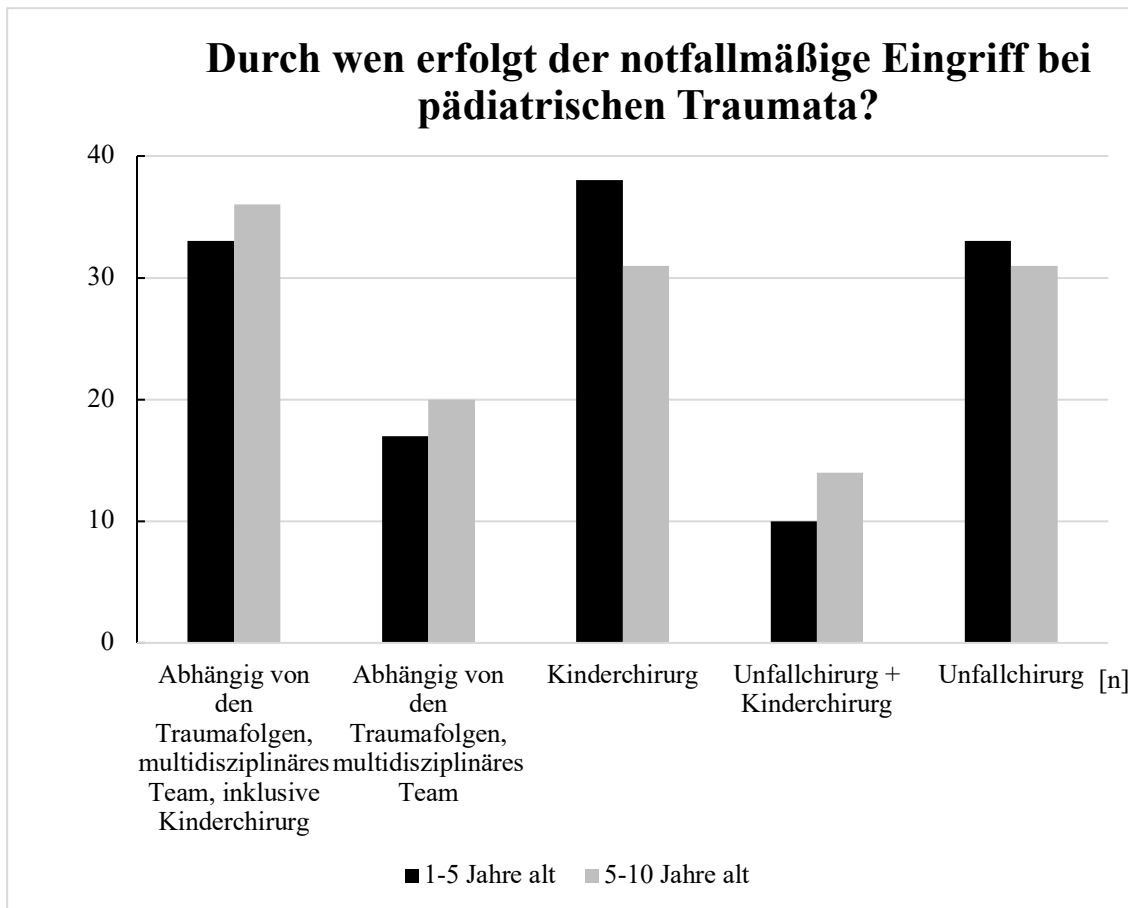


Abbildung 13: Zusammensetzung des operativen Teams in pädiatrischen Notfallsituationen.

Ähnliche Umfrageergebnisse ergaben sich bei der Frage „Durch wen erfolgt die notfallmäßige Operation der Kindertraumata im Alter von unter 10 oder 5 Jahren?“ Während etwa ein Viertel der Umfrageteilnehmer angaben, dass notfallmäßige chirurgische Eingriffe bei pädiatrischen Traumatpatienten entweder von spezialisierten „Emergency surgeons“ oder von Kinderchirurgen durchgeführt werden, war bei der Hälfte der Krankenhäuser ein multidisziplinäres Team zuständig, zu dem auch ein Facharzt für Kinderchirurgie gehörte. (Abbildung 13).

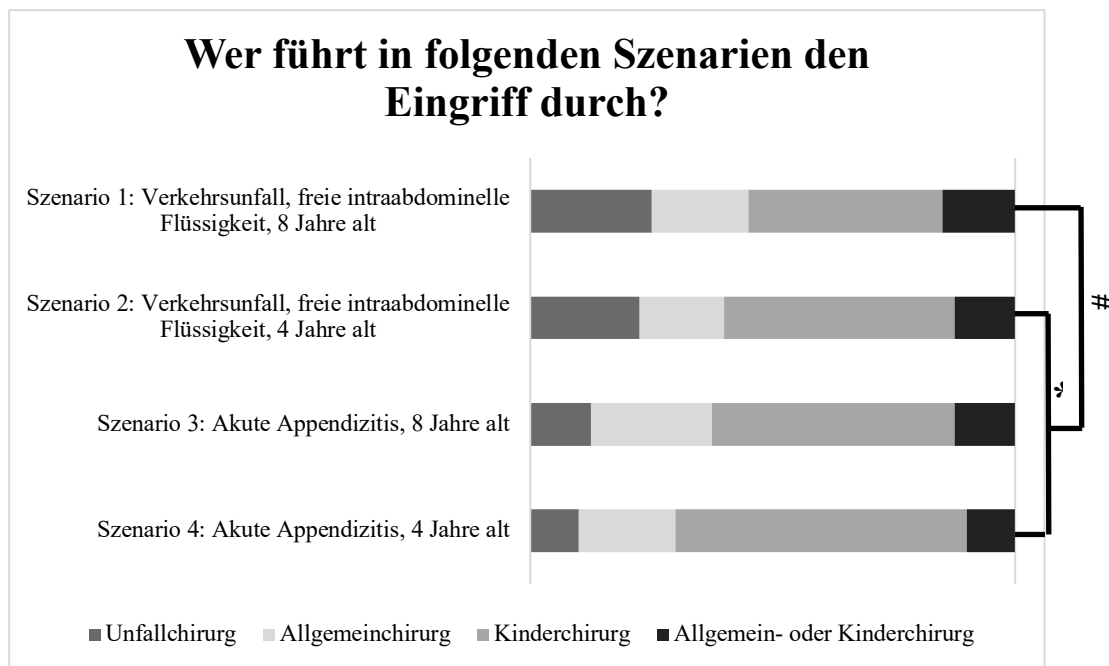


Abbildung 14: Szenarien: Traumachirurgie versus Appendizitis bei Kindern unterschiedlichen Alters. * bedeutet $p = 0,0210$. # bedeutet $p = 0,0485$.

Im Vergleich zur chirurgischen Therapie der akuten Appendizitis als eine chirurgische Standardprozedur, sind die möglichen Vorgehensweisen bei intraabdomineller Flüssigkeit nach einem Verkehrsunfall sehr variabel. Die Konstellation der chirurgischen Teams ist nicht von dem Alter der verletzten Kinder abhängig, anders als bei der Behandlung der akuten Appendizitis im Kindesalter. (Abbildung 14)

Allerdings fühlt sich die große Mehrheit der Teilnehmer an der vorliegenden Umfrage (80,2%) nicht ausreichend auf die (chirurgische) Behandlung schwer verletzter Kinder vorbereitet, und 64,3% gaben an, dass dringend eine spezielle Ausbildung in der pädiatrischen Traumaversorgung und Notfallchirurgie von Kindern erforderlich ist (Abbildung 15 und 16).

Hatten Sie eine Fortbildung für die pädiatrische Traumaversorgung?

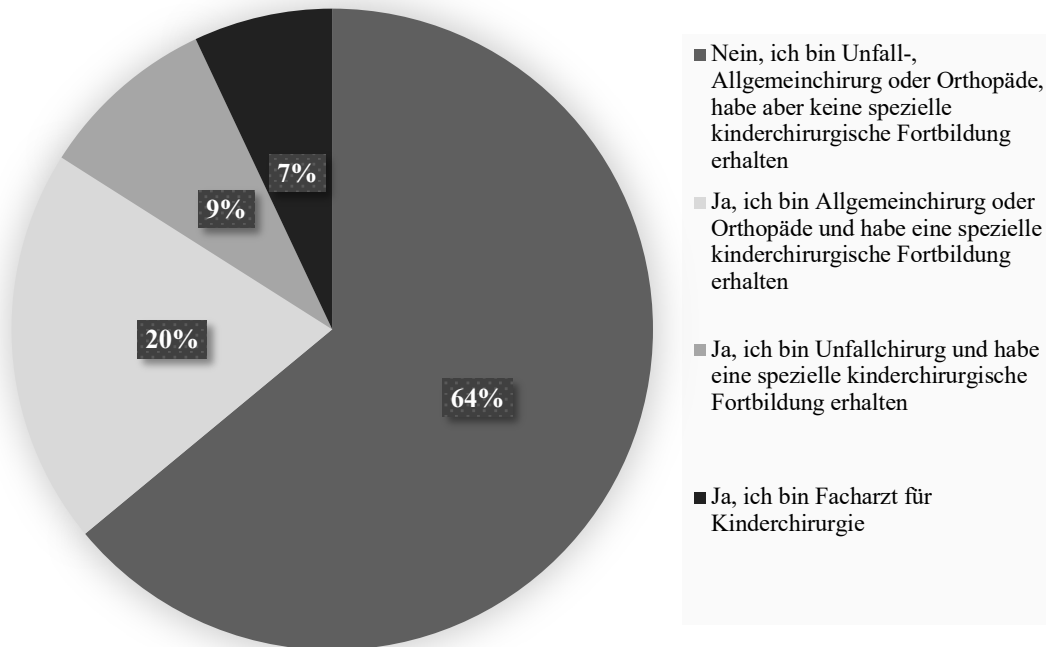


Abbildung 15: Vorbereitung auf die Versorgung schwerverletzter pädiatrischer Patienten. Die Mehrheit der Umfrageteilnehmer hat weder eine spezielle Ausbildung in pädiatrischer Notfallchirurgie erhalten (Abbildung 15) noch fühlt sie sich ausreichend auf die Versorgung und chirurgische Behandlung von schwerverletzten pädiatrischen Traumapatienten vorbereitet (Abbildung 16).

Denken Sie, dass Sie für die Versorgung schwer verletzter Kinder vorbereitet sind?

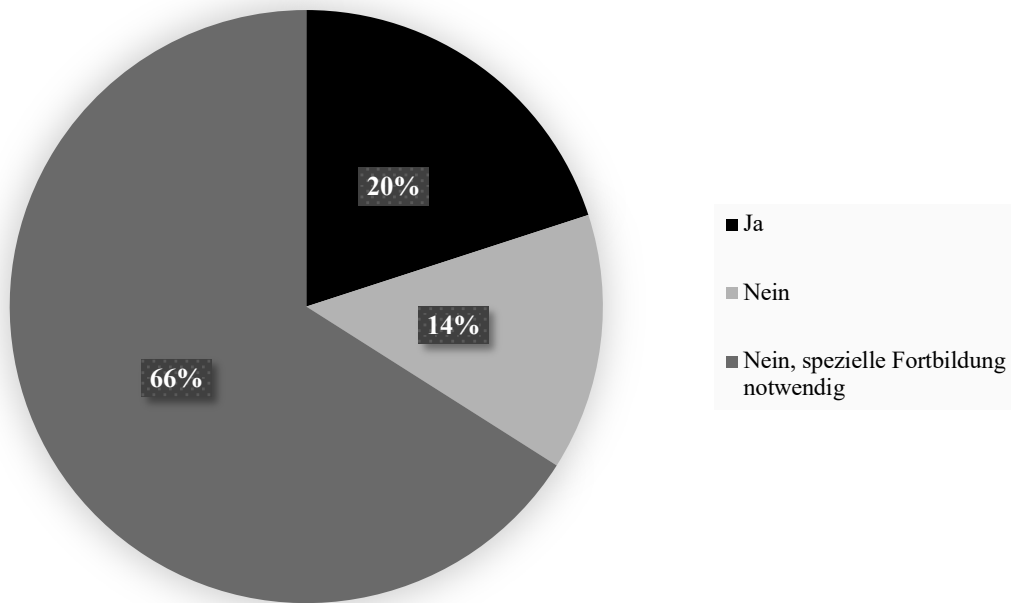


Abbildung 16: Vorbereitung auf die Versorgung schwerverletzter pädiatrischer Patienten. Die Mehrheit der Notfallchirurgen weltweit hat weder eine spezielle Ausbildung in pädiatrischer Unfallchirurgie erhalten (Abbildung 15) noch fühlt sie sich ausreichend auf die Versorgung und chirurgische Behandlung von schwerverletzten pädiatrischen Traumapatienten vorbereitet (Abbildung 16).

3.4 Auswirkungen der Krankenhausgröße auf die pädiatrische Notfall- und Traumaversorgung

Die Krankenhausgröße wurde bezogen auf die Anzahl der stationären Betten stratifiziert. 36 (27,1%) der Befragten waren Mitarbeiter in kleineren Krankenhäusern mit ≤ 500 stationären Betten, und 97 (72,9%) in größeren Krankenhäusern mit > 500 stationären Betten. Größere Krankenhäuser waren häufiger ein Level 1 Traumazentrum als kleinere Krankenhäuser (77,3% gegenüber 33,3%; $p < 0,0001$), und verfügten über eine ausgedehntere pädiatrische intensivtherapeutische Infrastruktur ($p < 0,0001$). Obwohl nicht signifikant, war die Behandlung von Kindern aller Altersgruppen in größeren Krankenhäusern tendenziell häufiger durchführbar (58,3% gegenüber 80,4%, $p = 0,0938$); jedoch war die geschätzte Fallzahl von schwer verletzten Kindern unter 12 Jahren in größeren Krankenhäusern deutlich höher ($p = 0,0009$). Außerdem verfügte die Mehrheit der größeren Krankenhäuser entweder über eine eigenständige Abteilung für Kinderchirurgie oder zumindest über einen Facharzt für Kinderchirurgie (22,2% gegenüber 71,1%, $p < 0,0001$, Tabelle 4).

Tabelle 4: Spektrum und Fachwissen im Hinblick auf die Größe und den Umfang der zugehörigen Krankenhäuser.

Nach Definition American College of Surgery and American Trauma Society, k.A. = keine Antwort, * signifikanter Unterschied ($p \leq 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

Items (Frage & Antwort)	≤ 500 Krankenhausbetten n=36 (27.1%)		> 500 Krankenhausbetten n=97 (72.9%)		p-Wert
	n (%)	k.A.	n (%)	k.A.	
Traumazentrum #		0		0	p<0.0001
Level 1	12		75		
Level 2	13		9		
Level 3	11		13		
Kann Ihr Krankenhaus medizinische Behandlung für Kinder anbieten?		0		0	p=0.0938
Nein	2		5		
Ja (0-18 Jahre)	21		78		
Ja, im Alter von 4-18 Jahren	3		4		

Ja, im Alter von 8-18 Jahren	1		1		
Ja, im Alter von 12-18 Jahren	9		9		
Besitzt Ihr Krankenhaus eine pädiatrische Intensivstation?		0		0	p<0.0001
Nein	26		29		
Ja, < 5 Intensivbetten	8		11		
Ja, 5-10 Intensivbetten	1		28		
Ja, 11-20 Intensivbetten	1		17		
Ja, > 20 Intensivbetten	0		12		
Wie viele schwer verletzte Kinder unter 12 Jahren behandeln Sie pro Jahr?		0		1	p=0.0009
Keine	7		12		
1-25	24		31		
26-50	1		16		
51-100	2		22		
> 100	2		15		
Gibt es in Ihrem Krankenhaus einen Facharzt für Kinderchirurgie?		0		0	p<0.0001
Nein	28		28		
Ja, eigener Fachbereich	3		61		
Ja, kinderchirurgischer Konsilarzt	5		8		
Haben Sie Erfahrung mit schwer verletzten Kindern?		0		0	p=0.0086
5-10 Jahre alt					
Nein	20 *		29*		
Ja	16		68		p=0.0002
1-5 Jahre alt					
Nein	30*		46*		
Ja	6		51		

Selbst Umfrageteilnehmer, die in der chirurgischen Notfall- und Traumaversorgung spezialisiert sind, gaben an, dass sie keine ausreichenden Erfahrungen mit schwerverletzten Kindern haben. Diese Situation zeigte sich für Traumapatienten jüngeren Alters und vor allem bei Teilnehmern aus kleineren Krankenhäusern aggraviert (Tabelle 4 und 5).

Tabelle 5: Vorbereitung für pädiatrische Traumata der Ärzte in Bezug auf die Größe des zugehörigen Krankenhauses.

k.A. = keine Antwort.

Items (Frage & Antwort)	≤500 Krankenhausbetten n=36 (27.1%)		>500 Krankenhausbetten n=97 (72.9%)		p-Wert
	n (%)	k.A.	n (%)	k.A.	
Haben Sie eine spezielle Fortbildung für die Notfallversorgung von Kindern erhalten?		1		3	p=0.0075
Nein	29		54		
Ja	6		40		
Fühlen Sie sich für die Versorgung schwer verletzter Kinder gut vorbereitet?		1		1	p=0.0024
Nein	34		71		
Ja	1		25		

Auch in der Zusammensetzung der Notfallteams und der chirurgischen Teams konnten Unterschiede zwischen den kleineren und größeren Krankenhäusern festgestellt werden. Somit gaben die Umfrageteilnehmer der größeren Krankenhäuser an, dass eine multidisziplinäre Zusammenarbeit mit Kinderärzten und spezialisierten Kinderchirurgen besteht. Hier bestand kein Unterschied zwischen verschiedenen Altersgruppen (Tabellen 6 und 7).

Tabelle 6: Überlegungen zu Traumateams im Hinblick auf die Größe und den Umfang der zugehörigen Krankenhäuser.

k.A. = keine Antwort, Ø kein Unterschied ($p > 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

Items (Frage & Antwort)	≤500 Krankenhausbetten n=36 (27.1%)		>500 Krankenhausbetten n=97 (72.9%)		p-Wert
	n (%)	k.A.	n (%)	k.A.	
Traumateams bei verletzten Kindern 5-10 Jahre		0		1	p=0.0043
Übliches Team	5 ^ø		16 ^ø		

Kinderarzt zusätzlich	12		11		
Kinderchirurg zusätzlich	4		13		
Kinderarzt UND	6		36		
Kinderchirurg zusätzlich					
Abhängig von Tages-/Nachtzeit	0		8		
Zusätzliches Mitglied im Hintergrund, je nach Traumafolgen hinzurufen	9		11		
1-5 Jahre					
Übliches Team	5 ^o	1	19 ^o	1	p=0.0147
Kinderarzt zusätzlich	10		12		
Kinderchirurg zusätzlich	3		11		
Kinderarzt UND	8		38		
Kinderchirurg zusätzlich					
Abhängig von Tages-/Nachtzeit	0		7		
Zusätzliches Mitglied im Hintergrund, je nach Traumafolgen hinzurufen	9		9		
Wer führt eine notfallmäßige Operation bei verletzten Kindern durch?					
5-10 Jahre					
Unfallchirurg	18 ^o	0	13 ^o	1	p<0.0001
Unfallchirurg mit Kinderchirurg	4		10		
Kinderchirurg	6		25		
Abhängig von der Traumafolge, multidisziplinäres Operationsteam	6		14		
Abhängig von der Traumafolge, multidisziplinäres Operationsteam, inklusive Kinderchirurg	2		34		
1-5 Jahre					
Unfallchirurg	16 ^o	1	17 ^o	1	p=0.0053
Unfallchirurg mit Kinderchirurg	2		8		
Kinderchirurg	8		30		
Abhängig von der Traumafolge, multidisziplinäres Operationsteam	6		11		
Abhängig von der Traumafolge,	3		30		

multidisziplinäres Operationsteam, inklusive Kinderchirurg					
------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

Tabelle 7: Pädiatrisch-chirurgische Notfallszenarien für chirurgische Teams unter Berücksichtigung der Größe und des Umfangs der zugehörigen Krankenhäuser.

k.A. = keine Antwort, Ø kein Unterschied ($p > 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

Items (Frage & Antwort)	≤500 Krankenhausbetten n=36 (27.1%)		>500 Krankenhausbetten n=97 (72.9%)		p-Wert
	n (%)	n.a.	n (%)	n.a.	
Wer führt die Notoperation durch? Szenario 1: Verkehrsunfall, freie intraabdominelle Flüssigkeit bei einem 8-jährigen ? Unfallchirurg Allgemeinchirurg Kinderchirurg Allgemein- oder Kinderchirurg	10 ^Ø 15 5 5	1	23 ^Ø 13 46 15	0	p=0.0004
Szenario 2: Verkehrsunfall, freie intraabdominelle Flüssigkeit bei einem 4-jährigen ? Unfallchirurg Allgemeinchirurg Kinderchirurg Allgemein- oder Kinderchirurg	9 ^Ø 14 8 2	3	21 ^Ø 10 50 15	1	p=0.0002
Wer führt die Notoperation durch? Scenario 3: Akute Appendizitis bei einem 8-jährigen ? acute appendicitis in a 8 year old child? Unfallchirurg Allgemeinchirurg Kinderchirurg	5 ^Ø 15 7	5	10 ^Ø 17 53	5	p=0.0025

Allgemein- oder Kinderchirurg	4		12		p=0.0046
Scenario 4: Akute Appendizitis bei einem 4- jährigen?		2		2	
Unfallchirurg	5 ^o		8 ^o		
Allgemeinchirurg	14		14		
Kinderchirurg	13		62		
Allgemein- oder Kinderchirurg	2		11		

4. Diskussion

Die WSES als globale Organisation von Notfallchirurgen sah im Direktorium eine Notwendigkeit darin, die Versorgung von pädiatrischen Patienten innerhalb der Gesellschaft abzufragen und wissenschaftlich auszuwerten. Die Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Transplantationschirurgie der hiesigen Universitätsklinik wurde beauftragt die Befragung durchzuführen, zu analysieren und zu publizieren.

Die vorliegende Studie bestätigt auf dramatische Weise unsere erwartete Einschätzung, dass fast jeder Chirurg bzw. in der Notfallmedizin eingebundene Arzt in die Kindertraumatologie involviert wird, aber lediglich die Minderheit wirklich ausreichend auf pädiatrische Traumata vorbereitet ist. Fast jeder Chirurg oder Notfallmediziner wird während seiner Laufbahn irgendwann mit schwer verletzten Kindern konfrontiert. Die Behandlung dieser Kinder stellt jedoch andere Anforderungen und unterscheidet sich deutlich von der Behandlung schwer verletzter Erwachsener. Die Tatsache, dass Chirurgen nicht oder wenig vorbereitet und ausgebildet sind für solche Notfälle, kann für die Betroffenen herausfordernd sein.

Kinder sind keine „kleinen Erwachsenen“. Ihre Knochen, Organe und Gewebestrukturen unterscheiden sich erheblich von denen Erwachsener. Das führt dazu, dass sich die Art der Verletzungen und folgende Reaktionen des kindlichen Körpers, von dem eines Erwachsenen unterscheiden. Kinder benötigen eine psychologische Betreuung, um das Trauma zu bewältigen. Auf der anderen Seite müssen die Eltern der schwerverletzten Kinder miteinbezogen werden, vor allem in Entscheidungsfindungen. Das Treffen von Entscheidungen kann eine Herausforderung für Eltern darstellen. Die Behandlung von Kindern erfordert spezialisierte Fachkräfte mit einer spezialisierten Ausbildung, welche jedoch unzureichend – das wird auch aus dieser Umfrage deutlich - für das ärztliche Personal angeboten wird.

In der allgemeinen Weiterbildung von Chirurgen oder Notfallmedizinern, aber auch des Pflegepersonals, wird das Thema Kindertraumatologie nur begrenzt abgedeckt. Außerdem besitzen nicht alle Kliniken, die Notfälle behandeln, pädiatrisch geschultes Personal oder aber die notwendige Ausstattung und Materialien.

Um genauer auf die Versorgungsmöglichkeiten einzugehen, wird nun ein Blick auf die spezifischen Charakteristika verschiedener Krankenhäuser und deren Vorgehensweisen in der Versorgung von Kindertraumata geworfen.

4.1 Charakteristika der Umfrageteilnehmer und ihrer zugehörigen Krankenhäuser und deren Auswirkungen auf die pädiatrische Traumaversorgung

Die Umfrage zeigt eine breite Beteiligung von Medizinern aus verschiedenen Kontinenten, die an großen Krankenhäusern, meist mit *Level-1-* oder *Level-2-*Traumazentren, beschäftigt sind. Krankenhäuser mit mehr als 500 Betten verfügen in der Regel über eine bessere medizinische Infrastruktur und bieten somit ein breiteres Spektrum an Behandlungsmöglichkeiten an. Umso relevanter ist die Tatsache, dass 72,9% der Befragten in einer solchen Einrichtung arbeiten. Diese Zentren verfügen größtenteils über interdisziplinäre Teams, was sich mutmaßlich positiv auf Entscheidungsfindung und Therapie ausüben kann.

Die Mehrheit der Befragten arbeitet im Bereich der Allgemein- und Viszeralchirurgie, es gibt nur wenige kinderchirurgisch spezialisierte Chirurgen, die an der Umfrage teilgenommen haben. Dadurch, dass sich die meisten der Befragten mit der Behandlung Erwachsener befassen, kann es zu einer realistischen Sichtweise durch die Befragung kommen, denn in der Realität lässt sich dieses Verhältnis widerspiegeln.

Die Befragung unterliegt jedoch dem *bias*, dass sie innerhalb der WSES durchgeführt wurde. Bei den Befragten handelt es sich demnach um notfallchirurgisch interessierte und gut ausgebildete Notfallchirurgen. Somit wäre zu erwarten, dass eine Befragung der Allgemeinheit der Chirurgen ein größeres Wissensdefizit zeigen könnte als die aktuelle Umfrage.

Die Behandlung von schwer verletzten Kindern wird in der Regel weltweit sowohl von kleineren als auch von größeren hochrangigen Traumazentren abgedeckt. Da kleinere und weniger spezialisierte Zentren oft über limitierte Ressourcen und Personal mit eingeschränkter Erfahrung in der Kindertraumatologie verfügen, kann es dazu kommen, dass eine inadäquate Erstversorgung erfolgt.

Dies ist insbesondere in ländlichen Gebieten der Fall, wo auch kleinere Traumazentren ohne Erfahrung in der pädiatrischen Traumatologie mit diesen speziellen Fällen konfrontiert werden (American College of Surgeons, 2014). In diesen Gebieten sind spezialisierte Traumazentren weit entfernt, sodass sich bei einer notwendigen Verlegung die Behandlung schwerverletzter Kinder verzögern kann, was mit einer verschlechterten Prognose korreliert.

Unsere Studie spiegelt diese Problematik wider, denn auch Traumateams aus kleineren und unerfahrenen Krankenhäusern und *Low-Level-*Traumazentren müssen gelegentlich

pädiatrische Traumapatienten in signifikanter Anzahl pro Jahr erstversorgen (1-25 schwerverletzte Kinder in 66,7% der Fälle, siehe Tabelle 1).

4.2 Infrastruktur für pädiatrische Trauma- und chirurgische Notfallversorgung

In einer Querschnittsstudie, welche im August 2023 im *Journal of Surgical Research* publiziert wurde, haben Caroline Q. Stephens et al. eine Umfrage über das American College of Surgeons, die Listen des *Oregon Medical Board*, sowie das *State Trauma Advisory Board* verteilt. Dabei wurde erfragt, wie das *Management* pädiatrischer Traumapatienten aussieht und mit welchen Herausforderungen das Personal konfrontiert wird (Stephens CQ et al., 2023).

Bei der Mehrzahl der Krankenhäuser handelte es sich um ländliche Institutionen, welche auch weniger pädiatrische Traumata behandeln müssen als Maximalversorger. Außerdem besteht in den ruralen Krankenhäusern ein größerer Mangel an Material und Ausstattung. Vergleichbar mit den Ergebnissen unserer Studie, fühlt sich ein hoher Anteil an Studienteilnehmern unwohl bei der Behandlung kleiner Kinder (Stephens CQ et al., 2023).

Ein relevantes Ergebnis unserer Studie ist, dass die Mehrheit der Krankenhäuser eine allgemeine Versorgung für Kinder aller Altersgruppen anbietet (74,4%), jedoch viele dieser Krankenhäuser mit komplexeren Fällen an ihre Grenzen kommen und dann auf andere Zentren angewiesen sind.

Fast die Hälfte der befragten Krankenhäuser (41,4% bzw. 44,4%) verfügt weder über eine allgemeine pädiatrische Intensivstation noch über eine Neugeborenen-Intensivstation. Somit besteht häufig ein Mangel an Überwachungsmöglichkeiten und die Möglichkeit der Intensivtherapie für die schwerverletzten Kinder.

Die Umfrage zeigt, dass 57,9% der Ärzte bei der Versorgung schwer verletzter Kinder auf die Unterstützung von spezialisierten Kinderchirurgen im eigenen Krankenhaus zurückgreifen, während 42,9% diese Unterstützung durch Kooperationen mit anderen Krankenhäusern sicherstellen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit, um trotz mangelnder Erfahrung eine angemessene Versorgung für das Kind zu gewährleisten.

4.3 Implementierung von Standards in der Traumaversorgung

Wer kümmert sich wirklich um die schwächsten Traumapatienten? Wie erfahren sind die Notfallchirurgen weltweit in der pädiatrischen Traumaversorgung? Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass sich die überwiegende Mehrheit (97,1%) nicht ausreichend auf schwerstverletzte pädiatrische Fälle vorbereitet fühlt. Mit 74% bleibt diese Rate auch für Studienteilnehmer aus größeren Krankenhäusern hoch. Hier kann jedoch auf eine ausreichende Unterstützung durch spezialisierte Kinderchirurgen, Kinderärzte und eine hochvolumige pädiatrische Intensivstation zurückgegriffen werden, die eine umfassende Versorgung aller Verletzungsaspekte gewährleisten (American College of Surgeons, 2014)¹.

Die Umfrage zeigt, dass das Vorgehen bei bestimmten Verletzungsmustern, beispielsweise bei intraabdomineller Flüssigkeit nach Verkehrsunfällen, stark variiert. Auf der anderen Seite sind Standardprozeduren wie die chirurgische Therapie der akuten Appendizitis im Kindesalter weniger variabel.

Ein besonderes Ergebnis der Umfrage ist, dass sich die Mehrheit der Umfrageteilnehmer (80,2%) nicht ausreichend auf die Behandlung schwer verletzter Kinder vorbereitet fühlt und 64,3% angeben, dass dringend eine spezialisierte Ausbildung in der pädiatrischen Notfall- und Traumachirurgie erforderlich ist, was unsere anfänglich diskutierte Vermutung bestätigt.

Die Umfrageergebnisse zeigen, dass größere Krankenhäuser signifikant besser auf die Versorgung schwer verletzter Kinder vorbereitet sind als kleinere Krankenhäuser.

Größere Krankenhäuser sind deutlich häufiger als *Level-1*-Traumazentren klassifiziert und verfügen über mehr intensivmedizinische Kapazitäten für pädiatrische Fälle. Dies ermöglicht den Zentren, komplexere Traumafälle zu behandeln, unter anderem auch weil sie über eine eigene kinderchirurgische Abteilung verfügen oder zumindest über kinderchirurgische Fachärzte 71,1% vs. 22,2% in kleineren Krankenhäusern).

Um diesem Dilemma in der pädiatrischen Notfalltraumaversorgung zu begegnen und das Outcome schwer verletzter Kinder zu verbessern, gibt das *Committee on Trauma* des *American College of Surgeons* neben der Einstufung in verschiedene Traumazentren auch Empfehlungen für die Definition von pädiatrischen Traumazentren und pädiatrischen Traumateams, die Überweisungsüberlegungen des beteiligten prähospitalen Rettungsdienstes erleichtern könnten (American College of Surgeons, 2014; American College of Surgeons, 2022; Osler TM et al., 2001; Wesson DE, 2012).

Im Gegensatz dazu gibt es, wie unsere Daten zeigen, Situationen, in denen kleinere Krankenhäuser und untergeordnete Traumazentren für Erwachsene ohne umfassende Erfahrung in der Notfallversorgung pädiatrischer Patienten die Erstversorgung schwer verletzter Kinder übernehmen müssen (American College of Surgeons, 2014).

4.4 Training für die kinderchirurgische Notfallversorgung

Die Tatsache, dass es einen hohen Anteil an unzureichend geschultem chirurgischem Personal für möglicherweise diffizile Behandlungssituationen eines schwerverletzten Kindes gibt, nimmt die WSES zum Anlass Schulungskonzepte spezifisch für das kindliche Trauma zu erstellen. Der weltweit anerkannte Ausbildungskurs ATLS® hat mittlerweile einen speziellen Abschnitt über pädiatrische Traumata implementiert (American College of Surgeons, 2018). Leitlinien, die für traumatische Verletzungen bei Erwachsenen vorliegen, sollten überarbeitet und auch für pädiatrische Traumapatienten von den jeweiligen nationalen und internationalen medizinischen Gesellschaften empfohlen werden, so wie es die *World Society for Emergency Surgeons* für verschiedene Situationen schwerer Traumata (z. B. Milztrauma, Lebertrauma, Duodenopankreas- und Gallenblasentrauma oder Nieren- und Urotrauma) getan hat (Coccolini F et al., 2016; Coccolini F, Montori G et al., 2017; Coccolini F, Fugazzola P et al., 2019; Coccolini F, Kobayashi L et al., 2019; Coccolini F, Moore EE et al., 2019; Coccolini F, Coimbra R et al., 2020).

Beides könnte die theoretische Ausbildung und das Wissen von Trauma Teammitgliedern und insbesondere von Unfallchirurgen über pädiatrisches Traumamanagement verbessern. Auch Caroline Q. Stephens et al. konnten schlussfolgern, dass standardisierte Protokolle das *Management* pädiatrischer Traumata erleichtern würden (Stephens CQ et al., 2023).

Auf lokaler Ebene sollten überregionale hochrangige Traumazentren aus großen Krankenhäusern praktische Kurse und Konsultationen für Mitglieder von Traumateams und Unfallchirurgen aus untergeordneten Traumazentren und kleineren Krankenhäusern anbieten, um ihr theoretisches Wissen in der Praxis zu vertiefen und zu üben. Beides könnte die Bereitschaft für die Behandlung von Traumata und schweren Verletzungen

bei pädiatrischen Patienten erhöhen und stärken, selbst bei Traumateams, die nicht regelmäßig mit schwer verletzten Kindern konfrontiert werden.

4.5 Weitere Lösungsansätze zur Erhöhung der Bereitschaft für die Behandlung von Traumata und schweren Verletzungen bei pädiatrischen Patienten

Eine verzögerte oder sogar falsche Versorgung eines schwerverletzten Kindes kann negative Folgen haben und sich auf die weitere Entwicklung des Kindes auswirken. Dies kann auch das Vertrauen in das Gesundheitssystem beeinflussen, wenn Eltern das Gefühl haben, dass das Krankenhauspersonal an Grenzen seiner Behandlungsmöglichkeiten kommt und eine adäquate Versorgung nicht stattfinden kann. Deshalb ist es umso wichtiger, dass auch Personal an „kleineren“ Standorten ausreichend geschult und vorbereitet ist.

Ein weiterer Grund, warum auch in kleineren Krankenhäusern das Personal ausreichend geschult sein sollte ist, dass eine Überbelastung größerer Zentren verhindert werden kann. Denn auch das kann sich negativ auf die Behandlung schwerverletzter Kinder ausüben, wenn nämlich die Wartezeiten lang sind, keine Bettenkapazität besteht oder nicht genug Personal vorhanden ist, um gleichzeitig mehrere Kinder zu behandeln. Man bewegt sich so schließlich in einen Teufelskreis, denn wenn in kleineren Krankenhäusern weniger Kinder behandelt werden, kann auch weniger Erfahrung gesammelt werden, was wiederum die Fähigkeit einer Behandlung verringert.

Um eine solche Situation zu vermeiden könnten folgende Lösungsvorschläge helfen.

Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit

Auch an kleineren Häusern kann eine interdisziplinäre Zusammenarbeit stattfinden. Spezielle Traumateams könnten zusammengestellt werden, beispielsweise aus Notfallmedizinern, Kinderchirurgen und Anästhesisten, die regelmäßig zusammenarbeiten und vor allem bei der Behandlung eines schwerverletzten Kindes mehr Ideen und Behandlungskonzepte effizienter erstellen können.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit kann aber auch bedeuten, dass größere Netzwerke krankenhausesübergreifend entstehen können, um eine schnellere Überweisung/Verlegung in ein spezialisierteres Zentrum zu gewährleisten.

Telemedizinische Unterstützung

Die Telemedizin ist in vielen Fachrichtungen schon ein etabliertes Konzept, beispielsweise die Teleradiologie. Dieses Konzept könnte auch auf die Versorgung schwerverletzter Kinder übertragen werden, indem eine Verbindung zwischen einem kleineren Krankenhaus und einem Spezialisten eines Traumazentrums hergestellt werden kann.

Spezielle Trainingsprogramme

Spezielle Trainingsprogramme sollten in der Weiterbildung eines jeden Chirurgen und pflegerischen Personals integriert werden, gegebenenfalls mit Simulation pädiatrischer Traumafälle.

Sogar eine Zertifizierung für Ärzte könnte ein möglicher Lösungsansatz sein, um die Notwendigkeit eines zertifizierten Personals zu unterstreichen.

Aber auch einfachere Maßnahmen wie regelmäßige Fortbildung für Notfallmediziner, Chirurgen und Pflegepersonal sind gut in den Arbeitsalltag zu integrieren und können den Teamgeist fördern.

4.6 Physische und psychische Besonderheiten der Behandlung von Kindern

Ein relevanter Punkt bei der Behandlung von Kindern stellt die psychische Belastung des Personals dar. Häufig steht das medizinische Personal vor großen Herausforderungen. Kinder können bei medizinischen Eingriffen unkooperativ oder ängstlich sein und sind anders, oder nicht einwilligungsfähig wie ein Erwachsener. Diese Verhaltensweisen erfordern eine besondere Herangehensweise, welche bei einem erwachsenen Patienten nicht notwendig sind und auch zeitaufwendig und emotional sein können. Dies bemerkt man vor allem beim Durchführen schmerzhafter medizinischer Maßnahmen wie Blutabnahmen, Nähen von Wunden, aber auch was das eigene Achten auf Sauberhalten einer Wunde oder das korrekte Halten einer Verletzung oder Fraktur im Verband betrifft. Ärzte müssen die kognitive und emotionale Entwicklung der Kinder berücksichtigen. Beispielsweise kann ein fünfjähriges Kind in der Regel nicht dasselbe Verständnis für einen Eingriff aufbringen wie ein zwölfjähriges Kind.

Außerdem bestehen bei Kindern mehr technische Schwierigkeiten als bei Erwachsenen.

Die physiologischen Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen machen die Durchführung medizinischer Maßnahmen komplizierter. Kleinere Venen und andere anatomische Gegebenheiten erfordern ein besonderes Können und die Prozedur könnte sich unter Stress schwieriger gestalten.

Auf der anderen Seite ist das Leiden kleiner Kinder für viele schwerer zu ertragen als das von Erwachsenen. Zudem kommt noch die notwendige Empathie, die man aufbringen muss bei der Kommunikation mit den Eltern oder dem Nichtbefolgen von Anweisungen durch das Kind.

Die psychische Belastung des medizinischen Personals bei der Behandlung von Kindern ist ein zentrales Thema, das oft nicht ausreichend berücksichtigt wird. Diese Belastung kann sowohl das Personal und damit auch deren Arbeit beeinflussen.

Regelmäßige Konfrontation mit schweren Verletzungen oder dem Tod von Kindern kann zu sekundären Traumata beim Personal führen.

Der Umgang mit den Eltern, welche um das schwerverletzte Kind besorgt sind, kann auch herausfordernd sein, vor allem wenn negative Mitteilungen durch das Personal erfolgen. Eine solche Kommunikation muss erstmal erlernt werden.

Oft sind für das belastete Personal Fachkräfte für psychische Gesundheit nicht sofort verfügbar, was wiederum die psychische Belastung verstärken kann.

Es ist wichtig, betroffenes Personal zu unterstützen mit speziellen Programmen, die psychologische Schulungen beinhalten, aber auch Psychologen sollten beteiligt sein für beide Seiten an der Behandlung eines schwerverletzten Kindes, und das von Anfang an.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt unsere Studie, dass Notfallchirurgen sowohl aus erfahrenen *High-Level-* als auch *Low-Level-*Traumazentren einen alarmierenden Mangel an Wissen über pädiatrische Traumaversorgung beklagen. Das multiprofessionelle *Management* pädiatrischer Traumapatienten und die individuelle Erfahrung mit traumatisch schwer verletzten Kindern ist stark abhängig vom Volumen, dem Niveau des Traumazentrums und der Infrastruktur des jeweiligen Krankenhauses. Aber auch kleinere Krankenhäuser mit weniger erfahrenen Traumazentren werden mit pädiatrischen Traumapatienten konfrontiert. Dies unterstreicht die Bedeutung theoretischer Ausbildung und praktischer Trainingsprogramme für ein angemessenes Kindertraumamanagement und die initiale Reanimation sowie die frühzeitige Einleitung einer adäquaten Therapie bei schwerverletzten Kindern. Empfehlungen, Anleitung zu angemessener Therapie, Lehre und Ausbildung könnten die künftige Aufgabe nationaler und internationaler medizinischer Fachgesellschaften sowie überregionaler hochrangiger, erfahrener pädiatrischer Traumazentren im Hinblick auf eine globale Verbesserung der pädiatrischen Traumaversorgung sein. Auch fehlt es an Evidenz, was bestimmte Behandlungsmethoden betrifft, sodass mehr Studien aufgelegt werden sollten. Eine Möglichkeit eine Verbesserung zu bewirken, wäre ein Angebot an Kursen sowohl für das ärztliche als auch für das Pflegepersonal, welche sowohl Behandlungsmethoden, anatomische Aspekte aufgreifen, als auch standardisierte Abläufe dem Personal nahebringen können. Ideal wäre auch eine permanente psychologische Unterstützung. Sowohl betroffenen Kindern und Angehörigen sollte eine solche Hilfe angeboten werden als auch dem betreuenden Personal.

Insgesamt konnte unsere Studie wesentliche Probleme bei der Betreuung schwer verletzter Kinder aufgreifen, sodass wir innerhalb der WSES hierauf basierend Verbesserungen vornehmen können.

Summary

In conclusion, our study shows, that emergency surgeons from both experienced high level and low-level trauma centers complain an alarming lack of knowledge on pediatric trauma care. Multi-professional management of pediatric trauma patients and the individual experience with traumatically severely injured children is strongly dependent on the volume, the level of the trauma center and infrastructure of the specific hospital. However, smaller hospitals with less experienced trauma centers are also confronted with pediatric trauma patients. This underlines the importance of theoretical education and practical training programs for appropriate management of pediatric trauma and initial resuscitation as well as early induction of adequate therapy of severely injured children. Recommendation, guidance of appropriate therapy, teaching and training might be the future mission of national and international medical societies as well as trans-regional high level, well-experienced pediatric trauma centers in the perspective of global improvements in pediatric trauma care.

There should be an ATLS for the care of children and an S3 guideline for pediatric polytrauma. There is also a lack of evidence regarding certain treatment methods, so more studies should be carried out. One way to achieve an improvement would be to offer courses for both medical and nursing staff, which address treatment methods and anatomical aspects as well as introduce standardized processes to the staff. Permanent psychological support would also be ideal. Such help should be offered to affected children and relatives as well as to the caring staff.

Overall, our study was able to identify significant problems in the care of seriously injured children, allowing us to make improvements within the WSES based on this information.

6. Referenzen

6.1 Literatur

American College of Surgeons (2014). Resources for Optimal Care of the Injured Patient, 2014 Standards, from Available from: https://www.facs.org/~media/files/quality_programs/trauma/vrc_resources/resources_for_optimal_care.ashx.

American College of Surgeons (2022). Resources for Optimal Care of the Injured Patient, Standards.

American College of Surgeons, The Committee on Trauma (2018). Advanced Trauma Life Support ® (ATLS ®). 10th Edition.

Anger F, L. J. (2022). 41/m instabil nach Fahrradsturz. *Chirurgie*, 93 (Suppl 1), 53–57.

Balci AE et al (2002). Surgical treatment of post-traumatic tracheobronchial injuries: 14-year experience. *Eur J Cardiothorac Turg*, 22(6), 984–9.

Bassewitz C & Leutner A. (2020). S1 Leitlinie „Traumatische Milzruptur im Kindesalter“, from https://register.awmf.org/assets/guidelines/006-1121_S1_Traumatische-Milzruptur-im-Kindesalter_2020-11_1-verlaengert.pdf.

Brazinova, A., Rehorcikova, V., Taylor, M. S., Buckova, V., Majdan, M., Psota, M., et al. (2021). Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Europe: A Living Systematic Review. *Journal of neurotrauma*, 38(10), 1411–1440.

Choi PM, Hong C, Woods S, Warner BW, Keller MS (2016). Early impact of American College of Surgeons-verification at a level-1 pediatric trauma center. *J Pediatr Surg*, 51, 1026–1029.

Coccolini F, Catena F, Kluger Y, Sartelli M, Baiocchi G, Ansaloni L et al (2018). Abdominopelvic trauma: from anatomical to anatomo-physiological classification. *World J Emerg Surg*, 13, 50.

Coccolini F, Catena F, Moore EE, Ivatury R, Biffl W, Peitzman A, et al (2016). WSES classification and guidelines for liver trauma. *World J Emerg Surg*, 11, 50.

Coccolini F, Coimbra R, Ordonez C, Kluger Y, Vega F, Moore EE, et al (2020). Liver trauma: WSES 2020 guidelines. *World J Emerg Surg*, 15, 24.

Coccolini F, Fugazzola P, Morganti L, Ceresoli M, Magnone S, Montori G et al (2019). The World Society of Emergency Surgery (WSES) spleen trauma classification: a useful tool in the management of splenic trauma. *World J Emerg Surg*, 14, 30.

Coccolini F, Kobayashi L, Kluger Y, Moore EE, Ansaloni L, Biffl W et al (2019). Duodeno-pancreatic and extrahepatic biliary tree trauma: WSES-AAST guidelines. *World J Emerg Surg*, 14, 56.

Coccolini F, Montori G, Catena F, Di Saverio S, Biffi W, Moore EE, et al (2015). Liver trauma: WSES position paper. *World J Emerg Surg*, 10, 39.

Coccolini F, Montori G, Catena F, Kluger Y, Biffi W, Moore EE, et al (2017). Splenic trauma: WSES classification and guidelines for adult and pediatric patients. *World J Emerg Surg*, 12, 40.

Coccolini F, Moore EE, Kluger Y, Biffi W, Leppaniemi A, Matsumura Y, et al (2019). Kidney and uro-trauma: WSES-AAST guidelines. *World J Emerg Surg*, 14, 54.

Coccolini F, Sartelli M, Kluger Y, Pikoulis E, Karamagioli E, Moore EE et al (2020). COVID-19 the showdown for mass casualty preparedness and management: the Cassandra Syndrome. *World J Emerg Surg*, 15, 26.

Coccolini F, Stahel PF, Montori G, Biffi W, Horer TM, Catena F et al (2017). Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. *World J Emerg Surg*, 12, 5.

Cothren C et al (2020). Lung-sparing techniques are associated with improved outcome compared with anatomic resection for severe lung injuries. *J. Trauma*, 483–487.

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. (Ed.) (2019). Weißbuch Schwerverletztenversorgung - Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletztenversorgung in der Bundesrepublik Deutschland (3. erweiterte Auflage).

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2022). S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022). Retrieved January 20, 2025, from https://register.awmf.org/assets/guidelines/187-023k_S3_Polytrauma-Schwerverletzten-Behandlung_2023-06.pdf.

Dienemann H, H. H. (2001). Tracheobronchial injuries and fistulas. *Chirurg*, 72(10), 1131–1136.

Eysenbach G (2004). Improving the quality of Web surveys: the Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES). *J. Med. Internet Res*, e34.

Feliciano D, R. G. S. (1999). Advances in the diagnosis and treatment of thoracic trauma. *Surg Clin North Am*, 79(6), 1417–1429.

Felix S, Hanschen M, Biberthaler P (2016). Blutungskontrolle bei Beckenverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*, 18, 173–180.

Gasparri M et al (2001). Pulmonary tractotomy versus lung resection: viable options in penetrating lung injury. *J Trauma*, 51(6), 1092–1095.

Germanos S et al (2008). Damage control surgery in the abdomen: an approach for the management of severe injured patients. *Int J Surg*, 6(3), 246–252.

Hall JR, Reyes HM, Meller JL, Loeff DS, Dembek R (1996). The outcome for children with blunt trauma is best at a pediatric trauma center. *J Pediatr Surg. United States*, 31, 72–77.

Höfer C, L. R. Jahresbericht 2023 – Traumaregister DGU für das Unfalljahr 2022, from www.traumaregister-dgu.de.

Huh J et al (2003). Surgical management of traumatic pulmonary injury. *Am J Surg*, 186(6), 620–624.

Ingram M-CE, Siddharthan RV, Morris AD, Hill SJ, Travers CD, McCracken CE et al (2016). Hepatic and splenic blush on computed tomography in children following blunt abdominal trauma: Is intervention necessary? *J Trauma Acute Care Surg*, 81, 266–270.

Karmy-Jones R et al (2004). Urgent and emergent thoracotomy for penetrating chest trauma. *J Trauma*, 56(3), 664-8; discussion 668–669.

Kiser AC, O'Brien SM, Detterbeck FC (2001). Blunt tracheobronchial injuries: treatment and outcomes. *Ann Thorax Surg*, 71(6), 2059–2065.

Kozar RA, Crandall M, Shanmuganathan K, Zarzaur BL, Coburn M, Cribari C et al (2018). Organ injury scaling 2018 update: Spleen, liver, and kidney. *J Trauma Acute Care Surg*, 85, 1119–1122.

Lee JC, Peitzman AB (2006). Damage-control laparotomy. *Curr Opin Crit Care*, 12(3), 346–350.

Linnet, M. S., Nyrén, O., Gridley, G., Adami, H. O., Buckland, J. D., McLaughlin, J. K., & Fraumeni, J. F., JR (1996). Causes of death among patients surviving at least one year following splenectomy. *Am J Surg*, 172(4), 320–323.

Livingston DH, Lavery RF, Passannante MR, Skurnick JH, Baker S, Fabian TC et al (2001). Free fluid on abdominal computed tomography without solid organ injury after blunt abdominal injury does not mandate celiotomy. *Am J Surg*, 182, 6–9.

Lomanto D et al (2001). Thoracoscopic repair of traumatic diaphragmatic rupture. *Surg Endosc*, 15(3), 323.

Loveland JA, B. K. D. (2004). Damage control in the abdomen and beyond. *Br J Surg*, 91(9), 1095–1101.

McNamara JJ et al (1970). Thoracic injuries in combat casualties in Vietnam. *Ann Thorac Surg*, 10(5), 389–401.

Mehall JR, Ennis JS, Saltzman DA, Chandler JC, Grewal H, Wagner CW et al (2001). Prospective results of a standardized algorithm based on hemodynamic status for managing pediatric solid organ injury. *J Am Coll Surg*, 193, 347–353.

Meridith JW, H. J. J. (2007). Thoracic trauma: when and how to intervene. *Surg Clin North Am*, 87(1), 95–118.

Moore EE, Cogbill TH, Jurkovich GJ, McAninch JW, Champion HR, Gennarelli TA et al (1992). Organ injury scaling. III: Chest wall, abdominal vascular, ureter, bladder, and urethra. *J Trauma*, 33, 337–339.

- Moore EE, Cogbill TH, Jurkovich GJ, Shackford SR, Malangoni MA, Champion HR (1995). Organ injury scaling: spleen and liver (1994 revision). *J Trauma*, 38, 323–324.
- Moore EE, Cogbill TH, Malangoni MA, Jurkovich GJ, Champion HR, Gennarelli TA et al (1990). Organ injury scaling, II: Pancreas, duodenum, small bowel, colon, and rectum. *J Trauma*. United States, 30, 1427–1429.
- Moore EE, Jurkovich GJ, Knudson MM, Cogbill TH, Malangoni MA, Champion HR, et al (1995). Organ injury scaling. VI: Extrahepatic biliary, esophagus, stomach, vulva, vagina, uterus (nonpregnant), uterus (pregnant), fallopian tube, and ovary. *J Trauma*, 39, 1069–1070.
- Moore EE, Malangoni MA, Cogbill TH, Shackford SR, Champion HR, Jurkovich GJ et al (1994). Organ injury scaling. IV: Thoracic vascular, lung, cardiac, and diaphragm. *J Trauma*, 36, 299–300.
- Notrica DM, Eubanks JW 3rd, Tuggle DW, Maxson RT, Letton RW, Garcia NM, et al (2015). Nonoperative management of blunt liver and spleen injury in children: Evaluation of the ATOMAC guideline using GRADE. *J Trauma Acute Care Surg*, 79, 683–693.
- Osler TM, Vane DW, Tepas JJ, Rogers FB, Shackford SR, Badger GJ (2001). Do pediatric trauma centers have better survival rates than adult trauma centers? An examination of the National Pediatric Trauma Registry. *J Trauma*, 50, 96–101.
- Ouazzani A et al (2009). A laparoscopic approach to left diaphragmatic rupture after blunt trauma. *Acta Chir Belg*, 109(2), 228–231.
- Pereira BMT, Chiara O, Ramponi F, Weber DG, Cimbanassi S, De Simone B et al (2015). WSES position paper on vascular emergency surgery. *World J Emerg Surg*, 10, 49.
- Potoka DA, Schall LC, Gardner MJ, Stafford PW, Peitzman AB, Ford HR (2000). Impact of pediatric trauma centers on mortality in a statewide system. *J Trauma*, 49, 237–245.
- Roszbach MM. et al (1998). Management of major tracheobronchial injuries: a 28-year experience. *Ann Thorac Surg*, 65(1), 182–186.
- Rotondo MF, Z. D. H. (1997). The damage control sequence and underlying logic. *Surg Clin North Am*, 77(4), 761–777.
- Rupp, M., Walter, N., Pfeifer, C., Lang, S., Kerschbaum, M., Krutsch, W., et al. (2021). The Incidence of Fractures Among the Adult Population of Germany—an Analysis From 2009 through 2019. *Dtsch Arztebl Int*, 118(40), 665–669.
- Schmittenbecher PP (2020). S2k - Leitlinie Polytraumaversorgung im Kindesalter, AWMF Register-Nr. 006-120, from https://register.awmf.org/assets/guidelines/006-1201_S2k_Polytraumaversorgung-im-Kindesalter_2021-02.pdf.
- Selesner, L., Yorkgitis, B., Martin, M., Ng, G., Mukherjee, K., Ignacio, R., et al. (2023). Emergency department thoracotomy in children: A Pediatric Trauma Society, Western

Trauma Association, and Eastern Association for the Surgery of Trauma systematic review and practice management guideline. *J Trauma Acute Care Surg*, 95(3), 432–441.

Soyoncu S, Cete Y, Bozan H et al (2007). Accuracy of physical and ultrasonographic examinations by emergency physicians for the early diagnosis of intraabdominal haemorrhage in blunt abdominal trauma. *Injury*, 38, 564–569.

Speer CP, Gahr M, Dötsch J (2019). *Pädiatrie 5. Auflage (5. Auflage)*: Springer Verlag.

St Peter SD, Sharp SW, Snyder CL, Sharp RJ, Andrews WS, Murphy JP et al (2011). Prospective validation of an abbreviated bedrest protocol in the management of blunt spleen and liver injury in children. *J Pediatr Surg*, 46, 173–177.

Stephens CQ et al (2023). Pediatric trauma care standardization: A statewide survey of trauma providers and program managers. *Journal of Surgical Research*.

Strohm PC, Zwingmann J, Bayer J, Neumann MV, Lefering R, Schmal H et al (2017). Differences in the outcome of seriously injured children depending on treatment level. *Unfallchirurg*, 121, 306–312.

Stylianou S (2005). Outcomes from pediatric solid organ injury: role of standardized care guidelines. *Curr Opin Pediatr*, 17, 402–406.

Townsend CM, Evers BM, Beauchamp RD, Mattox KL (Ed.) (2022). *Sabiston Textbook of surgery (21st edition)*: Elsevier St. Louis, Missouri.

Villavicencio RT et al (1999). Analysis of Laparoscopy in Trauma. *Journal of the American College of Surgeons*.

Wall MJ Jr et al (2001). Thoracic aortic and thoracic vascular injuries. *Surg Clin North Am*, 81(6), 1375–1379.

Weigand MA, Hecker A, Mayer K, Michalski D (2021). *Intensivmedizin compact*. Thieme.

6.2 Fußnoten

1. Trauma Center Levels Explained: <https://www.amtrauma.org/page/traumalevels>, aufgerufen am 20.01.2025.

2. Bundesministerium für Gesundheit- Prävention von Kinderunfällen:
<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/kindergesundheit/praevention-von-kinderunfaellen#:~:text=Kinderunfälle%20sind%20außerdem%20die%20häufigste,eine m%20Unfall%20in%20Deutschland%20verstarben>, aufgerufen am 21.01.2025.

3. Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/de/>, aufgerufen am 20.01.2025.

4. European report on child injury prevention:
<https://iris.who.int/handle/10665/326500#:~:text=Every%20year%2C%20unintentional%20injuries%20kill,%2D%20and%20middle%2Dincome%20countries>, aufgerufen am 20.01.2025.

5. Unfälle, Gewalt, Selbstverletzung bei Kindern und Jugendlichen:
https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Gesundheitszustand-Relevantes-Verhalten/Publicationen/Downloads-Gesundheitszustand/unfaelle-gewalt-kinder-5230001149004.pdf?__blob=publicationFile.

6. The World Society of Emergency Surgery: [wses.org.uk](https://www.wses.org.uk), aufgerufen am 21.01.2025.

7. Anhang

7.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Extended focused assessment with sonography for trauma (eFAST) Untersuchung im Schockraum, mögliche Pathologie je nach Befund der jeweiligen Lokalisation, mod. nach Weigand MA et al. 2021.

Tabelle 2: Einteilung der Organverletzungen des Abdomens – Eigene Darstellung nach Moore et al. 1994.

Tabelle 3: Einteilung der Organverletzungen des Thorax – Eigene Darstellung nach Moore et al. 1994.

Tabelle 4: Spektrum und Fachwissen im Hinblick auf die Größe und den Umfang der zugehörigen Krankenhäuser. # Nach Definition American College of Surgery and American Trauma Society. k.A. = keine Antwort. * signifikanter Unterschied ($p \leq 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

Tabelle 5: Vorbereitung für pädiatrische Traumata der Ärzte in Bezug auf die Größe des zugehörigen Krankenhauses. k.A.= keine Antwort.

Tabelle 6: Überlegungen zu Traumateams im Hinblick auf die Größe und den Umfang der zugehörigen Krankenhäuser. k.A. = keine Antwort. Ø kein Unterschied ($p > 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

Tabelle 7: Pädiatrisch-chirurgische Notfallszenarien für chirurgische Teams unter Berücksichtigung der Größe und des Umfangs der zugehörigen Krankenhäuser. k.A. = keine Antwort. Ø kein Unterschied ($p > 0.05$) nach Patientenalter (1-5 Jahre versus 5-10 Jahre).

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Charakteristika der Umfrageteilnehmer - Die aktuelle Position der Antwortenden.

Abbildung 2: Charakteristika der Umfrageteilnehmer - Der medizinische Beruf der Antwortenden.

Abbildung 3: Merkmale der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser - Die Größe der zugehörigen Krankenhäuser.

Abbildung 4: Merkmale der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser - Das Niveau der Traumazentren von I bis III. Die Stufe der Traumazentren wurde gemäß der aktuellen Definition des American College of Surgeons und der American Trauma Society definiert¹.

Abbildung 5: Infrastruktur für die Versorgung kritisch kranker pädiatrischer Patienten. Die meisten Krankenhäuser bieten medizinische Versorgung für Kinder an.

Abbildung 6: Signifikant weniger Umfrageteilnehmer hatten Erfahrung mit der Behandlung von schwerverletzten Kindern unter 5 Jahren (b, p = 0,0014 versus 5-10 Jahre).

Abbildung 7: Etwa die Hälfte der Krankenhäuser verfügt nicht über eine Neugeborenen-Intensivstation.

Abbildung 8: Individuelle und institutionelle Erfahrungen mit der pädiatrischen Traumaversorgung der Umfrageteilnehmer und deren zugehörigen Krankenhäuser. Die Größe der Krankenhäuser in Bezug auf die Versorgung von schwerverletzten Kindern unter 12 Jahren.

Abbildung 9: Signifikant weniger Umfrageteilnehmer hatten Erfahrung mit der Behandlung von schwerverletzten Kindern unter 5 Jahren (b, p = 0,0014 versus 5-10 Jahre).

Abbildung 10: Verfügbarkeit eines Facharztes für Kinderchirurgie im Krankenhaus.

Abbildung 11: Verfügbarkeit einer Abteilung für Kinderchirurgie.

Abbildung 12: Zusammensetzung des behandelnden Teams in pädiatrischen Notfallsituationen.

Abbildung 13: Zusammensetzung des operativen Teams in pädiatrischen Notfallsituationen.

Abbildung 14: Szenarien: Traumachirurgie versus Appendizitis bei Kindern unterschiedlichen Alters. * bedeutet $p = 0,0210$. # bedeutet $p = 0,0485$.

Abbildung 15: Vorbereitung auf die Versorgung schwerverletzter pädiatrischer Patienten. Die Mehrheit der Umfrageteilnehmer hat weder eine spezielle Ausbildung in pädiatrischer Notfallchirurgie erhalten (Abbildung 15) noch fühlt sie sich ausreichend auf die Versorgung und chirurgische Behandlung von schwerverletzten pädiatrischen Traumatpatienten vorbereitet (Abbildung 16).

Abbildung 16: Vorbereitung auf die Versorgung schwerverletzter pädiatrischer Patienten. Die Mehrheit der Notfallchirurgen weltweit hat weder eine spezielle Ausbildung in pädiatrischer Unfallchirurgie erhalten (Abbildung 15) noch fühlt sie sich ausreichend auf die Versorgung und chirurgische Behandlung von schwerverletzten pädiatrischen Traumatpatienten vorbereitet (Abbildung 16).

7.3 Abkürzungsverzeichnis

Liste der Abkürzungen

ACS	American College of Surgery
ATS	American Trauma Society
CHERRIES	The Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys
WSES	World Society of Emergency Surgery

8. Publikationsverzeichnis

8.1 Originalveröffentlichungen in Zeitschriften mit wissenschaftlichem Beirat

Reichert M, Sartelli M, Askevold IH, **Braun J**, Weigand MA, Hecker M, Agnoletti V, Coccolini F, Catena F, Padberg W, Riedel JG, Hecker A; WSES pediatric emergency surgery collaboration group. Pediatric trauma and emergency surgery: an international cross-sectional survey among WSES members. World J Emerg Surg. 2023 Jan 13;18(1):6. (IF 8,165)

8.2 Präsentation eigener wissenschaftlicher Arbeiten

Braun, J. Mittelrheiner 2022, 109. Jahrestagung der Vereinigung Mittelrheinischer Chirurgen (Koblenz). Vortrag: „Who cares for the weakest? Eine internationale Querschnittserhebung der pädiatrischen Trauma- und Notfallversorgung.“

Braun, J. 6. Science Day 2023 (Gießen). Kurzvortrag: „Who cares for the weakest? Eine internationale Querschnittserhebung der pädiatrischen Trauma- und Notfallversorgung.“

9. Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort/Datum

Unterschrift