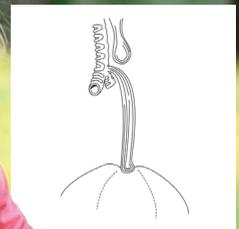


# Kinderchirurgie

## Basiswissen und Praxis

3., neu bearbeitete Auflage



Herausgegeben von  
Martina Heinrich  
Kathrin Neuhaus  
Dietrich v. Schweinitz





Kinderchirurgie  
Basiswissen und Praxis



# Kinderchirurgie

Basiswissen und Praxis

Herausgegeben von  
Martina Heinrich  
Kathrin Neuhaus  
Dietrich v. Schweinitz

3., überarbeitete und erweiterte Auflage



W. Zuckschwerdt Verlag

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Daten sind unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-86371-295-2

© 2019 W. Zuckschwerdt Verlag GmbH  
München

Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlagabbildung (Kinder): © K. Neuhaus, U. Subotic  
Zeichnungen: Bert Woodward

#### **Wichtiger Hinweis:**

Autoren und Verlag haben große Sorgfalt darauf verwandt, dass dieses Buch dem Wissensstand bei seiner Fertigstellung entspricht. Für diagnostische oder therapeutische Empfehlungen sowie Angaben zu Dosierungen und Applikationsformen kann dennoch keine Gewähr übernommen werden. Die Nutzer dieses Buches haben Indikationen zu diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen

sowie zur Wahl des Vorgehens für jeden Einzelfall selbst abzuwägen. Sie sind zu sorgfältiger Prüfung von Herstellerinformationen (z.B. Beipackzettel) und zur Konsultation von Spezialisten angehalten. Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr. Autoren und Verlag bitten alle Nutzer, ihnen auffallende Ungenauigkeiten mitzuteilen. Eine Haftung der Autoren, des Verlages oder ihrer Beauftragten für Personen-, Sach- oder Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Sollte diese Publikation Links auf Websites Dritter enthalten, übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung, da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.

Warenzeichen werden nicht immer kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises kann nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

## Vorwort der Herausgeber zur 3. Auflage

Zum Ende des Jahres 2018 konnten wir schon das 10-jährige Jubiläum unseres Lehrbuches Kinderchirurgie – Basiswissen und Praxis für Studenten und insbesondere junge Kollegen in Weiterbildung zum Kinderchirurgen feiern. Wir sehen erfreut und stolz, dass das Buch in all den Jahren sehr gut angenommen worden ist. Dies beruht sicherlich auf der guten Kombination des im Buch geschilderten breiten Spektrums der Chirurgie an Kindern und Jugendlichen bei gleichzeitig hoher Detailfreude und guter Anwendbarkeit für die klinische Praxis, all dies zu einem sehr fairen Preis. Deshalb erschien es uns jetzt überfällig, eine vollständig überarbeitete und erweiterte 3. Auflage herauszugeben. Es ist wiederum dem großen Engagement aller Autorinnen und Autoren zu verdanken, dass dieses Vorhaben nun verwirklicht wird. Wieder ist es gelungen, ein kurz gefasstes, aber gleichzeitig umfassendes und gut verständliches sowie dank der zahlreichen Bildmaterialien und Skizzen illustratives Kurzlehrbuch über die gesamte allgemeine Kinderchirurgie zusammen zu stellen. Hierfür gebührt allen Autoren unser großer Dank. Ein herzliches Dankeschön möchten wir auch dem Zuckschwerdt-Verlag und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für die wiederum optimale Zusammenarbeit bei der Erarbeitung dieses Lehrbuches übermitteln.

Wir hoffen und wünschen uns sehr, dass auch diese 3. Auflage unseres Lehrbuches den Lesern die Inhalte und Informationen gibt, die sie benötigen, unsere Freude an der Kinderchirurgie vermittelt und dass auch ihr ein gleichgroßer Erfolg wie den beiden ersten Auflagen vergönnt ist.

München und Zürich, im Juni 2019

*PD Dr. med. Martina Heinrich*

Kinderchirurgische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität  
Dr. von Haunersches Kinderspital München

*Dr. med. Kathrin Neuhaus*

Chirurgische Klinik  
Kinderspital Zürich, Universitäts-Kinderkliniken

*Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz*

Kinderchirurgische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität  
Dr. von Haunersches Kinderspital München

## Vorwort des Herausgebers zur 2. Auflage

Es ist schon fast erstaunlich, dass ein Kurzlehrbuch in einem eher „kleinen“ chirurgischen Fach bereits nach drei Jahren vollständig vergriffen ist. Dies spricht aber natürlich für das Konzept des Buches und es ist an der Zeit, eine 2. Auflage für die nächste Generation von Studenten und jungen Assistenten herauszugeben. Dankenswerterweise haben sich Frau Dr. Martina Heinrich aus unserer Münchner Klinik und Frau Dr. Kathrin Neuhaus vom Zürcher Kinderspital der großen Mühe unterzogen, hierfür die 1. Auflage noch einmal grundlegend zu überarbeiten. Dies gibt uns die Möglichkeit, den Lesern die Inhalte hochaktuell zu präsentieren. Hierfür danke ich den beiden Kolleginnen und gleichzeitig allen Koautorinnen und Koautoren von Herzen. Mein Dank gilt auch Frau Dr. Annemarie Glögger und dem Zuckschwerdt Verlag für die wieder so gute und kooperative Zusammenarbeit. Ich wünsche dieser 2. Auflage des Buches einen ebenso großen Erfolg wie der ersten.

München, im Juli 2012

*Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz*

Kinderchirurgische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität  
Dr. von Haunersches Kinderspital München

## Vorwort des Herausgebers zur 1. Auflage

Die Kinderchirurgie ist eine allgemeine Chirurgie des Kindesalters. Sie umfasst die wesentlichen Teile der Chirurgie bei Kindern und definiert sich – in Abgrenzung zu den chirurgischen Spezialfächern der Erwachsenenmedizin – über die spezialisierte und kompetente Versorgung von kinderspezifischen Erkrankungen und Unfällen. Dies gilt für das gesamte Wachstumsalter. Somit umfasst die Kinderchirurgie eine Reihe Subspezialitäten wie Notfallversorgung, Neugeborenenchirurgie, pädiatrische Viszeralchirurgie, pädiatrische Thoraxchirurgie, Kinderurologie, Kindertraumatologie, pädiatrisch-plastische Chirurgie, pädiatrisch-onkologische Chirurgie und Teile der pädiatrischen Neurochirurgie. In all diesen Bereichen gibt es eine Fülle von angeborenen Fehlbildungen und kinderspezifischen Erkrankungen, die in der Erwachsenenchirurgie extrem selten bis gar nicht vorkommen und deshalb dort auch nicht gelehrt werden können. Da das Wachstumsalter des Menschen vom Neugeborenen bis zum 16-Jährigen reicht, spielen auch die verschiedenen physiologischen und pathophysiologischen Zustände von Kindern und Jugendlichen der verschiedenen Altersgruppen bei den Krankheiten und deren Versorgung eine große Rolle. Auch dieses ist ein Anliegen der spezialisierten Kinderchirurgie.

Während unserer jahrelangen Tätigkeit in der studentischen Lehre und der Weiterbildung von jungen Ärztinnen und Ärzten ist uns immer wieder aufgefallen, dass angesichts eines Mangels von deutschsprachigen Lehrbüchern der Kinderchirurgie und insbesondere auch von kurz gefassten, preisgünstigen kinderchirurgischen Kompendien große Wissenslücken bestehen. Studenten und Studienabgänger müssen in der Regel ihr kinderchirurgisches Wissen aus Zusatzkapiteln von Lehrbüchern der Pädiatrie oder der Allgemeinchirurgie erwerben. Bei genauer Durchsicht solcher Lehrbücher, die sich nicht speziell mit der Kinderchirurgie beschäftigen, stößt man an vielen Stellen auf unrichtige oder veraltete Aussagen. Somit schien uns insbesondere im deutschsprachigen Bereich eine klare Marktlücke zu bestehen.

Dankenswerterweise haben die beiden Kinderchirurginnen Dr. Martina Heinrich und Dr. Kathrin Schäffer aus unserer Klinik der Aufgabe übernommen, diese Lücke zu schließen und ein umfassendes, dabei aber kurzes und übersichtliches Kompendium zu erstellen, das die wichtigsten Aspekte der kinderchirurgischen Erkrankungen und ihrer Behandlung prägnant darstellt und gleichzeitig einen erschwinglichen Preis hat. Nach intensiver Arbeit und unterstützt durch Koautoren aus der kinderchirurgischen Klinik der LMU im Dr. von Haunerschen Kinderspital kann jetzt zu unserer großen Freude dieses kompakte Buch zur Kinderchirurgie, Basiswissen und Praxis, vorgelegt werden. Es ist besonders für Studenten während der klinischen Semester gedacht, aber auch für Berufsanfänger und junge Ärzte der Kinderchirurgie, Pädiatrie und Allgemeinchirurgie, die durch dieses Werk ihr Wissen über kinderchirurgische Erkrankungen auf eine solide Basis stellen können, gleichzeitig dieses Buch aber auch als Nachschlagewerk nutzen können. Durch die intensive Arbeit an diesem Buch und die zügige Erstellung der Texte ist es möglich geworden, die Inhalte hochaktuell zu halten.

An dieser Stelle möchte ich mich noch einmal ausdrücklich bei Frau Dr. Martina Heinrich und Frau Dr. Kathrin Schäffer für die kompetente Zusammenstellung des Buches sowie bei den Koautoren für ihren Arbeitseinsatz bedanken. Unser gemeinsamer Dank gilt dem W. Zuckschwerdt Verlag, insbesondere aber Frau Dr. Annemarie Glöggler für die stets sehr gute Kooperation und die Betreuung des Werkes bereits von den Anfängen seiner Entstehung an. Ich hoffe, dass mit diesem Lehrbuch die oben beschriebene Marktlücke geschlossen wird und – insbesondere im Sinne unserer kleinen Patienten – das Buch rasch eine weite Verbreitung findet.

München, im Oktober 2008

*Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz*

Kinderchirurgische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität  
Dr. von Haunersches Kinderspital München

Die Herausgeber:

**PD Dr. med. Martina Heinrich, Fachärztin für Kinderchirurgie**

Nach dem Studium der Humanmedizin an der Technischen Universität München begann Martina Heinrich 1996 ihre kinderchirurgische Weiterbildung an der St. Hedwig Klinik in Regensburg. Im Jahr 1998 folgte ein Weiterbildungsjahr in der Allgemeinchirurgie am Kantonsspital Luzern. 1999 wechselte sie an die kinderchirurgische Klinik am Dr. von Haunerschen Kinderspital in München. Seit 2005 ist Martina Heinrich dort als Oberärztin tätig. Seit Herbst 2016 leitet sie die Abteilung für Kinderurologie. Martina Heinrich ist verheiratet und hat einen Sohn.

**Dr. med. Kathrin Neuhaus, Fachärztin für Kinderchirurgie**

Nach dem Studium der Humanmedizin in Tübingen begann Kathrin Neuhaus 2004 ihre kinderchirurgische Weiterbildung am Dr. von Haunerschen Kinderspital in München. 2008 erfolgte der Wechsel an die Chirurgische Klinik des Kinderspitals Zürich, wo sie ihre Weiterbildung fortsetzte und 2010 mit dem Erwerb des Facharztstitels Kinderchirurgie abschloss. Seit 2010 ist Kathrin Neuhaus am Kinderspital Zürich als kinderchirurgische Oberärztin tätig. Ihr persönlicher Schwerpunkt liegt in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie und Verbrennungsmedizin. Von 2015 bis 2017 absolvierte Kathrin Neuhaus ein zweijähriges, klinisches Fellowship in Division of Plastic and Reconstructive Surgery am Hospital for Sick Children in Toronto, Kanada. Seit 2017 ist sie zurück am Kinderspital Zürich und dort stellvertretende Leitung der Abteilung für Plastische und Rekonstruktive Chirurgie sowie Verbrennungsmedizin. Kathrin Neuhaus lebt in Zürich, ist verheiratet und hat zwei Kinder.

**Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz**

Nach Medizinstudium in Hamburg, Weiterbildung in Pädiatrie und Chirurgie begann Dietrich von Schweinitz seine Spezialweiterbildung in Kinderchirurgie 1987 an der Medizinischen Hochschule Hannover. Dort wurde er Oberarzt und habilitierte sich 1995 für das Fach Kinderchirurgie. 1999 wurde er als Ordinarius und Chefarzt für Kinderchirurgie an das Universitäts-Kinderspital beider Basel berufen, seit 2003 ist er Ordinarius für Kinderchirurgie und Direktor der Kinderchirurgischen Klinik und Poliklinik am Dr. von Haunerschen Kinderspital München.

# Herausgeber und Autoren

## Herausgeber

PD Dr. med. Martina Heinrich  
Dr. von Haunersches Kinderspital  
Kinderchirurgie  
Klinikum der Universität München  
Lindwurmstraße 4, 80337 München

Dr. med. Kathrin Neuhaus  
Kinderspital Zürich  
Universitäts-Kinderkliniken  
Chirurgische Klinik  
Steinwiesstrasse 75, 8032 Zürich

Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz  
Dr. von Haunersches Kinderspital  
Kinderchirurgie  
Klinikum der Universität München  
Lindwurmstraße 4, 80337 München

## Autoren (alphabetisch)

Dr. med. Ralph Gnannt  
Kinderspital Zürich  
Universitäts-Kinderkliniken  
Pädiatrische Interventionelle Radiologie  
Steinwiesstrasse 32, 8032 Zürich

Dr. med. Beate Häberle  
Dr. von Haunersches Kinderspital  
Kinderchirurgie  
Klinikum der Universität München  
Lindwurmstraße 4, 80337 München

Dr. med. Markus Lehner  
Luzerner Kantonsspital  
Kinderspital  
Kinderchirurgische Klinik  
Spitalstrasse 20, 6000 Luzern

Dr. med. Claudia Menzel  
Dr. von Haunersches Kinderspital  
Kinderchirurgie  
Klinikum der Universität München  
Lindwurmstraße 4, 80337 München

Dr. med. Diego Neuhaus  
Kinderspital Zürich  
Universitäts-Kinderkliniken  
Anästhesieabteilung  
Steinwiesstrasse 75, 8032 Zürich

Prof. Dr. med. Maximilian Stehr  
Dr. von Haunersches Kinderspital  
Kinderchirurgie  
Klinikum der Universität München  
Lindwurmstraße 4, 80337 München

PD Dr. med. Ulrike Subotic  
Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB)  
Kinderchirurgie  
Spitalstrasse 33, 4031 Basel

Dr. med. Susanna Uhlarik  
Florence-Nightingale Krankenhaus  
Kaiserswerther Diakonie  
Klinik für Kinderchirurgie  
Kreuzbergstraße 79, 40489 Düsseldorf

1

2

3

4

# Allgemeiner Teil

5

6

7

8

9

10

11

12

# Spezieller Teil

1. Prä- und postoperative Versorgung	1
2. Anästhesie im Kindesalter	2
3. Chirurgische Arbeitstechniken und Notfälle	3
4. Kinderradiologische Gesichtspunkte in der Kinderchirurgie	4
5. Viszerale Chirurgie beim Neugeborenen	5
6. Pädiatrische Viszeralchirurgie	6
7. Kinderurologie	7
8. Pädiatrische Traumatologie und benigne Knochentumoren	8
9. Pädiatrische Thoraxchirurgie	9
10. Pädiatrisch plastische Chirurgie	10
11. Pädiatrische Neurochirurgie	11
12. Pädiatrisch onkologische Chirurgie	12

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

# Allgemeiner Teil

1	<b>Prä- und postoperative Versorgung</b> (M. Heinrich) .....	7
1.1	Chirurgische Aufklärung .....	7
1.2	Postoperative Infusionstherapie und Ernährung .....	7
1.3	Prophylaxen .....	10
1.4	Postoperatives Schmerztherapiemanagement .....	11
	1.4.1 Schmerzeinschätzung .....	12
	1.4.2 Postoperative Schmerztherapie .....	12
2	<b>Anästhesie im Kindesalter</b> (D. Neuhaus) .....	15
2.1	Physiologische Besonderheiten des Kindesalters .....	15
2.2	Anästhesiologische Besonderheiten des Kindesalters .....	17
3	<b>Chirurgische Arbeitstechniken und Notfälle</b> (M. Heinrich) .....	25
3.1	Punktionen und Drainagen .....	25
3.2	Lokal- und Regionalanästhesien .....	29
3.3	Wundversorgungen .....	30
3.4	Offene Frakturen, Gefäß- und Nervenverletzungen .....	32
3.5	Polytrauma .....	33
3.6	Schädelhirntrauma .....	36
3.7	Thoraxtrauma .....	42
3.8	Stumpfes Bauchtrauma .....	43
	3.8.1 Milzverletzungen .....	43
	3.8.2 Leberverletzungen .....	44
	3.8.3 Verletzungen des Harntrakts .....	46
	3.8.4 Pankreasverletzungen .....	47
	3.8.5 Verletzungen des Magen-Darm-Traktes .....	48
3.9	Kindesmisshandlung .....	48

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

4	<b>Kinderradiologische Gesichtspunkte in der Kinderchirurgie (R. Gnannt).</b> . .	51
4.1	Einführung . . . . .	51
4.2	Modalitäten und Strahlenschutz . . . . .	51
4.3	Spezifische Diagnostik für typische kinderchirurgische . . . . .	53
	Krankheitsbilder . . . . .	53
4.3.1	Thorax . . . . .	53
4.3.2	Abdomen . . . . .	54
4.3.3	Urogenitaltrakt . . . . .	58
4.3.4	Vaskuläre Anomalien . . . . .	59

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12

# 1 Prä- und postoperative Versorgung

## 1.1 Chirurgische Aufklärung

Die Einwilligung für einen operativen Eingriff bei Kindern sollte möglichst immer von beiden Elternteilen eingeholt werden. Jugendliche sollten selbst auch per Unterschrift in den Eingriff einwilligen. Dafür muss, möglichst durch den Operateur selbst, in einem ausreichenden zeitlichen Abstand zum geplanten Eingriff ein Aufklärungsgespräch durchgeführt werden. Hierbei sind die Eltern und abhängig vom Alter auch der Patient über die Diagnose, Notwendigkeit, Dringlichkeit, Verlauf sowie Ziele und Tragweite des operativen Eingriffs und dessen Komplikationen aufzuklären. Inhalt und Umfang des Aufklärungsgesprächs orientieren sich am Eingriff selbst und den absehbaren Komplikationen für den jeweiligen Patienten. Vordruckte Formulare ersetzen das individuell angepasste Aufklärungsgespräch nicht. Abhängig von der Dringlichkeit des Eingriffs ist eine ausreichende Überlegungsfrist zu gewähren. Bei geplanten Eingriffen beträgt diese mindestens 24 Stunden. Als Risiken müssen die typischen Komplikationen des Eingriffs erläutert werden. Andere, atypische Risiken sollten in Abhängigkeit von der jeweiligen Komplikationsrate ebenfalls benannt und erklärt werden. Gibt es mehrere wissenschaftlich anerkannte Therapieoptionen, umfasst das Aufklärungsgespräch auch die alternativen Behandlungsmöglichkeiten und deren Risiken. Die Möglichkeit einer intraoperativen Erweiterung des Eingriffs muss ebenfalls besprochen werden. Das Gespräch sollte sorgfältig dokumentiert werden mit Angabe von Datum und Uhrzeit sowie Gesprächsinhalt. Es muss schriftlich festgehalten werden, dass die Eltern bzw. der Patient das Aufklärungsgespräch verstanden haben und Fragen stellen konnten. Durch die Unterschrift möglichst beider Elternteile und des Arztes mit Angabe von eventuellen Zeugen (oder auch Dolmetschern) ist das Aufklärungsgespräch vollständig. Bei dringlichen Eingriffen sollte stets die Einwilligung der Eltern eingeholt werden. Ist der ärztliche Eingriff im Notfall nicht aufschiebbar und sind die Eltern nicht erreichbar, so kann der Arzt die medizinisch notwendigen Maßnahmen auch ohne die Einwilligung durchführen.

## 1.2 Postoperative Infusionstherapie und Ernährung

Die Substitution von Wasser und Elektrolyten orientiert sich postoperativ an der Art des jeweiligen Eingriffs und der Grunderkrankung des Patienten. Entscheidend für die Flüssigkeitsbilanz sind Flüssigkeitsverschiebungen durch Bildung von Ödemen, Verluste in den Peritonealraum oder peri- bzw. postoperative Blutverluste. Aufgrund dieser dynamischen Verläufe muss die Flüssigkeitssubstitution flexibel erfolgen. Die Infusionsmenge berechnet sich aus dem Basisbedarf und ist abhängig vom Alter und Gewicht des Patienten (Tab. 1.1). Bei abdominalen Eingriffen erhöht sich der Bedarf um bis zu 50 % und bei thorakalen Eingriffen um ca. 25 % aufgrund der Flüssigkeitsverschiebung in den dritten Raum. Bei Neugeborenen und Säuglingen muss außerdem beachtet werden, dass die Flüssigkeitsmengen für Dauertropf-

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

infusionen, Medikamente und Arterien-spülungen mit in die Infusionsmenge eingerechnet werden. Außerdem müssen Flüssigkeitsverluste über die Magensonde und Drainagen ersetzt werden. Bei Fieber müssen zusätzlich 10 ml/kg KG/Tag pro Grad Celsius über 38,5°C substituiert werden. Als Infusionslösungen werden postoperativ häufig Vollelektrolytlösungen oder physiologische Kochsalzlösung mit einer niedrigen Glukosekonzentration von ca. 3 % verwendet. Wichtig ist hier zu bedenken, dass es sich dabei um hypotone Lösungen handelt, die z. B. zu einer Hyponatriämie führen können. Anzustreben sind unter dieser Infusionstherapie altersentsprechende kardiozirkulatorische Normwerte, eine normale Rekapillarierungszeit und ein Urinvolumen von 1–2 ml/kg KG/h. Kommt es unter dieser Substitution zur Tachykardie

**Tab. 1.1:** Postoperativer Basisbedarf an Flüssigkeit nach operativen Eingriffen in der Körperperipherie.

Alter	ml/kg KG/d
Neugeborene 1. Tag	60
Neugeborene 2. Tag	75–85
Neugeborene 3. Tag	90–100
Neugeborene ab dem 4. Tag	130
Säuglinge 1.–6. Monat	100–120
Säuglinge 7.–12. Monat	100
bis 10 kg	80–100
bis 20 kg	70–80
bis 30 kg	60
bis 40 kg	50
>40 kg	20–30

und Hypotonie mit einer verminderten Urinausscheidung, erfolgt zunächst die Gabe von Volumen-Boli (z. B. NaCl 0,9 % 20 ml/kg KG), Humanalbumin 5 % (5–10 ml/kg KG) oder Plasmaersatzmittel (z. B. HAES, 10 ml/kg KG über zwei Stunden, max. 25 ml/kg KG/Tag). Die Indikation zur Gabe eines Erythrozytenkonzentrats (EK) sollte streng gestellt werden. Sie ist abhängig vom klinischen Zustand des Patienten. Sinkt der Hb-Wert bei Neugeborenen unter 12 g/dl und bei Kleinkindern bis Jugendlichen unter 7 g/dl, muss meist eine EK-Gabe erfolgen. Dabei kann man davon ausgehen, dass 1 ml/kg KG EK den Hämatokrit um 1 % bzw. 3 ml/kg KG EK den Hb-Wert um 1 g/dl anheben. In der Regel

erfolgt eine Substitution von max. 10–15 ml/kg KG innerhalb von vier Stunden. Die Infusionsgeschwindigkeit beträgt ca. 3 ml/kg KG/h. Eine Albuminsubstitution sollte bei einem Albumin-Wert unter 2,5 g/dl erfolgen (Humanalbumin oder FFP). Bei einem Absinken des Quick-Wertes < 50 % und einer Verlängerung der PTT auf > 60 s wird eine FFP-Substitution durchgeführt. Die Gabe eines Thrombozytenkonzentrats ist bei einer Thrombozytenzahl von unter 30 000 Zellen/mm<sup>3</sup> und relevanter Blutung notwendig.

### *Postoperative parenterale Ernährung*

Eine parenterale Ernährung ist postoperativ meist aufgrund eines ausgedehnten Eingriffs am Gastrointestinaltrakt oder einer intestinalen Motilitätsstörung nach einer intraabdominalen oder retroperitonealen Operation notwendig. Auch nach Eingriffen aufgrund schwerer entzündlicher Ursachen (z. B. Peritonitis, intraabdominaler Abszess) ist teilweise oft zunächst keine enterale Ernährung möglich. Dauert die Nahrungskarenz voraussichtlich mehrere Tage an, sollte eine parenterale Ernährung begonnen werden. Dafür ist ein zentralvenöser Katheter notwendig. Aufgrund des postoperativen Postaggressionsstoffwechsels besteht zunächst

eine Glukoseutilitätsstörung bei gleichzeitig gesteigerter Glukosebereitstellung. Dies führt zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels. Die externe Glukosezufuhr muss deshalb entsprechend angepasst werden und kann im Verlauf der ersten postoperativen Tage unter regelmäßiger Blutzuckerkontrolle gesteigert werden (Tab. 1.2). Ab dem 6. postoperativen Tag kann die Glukosezufuhr in der Regel der üblichen Bedarfsmenge bei totaler parenteraler Ernährung entsprechen.

Ab dem 1. postoperativen Tag kann mit der Gabe von Aminosäuren begonnen werden, in der Regel in einer Dosierung von 1 g/kg KG/Tag mit einer Steigerung um 0,5 g/kg KG/Tag bis zum Erreichen der Bedarfsmenge (Tab. 1.3).

Die Fettzufuhr erfolgt ab dem 4. postoperativen Tag in einer anfänglichen Dosierung von 0,5–1 g/kg KG/Tag mit einer Steigerung um 0,5 g/kg KG/Tag bis zum Erreichen der Bedarfsmenge (Tab. 1.4). Bei Kindern, die bereits präoperativ total parenteral ernährt wurden, kann in der Regel postoperativ frühzeitiger Fett parenteral verabreicht werden.

Die Substitution von Elektrolyten erfolgt nach dem angegebenen Basisbedarf und muss entsprechend der regelmäßigen Laborkontrollen angepasst werden (Tab. 1.5). Hinzu kommt die Gabe von Vitaminen und Spurenelementen (Tab. 1.6).

**Tab. 1.2:** Gabe von Kohlenhydraten (Glukose) im Verlauf der ersten postoperativen Tage.

Alter	Säuglinge	2.–5. LJ	6.–9. LJ	10.–14. LJ
Gewicht	< 10 kg	10–20 kg	20–30 kg	> 30 kg
OP-Tag	2–3 g/kg/d	~2 g/kg/d	1–1,5 g/kg/d	~1,2 g/kg/d
1. Post-OP-Tag	8–10 g/kg/d	~7 g/kg/d	~6 g/kg/d	~5 g/kg/d
ab 2. Post-OP-Tag	10–12 g/kg/d	8–9 g/kg/d	6–7 g/kg/d	~6 g/kg/d
ab 6. Post-OP-Tag	12–14 g/kg/d	8–12 g/kg/d	7–9 g/kg/d	6–8 g/kg/d

**Tab. 1.3:** Bedarfsmenge an Aminosäuren für die postoperative parenterale Ernährung bei Kindern.

Alter	< 6 Monate	6.–24. Monat	3.–10. LJ	10.–14. LJ
1. Post-OP-Tag	1 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d
Bedarfsmenge	2–2,5 g/kg KG/d	2,5 g/kg KG/d	2 g/kg KG/d	1,5 g/kg KG/d

**Tab. 1.4:** Bedarfsmenge an Fett für die postoperative parenterale Ernährung bei Kindern.

Alter	< 12 Monate	2. LJ	3.–10. LJ	10.–14. LJ
4. Post-OP-Tag	0,5 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d	1 g/kg KG/d
Bedarfsmenge	3 g/kg KG/d	2–3 g/kg KG/d	1–2 g/kg KG/d	1–1,5 g/kg KG/d

**Tab. 1.5:** Bedarfsmenge an Elektrolyten für die postoperative parenterale Ernährung bei Kindern.

NaCl 5,85 %	3–5 mmol/kg KG/d = 3–5 ml/kg KG/d
KCl 7,45 %	1–3 mmol/kg KG/d = 1–3 ml/kg KG/d
Ca-Gluconat 10 %	0,23–0,7 mmol/kg KG/d = 1–3 ml/kg KG/d
Phosphat	0,5–1 mmol/kg KG/d = 0,5–1 ml/kg KG/d
Magnesiocard®	0,075–0,25 mmol/kg KG/d = 0,25–0,66 ml/kg KG/d

**Tab. 1.6:** Bedarf an Vitaminen und Spurenelementen für die parenterale Ernährung bei Kindern.

Vitamine und Spurenelemente	Tagesbedarf	Max. Gabe
Soluvit®	0,5 ml/kg KG/d	max. 10 ml
Vitalipid®*	1 ml/kg KG/d	max. 10 ml
Peditrace®	1 ml/kg KG/d	max. 15 ml
Inzolen Infantibus®	1 ml/kg KG/d	max. 20 ml
Zinkaspartat	0,1–0,2 ml/kg KG/d	max. 20 ml

\* ab dem 4. postoperativen Tag, wenn Fett gegeben wird

### *Postoperativer enteraler Nahrungsaufbau*

Die Zeit der Nahrungskarenz richtet sich nach dem operativen Eingriff. Bei kleineren Eingriffen kann in der Regel nach vier Stunden, bzw. sobald das Kind ausreichend wach und orientiert ist und keine Aspirationsgefahr mehr besteht, mit der oralen Gabe von klaren Flüssigkeiten (z. B. Tee oder Wasser) begonnen werden. Bei größeren Operationen ohne Eröffnung des Darmlumens orientiert sich der Beginn des Nahrungsaufbaus an der Dauer der postoperativen Darmatonie. Fördert die Magensonde nur noch klares Magensekret, sind Darmgeräusche zu auskultieren und hat der Patient abgeführt, kann mit der oralen Flüssigkeitszufuhr begonnen werden. Nach Operationen mit Eröffnung des Gastrointestinaltraktes muss eine Nahrungskarenz abhängig vom jeweiligen operativen Eingriff eingehalten werden. Der weitere Nahrungsaufbau erfolgt in Abhängigkeit von der Art des operativen Eingriffs, dem Alter und der präoperativen Ernährung. Sobald 50 % des Bedarfs enteral gegeben werden, sollte die parenterale Ernährung, insbesondere die Fettzufuhr, reduziert werden.

## 1.3 Prophylaxen

Stressulzera sind bei Kindern selten, dennoch sollte bei vorhandenen Risikofaktoren (z. B. Beatmung, Nüchternheit, Analgesie mit nicht steroidalen Antiphlogistika, Schock) eine *Ulkusprophylaxe* erwogen werden. Anzustreben ist ein Magen-pH von  $> 3,5$ . An intravenösen Medikamenten stehen Ranitidin (1,5–3 mg/kg KG/Tag) oder Omeprazol bzw. Esomeprazol (0,25–1 mg/kg KG/Tag) zur Verfügung. Bei Früh- und Neugeborenen wird die Ulkusprophylaxe allerdings kontrovers diskutiert.

Eine *Thromboseprophylaxe* ist bei einer gelenkübergreifenden Immobilisation der unteren Extremität oder auch absoluter Bettruhe unter bestimmten Bedingungen auch im Kindesalter indiziert: Bei Kindern ab einem Gewicht von 40 kg, Jugendlichen ab Beginn der Pubertät und dispositionellen Risikofaktoren (z. B. Thrombophilie, nephrotisches Syndrom, Herzvitium) ist eine Therapie mit einem niedermolekularen Heparin notwendig (Clexane® 20 mg oder Fragmin P® 2500 IE 1×/Tag s. c.). Initial und anschließend in wöchentlichen Abständen muss aufgrund der Gefahr einer heparininduzierten Thrombozytopenie (HIT) eine Bestimmung der Thrombozytenzahl erfolgen. Bei Kindern sollte vor Durchführung der Thromboseprophylaxe ein Aufklärungsgespräch erfolgen und ein schriftliches Einverständnis der Eltern eingeholt werden. Es sollten unter Thromboseprophylaxe keine i. m. Injektionen (z. B. Impfungen) erfolgen sowie keine Gabe von Acetylsalicylsäure.

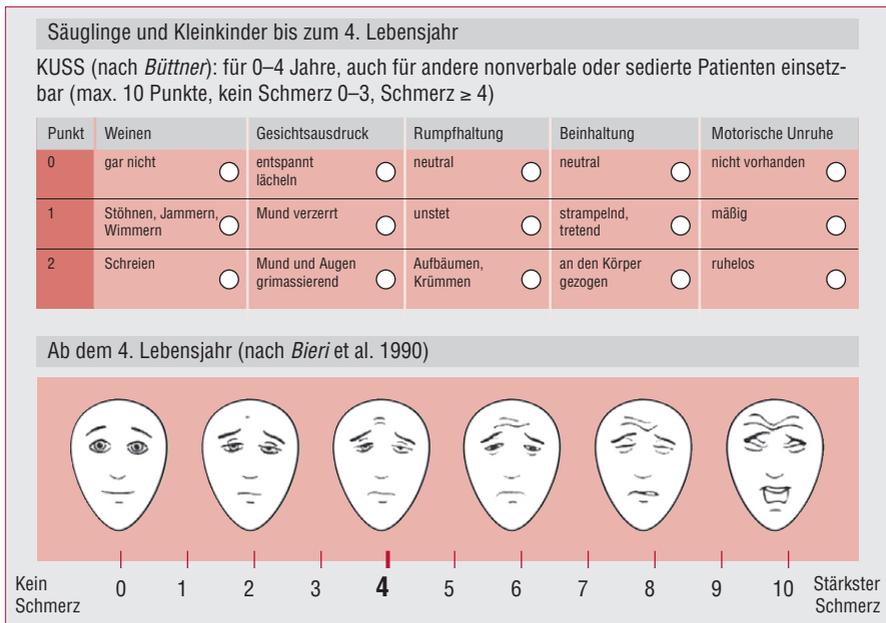
Eine Indikation für eine antibiotische Prophylaxe besteht bei aseptischen Eingriffen (keine Eröffnung einer mikrobiell besiedelten Körperhöhle) nur bei Implantation eines Fremdkörpers (Metallimplantate, Katheter, Sonden, Gefäßprothesen), Herzoperationen, neurochirurgischen Eingriffen und Tumorexstirpationen. Bei bedingt aseptischen, kontaminierten und septischen Eingriffen ist eine perioperative antibiotische Prophylaxe indiziert. Sie wird in der Regel als Einmalgabe präoperativ mit der Narkoseeinleitung mindestens 30(–60) Minuten vor Inzision verabreicht. Normalerweise ist diese einmalige Gabe ausreichend. Bei einer Operationsdauer > 3 Stunden und bei größeren Blutverlusten ist alle 2 Stunden (Aminopenicillin und Betalaktamaseinhibitor) bzw. alle 4 Stunden (Cefazolin) während der Operation eine erneute Gabe des Antibiotikums sinnvoll. Es sollte immer eine Abwägung zwischen einer sinnvollen Prävention infektiöser Lokalkomplikationen und den zu erwartenden Nebenwirkungen bzw. Komplikationen einer Antibiotikaprophylaxe erfolgen. Davon klar abzugrenzen ist die antibiotische Therapie bei infektiösen Erkrankungen, wie z. B. einer Peritonitis. Bei gravierenden kardialen Erkrankungen ist eine umfangreichere antibiotische Prophylaxe nach den Maßgaben der jeweiligen Spezialisten erforderlich.

## 1.4 Postoperatives Schmerztherapiemanagement

Die postoperative Analgesie erfordert ein patientenorientiertes Vorgehen, da große inter- und intraindividuelle Unterschiede im Analgesiebedarf bestehen. Es muss zudem eine situationsbedingte Anpassung des Bedarfs erfolgen. Ziel ist, dass der Patient immer adäquat analgisiert ist, da nicht beherrschte Schmerzen den Krankheitsverlauf negativ beeinflussen. Bei beatmeten Patienten erfordern moderne Beatmungskonzepte zusätzlich eine patientenorientierte Sedierung mit einer adäquaten Bewusstseinsdämpfung. Bei der postoperativen Schmerztherapie sollten immer andere mögliche Schmerzursachen oder schmerzverstärkende Einflüsse bedacht werden. Die nicht medikamentösen Schmerztherapien fließen mit in das jeweilige Therapieschema ein (Lagerung, Ruhigstellung, physikalische Maßnahmen, psychologische Unterstützung).

### 1.4.1 Schmerzeinschätzung

Grundlage jeder Schmerztherapie bei Kindern ist eine altersentsprechende Schmerzeinschätzung durch adäquate Schmerzska­len. Bei Kindern <4 Jahre wird die Fremd­beobachtung zur Schmerzeinschätzung eingesetzt. Hier hat sich die kindliche Unbehagens- und Schmerzskala (KUSS) nach *Büttner* durchgesetzt. Diese Skala kann auch für andere nonverbale oder sedierte Patienten eingesetzt werden. Kinder >4 Jahre sind in der Regel in der Lage, eine Selbsteinschätzung durchzuführen. Hierfür werden kindgerechte Gesichter-Skalen verwendet, wie beispielsweise eine Smiley-Skala oder die Gesichter-Skala nach *Bieri*. In der Abbildung 1.1 ist der in unserer Klinik verwendete Schmerz­schieber abgebildet. Die postoperative Überwachung erfolgt durch das Pflegepersonal. Bei jeder routinemäßig durchgeführten Überwachung der Vitalparameter (z. B. nach 30 min, 1 h, 1,5 h, 2 h, 3 h, 4 h und 6 h) muss auch eine Schmerzeinschätzung erfolgen. Der entsprechende Schmerzscore wird dokumentiert und ab einem Score  $\geq 4$  besteht ein Schmerzmittelbedarf. 30 Minuten nach Gabe eines Bedarfsanalgetikums sollte dann eine erneute Schmerzeinschätzung zur Erfolgskontrolle der Analgesie durchgeführt werden. Der Verlauf des Schmerz­scores gibt Auskunft über die Qualität der Schmerztherapie.



**Abb. 1.1:** Altersentsprechende postoperative Schmerzeinschätzung bei Kindern.

### 1.4.2 Postoperative Schmerztherapie

Postoperative Schmerzen sind vorhersehbar und die notwendige Therapie sollte daher vorausschauend vor dem Eingriff festgelegt werden. Die Schmerztherapie orientiert sich am Ausmaß des chirurgischen Eingriffs und wird individuell patientenorientiert angepasst. Je nach zu

erwartenden Schmerzen und Art des Eingriffs ist der Einsatz unterschiedlicher Medikamente als Basismedikation sinnvoll. Diese sollten als feste Gaben am Tag der Operation und am 1. postoperativen Tag angeordnet werden. Als Bedarfsmedikation werden beim Auftreten von entsprechenden Schmerzen (Schmerzscore  $\geq 4$ ) zusätzliche Analgetika in entsprechender Dosierung und minimal möglichem Zeitabstand angeordnet. Diese verordneten Analgetika können dem Patienten vom Pflegepersonal dann nach entsprechender Schmerzeinschätzung selbstständig im entsprechenden Rahmen verabreicht werden. Die postoperative Schmerztherapie bei kleinen bis mittelgroßen Eingriffen ist in der Tabelle 1.7 dargestellt. Bei größeren Eingriffen sollte ab dem Schulalter eine PCA-Pumpe mit einem Opiat zum Einsatz kommen, unterstützt durch ein fest angeordnetes Nichtopioid. Die PCA-Pumpen werden z.B. mit Piritramid bestückt in folgender Dosierung und Einstellung: Bolus von 0,2 mg/kg KG (max. 2 mg), Lockout 10 min, 4h-Maximum 0,3 mg/kg KG (max. 25 mg). Festeingestellte Basalraten sollten in der postoperativen Schmerztherapie nicht eingestellt werden. Säuglinge und jüngere Kinder müssen zur Gewährleistung einer ausreichenden Analgesie bei großen Eingriffen auf der Intensivstation überwacht werden und können dann mit einer Opiat-Dauertropfinfusion (z. B. Piritramid 0,03–0,05 mg/kg KG/h) versorgt werden. Zusätzlich sollte immer an eine Schmerzprophylaxe und an adjuvante Therapien gedacht werden. Heutzutage werden auch bei Kindern vermehrt Regionalanästhesieverfahren zur postoperativen Schmerztherapie eingesetzt und können bei entsprechend enger Indikationsstellung in erfahrener Hand bei großen operativen Eingriffen (z. B. Thorax- oder Abdominaleingriffe) auch sicher durchgeführt werden. Sie ermöglichen eine schmerzfreie postoperative Phase ohne systemische Nebenwirkungen.

**Tab. 1.7:** Postoperative Schmerztherapie bei kleinen und mittelgroßen Eingriffen im Kindesalter (THD = Tageshöchstdosis, ED = Einzeldosis).

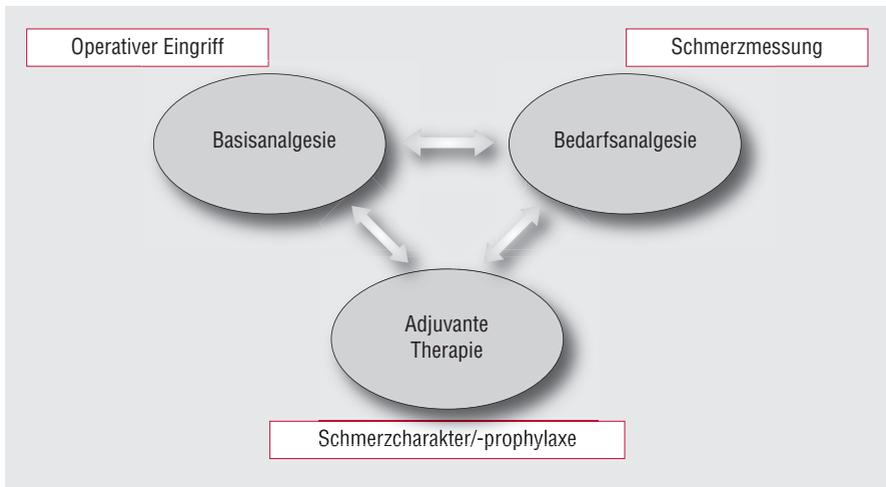
Basisanalgesie – feste Anordnung	alle Schmerzarten und alle Eingriffe	<b>Ibuprofen p. o.</b> 10 mg/kg/ED 3–4 x/d (ab 3 Mo.) (Saft 2 %: 1 ml = 20 mg) THD 40mg/kg/d
	viszerale und Uro-OP	<b>Metamizol i. v.</b> 10–15 mg/kg/ED 4 x/d (ab 3 Mo.) THD 75–100 mg/kg/d
	alternativ	<b>Perfalgan® i. v.</b> $\geq 10$ kg KG: 15 mg/kg/ED 4 x/d, THD 60 mg/kg/d $< 10$ kg KG: 7,5 mg/kg/ED 4 x/d, THD 30 mg/kg/d oder <b>Diclofenac p. o./Supp.</b> Initial 2 mg/kg/ED dann 1 mg/kg/ED 2–3 x/d (ab dem 1. Lj.) THD 3 mg/kg/d (Supp. 25/50/100 mg, Tbl. 12,5/25/50 mg)
Bedarfsanalgesie	Score: 4–7	<b>anderes Nichtopioid (s. o.)</b>
	Score: 8–10	<b>Piritramid i. v. (Kurzinfusion)</b> 0,05–0,1 mg/kg max. alle 4 Std.

1 Periduralkatheter werden meist mit einem Gemisch aus einem Lokalanästhetikum und einem Opiat (z. B. Naropin® und Sufentanil) bestückt und benötigen eine sichere und standardisierte Überwachung inkl. eines festgelegten Schemas für den Auslassversuch und die Katheterentfernung (siehe auch Kapitel 2.2).

2 Somit wird letztlich die Forderung nach einer individuellen, umfassenden und multimodalen Schmerztherapie unter dem Motto „Schmerzen behandeln, bevor sie entstehen“ erfüllt. Treten postoperativ Schmerzen auf, sollte es keine Zeitverzögerungen bis zur Medikamentenverabreichung geben. Informationsblätter für Kinder und Eltern, die schon bei Aufnahme über die Schmerzeinschätzung und -therapie aufklären, sind sinnvoll.

3 Die postoperative Schmerztherapie stützt sich somit auf drei Säulen (Abb. 1.2):

- 4  die *Basisanalgesie* als feste Anordnung je nach Art des operativen Eingriffs
- 5  die *Bedarfsanalgesie* bei dennoch auftretenden Schmerzen (Schmerzscores  $\geq 4$ )
- 6  die *adjuvante Analgesie* zur Unterstützung durch eine bestimmte Auswahl an Medikamenten je nach Schmerzcharakter und durch Gabe zusätzlicher Medikamente bei z. B. Blaseneingriffen oder liegendem suprapubischem Katheter (anticholinerge Therapie), bei Juckreiz oder Medikamente zur Sedierung



11 **Abb. 1.2:** Die drei Säulen der postoperativen Schmerztherapie bei Kindern.

12 Der Einsatz von Lokalanästhetika spielt in der Analgesie perioperativ ebenfalls eine große Rolle (siehe auch Kapitel 2 und Kapitel 3.2). Beispiele hierfür sind u.a. der Penisblock, Ileoinguinalblock und die Wundrandinfiltration. In der Regel wird ab dem 2. postoperativen Tag entschieden, ob eine weitere feste Anordnung als Basisanalgesie noch notwendig ist in Abhängigkeit vom Verlauf der Schmerzscores und des bisherigen Schmerzmittelbedarfs. Es kann dann auf eine reine Bedarfsmedikation umgestellt werden.

## 2 Anästhesie im Kindesalter

Die Analyse abgeschlossener Haftpflichtfälle der „American Society of Anesthesiology“ zeigt deutliche Unterschiede im „Risikoprofil“ bei der Anästhesie von Kindern im Gegensatz zur Anästhesie bei erwachsenen Patienten. Bei Kindern handelt es sich meist um primär gesunde Patienten, während der Anteil schwerkranker Patienten im Erwachsenenalter deutlich höher liegt (6% schwerkranke Kinder vs. 41% schwerkranke Erwachsene). Im Kindesalter sind außerdem typischerweise Schwierigkeiten beim Management des Atemwegs im Rahmen der Anästhesie deutlich häufiger (43% vs. 30%) und die Narkoseführung wird von Seiten der Gutachter aufgrund mangelnder Erfahrung des Anästhesisten bei Kindern öfter als „unangemessen“ bezeichnet (54% vs. 44%). Vor diesem Hintergrund ist besonders die Mortalität bei Kinder-Haftpflichtfällen mit 50% versus 35% bei Erwachsenen als dramatisch anzusehen!

Da die Erfahrung des Anästhesieteams ein nachgewiesener Faktor zur Vermeidung von schwerwiegenden Anästhesiezwischenfällen bei Kindern darstellt, ist es als äußerst wichtig anzusehen, dass in einer Institution, die Anästhesien bei Kindern durchführt, die personellen und strukturellen Voraussetzungen zur Versorgung von Kindern der entsprechenden Altersklassen erfüllt sind!

Das vorliegende Kapitel fokussiert vor allem auf praxisrelevante anästhesiologische Aspekte spezieller pädiatrischer Belange. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf den in der Institution des Autors üblichen Vorgehensweisen, welche zum Teil nur durch die enge Zusammenarbeit zwischen Anästhesie und Chirurgie möglich sind. Gleichzeitig kann hier kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Es geht vielmehr darum, die für einen Kinderchirurgen interessanten und relevanten Faktoren im Spektrum der pädiatrischen Anästhesie zu beleuchten.

### 2.1 Physiologische Besonderheiten des Kindesalters

Kardiale und respiratorische Besonderheiten stehen bei der Narkose von Säuglingen und Kleinkindern im Vordergrund, wohingegen die metabolische Unreife zwar im Einzelfall Beachtung finden muss, im Alltag jedoch weniger ins Gewicht fällt. Ältere Kinder (ab Schulalter) unterscheiden sich anatomisch und physiologisch nicht mehr wesentlich vom erwachsenen Patienten.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, elektive Eingriffe, wenn immer möglich, erst jenseits des ersten Lebensjahres zu planen, da die allgemeine Organunreife und neurologische Vulnerabilität mit zunehmendem Alter abnehmen. Dennoch müssen ungeachtet der physiologischen Besonderheiten einige operative Eingriffe aufgrund ihres typischen Altersgipfels und der resultierenden chirurgischen Indikation und Dringlichkeit „unverhandelbar“ in diesem gewissermaßen „vulnerablen“ Alter durchgeführt werden.

Hier ist gegenüber besorgten Eltern eine einfühlsame und transparente Erläuterung der individuellen Sachlage durch die involvierten Disziplinen erforderlich, um einerseits deren Sorge gerecht zu werden und andererseits das Wohl des Kindes zu wahren.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

### Herz und Kreislauf

Insbesondere innerhalb der ersten 48 Lebensstunden ist der Lungengefäßwiderstand noch hoch und sehr variabel. Respiratorische Probleme unter der Narkose (z. B. Hypoxie, Hyperkapnie, Azidose), aber auch Sepsis und Wärmeverluste können zu einer lebensbedrohlichen Wiedereröffnung fetaler Shuntwege führen. Diese Reagibilität lässt im Verlauf der ersten Lebenswochen langsam nach. Daher werden invasive Maßnahmen am Neugeborenen, wenn möglich, auf ein späteres Lebensalter verlegt.

Das Myokard des Neugeborenen enthält darüber hinaus noch weniger kontraktile Elemente als das des älteren Kindes. Es kann im Falle einer Bradykardie seine Auswurfleistung daher noch nicht über eine gesteigerte diastolische Füllung kompensieren (fehlender Frank-Starling-Mechanismus). Jede Bradykardie bedeutet somit einen bedrohlichen Abfall des Herzzeitvolumens! Daher müssen bei einer Bradykardie  $\leq 60/\text{min}$  beim Säugling in Kombination mit Anzeichen einer schlechten Perfusion (z. B. eingetrübtes Bewusstsein, marmorierte Haut, lange Rekapillarierungszeit) unverzüglich Wiederbelebensmaßnahmen eingeleitet werden.

### Respiratorisches System

Als Richtwerte für den arteriellen Sauerstoffpartialdruck bzw. die transkutane Sauerstoffsättigung werden für Frühgeborene 6,7–10,6 kPa bzw. 90–95 % und ab dem Neugeborenenalter bis zu 12–18,6 kPa bzw. 93–100 % angegeben. Beim Management des kindlichen Atemweges steht die funktionelle Atemwegsobstruktion im Vordergrund. Darunter wird eine Verlegung der oberen extrathorakalen Atemwege verstanden, wie sie beispielsweise durch einen Fremdkörper, das Zurückfallen der Zunge, einen Laryngospasmus, eine altersbedingte Tonsillenhyperplasie oder durch eine infektiell bedingte Schwellung und Sekretverlegung der noch engen kindlichen Atemwege verursacht sein kann.

Erschwert wird das Atemwegsmanagement insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern noch durch deren geringe Apnoetoleranz bedingt durch die rasche Bildung von Atelektasen und intrapulmonalen Shunts (geringe funktionelle Residualkapazität, hohe „closing capacity“) sowie durch den hohen Sauerstoffverbrauch (Tab. 2.1).

**Tab. 2.1:** Richtwerte für altersabhängige respiratorische Parameter bei Kindern.

	Neugeborenes	Säugling	Kleinkind	Schulkind
AF (/min)	40	30	20	15
AMV* (ml/kg)	300	250	200	150
O <sub>2</sub> -Verbrauch	6 ml/kg/min			3 ml/kg/min
CO <sub>2</sub> -Produktion	6 ml/kg/min			3 ml/kg/min
Alveoläre Ventilation : FRC**	5 : 1			2 : 1
Pulmonale Compliance	5 ml/mbar			80 ml/mbar

\* AMV = Atemminutenvolumen, \*\* FRC = funktionelle Residualkapazität

Patienten mit bekannt schwierigem Atemweg (z. B. Pierre-Robin-Sequenz, Franceschetti-Syndrom, Verbrennungen im Gesichts-/Halsbereich) sollten unbedingt in einer Zentrumsklinik und damit durch ein erfahrenes Kinderanästhesieteam mit der entsprechenden Infrastruktur behandelt werden.

### *Respiratorische Infekte*

Grundsätzlich sollte jeder elektive Patient mit einem neu aufgetretenen Infekt der oberen und/oder unteren Atemwege vor Einleitung der Narkose vom betreuenden Anästhesisten gesehen werden. Neben der direkten Atemwegsverlegung durch Ödem oder Sekret stellt vor allem die über Wochen anhaltende Hyperreagibilität der Bronchial- und Larynxmuskulatur ein spezielles Risiko dar. Die Entscheidung, die in Narkose geplante Maßnahme bei einem Kind mit Atemwegsinfekt zu verschieben, muss immer individuell getroffen werden. Sie sollte neben der chirurgischen Dringlichkeit und dem respiratorischen Befund auch die subjektive Einschätzung der Eltern über den Allgemeinzustand ihres Kindes, deren individuelle Situation und nicht zuletzt die persönliche Erfahrung des Anästhesisten berücksichtigen.

Wird eine Anästhesie bei einem Kind mit Atemwegsinfekt durchgeführt, sollten ca. 30 Minuten vor Einleitung mit einem Beta-2-Mimetikum inhaliert und bereits im Rahmen der Prämedikation vasokonstriktive Nasentropfen verabreicht werden.

Bei Terminverschiebung sollte der Patient frühestens 14 Tage nach Abklingen der Symptome wieder einbestellt werden, um der über das Abklingen der Symptome hinaus bestehenden Hyperreagibilität der Atemwege gerecht zu werden.

## **2.2 Anästhesiologische Besonderheiten des Kindesalters**

### *Atemwegsmanagement*

Da die für einen chirurgischen Eingriff notwendige Analgesie und Hypnose in der Regel zu einer Atemdepression und zu einem relevanten Verlust von laryngealen Schutzreflexen führen, stellt die Beatmung durch den Anästhesisten und die Atemwegssicherung ein zentrales Thema dar. Grob kann zwischen der Allgemeinnarkose, die eine kontrollierte Beatmung mit intermittierend positivem Atemwegsdruck (IPPV) erfordert, und der Analgosedation mit Spontanatmung unterschieden werden.

Der Goldstandard für die Atemwegssicherung bei kontrollierter Beatmung sollte heutzutage beim Kind  $\geq 3$  kg die Intubation mit einem speziell für Kinder geeigneten Endotrachealtubus mit Cuff sein (z. B. Microcuff®)! Gegenüber ungecufften Endotrachealtuben sind die Vorteile hierbei vor allem die Schonung der trachealen Schleimhaut (Postintubationskrupp, Nekrosen, Stenosen), der effektivere Schutz vor Aspiration bei Regurgitation, die geringere Umgebungs-kontamination mit Narkosegasen und die effizientere Kontrolle der Beatmungsparameter.

Ein supraglottischer Atemweg (z. B. Larynxmaske) kann bei Eingriffen außerhalb von Abdomen und Thorax Anwendung finden, bietet jedoch weder Schutz vor Aspiration noch die

**Tab. 2.2:** Nützliche Formeln (Näherungswerte).

1	Gewicht (kg) = (Alter in Jahren + 4) × 2
2	Tubusgröße Neugeborene* = aktuelles Gestationsalter in Wochen/10
	Tubustiefe Neugeborene: Tiefe ab Unterlippe (cm) = Gewicht (kg) + 6
	Tubusgröße > 1 Jahr* = (Alter in Jahren/4) + 4
	Tubustiefe oral > 1 Jahr = (Alter in Jahren/2) + 12
	Tubustiefe nasal > 1 Jahr = (Alter in Jahren/2) + 15
3	Blutdruck: – Frühgeborenes: MAP** = 1 mmHg × SSW** – 1–10 Jahre: systolischer RR in mmHg = 70 + (2 × Alter in Jahren)
4	* für Microcuff®-Tuben bitte spezielle Größentabellen beachten, ** MAP = mittlerer arterieller Druck, SSW = Schwangerschaftswoche

Möglichkeit einer invasiveren Beatmung. Beim Management eines „schwierigen Atemweges“ hat die Larynxmaske heute jedoch einen festen Stellenwert, sei es für die Notfalloxygenation oder die fiberoptische Intubation.

Kurze Phasen von respiratorischem Support können beim nüchternen Patienten auch mit einer Gesichtsmaske und manueller Masken-Beutel-Beatmung überbrückt werden (z. B. zur Entfernung von Nahtmaterial).

Sedation und Analgosedation stellen hingegen Verfahren dar, bei denen der Patient ähnlich einem natürlichen Schlaf eigenständig atmet (Spontanatmung). Beide Verfahren müssen mit gleicher Sorgfalt überwacht (in Respiratorbereitschaft), aber gleichzeitig dennoch an den individuellen Bedarf angepasst werden.

Die Sedation eignet sich ausgezeichnet für nicht invasive Prozeduren (z. B. CT, MRT, Strahlentherapie). Invasivere Interventionen (Verbandswechsel, kleinere Notfalleingriffe wie Repositionen, Wundversorgungen, Débridements und sogar Nekrosektomien bei thermischen Verletzungen) können – bei Bedarf und entsprechender Erfahrung – in einer Analgosedation durchgeführt werden. Bei diesen Verfahren ist der Atemweg nicht gesichert und die Schutzreflexe sind unter Umständen deutlich reduziert. Diese von Nicht-Anästhesisten gelegentlich als „kleine Narkosen“ oder „schonende Anästhesie“ nicht ganz korrekt interpretierten Vorgehensweisen erfordern vom Anästhesisten ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und sollten heutzutage nicht mehr ohne expiratorische CO<sub>2</sub>-Messung (Kapnometrie) überwacht werden, da diese noch vor dem Abfall der transkutanen Sauerstoffsättigung das Erkennen von Ventilationsstörungen ermöglicht.

Kommt es im Zusammenhang mit einer dieser Maßnahmen zu einer unerwarteten Atemwegsverlegung, ist folgendes Vorgehen zum mechanischen Offenhalten der Atemwege angezeigt:

1. Optimierung der Kopfposition
2. Korrekter Esmarch-Handgriff (Abb. 2.1)
3. Einführen eines oropharyngealen Atemwegs (Guedel-Tubus)
4. 2-Personen-Masken-Beutel-Beatmung

Helfen diese häufig lebensrettenden Basismaßnahmen nicht weiter, so muss an eine andere funktionelle Atemwegsobstruktion (z. B. oberflächlich anästhesierter Patient, Laryngospasmus, opioidbedingte Thoraxrigidität oder schwerer Bronchospasmus) gedacht werden und entsprechend die Narkose intravenös vertieft oder ggf. Adrenalin systemisch verabreicht werden (beim Bronchospasmus). Ist weiterhin keine Maskenbeatmung möglich, muss mittels direkter Laryngoskopie ein Fremdkörper im Rachen/Kehlkopfbereich (z. B. Kaugummi) ausgeschlossen werden, wobei der Patient bei dieser Gelegenheit auch endotracheal intubiert werden kann. Gelingt auch Letzteres nicht, so stellt die Larynxmaske häufig die Notfalllösung der Wahl dar. Weitere fortgeschrittene Möglichkeiten der Visualisierung des Atemwegs und dessen Sicherung stellen die Videolaryngoskopie (z. B. GlideScope®) und fiberoptische Techniken dar. Sie sollten jederzeit verfügbar sein, erfordern aber auch ein entsprechendes Maß an Erfahrung. Invasivere Maßnahmen (z. B. Notfall-Krikotomie) sind bei jungen Kindern technisch extrem schwierig bis unmöglich und erfahrungsgemäß auch nicht notwendig.



**Abb. 2.1:** Esmarch-Handgriff im Rahmen einer Masken-Beutel-Beatmung.

### *Gefäßzugänge*

Für die geplante periphere Venenpunktion am wachen Kind empfiehlt sich sehr die Anwendung topischer Lokalanästhetika (z. B. EMLA®-Creme). Die Schmerzreduktion vereinfacht durch die verbesserte Mitarbeit des Patienten und sekundär der Eltern die Punktion. Auf eine ausreichend lange Einwirkzeit (ca. 60 min) und rechtzeitige Entfernung (ca. 10 min vor Punktion) sollte geachtet werden. Geeignete Punktionsstellen sind der Handrücken, die Vena saphena magna, die Handgelenkinnenseite, der Fußrücken, die Skalpvenen oder auch mal die Kubitalvenen. Zur Erleichterung der Venenpunktion können auch Rotlichtverfahren (Absorption durch Hämoglobin) Anwendung finden (z. B. Veinlite®, Accuvein®, Transillumination).

Die Punktion zentraler Venen ist mit einer nicht zu vernachlässigenden Morbidität und auch Mortalität verbunden. Sie muss daher aufgrund einer wohlüberlegten Indikation (z. B. länger dauernde Infusionstherapie bei schwierigem Venenstatus, Katecholamintherapie, Infusion hochkonzentrierter Lösungen, zentrale Venendruckmessung) und durch einen in der Technik erfahrenen Arzt durchgeführt werden. In der Regel ist eine Allgemeinnarkose für die Punktion

notwendig. Gelegentlich können, mit etwas geringerem Risiko, aber auch zentrale Katheter in einer Sedation von peripher eingebracht werden (Peripherally Inserted Central Catheter = PICC). Geeignete Venen sind z. B. die Vena cephalica, die Vena subclavia, die Vena jugularis interna oder die Vena femoralis. Ein ultraschallgestütztes Vorgehen kann für den in der Technik geübten Anwender auch in schwierigen Situationen helfen und die Punktion erleichtern.

Die chirurgische Venenfreilegung stellt eine effektive, aber invasive Lösung bei sehr schwierigem Venenzugang dar. Sie ist heutzutage nur noch sehr selten notwendig und erfordert einen in der Technik erfahrenen Operateur.

Der intraossäre Infusionszugang (IOZ) ist heutzutage die Methode der Wahl, wenn ein dringend benötigter Gefäßzugang nicht innerhalb einer nützlichen Zeitfrist angelegt werden kann. Im Allgemeinen gilt, dass besonders mit den modernen Punktionssystemen (z. B. EZ-IO®) auch vom wenig erfahrenen Anwender innerhalb kürzester Zeit ein IOZ angelegt werden kann. Dennoch erfordert die spezielle Anatomie noch sehr junger Kinder eine besondere Herangehensweise und erhöhte Vorsicht während der Infusion. Erlaubt ist die Applikation nahezu aller Medikamente und Infusionslösungen. Prioritäre Punktionsstellen sind die proximale, anteromediale Tibia oder auch das distale Femur. Die korrekte Anwendung umfasst unbedingt einen hygienisch einwandfreien Umgang mit dem gesamten Infusionsmaterial und eine auf das Notwendigste beschränkte Anwendungsdauer (<2–4 h). Die akzidentelle Dislokation stellt die häufigste Komplikation des IOZ dar. Daher empfiehlt sich eine zuverlässige Pflasterfixierung (z. B. EZ-Stabilizer®) und die regelmäßige Kontrolle von Infusion und Extremität, um den Verlust der Infusionsmöglichkeit sowie ein drohendes Kompartmentsyndrom bei Extravasation frühzeitig zu erkennen.

#### *Hypovolämie und Hypotonie während des operativen Eingriffs*

Hypotonie bei einem ansonsten gesunden Kind unter Anästhesie beruht in der Regel auf einem Übermaß an Narkose oder einem Defizit an Volumen. Eine ausreichende Gewebe- und Organperfusion ist unter Narkose schwieriger zu beurteilen als beim wachen Patienten. Ausschlaggebend ist neben dem gemessenen Blutdruck (Tab. 2.3) auch der klinische Eindruck (z. B. Rekapillarisation, Diurese, Oxygenierung). Als objektives und „flächendeckendes“ Messverfahren wird gegenwärtig die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS®) noch kontrovers diskutiert.

Die Hypovolämie stellt in der Anästhesie bei Kindern den Hauptgrund für perioperative Herzstillstände dar. Daher ist dem raschen und adäquaten Volumenersatz (Erstmaßnahme: 20 ml/kg einer isotonen Lösung als Bolus!) eine besondere Bedeutung beizumessen.

Kristalloide Flüssigkeiten verteilen sich frei innerhalb von 15 min im gesamten Extrazellulärraum, das heißt nur ca. 1/5 der applizierten Menge verbleibt intravasal. Somit haben sie nur einen minimalen Volumeneffekt und dienen in erster Linie dem Erhalt des Grundbedarfs. Hierfür empfehlen sich Lösungen mit einem 1 bis 2%igen Glukosezusatz. Blutverluste und länger anhaltende Hypotonien jedoch sollten daher primär mit kolloidalen Substanzen (Gelatine-, Haes-Präparate, Humanalbumin) oder gegebenenfalls Blutprodukten und unter Beachtung der Gerinnungsparameter ausgeglichen werden.

Generell dürfen als Volumenersatz keine höherprozentigen glukosehaltigen Lösungen und damit vor allem keine hypotonen Lösungen mit einem Natriumgehalt von  $< 130$  mmol/l (z. B. Jonosteril® päd I/II/III) verabreicht werden, da sie rasch zu Hyperglykämie und aufgrund der freien Flüssigkeit zu einer lebensbedrohlichen Hyponatriämie und konsekutiv einem Hirnödem führen können. Sollen bewusst Kristalloide als Volumensubstitution eingesetzt werden oder ist noch nicht klar, ob es sich um eine Hypotonie im Rahmen eines allergischen Geschehens handelt, soll vorerst NaCl 0,9% oder Ringer-Laktat verwendet werden.

**Tab. 2.3:** Kreislaufparameter für ruhige Kleinkinder und Kinder im Wachzustand\* (nach Coté\*\*).

Alter	Herzfrequenz/min	Blutdruck diastolisch (mmHg)	Blutdruck systolisch (mmHg)
Frühgeborenes	120–170	35–45	55–75
0–3 Monate	100–150	45–55	65–85
3–6 Monate	90–120	50–65	70–90
6–12 Monate	80–120	55–65	80–100
1–3 Jahre	70–110	55–70	90–105
3–6 Jahre	65–110	60–75	95–110
6–12 Jahre	60–95	60–75	100–120
> 12 Jahre	55–85	65–85	110–135

\* Blutdruck und Herzfrequenz können im Schlaf und unter Narkose geringer sein  
 \*\* Variationsbreite kann je nach Autor noch größer sein

### *Erythrozytentransfusion*

Als Richtwerte für das intravasale Blutvolumen werden für Frühgeborene 95 ml/kg, für Neugeborene 85 ml/kg, für Säuglinge/Kleinkinder 80 ml/kg und für Adoleszente 70 ml/kg angenommen. Die Entscheidung zur Transfusion muss immer individuell getroffen werden. Sie hängt vom Gesundheitszustand des Kindes, vom Ausgangshämoglobinwert und von der zu erwartenden Dynamik der Blutung ab. Bei einer entsprechenden Anämie können als Erstmaßnahme in der Regel problemlos 10 ml/kg eines Erythrozytenkonzentrats (EK) transfundiert werden (Berechnung: 4 ml/kg EK erhöhen das Hämoglobin (Hb) um 1 g/dl). Der weitere erforderliche Blutersatz sollte anhand der Dynamik der klinischen Blutung, der Gerinnungsfähigkeit, der Kreislaufdynamik und der Blutgasanalyse eruiert werden.

Um die durch Blutverlust oder iatrogene Verdünnung kompromittierte Gerinnung einzuschätzen, hat sich neben der klinischen, blickdiagnostischen Beurteilung der Gerinnbarkeit im OP-Situs vor allem die Bedside-Analyse mithilfe der Rotationsthrombelastometrie (ROTEM®) zur gezielten Substitution von Gerinnungssubstraten und Einsparung von Fremdblutprodukten als hilfreich erwiesen. Wo immer möglich, ist bei zu erwartenden großen Blutverlusten der Einsatz eines Cellsavers erwägenswert.

**Tab. 2.4:** Richtwerte für physiologische und kritische Hb- und Hkt-Werte.

	Neugeborenes	Bis 3. Lebens- monat	1. Lebensjahr	6. Lebensjahr
Physiologische Hb-Werte (g/dl)	16–20	10–12	10–12	11–13
Physiologische Hkt-Werte (%)	50	30	37	40
Kritische Hb-Werte (g/dl)	12	8	6	6
Kritische Hkt-Werte (%)	36	24	20	20

### *Analgesie*

Prinzipiell kann jede Operation mit einer systemischen, opiatbasierten Analgesie durchgeführt werden (Alfentanyl, Fentanyl, Remifentanyl). Viele Eingriffe lassen sich heutzutage jedoch sinnvoll durch ein Regionalanästhesieverfahren (neuroaxial/peripher) ergänzen, was neben der lang anhaltenden Analgesie auch über die Opiateinsparung zur Reduktion von Übelkeit, Erbrechen und postoperativer Apnoe beitragen kann.

Während im Prinzip alle bei Erwachsenen gängigen Regionalverfahren auch beim Kind möglich sind, reduziert sich das Spektrum aufgrund des im Kindesalter typischen Verletzungsmusters oder Erkrankungsbildes (z. B. kaum interscalenäre Blockade, da selten Schulteroperationen). Ein für das Kindesalter jedoch sehr typisches Regionalverfahren ist der Kaudalblock. Hierbei handelt es sich im Prinzip um eine Peridural-/Epiduralanästhesie, welche durch den Hiatus sacralis angelegt wird. Dieses Verfahren eignet sich für nahezu alle Eingriffe unterhalb des Bauchnabels (z. B. Frakturen an den unteren Extremitäten, Leistenhernien), ist rasch durchzuführen und zeichnet sich durch ein äußerst geringes Schädigungspotenzial (Nervenläsion) aus. Der Hiatus sacralis verknöchert in der Regel im jungen Adoleszentenalter und lässt dann häufig keine Kaudalanästhesie mehr zu. Periphere Regionalanästhesieverfahren sollten heutzutage, wo möglich, mit Ultraschalltechnik durchgeführt werden. Da die pädiatrischen Patienten bei der Anlage eines Regionalanästhesieverfahrens in der Regel schlafen, ist bei unbeabsichtigter Nähe zum Nerv kein Feedback durch den Patienten möglich.

### *Aufwachstation*

Die Aufwachstation stellt eine hochspezifische Einheit zur Behandlung postoperativer Probleme vor Verlegung auf die Normalstation dar (üblicherweise ca. 1 Std.). Komplikationen treten im Aufwachraum mit ca. 4% im Kindesalter häufiger auf und können typischerweise zu einer verzögerten Entlassung (2–3 Std.) oder gar zu stationärer Aufnahme ambulant geplanter Patienten führen.

Das Emergence Delir („Aufwach-Delir“) ist ein hysterischer Verwirrungszustand des Kindes. Typisch für das Emergence Delir ist die Unmöglichkeit der elterlichen Kontaktaufnahme mit ihrem Kind. Sie können nicht zu ihm „durchdringen“ (verschiedene Definitionen existieren). Der Patient kann sich darüberhinaus auto- sowie fremdaggessiv verhalten. Obwohl im eigentlichen Sinne nicht gefährlich, stellt es eine traumatisierende Erfahrung für die Eltern

dar, bindet Personalkapazitäten und kann zu Verletzung des frischen Operations Situs führen. Aufgrund der belastenden Situation sollte die Selbstlimitierung nicht abgewartet (<24h), sondern rasch pharmakologisch behandelt werden. Gelingt es nicht, das Kind mit geringen Dosen Disoprivan (1 mg/kg) zu beruhigen, wirkt Dehydrobenzperidol (DHBP, 10 mcg/kg) in der Regel zuverlässig (Cave: Long-QT-Syndrom).

Postoperative Nausea und Vomitus (PONV) stellt die häufigste Ursache für eine verzögerte Entlassung bei Kindern zwischen ca. 2 und 14 Jahren dar. Bei bekanntem PONV oder Operationen mit erhöhtem PONV-Risiko (z. B. Tonsillektomien, Ohrmuschelplastiken) sollte routinemäßig eine prophylaktische Therapie mit Dexamethason (0,15 mg/kg) und einem Serotoninantagonisten sowie die Anpassung der Narkoseführung (Opiatreduktion, TIVA, ausreichende Hydrierung) durchgeführt werden. Bei ansonsten resistenter PONV stellt die low-dose DHBP-Applikation (10 mcg/kg) eine sehr effektive Rescue-Therapie dar.

Der Postextubationsstridor imponiert als inspiratorischer Stridor nach endotrachealer Intubation. In einem ersten Schritt hilft oft die Vorlage von feuchtem Sauerstoff und Oberkörperhochlage zur Erleichterung der Atmung. Frühzeitig sollten Steroide und geeignete NSAIDs gegeben werden (falls keine Kontraindikation besteht). Für die Akuttherapie und bei massivem Stridor soll zusätzlich mit Adrenalin (pur, 5 mg = 5 ml) inhaliert werden. Dies kann nach Bedarf auch mehrmals wiederholt werden. Beste „Therapie“ ist oft die Prophylaxe: der Einsatz kindgerechter gecuffter Endotrachealtuben, die Sicherstellung, dass der ungecuffte Tubus mit ausreichend großer Leckage atraumatisch in die Trachea passt, und ein kontinuierliches Druckmonitoring des endotrachealen Cuffs.

Eine postoperative Hypopnoe oder Apnoe sowie Schwierigkeiten, eine ausreichende Sauerstoffsättigung unter Raumluft aufrechtzuerhalten, stellen ernsthafte Probleme dar. Sie können zentral oder auch obstruktiv bedingt sein. Zentrale Atemstörungen treten meist infolge einer relativen Opiatüberdosierung auf. Zusätzlich können die oberen Atemwege kollabieren und infolge muskulärer Hypotonie den Pharynxbereich obstruieren (Zurückfallen der Zunge, obstruktives Schlafapnoesyndrom (OSAS)). Hypoxie ist in diesem Zusammenhang definiert als ein transkutaner Sättigungswert unter 93 %. Da eine Hypoxie beim Kind rasch zu Bradykardie und Asystolie führen kann, ist die Antizipation (frühzeitige oder eben prophylaktische O<sub>2</sub>-Gabe) und rasches Handeln (Freimachen der Atemwege (Esmarch-Handgriff), ggf. Atem- und Kreislaufunterstützung (Masken-Beutel-Beatmung, Herzmassage, Adrenalingabe)) von entscheidender Bedeutung.

Erwägenswert ist in jedem Fall eine probatorische Antagonisierung des möglichen Opiatüberhangs mit Naloxon (10 mcg/kg i. v., ggf. 1 mcg/kg/h im Verlauf). Es empfiehlt sich unbedingt, diese Antagonisierung vorsichtig zu titrieren, um eine akute Schmerzproblematik zu vermeiden, und Naloxon in der AWS parat zu haben, um einem möglichen und wahrscheinlichen Opiat-Rebound vorzubeugen!

#### *Ambulante Anästhesie bei Ex-Frühgeborenen*

Die respiratorische Insuffizienz aufgrund einer zentralen Apnoe stellt beim Ex-Frühgeborenen in der postoperativen Phase bis zu 18 Stunden nach dem Eingriff die größte Gefahr dar.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

1 Die Reifung der pharmakologisch relevanten Blut-Hirn-Schranke wird im Allgemeinen in Abhängigkeit vom Gestationsalter um die 52. bis 54. postkonzeptionelle Woche erwartet. Ein tageschirurgisches Vorgehen wird daher in den meisten pädiatrischen Zentren erst jenseits der 60. postkonzeptionellen Woche befürwortet. Vor der 50. postkonzeptionellen Woche sollte nach Allgemeinanästhesie besondere Vorsicht bei der postoperativen Überwachung der respiratorischen Situation aufgewendet werden. Bei kleinen und jungen Frühgeborenen und insbesondere bei Patienten mit ausgeprägtem RDS (respiratory distress syndrome) kann ein alleiniges Regionalanästhesieverfahren (z. B. reine Kaudalanästhesie als sogenannte „Wach-kaudale“ bei Leisteneingriffen) unter Vermeidung atemdepressorischer Medikamente, Allgemeinanästhesie und Intubation die postoperative Stabilität und Erholung deutlich verbessern.

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

## 3 Chirurgische Arbeitstechniken und Notfälle

### 3.1 Punktionen und Drainagen

#### *Pleurapunktion*

Als Ursache eines Pleuraergusses kommen im Kindesalter folgende Diagnosen infrage: Pneumonie, Pleuritis, nephrotisches Syndrom, schwerer Eiweißmangel, Herzinsuffizienz, Chylothorax oder maligne Grunderkrankungen, diese sind in der Regel serös. Nach einem vorausgegangen operativen thorakalen Eingriff sieht man zudem blutige Pleuraergüsse (Hämatothorax) sowie Reizergüsse, insbesondere nach Operationen im Oberbauchbereich. Die Patienten werden symptomatisch mit Dyspnoe und Tachypnoe. Klinisch lässt sich ein abgeschwächtes Atemgeräusch auskultieren und es zeigt sich ein gedämpfter Klopfeschall. Der Pleuraerguss lässt sich sonographisch darstellen, auch wenn er nur gering ausgeprägt ist. Man unterscheidet zwischen einem echofreien, serösen Erguss und einem echoreichen Empyem. Radiologisch stellt sich der gering- bis mittelgradig ausgeprägte Pleuraerguss im posterior-anterioren Röntgenbild als nach lateral ansteigende Verschattung des lateralen Recessus phrenicocostalis dar. Eine Pleurapunktion (z. B. bei Pleuraerguss, Pleuraempyem oder Hämatothorax) kann zur Gewinnung von Material für die Diagnostik oder bei respiratorischen Auswirkungen als therapeutische Maßnahme indiziert sein. Die Punktion erfolgt meist mit einer größeren Kanüle oder einem Pleura-Katheter-System. Kontraindikationen sind eine hämorrhagische Diathese oder eine Antikoagulanzen Therapie. Die Punktion wird bei Kindern im Liegen durchgeführt. Nach sonographischer Markierung der Punktionsstelle, die etwa im Bereich der mittleren Axillarlinie liegen soll, erfolgt eine Desinfektion, lokale Anästhesie und dann die Punktion mit einer Kanüle im Sinne eines „Bajonettstichs“ unter gleichzeitiger Aspiration am Rippenoberrand zur Schonung der am Unterrand verlaufenden interkostalen Gefäße und Nerven. Über einen Drei-Wege-Hahn mit angeschlossenem Ableitungsschlauch und Beutel kann dann das Sekret abgezogen werden. In jedem Fall sollte das gewonnene Material zur Untersuchung in die klinische Chemie, Pathologie und Mikrobiologie versandt werden. Die Entfernung des Kanülschlauches sollte während eines Valsalva-Manövers erfolgen. Anschließend muss die Lunge auskultiert und eine sonographische oder radiologische Kontrolle durchgeführt werden. Komplikationen der Pleurapunktion sind der iatrogene Pneumothorax, eine Blutung, ein Lungenödem durch Unterdruck bei zu schneller Entlastung sowie eine Verletzung intraabdominaler Organe.

#### *Thoraxdrainage*

Thoraxdrainagen drainieren in der Regel die Pleurahöhle, seltener die Lunge (etwa bei Lungenabszessen) oder das Mediastinum. Indikationen sind Kollektionen von Luft oder Flüssigkeit im Spalt zwischen Pleura visceralis und parietalis, die durch den Verlust des negativen intrapleurales Druckes (physiologisch -2 bis -8 cm H<sub>2</sub>O) zur Ablösung der Lunge von der Thoraxwand führen. Die plötzliche Reduktion der respiratorischen Austauschfläche kann zu einer vital bedrohlichen Situation führen, umso mehr, wenn ein Ventilmechanismus zur zunehmenden Kompression der

1 gesunden Lunge im Sinne eines Spannungspneumothorax führt. Im klinischen Alltag sind die häufigsten Indikationen für die Anlage von Thoraxdrainagen der Pneumothorax, Pleuraergüsse oder -empyeme, der Hämatothorax oder die prophylaktische Anlage nach Thorakotomien.

2 Eine Thoraxdrainagenanlage ist ein einwilligungspflichtiger schmerzhafter operativer Eingriff, der im Kindesalter eine suffiziente Analgosedierung oder Allgemeinanästhesie erforderlich macht, da es sich in der Regel um einerseits respiratorisch kranke, andererseits altersbedingt um nicht kooperative Patienten handelt. Vor der Durchführung sollte die Diagnose sonographisch und/oder radiologisch gesichert worden sein. Die Komplikationsrate dieses Eingriffs liegt laut Literatur je nach Quellenangabe zwischen 3 und 5 %, möglich sind u.a. eine Fehlplatzierung, ggf. mit Organverletzungen (Leber, Milz, Zwerchfell), ein Pneumothorax, Interkostalgefäßarrosionen oder anders bedingte Blutungen sowie ein subkutanes Emphysem.

4 Die Größe der zu verwendenden Thoraxdrainage ist altersabhängig:

Frühgeborene	8–10 CH
Säuglinge	10–12 CH
Klein-/Schulkinder	12–16 CH
Jugendliche	bis 24 CH

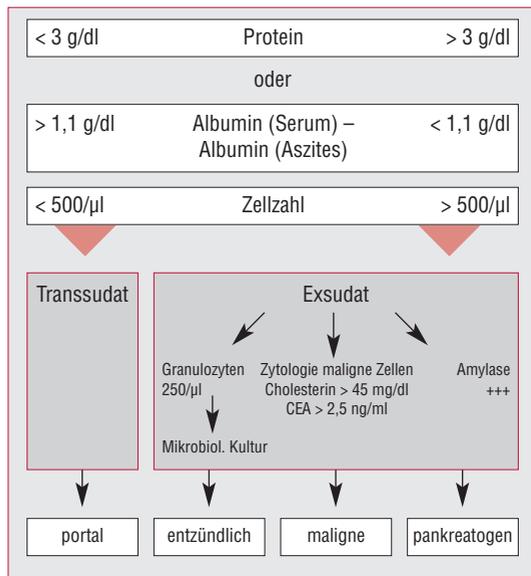
6 Ein Standardvorgehen ist der nachfolgend beschriebene Zugang über den 5./6. Interkostalraum (ICR), die sogenannte Bülau-Drainage. Nach Lagerung in Rückenlage mit eleviertem Arm auf der zu punktierenden Seite erfolgt nach Injektion eines Lokalanästhetikums die quere Inzision der Haut ein bis zwei Interkostalräume unterhalb der Schnittstelle zwischen der vertikal verlaufenden vorderen Axillarlinie in Höhe des Xiphoids, welches die Horizontalachse im Bereich 5./6. ICR markiert. Die Präparation durch die Subkutis erfolgt in kranialer Richtung, der Eintritt in den Pleuraspalt am Oberrand der 5. Rippe unter Schonung des interkostalen Gefäß-Nerven-Bündels. Das Einführen der mit einer stumpfen gebogenen Klemme armierten Drainage erfolgt in dorso-kranialer Richtung, damit sowohl Flüssigkeit als auch Luft drainiert werden können. Es ist darauf zu achten, dass sämtliche seitlichen Drainagenöffnungen intrathorakal liegen, um ein subkutanes Emphysem zu vermeiden. Die Drainage sollte mittels Haltenaht gesichert werden, manchmal ist bei steilem Eintrittswinkel und zarter kindlicher Thoraxwand eine Tabaksbeutelnaht sinnvoll, um die Drainageneintrittsöffnung luftdicht zu verschließen. Dann folgt das Anbringen des Drainagesystems. Dazu wird ein Wasserschloss angeschlossen. Je nach Indikation wird zur Evakuierung des Pleuraspalts ein Sog von ca. -5 cm H<sub>2</sub>O bei Neugeborenen/Säuglingen und bis zu -20 cm H<sub>2</sub>O bei Jugendlichen angelegt. Eine (resorbierbare) Hautnaht sollte die Eintrittsinzision einengen und eine zusätzliche vorgelegte Tabaksbeutelnaht ist hilfreich bei der Entfernung der Drainage oder einem Auftreten einer Leckage. Ein steriler trockener Verband dichtet zusätzlich ab. Zur Lagekontrolle ist postoperativ eine Röntgenaufnahme des Thorax erforderlich.

12 Ein alternativer Zugangsweg ist anterior im 2.–3. ICR in der Medioklavikularlinie (Monaldi-Drainage). Hier sollte auch in der Notfallsituation bei V. a. Spannungspneumothorax eine Punktion mit der größtmöglichen Kanüle (bis 15 G) erfolgen. Bei Bestätigung der Verdachtsdiagnose wird dann eine Thoraxdrainage angelegt.

In der postoperativen Nachsorge muss ein Analgesiebedarf, der durch die liegende Thoraxdrainage bedingt ist, einkalkuliert werden. Die Drainagepflege und die Immobilisation des Patienten erfordern in der Regel einen erhöhten Pflegeaufwand mit Beobachtung der Durchgängigkeit und Saugleistung der Drainage sowie des Sekrets, bakteriologische Untersuchungen sowie regelmäßige Verbandwechsel und Atemphysiotherapie zur Pneumonieprophylaxe. Eine Drainageentfernung ist in der Regel möglich, wenn (bei Pleuraergüssen) die Drainagemengen weniger als 2 ml/kg KG/24 Stunden betragen oder (bei Pneumothorax) nach Abklemmen der Drainage über einige Stunden radiologisch kein erneuter Pneumothorax nachweisbar ist.

*Aszitespunktion*

Klinisch fällt ein Patient mit Aszites durch ein ausladendes Abdomen mit verstrichenem Nabel und eventueller respiratorischer Einschränkung infolge eines Zwerchfellhochstandes auf. Typische Ursachen des Aszites sind im Kindesalter eine Leberzirrhose, portale Hypertension, entzündliche Darmerkrankungen, eine Peritonitis, Pankreatitis, Glomerulonephritis, traumatische Läsionen, Malignome, eine Lymphleckage oder ein kongenitaler Herzfehler. Bei Neugeborenen kann im Rahmen eines Hydrops congenitus ein Aszites auftreten. Beim Säugling lässt sich sonographisch ein Aszites ab ca. 20 ml nachweisen, dann meist retrovesikal, parakolisch rechts, perihepatisch oder perilienal. Erst bei großen Aszitesmengen können frei flottierende Dünndarmschlingen dargestellt werden. Indiziert ist die Punktion zur Entlastung des Aszites bei bestehender Symptomatik und/oder zur Diagnostik.



**Abb. 3.1:** Differenzierung zwischen Transsudat und Exsudat.

Nach entsprechender Vorbereitung wird in Rückenlage die Punktionsstelle unter sonographischer Kontrolle markiert. Nach Hautdesinfektion und Lokalanästhesie erfolgt

eine sterile Punktion mit einer Kanüle in der Regel im linken Unterbauch am Übergang zwischen mittlerem und äußerem Drittel auf einer gedachten Linie zwischen der Spina iliaca anterior superior und dem Nabel. Dann wird ein Ablaufbeutel mit einem Drei-Wege-Hahn angeschlossen, um den Aszites ablassen zu können sowie um Material zur Diagnostik zu gewinnen. Bei therapeutischen Punktionen sollte die Aszitesmenge unter kontinuierlicher Herzfrequenz- und RR-Messung unbedingt langsam abgelassen werden. Im Verlauf muss eine sonographische Kontrolle erfolgen sowie eventuell eine Substitution von Humanalbumin je nach gemessenem Serumalbumin.

Eine Aszitesprobe sollte zur Bestimmung folgender Parameter eingesandt werden: Proteingehalt, Differenz von Albumin im Serum und Albumin im Aszites, spezifisches Gewicht, Zellzahl und Differenzierung, Zytologie, Cholesterin, CEA, Glukose, Laktat, Amylase, Lipase und zur Anlage einer mikrobiologischen Kultur. Mithilfe dieser Parameter kann auch zwischen Transsudat und Exsudat unterschieden werden (Abb. 3.1).

### Blasenkatheeter

Die Anlage eines transurethralen Blasenkatheeters erfolgt zur nicht kontaminierten Uringewinnung, zur Kontrolle der Ausscheidung/Bilanzierung, bei Harnverhalt oder intra-/postoperativ zur Blasenentlastung. Als Dauerkatheter wird ein Blasenballonkatheter (Ausnahme Früh- und Neugeborene) verwendet und beim Einmalkatheterismus sterile Einmalkatheter. Orientierend sollten folgende Kathetergrößen in Abhängigkeit vom Alter verwendet werden:

Früh-/Neugeborene	5 CH (ohne Ballon, z. B. Magensonde)
Säuglinge	6– 8 CH
Kleinkinder	8–12 CH
Schulkinder	12–14 CH
Jugendliche	14–20 CH

Die Katheterisierung erfolgt mit sterilen Handschuhen und nach gründlicher Desinfektion. Zum Einführen des Katheters wird ein Gleitgel mit Lokalanästhetikum oder ein wasserlösliches Gleitmittel verwendet. Es sollte immer auf eine korrekte Lage des Katheters intravesikal geachtet werden (Urin fließt zurück), bevor der Ballon des Katheters gefüllt wird, um eine Urethraverletzung durch Fehllage des Ballons noch innerhalb der Urethra zu verhindern. Mögliche Komplikationen sind Infektionen durch Kontamination, Via falsa, Hämaturie oder Harnröhrenstriktur infolge einer traumatischen Katheterisierung.

Gelingt die Anlage eines transurethralen Katheters nicht, muss ein *suprapubischer Katheter* gelegt werden. Dies kann auch bei einer Urethralstriktur oder -verletzung, zur postoperativen Urinableitung, bei akutem Harnverhalt oder für eine längerdauernde Urinableitung notwendig werden. Es werden Zystostomie-Sets verwendet. Unter sterilen Bedingungen erfolgt nach Setzen einer Lokalanästhesie bei gut gefüllter Blase (sonographische Kontrolle) eine suprapubische Hautinzision ca. 0,5 cm oberhalb der Symphyse. Anschließend wird die Blase mit einer Hohlnadel, in der sich der Katheter befindet, in einem Winkel von 80–90° punktiert. Dabei sollte die Blase von kranial manuell fixiert werden, um das Risiko einer Fehlpunktion zu verringern. Sobald Urin abfließt, wird der Katheter bis zur Markierung vorgeschoben, die Hohlnadel zurückgezogen und entfernt. Eine Punktion des retropubischen Raumes bei falschem Einstichwinkel, eine Peritonitis bei Via falsa und eine Blutung sind mögliche Komplikationen. Der Katheter wird mit einer Naht fixiert. Bei liegendem Katheter müssen regelmäßige Verbandskontrollen erfolgen und es sollte eine Antibiotikaprophylaxe durchgeführt werden. Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen, der Verdacht auf einen Blasen-tumor und Hauterkrankungen im Bereich der Punktionsstelle.

### Gelenkpunktionen

Eine Gelenkpunktion kann zur Diagnostik bei unklarem Gelenkerguss oder therapeutisch bei entzündlichen, nicht entzündlichen oder traumatischen Gelenkergüssen notwendig sein. Am häufigsten erfolgt eine Punktion des Kniegelenks. Der Kniegelenkerguss imponiert klinisch mit einer verstrichenen Gelenkkontur und einer tanzenden Patella bei gestrecktem Knie. Beim traumatischen Erguss sollte radiologisch immer eine Fraktur ausgeschlossen werden. Eine Gelenkpunktion ist ein operativer Eingriff und muss daher immer unter streng aseptischen Bedingungen durchgeführt werden. Zur Punktion wird das Kniegelenk in leichter Flexionsstellung auf einer Rolle gelagert. Nach gründlicher Desinfektion und Lokalanästhesie erfolgt eine sterile Punktion des oberen äußeren Rezessus. Eine Punktion des Hüftgelenkes sollte von ventral durchgeführt werden. Die Punktionsstelle liegt hier in Höhe der Symphyse ca. 2 cm lateral des palpierbaren Femoralispulses. Punktionen des oberen Sprunggelenks sowie von Gelenken der oberen Extremität sind seltener. Bei entzündlichen Erkrankungen sind diese manchmal als diagnostische Punktionen oder zur intraartikulären Instillation von Medikamenten notwendig. Die Punktion des oberen Sprunggelenkes kann von anterior lateral (vordere Kante des Außenknöchels in Richtung Innenknöchel) oder von anterior medial (Vorderseite des Innenknöchels in Richtung Außenknöchel) durchgeführt werden. Eine Punktion des Schultergelenkes wird entweder am ventralen Vorderrand des Musculus deltoideus etwa 1 cm unterhalb des Processus coracoideus durchgeführt oder von dorsal bei geringgradig innenrotiertem und abduziertem Arm unterhalb der Spina scapulae. Der Ort für eine Gelenkpunktion am Ellbogen ist von ventral lateral und/oder von dorsal (bei flektiertem Ellbogen oberhalb der Olekranonspitze).

## 3.2 Lokal- und Regionalanästhesien

Bei Wundversorgungen, Punktionen, der Anlage von Drainagen oder zur intraoperativen Wundrandinfiltration erfolgt die Injektion eines Lokalanästhetikums. Zur Oberflächenanästhesie wird 4 %iges Lidocain als Spray (etwa 10 mg pro Sprühstoß) oder Flüssigkeit auf die betreffende Fläche aufgebracht. Es erfolgt eine rasche Resorption, vor allem im Bereich der Schleimhäute, sodass auch hier Maximalkonzentrationen beachtet werden müssen (Tab. 3.1).

**Tab. 3.1:** Maximaldosierungen von Lokalanästhetika zur Durchführung von Infiltrationsanästhesien bei Kindern.

Medikament	Maximaldosis	Konzentration	Max. Dosis in ml
Lidocain 1 %	5 mg/kg	1 ml = 10 mg	0,5 ml/kg
Prilocain 1 %	5 mg/kg	1 ml = 10 mg	0,5 ml/kg
Bupivacain 0,5 %	1–2 mg/kg	1 ml = 5 mg	0,2–0,4 ml/kg
Ropivacain 1 %	3 mg/kg	1 ml = 10 mg	0,3 ml/kg
Mepivacain 1 %	5 mg/kg	1 ml = 10 mg	0,5 ml/kg

Zur Infiltrationsanästhesie werden injizierbare Lokalanästhetika verwendet, bei denen als mögliche Nebenwirkungen auch systemische Reaktionen (ZNS, Herz, Kreislauf) vorkommen können. Die Injektion erfolgt mit einer sehr feinen Nadel, wobei zunächst eine intradermale Quaddel gesetzt wird und anschließend eine horizontale bzw. fächerförmige Infiltration unter wiederholter Aspiration durchgeführt wird. Die Oberst-Leitungsanästhesie erfolgt bei Eingriffen im Bereich der Finger oder Zehen. Dazu wird ein Lokalanästhetikum im Bereich aller vier Nervenäste an der Basis der Phalangen infiltriert. Nach Setzen einer Quaddel dorsal werden jeweils lateral und medial ein oberflächliches und tiefes Depot gesetzt. Alternativ kann ein Metakarpaleblock gesetzt werden.

Komplikationen sind lokale Hämatome, Infektionen oder eine Verletzung benachbarter Strukturen. Entstehen zu hohe Konzentrationen im Blut, bewirken Lokalanästhetika am Herzkreislaufsystem eine Sinusbradykardie, eine Verlängerung der Überleitungszeit und einen Blutdruckabfall. Durch Nebenwirkungen im ZNS können Verwirrtheit, Unruhe, Schwindel, erhöhte Krampfbereitschaft, Desorientiertheit bis zum Bewusstseinsverlust auftreten. Selten treten allergische Reaktionen auf. Kontraindikationen für eine Lokalanästhesie sind entzündliche Veränderungen im Injektionsbereich.

### 3.3 Wundversorgungen

Geschlossene Verletzungen können als Prellungen oder Quetschungen durch äußere Gewalteinwirkung entstehen. Bei Prellungen kann es zur Zerreißung des Gewebes, der Muskulatur und der Knochenhaut mit Einblutung in die Weichteile kommen. Eine Fraktur muss radiologisch ausgeschlossen werden. I. d. R. sind analgetische und antiphlogistische Maßnahmen ausreichend, je nach Schmerzausprägung eine Ruhigstellung für einige Tage. Eine Quetschung wird durch ein erhebliches stumpfes Trauma hervorgerufen. Bei zunächst intakter Haut kann es durch eine verminderte Durchblutung zu Hautnekrosen kommen. Im akuten Stadium ist das Ausmaß der Gewebsverletzung nicht vollständig zu beurteilen. Zusätzlich müssen bei Quetschungen im Bereich des Thorax oder Abdomens begleitende Organverletzungen sonographisch oder radiologisch ausgeschlossen werden. Eine symptomatische Ruhigstellung der betroffenen Extremitäten sowie die Durchführung von regelmäßigen Wundkontrollen sind notwendig. Entwickeln sich Gewebs- oder Hautnekrosen, muss eventuell eine chirurgische Abtragung erfolgen.

Als offene Verletzungen kommen Schürfwunden, Schnittwunden, Platz- bzw. Quetschwunden, Riss- oder Stichwunden und Pfählungsverletzungen vor. Bei allen offenen Wunden ist der Tetanus-Impfschutz (vgl. Tab. 3.2) abzufragen und eventuell eine entsprechende Immunisierung durchzuführen. Begleitende Sehnen- oder Nervenverletzungen sind durch eine Überprüfung der Sensibilität und Motorik, vor allem bei kleinen Kindern, nicht immer sicher auszuschließen. Im Zweifelsfall oder bei einem passenden Verletzungsmuster muss eine Wundexploration eventuell sogar in Narkose erfolgen. Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen sind zum Frakturausschluss und zur Fremdkörpersuche durchzuführen. Die primäre Wundversorgung sollte so früh wie möglich, nach der aktuellen Literatur innerhalb von 19 Std. (Verletzungen im Gesicht 24 Std.) erfolgen, später sollten lediglich eine Wundreinigung mit Abtragung von Nekrosen und anschließend eine offene Wundbehandlung durchgeführt werden. Ein sekundärer Wundverschluss kann nach Abklingen der exsudativen Phase durchgeführt werden.

**Tab. 3.2:** Tetanus-Immunprophylaxe im Verletzungsfall (siehe auch [www.rki.de](http://www.rki.de)).

Vorgeschichte der Tetanusimmunisierung (= Anzahl der Impfungen)	Saubere, geringfügige Wunden		Alle anderen Wunden <sup>1)</sup>	
	Td	TIG	Td	TIG
Unbekannt	ja	nein	ja	ja
0 bis 1	ja	nein	ja	ja
2	ja	nein	ja	nein <sup>2)</sup>
3 oder mehr	nein <sup>3)</sup>	nein	nein <sup>4)</sup>	nein

Td = Kinder unter 6 Jahre T(Tetanus), > 6 Jahre Td (Diphtherie-Tetanus-Impfstoff)  
TIG = Tetanus-Immunglobulin (1 × 250 I. E.), die Dosis kann auf 500 I.E. erhöht werden, TIG wird simultan mit Td/T-Impfstoff angewendet

1) Tiefe und/oder verschmutzte Wunden, Verletzungen mit Gewebszertrümmerung und reduzierter Sauerstoffversorgung oder Eindringen von Fremdkörpern (z. B. Quetsch-, Biss-, Stich- und Schusswunden, schwere Verbrennungen, Verbrühungen und Erfrierungen, Gewebsnekrosen)  
2) Ja, wenn die Verletzung länger als 24 Stunden zurückliegt.  
3) Ja (eine Dosis), wenn seit der letzten Impfung mehr als 10 Jahre vergangen sind.  
4) Ja (eine Dosis), wenn seit der letzten Impfung mehr als 5 Jahre vergangen sind.

Im Kindesalter ist bei der Wundversorgung immer unter Berücksichtigung des Alters und der Größe bzw. Lokalisation der Wunde abzuwägen, ob eine Versorgung in Lokal- bzw. Leitungsanästhesie möglich ist oder in Allgemeinnarkose erfolgen muss. Eine Rolle spielt auch die meist nicht vorhandene Nüchternheit, deren Risiko im Fall einer notwendigen Narkose mitbedacht werden muss. Eventuell kann auch unterstützend ab dem Vorschulalter bei der Injektion der Lokal- bzw. Leitungsanästhesie eine inhalative Analgosedierung mit einem N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub> (50/50)-Gemisch (z.B. Livopan®) eingesetzt werden, für die keine Nüchternheit notwendig ist. Bei der primären Wundversorgung ist nach gründlicher Reinigung und Desinfektion neben dem Wundverschluss mit Einzelknopfnähten bei kleineren Wunden ohne Spannung auch ein Verschluss mit einem Hautkleber möglich. Bei Wunden, die die Lippenrot-Lippenweiß-Grenze überschreiten, Wunden im Bereich der Nasolabialfalte und Augenbraue ist bei der Naht auf eine besonders genaue Wundrandadaptation zu achten. Bisswunden im Bereich der Mundschleimhaut oder Zunge sollten bei deutlich klaffenden und > 1 cm großen Wunden in Narkose mit einer Naht versorgt werden. Bisswunden von Mensch oder Tier sind besonders infektionsgefährdet. Daher sollte in diesen Fällen neben einer gründlichen Desinfektion und Reinigung nur im Gesichtsbereich eine primäre Wundnaht erfolgen. Bei Bissverletzungen an den Extremitäten wird eine Ruhigstellung durchgeführt und nach Entnahme eines Wundabstrichs eine antibiotische Therapie begonnen. Wichtig ist die Impfanamnese des Tieres zu erheben und bei Verdacht auf eine Tollwut-Infektion des Tieres eine entsprechende Immunisierung des Patienten durchzuführen.

Es sollten in jedem Fall regelmäßige Wundkontrollen stattfinden. Kommt es zu einer sekundären Wundinfektion, sollte ein Abstrich genommen werden und die Wunde muss ggf. gespalten und gespült werden. Bei stark verschmutzten Wunden sowie bei Bisswunden muss primär eine Antibiotikatherapie erfolgen.

Die Entfernung des Nahtmaterials erfolgt in der Regel im Gesicht nach 5 Tagen, am behaarten Kopf und Rumpf nach 7 Tagen und an den Extremitäten nach 9–12 Tagen.

### 3.4 Offene Frakturen, Gefäß- und Nervenverletzungen

Die Klassifikation der *offenen Frakturen* erfolgt nach *Gustilo* und *Anderson* (Tab. 3.3). Die Rate der Infektionen steigt mit dem Ausmaß des Weichteilschadens. Es muss immer primär ein Wundabstrich vor Desinfektion der Wunden entnommen werden. Bei erstgradig offenen Frakturen kann eine antibiotische Monotherapie erfolgen, die meist als Einmalgabe ausreichend ist. Bei zweit- und drittgradig offenen Frakturen sollte auf jeden Fall eine antibiotische Prophylaxe vor Beginn der Operation durchgeführt werden, die eventuell auf 24 h verlängert werden kann. Die häufigsten Erreger sind *Staphylococcus aureus* oder andere Spezies aus dem grampositiven Bereich. Antibiotikum der ersten Wahl ist daher in der Regel Cefazolin, als 2. Wahl kann Ampicillin kombiniert mit Sulbactam gegeben werden.

**Tab. 3.3:** Klassifikation der offenen Frakturen nach *Gustilo* und *Anderson*.

Grad	Wunde und Weichteilschaden	Fraktur/Trauma
I	Durchspießung von innen, Hautwunde $\leq 1$ cm, nicht verschmutzt, minimale Muskelkontusion	einfache Quer- oder Schrägfraktur
II	Hautwunde $\geq 1$ cm, ausgedehnter Weichteilschaden mit Lappenbildung oder Décollement, mittelgradige Muskelkontusion	einfache Quer- oder kurze Schrägfraktur mit kleiner Trümmerzone
III	ausgedehnter Weichteilschaden mit Zerstörung von Haut, Muskel und neurovaskulären Strukturen	Hochrasanztraumen
III A	noch adäquate Knochendeckung durch Weichteile möglich	Stück- oder Schussfrakturen
III B	Deperiostierung und frei liegender Knochen, plastische Weichteildeckung nötig, massive Kontamination	Hochrasanztraumen
III C	rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung	Hochrasanztraumen

*Gefäßverletzungen* können im Rahmen von penetrierenden Verletzungen wie Stich- bzw. Schnittwunden auftreten. Sichere klinische Zeichen sind eine arterielle Blutung, ein rasch zunehmendes Hämatom mit Umfangszunahme der Extremität oder eine distale Ischämie (Schmerzen, Blässe, Pulslosigkeit und Parästhesien). Diese typischen Ischämie-Zeichen sind bei Kindern allerdings vor allem bei distalen Gefäßverletzungen oft nicht vorhanden. Im Kindesalter sind aufgrund einer mangelnden Kooperation vor allem begleitende Sehnen- oder Nervenverletzungen nicht immer sicher zu beurteilen. Bei bestehenden Zweifeln oder entsprechendem Verletzungsmuster muss eine Wundexploration in Narkose erfolgen. In der Doppler-Untersuchung kann der Gefäßverlauf auf einen eventuellen Verschluss hin untersucht werden. Angiographien sind selten notwendig. Durch scharfe Verletzungen kann es zu einer inkompletten oder kompletten Arterienverletzung kommen. Aufgrund einer Distraction der Gefäßenden und einer Intima-/Mediaeinrollung kommt es eventuell zu einem Sistieren der Blutung. Stumpfe Verletzungen können zu einer Intima- oder eventuell sogar zu einer Media-läsion führen. Diese Gefäßverletzungen sind oft langstreckig. Eine Verletzung der Intima oder Media kann eine Embolisation mit Gefäßthrombosierung und Gefäßverschluss zur Folge

haben. Nach perforierenden Verletzungen kann sich eine arteriovenöse Fistel ausbilden. Je nach Ausmaß der Verletzung wird eine direkte Gefäßnaht oder ein Venenpatch bzw. -interponat durchgeführt. Es ist eine Ruhigstellung und Heparinisierung zur Thromboseprophylaxe notwendig. Engmaschige postoperative Kontrollen der Durchblutung sind obligat. Komplikationen sind Nachblutungen, Gefäßverschlüsse oder Wundinfektionen. Verletzte subkutane Venen oder tiefer gelegene periphere Venen können in der Regel ligiert werden. Die großen, tiefen Stammvenen müssen allerdings mit Einzelnähten, einer fortlaufenden Naht oder mit einem Gefäßersatz rekonstruiert werden.

*Nervenverletzungen* am Unterarm und an der Hand treten am häufigsten bei Schnittverletzungen auf. Auch durch ein stumpfes Trauma oder im Rahmen von Frakturen können durch Kompression oder Zug Nervenverletzungen auftreten. Unterschieden werden nach *Seddon* die Neuropraxie (Leitungsblockade an bestimmten Stellen des Nervs durch Druck oder Dehnung und ohne Kontinuitätsverlust), die Axonotmesis (axonale Schädigung mit Degeneration distal der Läsion) und die Neurotmesis (komplette Durchtrennung des Nervs). Bei der klinischen Untersuchung zeigen sich im Bereich der jeweiligen Versorgungsgebiete der verletzten Nerven motorische bzw. sensible Ausfälle. Hier ergibt sich vor allem bei Kleinkindern die Schwierigkeit der exakten klinischen Beurteilung. Im Zweifelsfall wird auch hier eine Exploration in Narkose durchgeführt. Zeigt sich eine Durchtrennung, muss diese mikrochirurgisch durch eine spannungsfreie faszikuläre und epineurale Naht versorgt werden. Besteht ein Defekt, muss ein Nerveninterponat (z. B. N. suralis oder N. cutaneus) durchgeführt werden. Die Regeneration ist abhängig von der Schwere der Nervenverletzung und der Exaktheit der Versorgung. In der Regel liegt die Regenerationsgeschwindigkeit eines Nervs bei 1–3 mm/Tag. Bei einer stumpfen Nervenläsion durch Überdehnung im Rahmen einer Fraktur oder Reposition ist mit einer hohen Spontanregeneration des Nervs zu rechnen. Zu typischen Nervenverletzungen im Rahmen der jeweiligen Frakturen siehe Kapitel 8. Nervenverletzungen müssen nicht primär versorgt werden, eine Koadaptation innerhalb von einigen Tagen ist ausreichend und die Qualität der Versorgung ist für das Outcome entscheidend, sodass hier ein Abwarten und z. B. eine Versorgung am Tage versus in der Nacht bzw. durch ein mikrochirurgisch versiertes Team vorzuziehen ist. Wird die Nervennaht sekundär geplant, sollte primär ein temporärer Wundverschluss erfolgen.

### 3.5 Polytrauma

Von einem Polytrauma spricht man definitionsgemäß, wenn mehrere Körperregionen oder Organsysteme gleichzeitig verletzt wurden und dabei mindestens eine einzelne Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist. Im Kindesalter sind die Ursachen vor allem Verkehrsunfälle mit dem Fahrrad oder im PKW oder Unfälle mit Sturz aus größerer Höhe (z. B. Balkon, Baum, Treppe). Meist handelt es sich um ein stumpfes Trauma. Die Mortalität liegt bei 3 bis 27 % und ist meist abhängig von der Schwere der ZNS-Verletzung. Bei kindlichen Polytraumen treten Schädelhirntraumata in ca. 60–80 %, abdominale Verletzungen in 8–25 %, Thoraxverletzungen in 5–20 %, Verletzungen des Urogenitaltraktes in 10–15 % und Frakturen in bis zu 75 % der Fälle auf.

Die Prognose des Traumapatienten ist direkt abhängig vom Zeitintervall zwischen Unfall und definitiver Versorgung in der Klinik. Hier spielt neben einer kurzen prähospitalen Versorgungszeit vor allem die primäre richtige Wahl der Zielklinik eine übergeordnete Rolle. In der Versorgung schwerverletzter Erwachsener wurde das ATLS®-Konzept (Advanced Trauma Life Support) als Goldstandard stets weiterentwickelt und fand bis heute in Deutschland in die Mehrzahl von Schockräumen Einzug. Die Versorgung von schwerverletzten Kindern sollte sich modifiziert an das ATLS®-Konzept orientieren. Als standardisierte Vorbereitung sollte ein kurzes Briefing aller Beteiligten im Schockraum durch den Trauma- (Kinderchirurgie) oder Survival-Leader (Kinderanästhesie) durchgeführt werden. Die Übergabe durch den Notarzt erfolgt nach Eintreffen im Schockraum vor dem Umlagern des Patienten mit einer kurzen Schilderung der präklinischen Versorgung und des Verlaufes nach dem ABCDE-Schema. Für eine prioritätenorientierte und strukturierte Versorgung von der Übernahme in den Schockraum bis in den OP bzw. auf die Kinderintensivstation sollten folgende 4 Phasen beachtet werden:

- *Versorgungsphase 1 (0–5 Minuten): Lebensrettende Sofortmaßnahmen*  
 Im Rahmen der Ersteinschätzung nach Übernahme des Patienten vom Rettungsdienst im Schockraum erfolgt eine schnelle, standardisierte Beurteilung der Vitalfunktionen nach dem ABCDE-Schema:
  - A:** Atemwegssicherung, HWS-Immobilisation
  - B:** Beatmung/Ventilation, Tubuslage, Monitoring, Indikation für Thoraxdrainage?
  - C:** Kreislaufkontrolle/-stabilität, i.v. Zugänge inkl. Blutentnahme, evtl. intraossärer Zugang, Volumentherapie, Blutungskontrolle, Bodycheck (Instabilität Thorax, Becken, Extremitäten), Sonographie (FAST) mit Frage nach einem Perikarderguss, Pleuraerguss oder freier Flüssigkeit im Abdomen
  - D:** Disability – GCS (Tabelle 3.4), Pupillenreaktion
  - E:** Exposure – Wärmeerhalt, Entkleiden und „log roll“
 Ziel ist es, in den ersten 5 Minuten nach Übernahme im Schockraum akut lebensbedrohliche Zustände (z.B. Blutungsschock, Spannungspneumothorax, schweres SHT mit Einklemmung) zu erkennen und lebensrettende Sofortmaßnahmen durchzuführen.
  
- *Versorgungsphase 2: Stabilisierung*  
 Nach der Phase 1 ist die Entscheidung zu treffen, ob der Patient einer sofortigen Computertomographie (CT) bedarf oder ob er unverzüglich operiert werden muss. Liegt zu diesem Zeitpunkt ein instabiler Zustand vor, muss zunächst eine kardiopulmonale Stabilisierung erfolgen mit Sicherstellung der Oxygenierung und Ventilation sowie die Wiederherstellung und Aufrechterhaltung einer hämodynamischen Stabilität. In dieser Phase erfolgt auch eine kurze Anamneseerhebung nach dem „AMPLE-Schema“ (Ample: Abfragen von Allergien, Medikation, medizinische Probleme, letzte Mahlzeit, Unfallhergang). Verändert sich der Zustand des Kindes zu irgendeinem Zeitpunkt, wird der Patient sofort wieder nach ABCDE Schema re-evaluiert, um die Ursache für die Veränderung zu erkennen und zu therapieren.

- *Versorgungsphase 3: Dringliche Diagnostik/Therapie*  
 In der dritten Behandlungsphase erfolgt nach ausführlicher körperlicher Untersuchung („von Kopf bis Fuß“) die Planung und Durchführung dringlicher diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen. Der Trauma-Leader ist in dieser Phase zuständig für die Indikationsstellung der auf das vermutete Verletzungsmuster angepassten differenzierten konventionellen Röntgen- und ggf. CT-Diagnostik sowie ausführlicher Sonografie.
  
- *Versorgungsphase 4: Komplettierung der Diagnostik /Therapie*  
 In Phase 4 erfolgen die Komplettierung der Diagnostik mit noch einzuholenden Konsilen sowie die Durchführung der erforderlichen Eingriffe. Je nach Priorität erfolgen entweder chirurgische Eingriffe oder eine Verlegung des Patienten auf die Kinderintensivstation zur weiteren Stabilisierung und Überwachung der Vitalfunktionen.

**Tab. 3.4:** Glasgow-Coma-Scale für Kinder.

Augen öffnen	Augenöffnung spontan		4
	auf Ansprache		3
	auf Schmerzreiz		2
	gar nicht		1
Motorik	gezieltes Greifen auf Aufforderung		6
	gezielte Abwehr auf Schmerzreiz		5
	ungezielte Beugung auf Schmerzreiz		4
	Strecktendenz an den Beinen auf Schmerzreiz		3
	Extension aller Extremitäten auf Schmerzreiz		2
	keine motorische Reaktion auf Schmerzreiz		1
Verbale Antwort	< 2 Jahre	> 2 Jahre	
	fixiert, verfolgt, erkennt, lacht	spricht verständlich, ist orientiert	5
	fixiert, verfolgt inkonstant, erkennt nicht sicher, lacht nicht situationsbedingt	verwirrt, desorientiert, spricht unzusammenhängend	4
	nur zeitweise erweckbar, trinkt/isst nicht	antwortet inadäquat, Wortsalat	3
	motorisch unruhig, nicht erweckbar	unverständliche Laute	2
	keine verbalen Äußerungen	keine verbalen Äußerungen	1

Die Dauer der diagnostischen und therapeutischen Abläufe im Schockraum (Phase 1 bis 4) sollte 30 bis max. 60 Minuten nicht überschreiten. Aufgrund der erheblichen Strahlenbelastung einer Ganzkörper-Polytrauma-Spirale (CT) sollte bei Kindern eine differenzierte radiologische

1 Stufendiagnostik erfolgen, die sich am Alter sowie am zugrunde liegenden Unfallmechanismus orientiert. Als Risiken für eine potenzielle Polytraumatisierung gelten bei Kindern z.B. Sturz aus mehr als dem Dreifachen der Körpergröße oder aus  $> 3$  m, Herausschleudern aus einem Fahrzeug, Hochrasanztrauma, Einklemmung, Verschüttung oder Explosionstrauma.

2 Indikationen für eine *lebensrettende Früh-Operation* sind sub- oder epidurale Blutungen, offene Schädelfrakturen, Duraverletzungen, nicht zu stabilisierende thorakale oder abdominale Blutungen und eine drohende oder vorhandene Querschnittlähmung. Dringliche Operationsindikationen ergeben sich außerdem bei Extremitätenverletzungen mit arteriellen Blutungen, offenen Frakturen, drohendem Kompartmentsyndrom und instabilen Wirbelsäulenfrakturen. Dies ist sicher nur bei ca. 5–10 % aller polytraumatisierten Kinder notwendig.

4 Auf der *Intensivstation* erfolgen die weitere Stabilisierung und Diagnostik. Meist kann erst jetzt die Anlage eines Arterienkatheters und/oder zentralvenösen Katheters vorgenommen werden. Bei Verdacht auf ein Hirnödem muss auch eine Hirndrucksonde angelegt werden. Der Patient muss engmaschig neurologisch überwacht werden. Gefürchtet sind sekundäre Schockfolgen, ein ARDS sowie ein Nieren- oder Leberversagen. Die weitere Volumenersatztherapie orientiert sich an der Erfassung der Kreislaufparameter und der Urinausscheidung. Abhängig vom Hämoglobin- und Hämatokrit-Wert ( $\text{Hkt} < 30\text{--}35\%$ ) ist eventuell nach initialer Infusionstherapie mit kristalloiden und kolloiden Lösungen eine Substitution mit Erythrozytenkonzentraten notwendig. Nach einer Substitution von 30 % des Blutvolumens muss eine Gabe von Gerinnungsfaktoren (FFP) erfolgen. Eine Kontrolle der Abdomensonographie sowie eine laborchemische Kontrolle sollten spätestens nach 6 Stunden erfolgen. Auf die speziellen Therapiemaßnahmen bei Schädelhirntrauma, Thoraxtrauma und stumpfem Bauchtrauma wird in den Kapiteln 3.6 bis 3.8 eingegangen.

8 Nach Stabilisierung des Patienten können *Eingriffe mit mäßiger Dringlichkeit* durchgeführt werden. Dies sind z.B. Versorgungen von Extremitätenfrakturen, Wunden oder Weichteilverletzungen.

### 9 **3.6 Schädelhirntrauma**

10 Die Einteilung des Schädelhirntraumas (SHT) erfolgt in leicht (GCS 15–13, Commotio), mittelschwer (GCS 12–9, Contusio cerebri) und schwer (GCS  $\leq 8$ ).

11 Beim leichten bis mittelschweren SHT erfolgt bei einem neurologisch unauffälligen Status eine klinische Überwachung über mindestens 48 Stunden mit regelmäßiger Kontrolle des GCS und wiederholten klinischen Untersuchungen. Die Indikation zu einer Röntgenaufnahme des Schädels in 2 Ebenen sollte bei Kindern sehr zurückhaltend gestellt werden. Besteht klinisch eine neurologische Symptomatik, wird eine CT des Schädels mit der Frage nach intrakraniellen Verletzungen durchgeführt (siehe Kap. 4.2). Bei Säuglingen mit offener Fontanelle sollte bei jedem SHT eine Schädelsonographie erfolgen. Liegt eine Bewusstseinsstörung und/oder

ein auffälliger neurologischer Befund vor, ist jedoch eine Bildgebung mittels CT des Schädels notwendig. Abhängig von diesem Befund sind dann weitere bildgebende Verfahren oder Kontrolluntersuchungen notwendig.

Beim schweren SHT kommt es durch die Aufprallenergie häufig zu Schädelfrakturen und intrakraniellen Verletzungen. Als Primärschaden können Kontusionsherde, axonale Schädigungen und intrakranielle Hämatome entstehen. Ein lokales Hirnödem in Kombination mit Hämatomen bewirkt einen Anstieg des Hirndrucks. Hypoxie und die geschädigte Blut-Hirn-Schranke sind die Hauptursachen für die Ausbildung eines generalisierten Hirnödems. Durch eine Verschlechterung der Sauerstoffversorgung des Gehirns, z. B. durch eine Thoraxverletzung, Blutverluste, Auskühlung sowie durch eine Hyperkapnie im Rahmen der Hypoventilation bei Bewusstseinstäubung, steigt der intrakranielle Druck weiter an. Die Stabilisierung des intrakraniellen Drucks im Normbereich und die Sicherstellung einer ausreichenden zerebralen Sauerstoffversorgung sind die wichtigsten therapeutischen Ziele. Außerdem sollte eine Hypotension unbedingt vermieden bzw. sofort ausgeglichen werden, da diese die Mortalität erheblich beeinflusst. Um eine möglichst vollständige Restitution der ZNS-Funktion zu erreichen, müssen neben der Limitierung der Folgen des Primärschadens vor allem Sekundärschäden verhindert werden.

Im Anschluss an die präklinische Versorgung erfolgen nach Sicherstellung der Vitalfunktionen die Überprüfung des klinischen Befundes mit Erhebung von möglichen Zusatzverletzungen, die Labordiagnostik und in der Regel eine Bildgebung. Eine CT des Schädels ist auf jeden Fall indiziert bei Patienten mit Bewusstseinstäubung, Krampfanfall, fokalen neurologischen Symptomen, Verdacht auf eine Impressionsfraktur und/oder penetrierende Verletzung, bekannten Koagulopathien oder bei Verdacht auf eine Liquoristel. Obligat ist auch die Durchführung einer Röntgenaufnahme des Thorax und einer abdominalen Sonographie. In Abhängigkeit vom Verletzungsmuster erfolgt ggf. eine weitere radiologische Diagnostik (z. B. der Wirbelsäule).

Eine notfallmäßige primäre operative Versorgung ist nur bei einer raumfordernden, intrakraniellen Verletzung notwendig. Die wesentlichen Zielgrößen der Therapie des schweren SHT sind der intrakranielle Druck (ICP) und der zerebrale Perfusionsdruck (CPP). Die Messung und Überwachung des intrakraniellen Druckes bietet die Möglichkeit, eine drohende Einklemmung durch ein progredientes Hirnödem, die Hauptursache für die Mortalität nach einem SHT, oder ein raumforderndes intrakranielles Hämatom rechtzeitig zu erfassen und frühzeitig Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Die obligate Indikation zur Anlage einer Hirndrucksonde besteht bei jedem SHT mit einem GCS  $\leq 8$  oder bei Verdacht auf Hirndruck in der CT des Schädels (verstrichene Gyrierung, Kompression des 3. Ventrikels oder der basalen Zisternen). Es können unterschiedliche Sonden verwendet werden. Die Spiegelberg-Sonde ist eine epidurale Sonde, die nach dem Prinzip eines Luftkammersystems funktioniert. Sie ist störanfälliger als mechanisch-elektrische Mikrosensoren (Tip-Transducer-Sonden), die sowohl subdural als auch parenchymal und intraventrikulär einsetzbar sind. Der Vorteil einer intraventrikulären Sonde ist die Möglichkeit der gleichzeitigen therapeutischen Liquordrainage. Diese Sonden sind allerdings bei Kindern oft schwer zu platzieren. Entscheidender Faktor in der Hirndruck-

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

1 therapie ist die Optimierung der zerebralen Sauerstoffversorgung, die vom zerebralen Perfusionsdruck (CPP) abhängig ist. Der CPP ist direkt proportional zum arteriellen Mitteldruck (MAP) und umgekehrt proportional zum intrakraniellen Druck (ICP) und kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$2 \quad \text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

3 Der CPP wird zudem beeinflusst durch das Blutvolumen, den venösen Abstrom und die zerebrale Oxygenierung. Normwerte des ICP sind epidural 5–17 mmHg und intraventrikulär bzw. parenchymatös 3–15 mmHg. Therapieziel ist ein ICP <20 mmHg und ein CPP >40 mmHg (0–1 Jahre), >50 mmHg (2–10 Jahre), >60–70 mmHg (>10 Jahre).

4 Für ein umfassendes Hirndruckmonitoring werden neben einer Hirndrucksonde ein Arterienkatheter zur invasiven Blutdruckmessung, ein EKG, eine Pulsoxymetrie, ein zentralvenöser Katheter zur Messung des zentralvenösen Drucks (ZVD) sowie ein Blasenkatheter mit Thermosensor benötigt. Es sollten engmaschige Blutgaskontrollen, mehrmals täglich Laborkontrollen (Blutbild, Elektrolyte, Serumosmolarität, Blutzucker, Gerinnung) sowie regelmäßige klinisch-neurologische Untersuchungen (Pupillenreaktion, Reflexstatus) durchgeführt werden. Mittels Doppler-Sonographie kann am Bett des Patienten die zerebrale Perfusion beurteilt werden. Im Verlauf oder bei posttraumatisch auftretenden Krampfanfällen wird ein EEG, eventuell sogar als kontinuierliche Aufzeichnung, benötigt. Somatosensorisch evozierte Potenziale können prognostische Hinweise geben und sind vor allem bei neurologisch nicht beurteilbaren, tief sedierten und relaxierten Patienten hilfreich.

7 Keine der verwendeten Therapieformen des schweren SHT kann im Kindesalter als evidenzbasierte Standardtherapie bezeichnet werden. Zudem bestehen für die wenigsten therapeutischen Maßnahmen eindeutige Richtlinien.

8 In der Therapie des schweren SHT werden 3 Eskalationsstufen unterschieden:

- 9
- 1. Stufe: Basismaßnahmen zur Hirndruckprophylaxe
  - 2. Stufe: erweiterte Maßnahmen zur Hirndrucktherapie
  - 3. Stufe: operative Dekompression

10 *1. Stufe: Basismaßnahmen*

11 Ziele der Basismaßnahmen sind Kreislaufstabilisierung, Optimierung der Beatmung, Lagerung, Reizabschirmung, ausreichende Analgosedierung und Normothermie sowie Normovolämie. Der Stellenwert einer Flüssigkeitsrestriktion wird unterschiedlich beurteilt. Ziel der Volumenrestriktion ist es, der Ausbildung eines Hirnödems entgegenzuwirken. Dies birgt aber auch die Gefahr einer hämodynamischen Instabilität. Nebenwirkungen können eine Hypotension, inadäquate renale Perfusion, Verminderung der zerebralen Durchblutung und eine Störung des Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts sein.

12