

Dietz · Illing
Schmittenebecher
Slongo
Sommerfeldt



Praxis der Kinder- und Jugend- traumatologie

H. G. Dietz
P. Illing
P.P. Schmittbecher
Th. Slongo
D.W. Sommerfeldt
(Hrsg.)

Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie

H. G. Dietz
P. Illing
P. P. Schmittbecher
Th. Slongo
D. W. Sommerfeldt
(Hrsg.)

Praxis der Kinder- und Jugend- traumatologie

Mit 1278 großteils farbigen Abbildungen und 88 Tabellen

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Hans Georg Dietz

Kinderchirurgische Klinik und Poliklinik
im Dr. von Haunerschen Kinderspital
Klinikum der Universität München
Lindwurmstr. 4
D-80337 München

Dr. med. Peter Illing

Klinik für Kinderchirurgie und Schwerbrandverletzte
Kinderkrankenhaus Park Schönfeld
Klinikum Kassel
Frankfurter Str. 167
D-34121 Kassel

Prof. Dr. med. Peter P. Schmittenbecher

Kinderchirurgische Klinik
Klinikum Karlsruhe
Moltkestr. 90
D-76133 Karlsruhe

Theddy Slongo, M.D.

Leitender Arzt Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie, Inselspital
Freiburgstr. 10
CH-3010 Bern

PD Dr. med. Dirk W. Sommerfeldt

Ltd. Arzt Abteilung für Kinder-
und Jugendtraumatologie
Altonaer Kinderkrankenhaus
Bleickenallee 38
D-22763 Hamburg

ISBN 978-3-642-12934-6 Springer Medizin Verlag Heidelberg

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin

Springer-Verlag GmbH
Ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2011

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: Dr. Fritz Kraemer, Heidelberg
Projektmanagement: Willi Bischoff, Heidelberg
Copy-Editing: Ursula Illig, Gauting
Cover-Design: deblik, Berlin
Satz, Zeichnungen und Reproduktion der Abbildungen:
Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

SPIN 11010647

Gedruckt auf säurefreiem Papier 2111/WB – 5 4 3 2 1 0

Vorwort

Trotz effektiver Prävention erleiden Kinder und Jugendliche unverändert häufig zu Hause, im Straßenverkehr und beim Spiel oder Sport Verletzungen. Nahezu ein Drittel der in diesem Lebensabschnitt ambulant oder stationär behandelten Erkrankungen ist durch ein Trauma verursacht. Dies erfordert in den entsprechenden klinischen Einrichtungen strukturelle wie personelle Voraussetzungen, um den Bedürfnissen der verletzten Kinder und Jugendlichen gerecht zu werden.

Grundlagen für eine erfolgreiche Behandlung sind die Kenntnis der in der jeweiligen Altersgruppe spezifischen diagnostischen Erfordernisse und die Erfahrung mit allen konservativen und operativen Therapiemodalitäten. Das ganz Entscheidende aber ist die Beachtung des noch nicht abgeschlossenen Wachstums, um einerseits die Verletzungsfolgen für die weitere Skelettentwicklung gering zu halten und um andererseits keinen zusätzlichen Schaden durch die Behandlung selbst zu provozieren.

Drei Fachgebiete haben sich besonders mit der Traumatologie und den Verletzungsfolgen des Kindes- und Jugendalters auseinandergesetzt: traumatologisch spezialisierte Kinderchirurgen und Kinderorthopäden sowie am Kindertrauma interessierte Unfallchirurgen. Diese drei Disziplinen haben sich im deutschsprachigen Raum ein Forum geschaffen, in dem sie den wissenschaftlichen Austausch pflegen, Studien konzipieren und kindertraumatologische Netzwerke bilden. Die Herausgeber dieses Buches vertreten diese drei Spezialitäten und haben weitere Kollegen der Kinderchirurgie, Kinderorthopädie und Unfallchirurgie mit deren jeweiligen Spezialgebieten in die Erstellung dieses Buches mit eingebunden.

Neben allgemeinen und grundlegenden Betrachtungen zum Trauma, seinen Folgen, der Erstversorgung und definitiven Therapie (Sektion I) werden die typischen sowie seltenen Verletzungen der Extremitäten (Sektion III und IV) besprochen. Weiter werden auch die Traumen des Körperstammes (Sektion II) und die übrigen Unfälle (thermische Verletzungen, Ingestionen u. a.) ausführlich erörtert. Das Buch soll - wie der Titel bereits sagt - die Möglichkeit geben, die theoretisch dargestellten Behandlungsmöglichkeiten in den praktischen Alltag zu übernehmen.

Traumen im Kindesalter sind immer wieder eine komplexe Herausforderung. Wir wollen mit dem vorliegenden Buch helfen, diese bestehen zu können. Dabei erheben wir nicht den Anspruch, alles zu wissen und darstellen zu können. Ebenso sind wir uns bewusst, dass medizinisches Fachwissen eine immer kürzere Halbwertszeit besitzt und sich Diagnose- wie Behandlungsmodalitäten rasch ändern können. Wie weit uns künftig finanzielle Aspekte bei der Behandlung von Verletzungen im Kindes- und Jugendalter beeinflussen werden, kann heute noch nicht abgeschätzt werden. Wir sollten jedoch immer alles daran setzen, die Versorgungsqualität unserer Patienten maximal hoch zu halten.

H. G. Dietz
P. Illing
P. P. Schmittenbecher
Th. Slongo
D. W. Sommerfeldt

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Das Kind im Krankenhaus, das Kind als Patient	3
	<i>H. G. Dietz</i>	
1.1	Einleitung	4
1.2	Personelle Struktur	4
1.3	Bauliche Maßnahmen	4
1.4	Kommunikation	5
1.5	Erlebnis	5
1.6	10-Punkte-Programm »Das Kind im Krankenhaus«	6
2	Notfallmaßnahmen am Kind	9
	<i>M. Lehner</i>	
2.1	Einführung	10
2.2	Ziele der pädiatrischen Notfallmedizin	10
2.3	Notfallmedizinische Maßnahmen und Hilfsmittel	10
2.4	Prinzipien der Notfallmedizin im Kindesalter	16
3	Grundlagen der Schmerzbehandlung des Kindes	21
	<i>M. Heinrich</i>	
3.1	Einführung	22
3.2	Schmerzmessung und Schmerzerfassung	22
3.3	Schmerztherapie in der präklinischen Versorgung	23
3.4	Perioperative Schmerztherapie	23
3.5	Schmerztherapie bei retardierten Kindern	25
3.6	Schmerzhafte interventionelle Eingriffe	25
4	Wachstumsphänomene und Korrekturmechanismen des wachsenden Skeletts	27
	<i>P.P. Schmittenbecher</i>	
4.1	Normales Wachstum	28
4.2	Fehlwachstum und Wachstumsstörung	30
4.3	Heilung nach Knochenbrüchen	32
4.4	Korrekturmechanismen nach Verletzungen	33
4.5	Störungen der Knochenbruchheilung	35
4.6	Knochenbruchheilung, Heilungsstörungen und Korrekturvorgänge an verschiedenen Skelettabschnitten	39
5	Grundlagen der konservativen Frakturbehandlung	55
	<i>H. G. Dietz</i>	
5.1	Knochenbruchheilung	56
5.2	Methoden der konservativen Frakturbehandlung	56
5.3	Indikation zur konservativen Frakturbehandlung	57
5.4	Zeitliche Richtlinien zur Frakturruhistellung	57
5.5	Retentionsmethoden	58

6	Repositionstechniken	67
	<i>Th. Slongo</i>	
6.1	Definitionen und Ziele	68
6.2	Geschlossene, indirekte Reposition ohne operative Stabilisierung	68
6.3	Geschlossene, indirekte Reposition mit operativer Stabilisierung	93
6.4	Zusammenfassung	98
7	Grundlagen der operativen Frakturbehandlung	99
	<i>I. Marzi</i>	
7.1	Spickdrahtosteosynthesen	101
7.2	Zuggurtung	103
7.3	Schraubenosteosynthese	104
7.4	Plattenosteosynthesen	105
7.5	Elastisch stabile intramedulläre Nagelung	108
7.6	Marknagelung	112
7.7	Fixateur externe	112
7.8	Fixateur interne und Wirbelkörperersatz	114

II Höhlenverletzungen und Frakturen des Stammskeletts

8	Schädel-Hirn-Trauma	117
	<i>S. Berger</i>	
8.1	Klassifikation	118
8.2	Anatomische und physiologische Besonderheiten im Kindesalter	119
8.3	Pathophysiologie	119
8.4	Ursachen	121
8.5	Erstversorgung	121
8.6	Diagnostik	121
8.7	Therapieindikationen	130
8.8	Therapieziel	131
8.9	Konservative Therapie	131
8.10	Operative Therapie	134
8.11	Kontrollen und Nachbehandlung	136
8.12	Ergebnisse und Prognose	136
8.13	Intra- und postoperative Komplikationen	136
8.14	Prophylaxe	137
9	Thoraxtrauma	139
	<i>H. G. Dietz</i>	
9.1	Besonderheiten im Kindesalter	140
9.2	Ursachen und Diagnostik	140
9.3	Erstversorgung bei Kindern	143
9.4	Knöchernen Verletzungen	144
9.5	Verletzung des Lungenparenchyms	145
9.6	Pneumothorax	148
9.7	Hämatothorax	148
9.8	Tracheobronchialbaum	148
9.9	Traumatisches Emphysem	149
9.10	Verletzung weiterer intrathorakaler Organe	149

10	Abdominaltrauma	153
	<i>J. Lieber, J. Fuchs</i>	
10.1	Besonderheiten im Kindesalter	155
10.2	Ursachen, Häufigkeit, Klassifikation und Mortalität	155
10.3	Anamnese und Klinik	158
10.4	Diagnostik	159
10.5	Therapie	160
10.6	Nierenverletzungen	161
10.7	Milz- und Leberverletzungen	164
10.8	Pankreas- und Gallengangsverletzungen	169
10.9	Hohlorganverletzungen	172
10.10	Nebennierenverletzungen	175
10.11	Harnblasenverletzungen	176
10.12	Urethraverletzungen	177
10.13	Fazit	178
11	Polytrauma und Mehrfachverletzungen	181
	<i>P.P. Schmittenbecher</i>	
11.1	Einführung	182
11.2	Verletzungen	182
11.3	Anatomische und physiologische Besonderheiten	184
11.4	Management des polytraumatisierten Kindes	184
11.5	Besonderheiten der definitiven Therapie beim Polytrauma	187
11.6	Ergebnisse, Rehabilitation und Langzeitverlauf	190
12	Wirbelsäulenverletzungen	193
	<i>P.F. Heini</i>	
12.1	Einführung	194
12.2	Klinisch neurologische Beurteilung	194
12.3	Halswirbelsäule	195
12.4	Brust- und Lendenwirbelsäule	213
13	Beckenverletzungen	223
	<i>K. Nowack, W. Schlickewei</i>	
13.1	Einführung	224
13.2	Entwicklung und anatomische Besonderheiten	224
13.3	Frakturen/Verletzungen	225

III Frakturen und Luxationen der oberen Extremität

14	Schultergürtel	241
	<i>N.M. Meenen</i>	
14.1	Einführung	242
14.2	Klavikulafrakturen	242
14.3	Schulterblattfrakturen (Skapulafrakturen)	244
14.4	Schultergelenkluxationen (glenohumerale Dislokationen)	245
14.5	Rotatorenmanschettenruptur	249

15	Oberarm	251
	<i>S. David, K. Dragowsky</i>	
15.1	Proximale Humerusfrakturen	252
15.2	Humerusschaftfrakturen	264
16	Ellenbogengelenk	277
	<i>K. Parsch</i>	
16.1	Suprakondyläre Fraktur	278
16.2	Traumatische distale Humerusepiphysenlösung	290
16.3	Condylus-ulnaris-Fraktur	291
16.4	Epicondylus-ulnaris-Abriss und Ellenbogenluxation	291
16.5	Condylus-radialis-Fraktur	298
16.6	Bikondyläre Y- oder T-Fraktur	304
16.7	Olekranonfraktur	304
16.8	Processus-coronoideus-Abriss	307
16.9	Radiushalsfraktur	309
16.10	Monteggia-Fraktur	311
17	Unterarm	319
	<i>M. Oberle, W. Schlickewei</i>	
17.1	Besonderheiten im Kindesalter	320
17.2	Diaphysärer Unterarm	320
17.3	Distaler Unterarm	325
17.4	Monteggia-Läsion	329
17.5	Galeazzi-Läsion	329
18	Hand	331
	<i>D.W. Sommerfeldt</i>	
18.1	Einführung	332
18.2	Frakturen	334
18.3	Luxationen, Verletzungen des Kapsel-/Bandapparats	342
18.4	Sehnen- und Nervenverletzungen im Bereich der Hand	345
18.5	Besonderheiten bei Infektionen	348

IV Frakturen und Luxationen der unteren Extremitäten

19	Hüftgelenk und Oberschenkel	353
	<i>T. Gresing</i>	
19.1	Wachstumsphysiologie und Gefäßversorgung	354
19.2	Proximale Femurfrakturen	354
19.3	Traumatische Hüftluxation	359
19.4	Apophysenlösungen am proximalen Femur	359
19.5	Femurschaftfraktur	361
20	Kniegelenk	377
	<i>St. Rose</i>	
20.1	Klassifikation, Häufigkeit und Ursachen	378
20.2	Klinik	378
20.3	Erstversorgung	378
20.4	Diagnostik	378

20.5	Verletzungen des Knochens	381
20.6	Verletzungen der Weichteile des Kniegelenkes	400
20.7	Kompartmentsyndrom	407
21	Unterschenkel	409
	<i>P. Illing</i>	
21.1	Häufigkeit, Klassifikation und Ursachen	410
21.2	Anatomie	410
21.3	Klinik	411
21.4	Erstversorgung	411
21.5	Diagnostik	411
21.6	Therapieziel	411
21.7	Fraktur der proximalen Tibiametaphyse	413
21.8	Fraktur der Diaphyse	415
21.9	Fraktur der distalen Tibiametaphyse	434
21.10	Besonderheiten	434
22	Sprunggelenk	437
	<i>J. Suß</i>	
22.1	Frakturen des Sprunggelenks	438
22.2	Sprunggelenkdistorsion – Bandverletzungen	451
23	Fuß	455
	<i>P. Illing</i>	
23.1	Einleitung	457
23.2	Talusfraktur	457
23.3	Kalkaneusfraktur	461
23.4	Fußwurzel	463
23.5	Mittelfuß	464
23.6	Vorfuß	468
23.7	Komplexes Fußtrauma	471

V Spezielle Verletzungsformen

24	Ingestionen	477
	<i>I. Pegiazoglou</i>	
24.1	Fremdkörperingestionen	478
24.2	Ingestion von ätzenden Substanzen (»caustic ingestion«)	478
25	Thermische Verletzungen	483
	<i>P.M. Klimek</i>	
25.1	Einführung	484
25.2	Epidemiologie	484
25.3	Notfalltherapie	484
25.4	Beurteilung	485
25.5	Triage	487
25.6	Ambulante Behandlung	488
25.7	Stationäre Behandlung	488
25.8	Komplikationen	494
25.9	Elektroverbrennung	494

25.10	Kindsmisshandlung	495
25.11	Nachbehandlung	495
26	Weichteilverletzungen	497
	<i>I. Schnyder</i>	
26.1	Häufigkeit, Ursachen und Klassifikation	498
26.2	Allgemeines zur Wundheilung im Kindesalter	498
26.3	Klinik und Diagnostik	498
26.4	Therapieziel	500
26.5	Konservative Therapie	500
26.6	Operative Therapie	500
26.7	Art und Lokalisation von Verletzungen	503
26.8	Kontrollen und Nachbehandlung	512
27	Battered-Child-Syndrom	515
	<i>V. Oesch, Th. Slongo</i>	
27.1	Definition, Häufigkeit und Risikofaktoren	516
27.2	Klinik	516
27.3	Erstversorgung	518
27.4	Diagnostik	518
27.5	Therapie	519
27.6	Ergebnisse und Prognose	520
28	Geburtstrauma	521
	<i>B. Liniger</i>	
28.1	Definition und Inzidenz	522
28.2	Risikofaktoren	522
28.3	Weichteilverletzungen	522
28.4	Extrakranielle Verletzungen am Schädel	523
28.5	Gesichtsverletzungen	524
28.6	Intrakranielle Blutungen	524
28.7	Frakturen	526
28.8	Verletzungen des Nervensystems	528
28.9	Intraabdominale Geburtsverletzungen	530
29	Pathologische Frakturen	531
	<i>A. Joeris, Th. Slongo</i>	
29.1	Definition	532
29.2	Diagnostik	532
29.3	Ätiologie	537
29.4	Therapie	541
	Stichwortverzeichnis	547

Autorenverzeichnis

Berger, Steffen, PD Dr. med

Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

David, Stephan, Dr. med.

Chefarzt der Klinik für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Krankenhaus Paul Gerhardt Stift
Akad. Lehrkrankenhaus
der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Paul-Gerhardt-Straße 42–45
06886 Wittenberg

Dietz, Hans Georg, Prof. Dr. Dr. h. c.

Kinderchirurgische Klinik
und Poliklinik
im Dr. von Haunerschen Kinderspital
Klinikum der Universität München
Lindwurmstraße 4
80337 München

Dragowsky, Kai, Dr. med.

Oberarzt
Klinik für Unfallchirurgie
und Orthopädie
Unfallkrankenhaus Berlin
Warener Straße 7
12683 Berlin

Fuchs, Jörg, Prof. Dr.

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin
Abteilung für Kinderchirurgie
Universitätsklinikum Tübingen
Hoppe-Seyler-Straße 3
72076 Tübingen

Gresing, Tilman, Dr. med.

Kinderchirurgische Abteilung
Evangelisches Krankenhaus Lippstadt
Wiedenbrücker Straße 33
59555 Lippstadt

Heini, Paul, Prof. Dr.

Universität Bern
Institute for Surgical Technologies
and Biomechanics
Stauffacherstrasse 78
3014 Bern, Schweiz

Heinrich, Martina, Dr. med.

Kinderchirurgische Klinik und
Poliklinik im Dr. von Haunerschen
Kinderspital
Klinikum der Universität München
Lindwurmstraße 4
80337 München

Illing, Peter, Dr. med.

Klinik für Kinderchirurgie und
Schwerbrandverletzte
Kinderkrankenhaus Park Schönfeld
Klinikum Kassel
Frankfurter Straße 167
34121 Kassel

Joeris, A., Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Klimek, Peter, Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Lehner, Markus, Dr. med.

Kinderchirurgische Klinik und
Poliklinik im Dr. von Haunerschen
Kinderspital
Klinikum der Universität München
Lindwurmstraße 4
80337 München

Lieber, Justus, Dr. med.

Klinik für Kinder- und
Jugendmedizin
Abteilung für Kinderchirurgie
Universitätsklinikum Tübingen
Hoppe-Seyler-Straße 3
72076 Tübingen

Liniger, Benjamin, Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Marzi, Ingo, Prof. Dr.

Direktor der Klinik für Unfall-,
Hand- und Wiederherstellungs-
chirurgie
Klinikum der Johann Wolfgang
Goethe-Universität
Haus 23a, Raum 1d 52
Theodor Stern Kai 7
60590 Frankfurt/Main

Meenen, Norbert M., Prof. Dr.

Sektionsleiter Pädiatrische
Sportmedizin
Altonaer Kinderkrankenhaus
Bleickenallee 38
22763 Hamburg

Nowack, Klaus

Abteilung Unfall- und Wiederher-
stellungschirurgie
Kindertraumatologie
St. Josefskrankenhaus Freiburg
Bruder-Klaus-Krankenhaus
Waldkirch
Sautier-Straße 1
79104 Freiburg

Oberle, Mike, Dr. med.

Unfall- und Wiederherstellungs-
chirurgie
Kindertraumatologie
St. Josefskrankenhaus Freiburg
Bruder-Klaus-Krankenhaus
Waldkirch
Sautier-Straße 1
79104 Freiburg

Oesch-Hofmann, Valerie, Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Parsch, Klaus, Prof. Dr.

Weinbergweg 68
70569 Stuttgart

Pegiazoglou, Ioannis, Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Rose, Stefan, Prof. Dr.

Groupe Chirurgicale Ettelbruck
Département Traumatologie
Centre Hospitalier du Nord,
Hopital St. Louis
151-153 Avenue Lucien Salentiny
9080 Ettelbruck, Luxemburg

Schlickewei, Wolfgang, Prof. Dr.

Chefarzt der Abteilung Unfall- und
Wiederherstellungschirurgie
Kindertraumatologie St. Josefs-
krankenhaus Freiburg
Bruder-Klaus-Krankenhaus
Waldkirch
Sautier-Straße 1
79104 Freiburg

Schmittenebecher, Peter P., Prof. Dr.

Kinderchirurgische Klinik
Klinikum Karlsruhe
Moltkestraße 90
76133 Karlsruhe

Schnyder, Isabelle, Dr. med.

Kindertraumatologie/Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Slongo, Theddy, M.D.

Leitender Arzt Kindertraumatologie/
Kinderchirurgie
Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Inselspital
Freiburgstrasse 10
3010 Bern, Schweiz

Sommerfeldt, Dirk W., PD Dr. med

Ltd. Arzt Abteilung für Kinder- und
Jugendtraumatologie
Altonaer Kinderkrankenhaus
Bleickenallee 38
22763 Hamburg

Suß, Joachim, Dr. med.

Klinik für Kinderchirurgie
und Schwerbrandverletzte
Kinderkrankenhaus Park Schönfeld
Klinikum Kassel
Frankfurter Straße 167
34121 Kassel

Grundlagen

- Kapitel 1** **Das Kind im Krankenhaus, das Kind als Patient** – 3
- Kapitel 2** **Notfallmaßnahmen am Kind** – 9
M. Lehner
- Kapitel 3** **Grundlagen der Schmerzbehandlung des Kindes** – 21
M. Heinrich
- Kapitel 4** **Wachstumsphänomene und Korrekturmechanismen
des wachsenden Skeletts** – 27
P. Schmittenbecher
- Kapitel 5** **Grundlagen der konservativen Frakturbehandlung
des Kindes** – 55
H.G. Dietz
- Kapitel 6** **Repositionstechniken** – 67
Th. Slongo
- Kapitel 7** **Grundlagen der operativen Frakturbehandlung** – 99
I. Marzi

Das Kind im Krankenhaus, das Kind als Patient

- 1.1 Einleitung – 4
 - 1.2 Personelle Struktur – 4
 - 1.3 Bauliche Maßnahmen – 4
 - 1.4 Kommunikation – 5
 - 1.5 Erlebnis – 5
 - 1.6 10-Punkte-Programm »Das Kind im Krankenhaus« – 6
- Literatur – 7

1.1 Einleitung

Während erwachsene Patienten nach Unfällen die ungewohnte und zum Teil sogar bedrohliche Atmosphäre eines Krankenhauses intellektuell begreifen und verarbeiten können, ist dies für Kinder anfänglich nahezu unmöglich. Zu der physischen und psychischen Ausnahmesituation des Unfalls und der Verletzung und den Schmerzen kommt nun die völlig ungewohnte Umwelt eines Krankenhauses mit all seinen Strukturen auf das verletzte Kind zu. Um auch einen möglichst geringen Schaden für die Psyche des Kindes zu erhalten, ist ein perfekt strukturiertes **Kinderkrankenhaus** mit allen modernen Möglichkeiten der Versorgung, Betreuung und Unterhaltung von außerordentlicher Wichtigkeit. Eine unverzügliche und rasche vollständige Einbindung der Eltern und der nächsten Bezugspersonen ist auch in der ersten und traumatisierendsten Phase und der extrem belasteten perioperativen Phase von herausragender Bedeutung. Jedes Fernhalten der Eltern und Bezugspersonen in belastenden Situationen wie diagnostischen Maßnahmen, therapeutischen Manipulationen muss vermieden werden, denn diese produzieren Angst und führen zu bleibenden negativen Erinnerungen an den Krankenhausaufenthalt.

1.2 Personelle Struktur

Die Behandlung von unfallverletzten Kindern und Jugendlichen muss durch Spezialisten der Pädiatrischen Traumatologie erfolgen. Sowohl Kinderchirurgen wie auch Unfallchirurgen sind nach einem Ausbildungstraining in Kompetenzzentren der Pädiatrischen Traumatologie in der Lage, verletzte Kinder zu behandeln. Als weitere ärztliche Spezialisten sind Kinderneurochirurgen, Kinderorthopäden, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen, HNO-Ärzte, Augenärzte mit in das Behandlungsteam einzubeziehen.

Eine herausragende Bedeutung kommt den Kinderanästhesisten zu. Da auch heute noch der Schwerpunkt für Kinderanästhesie fehlt, haben sich an den führenden Zentren der Kindertraumatologie Kollegen der Anästhesie spezialisiert und sind somit hervorragend geeignet, die pädiatrischen Patienten zu betreuen.

Eine wesentliche Rolle spielen auch die Kollegen der diagnostischen Abteilungen, in Röntgen, CT, Kernspin und Nuklearmedizin, auch hier muss eine kindgerechte Ausrüstung hinsichtlich apparativer Bestückung unter dem wesentlichen Aspekt auch des Strahlenschutzes vorliegen. Diese Kollegen müssen die Möglichkeiten und Notwendigkeiten der modernen Diagnostik erarbeitet haben, um exakte Diagnosen unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Kindesalters zu erzielen.



▣ **Abb. 1.1** Klinik-Clowns am Krankenbett helfen, die Stresssituation zu überwinden

Unabdingbar in einem Zentrum für Kindertraumatologie ist auch die spezifische Intensivmedizin, die in unterschiedlichen Organisationsstrukturen von Kinderchirurgen, Pädiatern, Kinderanästhesisten auch interdisziplinär geführt und geleitet wird, wie auch die konsiliarisch tätigen Kollegen aus allen Bereichen der Pädiatrie.

Ein weiterer Garant für die optimale Versorgung der Kinder ist die Pflege, und hier ist die Spezialisierung entsprechend vorgegeben. Hervorragend für die Pflege der Kinder sind die Gesundheits- und Kinderkrankenpfleger nach ihrer 3-jährigen Ausbildung geeignet. Nur dieser Personenkreis sollte auch Kinder während des stationären Aufenthaltes pflegen.

Eine spezielle Physiotherapie ist ebenfalls unabdingbar, da hier spezielle Konzepte und Notwendigkeiten für das Kindesalter gefordert sind. Die vor Ort tätigen Sozialarbeiter sorgen für die Einleitung einer kindgerechten Rehabilitation.

Aberundet wird das Betreuungsteam durch Beschäftigungstherapeuten, Spieltherapeuten, Lehrer und Klinik-Clowns (▣ Abb. 1.1).

1.3 Bauliche Maßnahmen

Die Bedürfnisse einer »Kinderunfallklinik« müssen zum einen den medizinischen Notwendigkeiten, aber unbedingt auch den Bedürfnissen der zu behandelnden Patienten gerecht werden. Bereits die Notaufnahme ist so zu gestalten, dass neben den Möglichkeiten, alle Altersstufen entsprechend zu behandeln, auch für Eltern ausreichend Raum geschaffen ist, ihre Kinder bei allen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen, die nicht in Vollnarkose stattfinden, zu begleiten. Selbstverständlich sind entsprechende Baumaßnahmen auch auf den einzelnen Statio-



■ **Abb. 1.2** Narkoseeinleitung eines Säuglings in Anwesenheit der Mutter



■ **Abb. 1.4** Wartezimmer einer Kinderklinik mit entsprechendem Mobiliar und Spielzeug



■ **Abb. 1.3** Aufwachraum: in entspannter Atmosphäre mit Krankenschwester und Eltern die postoperative Phase erleben

nen zu planen, insbesondere sind verschiedene Altersgruppen zusammenzuführen, um entsprechend hier auch die mögliche Kommunikation zu fördern. Ein wichtiger Bereich ist im Operationssaal der Einleitungs- und Aufwachraum. Hier sind diese Räume so zu gestalten, dass Eltern bei Narkoseeinleitung ihre Kinder noch mit begleiten können und in der Phase des Aufwachens aus der Nar-

kose bereits neben ihren Kindern am Krankenbett verweilen können (■ **Abb. 1.2** und ■ **Abb. 1.3**). Notwendig sind Spielzimmer, Aufenthaltsräume für Eltern und Wartezimmer für Eltern, deren Kinder gerade operiert werden (■ **Abb. 1.4**).

1.4 Kommunikation

Ein entscheidender Faktor in der Klinik ist die Kommunikation. Die Information der Kinder und deren Eltern entsprechend dem Alter und der Verständigungsmöglichkeit sind von herausragender Bedeutung für einen positiven Verlauf. Informationen über die immer dringlich gebotene initiale Schmerztherapie helfen, hier ein Grundvertrauen zu schaffen. Die Mitteilung über die weiteren Maßnahmen und die durchzuführenden operativen Eingriffe mit deren möglichen Risiken im Rahmen eines ausführlichen Aufklärungsgesprächs, haben leider nicht immer den hohen Stellenwert, der diesen Maßnahmen zukäme. Immer ist so früh wie möglich über die Prognose der Verletzung mit den Kindern und den Eltern zu sprechen, um hier nicht falsche und nicht zu erfüllende Erwartungen entstehen zu lassen.

1.5 Erlebnis

Die Bewältigung des Krankenhausaufenthaltes für Kinder ist auch Gegenstand von sehr wichtigen Publikationen gewesen (Frank 1995; Siegl 1988; Frank 1997). Das Ausmaß der Bewältigung der Gesamtsituation, von Unfallereignis, stationärem Aufenthalt bis zur Entlassung hängt von Bewältigungsstrategien und der Genauigkeit der Information ab. Die Bewältigung des Unfallereignisses bzw. auch der



■ Abb. 1.5 Kinder malen ihre Unfälle. a Fahrradsturz in Unterführung, 13 Jahre alt. b Fahrradsturz, 7 Jahre alt. c Schlittenunfall, 9 Jahre alt. d Sturz beim Skifahren, 13 Jahre alt

Krankenhaussituation kann sich dann bereits während des stationären Aufenthaltes durch Motivation von psychosozialen Team als sehr positiv erweisen. Abb. 5 zeigt die Darstellung des Unfallgeschehens bei Kindern im Alter von 6–12 Jahren.

1.6 10-Punkte-Programm »Das Kind im Krankenhaus«

Die 1. Europäische »Kind im Krankenhaus«-Konferenz hat 1988 ein 10-Punkte-Programm verabschiedet, das eine Kinderunfallklinik unbedingt erfüllen sollte:

1. Kinder sollen nur dann in ein Krankenhaus aufgenommen werden, wenn die medizinische Behandlung, die sie benötigen, nicht ebenso gut zu Hause oder in einer Tagesklinik erfolgen kann.
2. Kinder im Krankenhaus haben das Recht, ihre Eltern oder eine andere Bezugsperson jederzeit bei sich zu haben.
3. Bei der Aufnahme eines Kindes ins Krankenhaus soll allen Eltern die Mitaufnahme angeboten werden, und ihnen soll geholfen und sie sollen ermutigt werden zu bleiben. Eltern sollen durchaus keine zusätzlichen Kosten oder Einkommenseinbußen entstehen. Um an der Pflege ihres Kindes teilnehmen zu können, sollen Eltern über die Grundpflege und den Stationsalltag informiert werden. Ihre aktive Teilnahme daran soll unterstützt werden.
4. Kinder und Eltern haben das Recht, in angemessener Art ihrem Alter und ihrem Verständnis entsprechend informiert zu werden. Es sollen Maßnahmen ergriffen werden, um körperlichen und seelischen Stress zu mildern.
5. Kinder und Eltern haben das Recht, in alle Entscheidungen, die ihre Gesundheitsfürsorge betreffen, einbezogen zu werden. Jedes Kind soll vor unnötigen medizinischen Behandlungen und Untersuchungen geschützt werden.
6. Kinder sollen gemeinsam mit Kindern betreut werden, die von ihrer Entwicklung her ähnliche Bedürfnisse

- haben. Kinder sollen nicht in Erwachsenenstationen aufgenommen werden. Es soll keine Altersbegrenzung für Besucher von Kindern im Krankenhaus geben.
7. Kinder haben das Recht auf eine Umgebung, die ihrem Alter und ihrem Zustand entspricht und die ihnen umfangreiche Möglichkeiten zum Spielen, zur Erholung und Schulbildung gibt. Die Umgebung soll für Kinder geplant, möbliert und mit Personal ausgestattet sein, das den Bedürfnissen von Kindern entspricht.
 8. Kinder sollen von Personal betreut werden, das durch Ausbildung und Einfühlungsvermögen befähigt ist, auf die körperlichen, seelischen und entwicklungsbedingten Bedürfnisse von Kindern und ihren Familien einzugehen.
 9. Die Kontinuität in der Pflege kranker Kinder soll durch ein Team sichergestellt sein.
 10. Kinder sollen mit Takt und Verständnis behandelt werden, und ihre Intimsphäre soll jederzeit respektiert werden.

Literatur

<http://www.kindergesundheit-info.de>

Frank R (1995) Kinderärztliche, kinderpsychiatrische Untersuchungen an misshandelten und vernachlässigten Kindern und deren Familien. Eine prospektive Untersuchung an einer Kinderklinik. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, München

Frank R (1997) Soziale Aspekte – Das Kind im Krankenhaus. In: Dietz HG, Schmittenbecher P, Illing P (Hrsg.) Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore

Siegl LJ (1988) Measuring Childrens adjustment to hospitalisation and to medical procedures. In: Karoly P (ed) Handbook of Child health Assessment. Wiley Series on health psychology, pp 265–302 Wiley, New York

Notfallmaßnahmen am Kind

M. Lehner

2.1 Einführung – 10

2.2 Ziele der pädiatrischen Notfallmedizin – 10

2.3 Notfallmedizinische Maßnahmen und Hilfsmittel – 10

2.3.1 Klinische Untersuchung – 10

2.3.2 Atemwegsmanagement – 11

2.3.3 Alternativen zur endotrachealen Intubation – 12

2.3.4 Kreislaufmanagement – 13

2.3.5 Analgosedierung – 15

2.3.6 Lagerung und Schienung – 16

2.3.7 Auswahl der Zielklinik – 16

2.3.8 Transport – 16

2.4 Prinzipien der Notfallmedizin im Kindesalter – 16

2.4.1 Schädel-Hirn-Trauma – 16

2.4.2 Thoraxverletzungen – 18

2.4.3 Abdominalverletzungen – 18

2.4.4 Extremitätenverletzungen – 18

2.4.5 Polytraumaversorgung – 19

2.4.6 Thermische Verletzungen – 19

Literatur – 20

2.1 Einführung

Die Kindersterblichkeit ist in den Industrieländern im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte deutlich zurückgegangen. Somit sind Unfälle die häufigste Ursache für Invaliderität oder Tod im Kindesalter. Etwa 14,7% der in Deutschland lebenden Kinder unter 15 Jahren ziehen sich jährlich eine Unfallverletzung zu, die ärztlich versorgt werden muss (Robert-Koch-Institut 2007). Dies sind jährlich etwa 1,6 Mio. Kinder. Im Jahre 2008 verunglückten in Deutschland 31.648 Kinder im Straßenverkehr und 102 Kinder (0,3%) verstarben in Folge des Unfalls (Statistisches Bundesamt 2009).

Bezogen auf das gesamte Einsatzaufkommen im Notarztdienst handelt es sich in 5–10% der Fälle um Notfälle bei Kindern (Nagele u. Kroesen 2000). Die traumatischen Notfälle im Kindesalter betragen im Kindernotarzdienst München 12,6% der Einsätze (Bayerl 2007). Gerade diese relativ seltenen Notfälle stellen die behandelnden Notärzte immer wieder vor große Schwierigkeiten.

Pädiatrische Patienten sind die anspruchsvollste Patientengruppe im Rettungsdienst. Die adäquate Notfallversorgung von Kindern erfordert nicht nur vom Rettungsdienstpersonal, sondern auch von den behandelnden Notärzten ein spezielles Fachwissen, besondere Fertigkeiten und einen routinierten Umgang mit den jungen Patienten und nicht zuletzt auch mit deren Eltern. Erschwerend kommt hinzu, dass ein stabiler Zustand plötzlich und ohne Vorwarnung dekomensieren kann. Die kleinen Patienten verfügen über wesentlich weniger kardiorespiratorische Reserven als Erwachsene. Durch das kompensationsfähige Gefäßsystem können bis zu einem Blutverlust von 25% noch tabellarische Normwerte von Herzfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffsättigung gemessen werden, ehe »plötzlich das manifeste und schwer beherrschbare Vollbild des Volumenmangelschocks eintritt« (Kretz u. Beushausen 2002). Während die Versorgung eines atem- und kreislaufinsuffizienten Erwachsenen eine Routineaufgabe im Rettungsdienst darstellt, gilt die Reanimation eines Kleinkindes oder gar eines Neugeborenen für den einzelnen Notarzt als extreme Ausnahmesituation. Selbst ein in der Notfallversorgung erfahrener Notarzt kann daher nur selten auf einen eigenen, umfassenden Erfahrungsschatz in der pädiatrischen Notfallmedizin zurückgreifen.

2.2 Ziele der pädiatrischen Notfallmedizin

Das Legen eines peripher-venösen Zugangs, die Applikation von Medikamenten und nicht zuletzt die endotracheale Intubation bereiten einem Notarzt nicht selten erhebliche Probleme. Diese Maßnahmen erfordern sehr viel Übung, über die auch ein in der Pädiatrie tätiger Arzt nur

verfügt, wenn er in der pädiatrischen Intensivmedizin und Anästhesie, Neonatologie oder Kinderchirurgie tätig ist. Gerade unter den mitunter schwierigen Bedingungen der präklinischen Notfallmedizin ist und bleibt die endotracheale Intubation auch bei großer Routine insbesondere im Kindesalter eine anspruchsvolle Maßnahme (Nagele u. Kroesen 2000). Aus Angst vor falscher Dosierung von Medikamenten und Fehlintubationen wird oftmals eine adäquate Therapie bis zur Übergabe in der Kinderklinik hinausgezögert.

Trotz der sehr geringen Fallzahlen sollten verunfallte Kinder mit einem Höchstmaß an medizinischem Wissen und Fertigkeiten notfallmedizinisch versorgt und transportiert werden. Hierfür wurde von pädiatrischen Intensiv- und Notfallmedizinern und der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) ein Konzept entwickelt, den pädiatrischen Notfall zu lehren und zu trainieren.

➤ **Ziel muss sein, den pädiatrischen Notfallpatienten rasch in ein pädiatrisches Notfallzentrum zu verbringen unter Sicherstellung einer ausreichenden Oxygenierung und eines ausreichenden Organperfusiondruckes. Die Hypoxie und die Hypotonie sind die beiden Faktoren, die entscheidend das Outcome insbesondere beim Schädel-Hirn-Trauma negativ beeinflussen (Chiaretti 2002).**

2.3 Notfallmedizinische Maßnahmen und Hilfsmittel

Die Notfallversorgung von Kindern folgt bezogen auf die Sicherung des Atemweges und der Stabilisierung der Herz-Kreislauf-Funktion eigenen Algorithmen. Betrachten wir jedoch isoliert den pädiatrischen Traumapatienten, so sind die durchzuführenden Maßnahmen vergleichbar. Sie unterscheiden sich lediglich durch die Größenverhältnisse der Patienten. Jede einzelne der unten aufgeführten Notfallmaßnahmen setzt deren exakte Durchführung sowie Kenntnis über alternative Verfahren voraus. Beginnen muss jede notfallmedizinische Maßnahme mit der orientierenden klinischen Untersuchung; der weitere Ablauf der ärztlichen Versorgung orientiert sich an den Leitlinien des »European Pediatric (Trauma) Life Supports« [EP(T)LS] des »European Resuscitation Councils« (Eich et al. 2007).

2.3.1 Klinische Untersuchung

Zu Beginn der Notfallversorgung steht neben der Erfassung einer kurzen Anamnese unter Berücksichtigung des Unfallmechanismus die klinische Untersuchung. Je jünger

das Kind ist, desto schwieriger ist die direkte Kommunikation. Über die Beobachtung der Spontanmotorik ergeben sich Hinweise auf mögliche Verletzungen. Die klinische Untersuchung sollte mit der Erhebung der Vitalparameter – Herzfrequenz, Atemfrequenz und Ermittlung der Sauerstoffsättigung im Blut – beginnen. Die nicht-invasive Blutdruckmessung gestaltet sich insbesondere bei Kleinkindern und Säuglingen schwierig; hier ist die Beurteilung der Rekapillarierungszeit ein guter Parameter, eine Aussage über die Kreislaufsituation zu erhalten. Die Rekapillarierungszeit – gemessen z. B. durch Ausdrücken der Fingerbeere oder durch Druck prästernal – sollte unter 2 Sekunden betragen, andernfalls ist ein Volumenmangel wahrscheinlich. Im Anschluss daran muss eine standardisierte Untersuchung durchgeführt werden, die neben der Inspektion auch Auskultation und Palpation der Organsysteme beinhaltet. Für die spätere Einschätzung des Verletzungsausmaßes in der Klinik ist es entscheidend, den ersten klinischen Befund exakt auf dem Notarzteinsatzprotokoll zu dokumentieren.

2.3.2 Atemwegsmanagement

Die unterschiedlichen Maßnahmen zur Sicherung des Atemweges wie die Maskenbeatmung, Intubation sowie die Alternativen zur endotrachealen Intubation sind im Kindesalter aufgrund der hohen Lage des Kehlkopfes sowie der im Säuglingsalter noch großen und omega-förmigen Epiglottis schwierig. Der Goldstandard ist die orotracheale Intubation mit maximalem Aspirationsschutz. Je nach Notfallsituation muss entschieden werden, welche der nachfolgend diskutierten Atemhilfen zur Anwendung kommt.

Maskenbeatmung

Zentraler Punkt im Atemwegsmanagement ist die Maskenbeatmung. Säuglinge reagieren aufgrund der großen Zunge und der großen Epiglottis sehr sensibel auf Inklination bzw. Reklination. Eine allzu großzügige Überstreckung der Halswirbelsäule muss unbedingt vermieden werden, da der Atemweg im Oropharynx durch den Zungengrund verlegt wird. Die günstigste Position zu problemloser Maskenbeatmung ist die Schnüffelstellung mit minimal rekliniertem Kopf. Die auf dem Markt befindlichen Atemmasken müssen in den unterschiedlichen Größen vorgehalten und im Notfall entsprechend der Größe des Kindes ausgewählt werden. Hierfür muss die Maske Nase und Mund umschließen, so dass unter Durchführung des **C-Griffes** eine suffiziente Maskenbeatmung ohne Leckage erfolgt (Abb. 2.1). Beim Thoraxtrauma kann der intrathorakale Atemwegswiderstand sehr hoch sein. Hier kann es erforderlich werden, dass ein Helfer die Maske mit beiden Hän-



■ **Abb. 2.1** Maskenbeatmung: Mittels C-Griff wird die Maske platziert und dicht gehalten

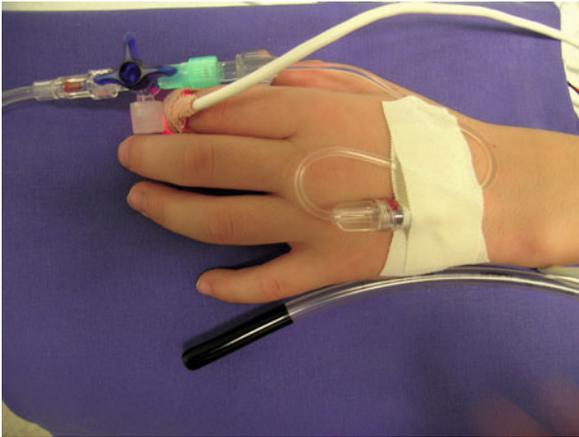
den über Mund und Nase dicht hält und eine zweite Person die Beatmung über den Beutel durchführt.

Endotracheale Intubation

Um beim höhergradig verletzten Kind Sekundärschäden durch Aspiration und Hypoxämie zu vermeiden, ist bei einem Glasgow-Coma-Score <9 die orotracheale Intubation am Unfallort durchzuführen. Der Kopf darf bei Säuglingen nicht überstreckt, sondern lediglich in die »Schnüffelstellung« gebracht werden. Parallel wird eine Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff durch Maskenvorlage durchgeführt. Die Tubusgröße wird altersabhängig gemäß (Tab. 2.1) ausgewählt, wobei der nächst kleinere Tubus immer bereitgelegt werden muss.

■ **Tab. 2.1** Tubusgröße (Innendurchmesser) in Abhängigkeit vom Lebensalter

Alter des Kindes	Größe des Tubus [ID]
Frühgeborenes	2,5
Neugeborenes	3,0
1–6 Monate	3,5
1 Jahr	4,0
2–3 Jahre	4,5
4–5 Jahre	5,0
6–7 Jahre	5,5
8–9 Jahre	6,0
10–11 Jahre	6,5
12–14 Jahre	7,0
Erwachsener	7,5–8,5



■ **Abb. 2.2** Die Auswahl der Tubusgröße wird nach dem Durchmesser des kleinen Fingers des Patienten gewählt

➤ **Als Faustregel für die Größe des Tubus ist der Vergleich mit dem kleinen Finger des Patienten am aussagekräftigsten** (■ Abb. 2.2).

Der ausgewählte Tubus wird mit einem zuvor mit Gleitmittel benetzten Mandrin vorbereitet. Darüber hinaus muss eine kontinuierliche EKG-Ableitung, eine Pulsoxymetrie, ein funktionstüchtiges Absauggerät samt großkalibrigem Absauger und Fixationsmaterial vorbereitet werden. Der tiefbewusstlose Patient wird ohne weitere Medikamentengabe orotracheal intubiert.

Die Einstellung des Larynx erfolgt bei Frühgeborenen, Neugeborenen und Säuglingen im ersten Lebensjahr mit dem **geraden Spatel** (Miller-Spatel: Größen 0–2). Hierfür wird der gerade Spatel durch Verdrängen der Zunge nach links in den Oropharynx eingeführt und die Epiglottis aufgeladen, sodass eine freie Sicht auf die Stimmritze entsteht. Nach dem ersten Lebensjahr werden die Patienten mit dem **gebogenen Spatel** nach Macintosh der Größen 2–4 eingestellt: Der Spatel wird in den Recessus piriformis oberhalb der Epiglottis vorgeschoben und durch Zug nach ventral gelingt die Sicht auf die Glottis. Der Druck auf den Kehlkopf von außen soll die Einstellung und Intubation erleichtern.

Ist beim Gesichtstrauma oder Inhalationstrauma eine präklinische Intubation indiziert, so wird die **Narkose** mit Midazolam (0,1 mg/kg KG) und Ketanest S (1,5–2 mg/kg KG) eingeleitet, ggf. in Kombination mit einem kurz wirksamen Muskelrelaxans (Succinylcholin 1–1,5 mg/kg KG). Bei Neu- und Frühgeborenen hat sich der Einsatz eines Opiats in Kombination mit Midazolam bewährt (Nicolai 1999). Zur Narkoseeinleitung wird hier Midazolam 0,1 mg/kg KG kombiniert mit Fentanyl 5–10 (–50) µg/kg KG intravenös appliziert. Der Erfolg der Intubation muss klinisch durch Auskultation und Thoraxexkursion überprüft sowie durch die Kapnometrie überwacht wer-



■ **Abb. 2.3** Fixierter Tubus: Der Tubus wird mit 3 Pflasterstreifen über einer Mullbinde als Beißschutz fixiert. Zur Entlastung des Magens erfolgt die Anlage einer nasogastrischen Sonde

den. Das Legen einer nasogastralen Sonde zur Dekompression des luftgefüllten und/oder mit Nahrungsresten gefüllten Magens schließt die Intubationsmaßnahmen ab (■ Abb. 2.3).

2.3.3 Alternativen zur endotrachealen Intubation

Durch eine suffiziente Maskenbeatmung mit oder ohne Guedel-Tubus kann eine orotracheale Intubation präklinisch umgangen werden, jedoch beinhaltet diese keinen Aspirationsschutz. Es ist noch kein Kind durch einen fehlenden Tubus zu Schaden gekommen, jedoch durch fehlenden Sauerstoff bei Fehlintubation oder Nichtbeatmung.

Larynxmaske Die Verwendung einer Larynxmaske stellt auch beim Kind eine Alternative zur Intubation dar. Diese Technik sollte jedoch im Routinebetrieb im Operationssaal trainiert werden, da die Platzierung Schwierigkeiten bereiten kann. Die Larynxmasken werden in 6 unterschiedlichen Größen produziert und entsprechend dem Körpergewicht des Patienten verwendet (■ Tab. 2.2). Sie wird bei überstrecktem Kopf entlang des harten Gaumens in den Rachen vorgeschoben. Die Maske deckt schließlich den Kehlkopf ab und wird durch Blocken der Manschette gesichert. Als Nachteile dieser Technik stehen die Auslösung eines Laryngospasmus und Erbrechen im Vordergrund, gefolgt von einem nicht sicheren Aspirationsschutz. Darüber hinaus kann die Larynxmaske sehr leicht dislozieren.

■ **Tab. 2.2** Verwendung der Larynxmaske in Abhängigkeit vom Körpergewicht

Maskengröße	Körpergewicht
Größe 1	Neugeborene bis 6,5 kg
Größe 2	6,5–20 kg
Größe 2,5	20–30 kg
Größe 3	30–50 kg
Größe 4	Ab 50 kg
Größe 5	Ab 100 kg

Thyroidotomie Die Durchführung einer Punktionskriothotomie mit den auf dem Markt befindlichen Hilfsmitteln ist aufgrund der anatomischen Größe des Ligaments conicum bei Kindern unter dem 10. Lebensjahr nicht möglich. Lässt sich ein Patient weder durch supraglottische Hilfen (Maskenbeatmung, Larynxmaske) beatmen noch endotracheal intubieren, stellt die Thyroidotomie die ultima ratio dar. Hierfür muss der Patient über einer Rolle deutlich in der Halswirbelsäule überstreckt gelagert werden. Nur so kann der Schilddrüsenknorpel identifiziert werden. Mit der nicht dominanten Hand wird dieser fixiert und von der Inzisur des Schilddrüsenknorpels nach kaudal in der Mittellinie die Haut und der darunter befindliche Schilddrüsenknorpel gespalten. In das sich öffnende Lumen wird schließlich der Tubus platziert. Je jünger das Kind, desto ausgeprägter sind die prätrachealen Weichteile und desto schwieriger lässt sich der Atemweg chirurgisch sichern.

2.3.4 Kreislaufmanagement

Neben der Sicherung des Atemweges steht an zweiter Stelle die Kontrolle der Kreislauffunktion. Hierfür wird zu Beginn die Pulskontrolle an der Arteria brachialis oder der A. carotis durchgeführt. In der präklinischen Notfallmedizin hat sich im Säuglings- und Kindesalter die Überprüfung der peripheren Rekapillarierungszeit als bester Parameter bewährt, um den Volumenstatus und die Herz-Kreislauf-Funktion abzuschätzen. Sie liegt bei kreislauffuffizienten Patienten unter 2 Sekunden an den Akren. Klinische Schockzeichen wie Blutdruckabfall, Tachykardie und graues Hautkolorit treten erst nach Volumenverlusten von etwa 25% auf.

Reanimationsmaßnahmen

Die häufigste Ursache für eine Reanimationsituation im Kindesalter ist ein **respiratorisches Versagen**. Dies spiegelt sich darin wieder, dass gemäß der aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Councils (Atkins et al.

2009) bei der Kinderreanimation nicht die Defibrillation wie beim Erwachsenen, sondern die Beatmung im Vordergrund steht.

➔ **Nach der Feststellung eines Atem-/Kreislaufstillstandes muss unverzüglich mit 5 Atemzügen beatmet werden.**

Anschließend erfolgt eine rasche Reevaluation hinsichtlich eines vorhandenen oder eben nicht nachweisbaren Spontankreislaufs. Findet sich innerhalb von 10 Sekunden durch Palpation der A. brachialis oder A. carotis kein Puls, so muss sofort mit der **Herz-Lungen-Wiederbelebung** begonnen werden.

Die Leitlinien schreiben bei der professionellen Reanimation ein Verhältnis **Herzdruckmassage : Beatmung von 15:2** vor, bis eine orotracheale Intubation erfolgt ist. Dann wird die Herzdruckmassage kontinuierlich durchgeführt. Der Druckpunkt liegt für jedes Lebensalter gleich im unteren Sternumdrittel, die obere Grenze bildet die Inter-mammillarlinie.

Die weitere medikamentöse Therapie im Rahmen der kardiorespiratorischen Reanimation sollte über einen rasch zu legenden intraossären Zugang erfolgen (s. unten). **Adrenalin** wird in einer Dosierung von 10 µg/kg KG intravenös oder intraossär appliziert. Dies entspricht 0,1 ml/kg KG der 1:10.000 verdünnten Adrenalinlösung. Im Rahmen der Reanimationsmaßnahmen von Kindern wird ausschließlich die verdünnte Adrenalinlösung verwendet. Hierfür wird eine Ampulle Adrenalin, die 1 mg enthält, auf 10 ml physiologische Kochsalzlösung verdünnt. Somit entspricht ein Milliliter 100µg Adrenalin, eine Einzeldosis für ein Kind mit 10 kg KG. Das Zeitintervall zwischen den Adrenalindosen beträgt 3–5 Minuten.

Eine **Defibrillation** ist im Kindesalter selten erforderlich. Bei nachgewiesenem Kammerflimmern oder pulsloser elektrischer Aktivität wird bei Kindern mono- oder biphasisch mit 4 J/kg Körpergewicht defibrilliert, bis zu einem Alter von 8 Jahren mit Kinderelektroden.

Insgesamt ist das **Outcome** der Reanimation im Kindesalter schlecht, insbesondere nach Traumen, welche mit einem sehr großen Blutverlust verbunden sind. Die Limitation der Reanimation ist extrem schwierig präklinisch zu definieren und muss immer individuell und im Team erfolgen. Ein rascher Transport unter laufender Reanimation wird häufig angestrebt, da auch nach Reanimationszeiten von über einer Stunde Erfolge mit gutem neurologischen Outcome beschrieben sind, insbesondere bei Ertrinkungsunfällen mit deutlicher Hypothermie der Patienten (Chiarretti 2002).

Intravenöser Zugang

Die Anlage eines intravenösen Zugangs stellt sowohl an die Ausrüstung als auch an die Fertigkeiten des Notarztes hohe



■ **Abb. 2.4** Venenverweilkanüle mit Zuleitung und 3-Wege-Hahn



■ **Abb. 2.5** Intraossäre Kanüle proximale Tibia mit Zuleitung und 3-Wege Hahn

Ansprüche (Sefrin et al. 2004). In der Regel sind bei Säuglingen und Kleinkindern – insbesondere im Rahmen eines Schockzustandes – lediglich Zugänge mit einer Größe von 24 G durchführbar. Diese können an Prädispositionsstellen (Handrücken, Fußrücken, Handgelenkinnenseite oder Kopfvenen) mit Hilfe von Pflasterverbänden fixiert werden. Kanülen mit Zuspritzeinrichtung haben den Nachteil, dass diese bei kleinen Kindern nicht gut fixiert werden können, da die Auflagefläche zu groß ist. Als Zuspritzmöglichkeit sollte ein 3-Wege-Hahn verwendet werden, der über eine kurze Verlängerung an die Venenverweilkanüle konnektiert wird (■ Abb. 2.4). Die maximale Einlaufgeschwindigkeit der 24-G-Kanüle beträgt für wässrige Infusionslösungen 22 ml/min (1320 ml/h), die der 22-G-Kanüle 36 ml/min (2160 ml/h). Somit sind mit diesen Größen bei Kindern bis zu einem Körpergewicht von 40 kg ausreichende Volumenmengen problemlos zu applizieren (■ Tab. 2.3).

Intraossärer Zugang

Der intraossäre Zugang stellt die Alternative für den intravenösen Zugang dar. An einigen Zentren – so auch im Rahmen des Kindernotarzteinsatzteams München – wird bei der Versorgung akut lebensbedrohlicher Zustände der intraossäre Zugang an erster Stelle durchgeführt. Hierfür

sind unterschiedliche mechanische Systeme auf dem Markt, welche ein problemloses Platzieren der Kanüle in den Markraum des Unterschenkels, distal der Tuberositas tibiae, ermöglichen. Die Kanülenlänge muss bei Kindern bis zum 5. Lebensjahr mindestens 10 mm, bei älteren Kindern mindestens 15 mm betragen. Für Erwachsene sind Kanülen von 25 mm Länge auf dem Markt. Die sicherste Erfolgskontrolle ist der Nachweis, Knochenmark zu aspirieren. Dies gelingt jedoch in bis zu 50% der Fälle in der Notfallsituation nicht. Dennoch wird über den gut sitzenden Zugang die medikamentöse Notfallversorgung durchgeführt. Kommt es zu einem Paravasat, so muss die Kanüle an anderer Stelle neu platziert werden.

Der intraossäre Zugang ist einem zentralvenösen Zugang gleichzustellen (Nicolai 2009). Die Dosierung der Medikamente im Rahmen der Notfallversorgung unterscheidet sich nicht von der intravenös zu applizierenden. Lediglich nach Medikamentengabe ist darauf zu achten, mit 5–10 ml physiologischer Kochsalzlösung nachzuspülen, um ein sofortiges Auswaschen aus dem Knochenmark zu erzielen. Die Infusion erfolgt mittels Druckbeutel (■ Abb. 2.5).

Volumentherapie

Der traumatisch bedingte hämorrhagische Schock führt nach einer schweren Verletzung zu einer Verminderung

■ **Tab. 2.3** Farbkodierung und Durchflussrate der Venenverweilkanülen in Abhängigkeit der Größe

Größe [Gauge]	24 G	22 G	20 G	18 G	17 G	16 G	14 G
Farbe	Gelb	Blau	Rosa	Grün	Weiß	Grau	Orange
Außendurchmesser [mm]	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2
Durchflussrate [ml/min]	22	36	61	96	128	196	343

des zirkulierenden Blutvolumens und somit des arteriellen Blutdruckes. Schon in der Initialphase der Verletzung resultiert ein verminderter Blutfluss in der Mikrozirkulation mit Anhäufung von sauren Stoffwechselprodukten, mangelnder Sauerstoffversorgung der Organe und damit Beginn des Multiorganversagens. Die Zielgrößen der präklinischen Volumentherapie sind eine warme und offene Peripherie mit einer Rekapillarierungszeit von weniger als 2 Sekunden, ein altersentsprechender, normaler Blutdruck sowie die Normalisierung der schockbedingten Tachykardie.

Kristalloide Die zunächst durchzuführende Therapie zur Aufrechterhaltung eines relevanten Perfusionsdruckes erfolgt durch die Verwendung von kristalloiden Lösungen wie z. B. **physiologischer Kochsalzlösung**. Der initiale Bolus beträgt 20–30 ml/kg KG intravenös oder intraossär. Zeigt sich keinerlei Wirkung, werden weitere Bolusgaben appliziert. Die Erhaltungstherapie errechnet sich aus folgender Formel:

$$(4 \text{ ml/kg KG bis } 10 \text{ kg}) + (2 \text{ ml/kg KG für die zweiten } 10 \text{ kg}) + (1 \text{ ml/kg KG für jedes weitere kg})$$

Ein 25 kg schweres Kind erhält somit eine Erhaltungstherapie von 50 ml kristalloider Lösung pro Stunde i.v./i.o.

Kinderadaptierte eiweiß- und zuckerhaltige Infusionslösungen haben mittlerweile in der Notfallmedizin keinerlei Berechtigung mehr.

Kolloidale Lösungen Der große Vorteil von kolloidalen Infusionslösungen ist ihr volumenexpansiver Effekt. Bei geringer Infusionsmenge erzielen sie durch ihre kolloidale Wirkung einen größeren Volumeneffekt als das infundierte Volumen. Die früher verwendeten Dextranpräparate haben ihren Stellenwert aufgrund der hohen Allergiepotez verloren. Im Vordergrund stehen heute Präparate mit **Hydroxyethylstärke**, welche einen verbesserten Volumeneffekt und eine längere Verweildauer im Gefäßsystem von über 5 h Halbwertszeit aufweisen. Der klinische Effekt dieser Plasmaexpander lässt sich etwa 3–4 h nachweisen. Die Initialdosis beträgt 10 ml/kg KG i.v. oder i.o., maximal dürfen 25 ml/kg KG pro Tag infundiert werden. Bei Neugeborenen dürfen diese Lösungen aufgrund der Unreife der Nieren nicht verwendet werden, eine Therapieeinschränkung besteht im ersten Lebensjahr.

Hypertone, isoonkotische Lösungen, bei denen meist 7,5%ige Kochsalzlösung in einer Hydroxyethylstärke-lösung gelöst ist, zeigen im Rahmen der »small volume resuscitation« einen sehr guten Effekt, um ein ausreichendes, zirkulierendes Blutvolumen wieder herzustellen. In einer Dosierung von 4 ml/kg KG wird die hypertone Lösung beim hämorrhagischen Schock infundiert.

2.3.5 Analgosedierung

Die analgetische Therapie ist ein entscheidender Bestandteil der Erstversorgung durch den Notarzt. Sie dient zum einen der Beruhigung, der Anxiolyse und Schmerztherapie, zum anderen hat die gewichtsadaptierte Analgosedierung einen positiven Effekt für die Schockbehandlung. Prophylaktisch muss bei Einleitung der Analgosedierung ein Kreislaufmonitoring angeschlossen sein, der Patient in 30°-Oberkörperhochlagerung gelagert sowie eine Sauerstoffzufuhr über eine Nasenbrille oder Gesichtsmaske durchgeführt werden. Auf die beiden wesentlichen Medikamente für eine Analgosedierung im Rahmen der pädiatrischen Notfallmedizin wird im Folgenden eingegangen.

Midazolam

Midazolam wirkt im ZNS als Benzodiazepin über die Aktivierung prä- und postsynaptischer GABA-Rezeptoren. Die Wirkung umfasst – in Abhängigkeit von der Dosierung – die Anxiolyse, die Antikonvulsion, dann erst die Muskelrelaxierung und die Hypnose. Es weist eine große therapeutische Breite auf und wird bei Kindern im Rahmen der Notfallversorgung mit 0,05–0,1 mg/kg KG i.v. dosiert. Für die rektale Applikation sollten 0,5 mg/kg KG berechnet werden. Verglichen mit anderen Benzodiazepinen weist Midazolam eine kurze Halbwertszeit von etwa 2 h auf (Forth et al. 1993).

Ketanest S

Es handelt sich hier um das Racemat des schon lange in der Notfallmedizin verwendeten Ketamins, einem Cyclohexanon. Der Wirkmechanismus erfolgt über die Bindung an den N-Methyl-D-Aspartat-(NMDA)-Rezeptor mit Blockade des Ionenkanals im Bereich der Synapsen (Forth et al. 1993).

Seinen Stellenwert insbesondere in der Notfallmedizin verdankt Ketanest S insbesondere dem schnellen Wirkeintritt von unter einer Minute nach intravenöser Injektion. Es handelt sich hier um eine allgemeine Analgesie, die von einer etwa zehnmütigen Bewusstseinsstörung begleitet wird. Der Wirkeintritt wird durch den beginnenden Spontannystagmus angezeigt. In der zweiten Phase sind die Patienten dann für weitere 20 min gegenüber Schmerzreizen unempfindlich, teilnahmslos und dösen vor sich hin (Forth et al. 1993). Eine Nachinjektion kann problemlos zur Verlängerung der Wirkdauer und zur Vertiefung der Bewusstlosigkeit und Analgesie durchgeführt werden.

In der Standarddosierung von 0,25–0,5 mg/kg KG i.v. wird keine Muskelrelaxierung erzielt, pharyngeale- und laryngeale Reflexe werden leicht gesteigert und keinesfalls herabgesetzt. Eine gelegentlich beobachtete Hypersalivation kann durch die Gabe von Atropin in der Dosierung von 0,001 mg/kg KG i.v. verhindert werden. Es kommt zu

keiner Beeinträchtigung des Atemantriebes; Blutdruck und Pulsfrequenz steigen zu Beginn der Behandlung um 30% gegenüber dem Ausgangswert (Forth et al. 1993). Die haluzinatorischen Nebenwirkungen, die auf das schwächer wirkende (-) Enantiomer zurückzuführen sind, werden bei Verwendung des gereinigten S-Ketamins nicht beobachtet. Aufgrund seiner hämodynamisch stabilisierenden Eigenschaften ist es insbesondere bei kreislaufinstabilen Notfallpatienten vorteilhaft. Eine Kontraindikation beim Schädel-Hirn-Trauma unter Gewährleistung einer optimalen Oxygenierung besteht nicht, trotz des beschriebenen Anstieges des zerebralen Blutflusses. Für die rektale Applikation muss die Dosis auf 0,75–1 mg/kg KG erhöht werden.

Es muss jedoch stets reflektiert werden, dass Traumapatienten in der Regel nicht nüchtern sind. Im Rahmen einer ausgedehnten Analgosedierung können jederzeit die Schutzreflexe geschwächt werden. Hierdurch kann es zu obstruktiven Apnoen durch das Zurückfallen der Zunge oder gar zur Aspiration von Mageninhalt kommen. Darüber hinaus muss der Patient unter ständiger ärztlicher Aufsicht sein, um im Falle des Erbrechens sofort handeln zu können.

2.3.6 Lagerung und Schienung

Die Bergung des Traumapatienten muss achsensgerecht mittels **Schaukeltrage** erfolgen. Als erste Maßnahme wird eine Zervikalstütze angelegt. Sollte bei Kleinkindern ein passender Stiffneck nicht zur Verfügung stehen, so muss der Notarzt verantwortlich die Halswirbelsäule stabilisieren (▣ Abb. 2.6). Später wird durch Anmodellieren der **Vakuummatratze** insbesondere die Halswirbelsäule stabilisiert. Isolierte Extremitätenverletzungen können nach Applikation der Analgosedierung mittels (**Vakuum-**)**Schienen** stabilisiert werden.



▣ Abb. 2.6 Stabilisierung der Halswirbelsäule

2.3.7 Auswahl der Zielklinik

Jeder Patient mit einem höhergradigen Schädel-Hirn-Trauma mit einem Glasgow-Coma-Score <12 oder Polytrauma muss in eine Klinik der Maximalversorgung mit interdisziplinärer Versorgung in den Fächern Kinderchirurgie/Neurochirurgie, Kinderanästhesie, Kinderradiologie und kinderchirurgischen/pädiatrischen Intensivmedizin gebracht werden. Die Information der Zielklinik über den Zustand des Patienten sowie über die erwartete Transportzeit ist unverzichtbar und sollte direkt durch den versorgenden Notarzt durchgeführt werden.

2.3.8 Transport

Um einen sicheren Transport zu gewährleisten, muss eine minimale Monitorüberwachung mittels EKG, Pulsoxymetrie und nicht invasiver Blutdruckmessung erfolgen. Sollte der Patient intubiert sein, so ist die Messung des endexpiratorischen CO₂ zu fordern. Vor der Abfahrt/Abfluges müssen ein Ausgangsbefund der körperlichen Untersuchung und der Vitalparameter erhoben und dokumentiert werden. Die Tiefe der Analgosedierung sollte nochmals überprüft und ausgedehnt werden, um unnötige artifizielle Dislokationen von Venenverweilkanülen, Schienen oder gar des Tubus zu vermeiden. Darüber hinaus sollten alle verfügbaren medizinischen Informationen und ein Elternteil mit auf den Transport genommen werden. Vor Abfahrt muss die Zielklinik über die erwartete Transportdauer und den kardiorespiratorischen Zustand des Patienten informiert werden.

2.4 Prinzipien der Notfallmedizin im Kindesalter

Der Organismus des Kindes befindet sich noch im Wachstum. Hieraus ergeben sich andere Verletzungsmuster als beim erwachsenen Patienten und somit auch etwas andere Vorgehensweisen bei Verletzungen. Sämtliche Notfallmedizinischen Maßnahmen sollen auf das Ziel hinarbeiten, einen stabilen Transport in das nächste Kindertraumazentrum zu gewährleisten.

2.4.1 Schädel-Hirn-Trauma

Neben den Extremitätenverletzungen spielt das Schädel-Hirn-Trauma bei Verletzungen im Kindesalter eine wesentliche Rolle. Hier ist nicht nur die Differenzierung zwischen den einzelnen Graduierungen am Unfallort schwierig. Kinder, die auf den Kopf gestürzt sind, können prinzipiell ein

■ Tab. 2.4 Glasgow-Coma-Scale für Kinder

Punkte	>5 Jahre	>1 Jahr	<1 Jahr
Augenöffnung			
4	Spontan		
3	Auf Anruf		
2	Auf Schmerzreiz		
1	Fehlend		
Beste motorische Antwort			
6	Befolgt Aufforderungen		Spontanbewegungen
5	Orientierte Reaktion		Orientierte Reaktion
4	Zurückziehen auf Schmerz		Zurückziehen auf Schmerz
3	Flexion auf Schmerz		Flexion auf Schmerz
2	Extension auf Schmerz		Extension auf Schmerz
1	Fehlend		Fehlend
Beste verbale Antwort			
5	Orientiert	Verständliche Worte	Plappern
4	Verwirrt	Unverständliche Laute	Weinen, kann beruhigt werden
3	Wortsalat	Andauerndes Weinen	Kann nicht beruhigt werden
2	Unverständlich	Stöhnen	Stöhnen
1	Fehlend	Fehlend	Fehlend

höhergradiges Schädel-Hirn-Trauma erleiden. Ein wesentlicher Gesichtspunkt, um die Schwere der Verletzung abschätzen zu können, ist der **Unfallmechanismus**. Sind folgende Kriterien erfüllt, kann ein höhergradiges Schädel-Hirn-Trauma oder auch Polytrauma vermutet werden

- Das Fahrzeug hat sich überschlagen.
- Es wurde eine weitere Person aus dem Fahrzeug geschleudert.
- Die Person wurde eingeklemmt.
- Ein anderer Insasse eines Fahrzeuges ist zu Tode gekommen.
- Ein Sturz ist aus einer Höhe von etwa dem Dreifachen der Körpergröße erfolgt.

➤ **Insbesondere bei Kindern unter 2 Jahren muss bei unklarem oder nicht nachvollziehbarem Unfallmechanismus die Möglichkeit einer Kindesmisshandlung mit in die Differenzialdiagnose einbezogen werden.**

Als indirekte Schwerezeichen gelten Bewusstseinsverlust, Amnesie, rezidivierendes Erbrechen und Kopfschmerzen. Am Unfallort muss eine komplette **neurologische Untersuchung** erfolgen, die insbesondere den Pupillenstatus und den auf Kinder zugeschnittenen Glasgow-Coma-Score

beinhaltet (■ Tab. 2.4). Darüber hinaus müssen **Frakturzeichen** wie Hämatom der Galea, Monokel- oder Brillenhämatom sowie Oto-Rhino-Liquorrhoe als Hinweis für eine Schädel-Basis-Fraktur gewertet werden. Liegt ein relevantes Schädel-Hirn-Trauma vor, so muss der Patient kardiorespiratorisch stabilisiert und in eine entsprechende Klinik der Maximalversorgung verbracht werden. Das Kriterium für eine **präklinische Intubation** ist in der inadäquaten Oxygenierung mit Sauerstoffsättigungen unter 90% sowie bei einem GCS von unter 9 mit fehlenden Schutzreflexen zu sehen. Darüber hinaus sollte bei ausgedehnten Mittelgesichtstraumen, Inhalationstraumen und im Rahmen der Polytraumaversorgung eine Intubation erfolgen.

Wichtig ist eine exakte präklinische Dokumentation des neurologischen Status, nur dann darf mit der **Analgosedierung** zur Schockbehandlung bei mittelgradigen Schädel-Hirn-Trauma begonnen werden. Diese wird mit Midazolam und Ketanest S durchgeführt. Das Kind wird mit Sauerstoffvorlage und intravenösem Zugang sowie Flüssigkeitssubstitution in die Klinik verbracht. Hierbei ist auf eine achsengerechte Bergung und schonende Lagerung zu achten. Falls von der Kreislaufsituation zulässig, erfolgt der Transport in Kopfmittelstellung mit 30°-Oberkörperhochlagerung.

2.4.2 Thoraxverletzungen

Thoraxverletzungen spielen bei etwa 20% der höhergradig verletzten Kinder eine Rolle. Der knöcherne Thorax im Kindesalter ist noch sehr elastisch, so dass Rippenserienfrakturen selten sind. Im Vordergrund stehen Kontusionen von Lunge und Herz. Liegt allerdings ein **instabiler Thorax** vor, so ist von einer erheblichen Gewalteinwirkung auszugehen mit Verletzungen wie Hämato-Pneumothorax und Herzbeutelamponade. Klinische Zeichen hierfür sind eine angestrenzte Atmung mit Nasenflügeln, Atemnot, Schmerzen über dem betreffenden Hemithorax, eine Halsvenenstauung sowie klinische Zeichen des Schockes.

Die Notfalldiagnostik konzentriert sich auf die Auskultation, die Palpation und die Perkussion. Im Anschluss an die Basismaßnahmen wie Sauerstoffvorlage, intravenöser Zugang und Kreislaufstabilisierung muss die direkte Therapie eines **Spannungspneumothorax** durch Punktion im 2. ICR in der Medioklavikularlinie mit Hilfe einer 14-G-Venenverweilkanüle erfolgen. Die Luft wird dann über eine Spritze abgesaugt und anschließend ein Magenablaufbeutel ohne Ventil konnektiert. Die Entlastung eines **Hämatothorax** sollte präklinisch nur unter sonographischer Kontrolle im 4. ICR in der vorderen Axillarlinie mittels einer chirurgisch eingebrachten Thoraxdrainage erfolgen. Für beide Maßnahmen ist eine adäquate Analgosedierung erforderlich.

2.4.3 Abdominalverletzungen

Die parenchymatösen Oberbauchorgane sind im Kindesalter durch das tief stehende Zwerchfell und die Größe der Organe noch nicht durch den knöchernen Thorax geschützt. Insbesondere bei Stürzen vom Fahrrad aber auch durch Verkehrsunfälle kann es zu relevanten intraabdominellen Verletzungen kommen. An erster Stelle steht hier die Verletzung der Milz, gefolgt von Leber- und Nierenverletzungen. Es handelt sich hier um potenziell lebensbedrohliche Verletzungen, insbesondere aufgrund des Blutverlustes. Dieser kann schon in der Initialphase am Unfallort bis zu 40% des zirkulierenden Blutvolumens betragen. Da die präklinischen, diagnostischen Möglichkeiten des stumpfen Bauchtraumas auf die klinische Untersuchung beschränkt sind – sofern keine präklinische Sonographie zur Verfügung steht – ist die Eruierung des Unfallmechanismus von entscheidender Bedeutung, um auf mögliche intraabdominelle Verletzungen schließen zu können. Hier sind es die Gurtverletzungen bei PKW-Insassen oder Lenkerabdrücke bei Fahrradstürzen aber auch Skistöcke und Turngeräte. Durch Dezelerationstraumen kann es zu Nierenverletzungen und Gefäßeinrissen kommen. Führende klinische Symptome sind abdominelle Schmerzen gefolgt

von einer zunehmenden Distension des Abdomens mit begleitender Kreislaufinstabilität.

➤ **Hämodynamisch instabile Patienten mit relevanten Abdominalverletzungen müssen rasch durch intravenöse Volumensubstitution mit kristalloiden und kolloidalen Lösungen versorgt und im »Load-and-go«-Prinzip in die nächstmögliche Klinik gebracht werden.**

2.4.4 Extremitätenverletzungen

Verletzungen der Extremitäten sollten auf die distal der vermuteten Fraktur vorliegende Durchblutung, Motorik und Sensibilität hin überprüft werden. Die betroffene Extremität wird nach adäquater Analgesie möglichst achsengerecht auf einer Schiene oder im Vakuumverband ruhig gestellt.

Die Empfehlungen, präklinisch eine geschlossene Reposition durchzuführen, sollten für den einzelnen Notarztstandort besprochen werden. Insbesondere bei kurzen Transportzeiten in eine kinderchirurgische Notaufnahme ist eine Reposition am Unfallort nicht sinnvoll; es sei denn, es handelt sich um eine grobe Fehlstellung mit einer Achsabweichung z. B. des Unterarmschaftes um $>45^\circ$. In diesem Fall sollte nach Durchführung einer Analgesie mit Midazolam und Ketanest S die anatomische Achse wieder hergestellt werden (▣ Abb. 2.7).

Bei vermuteter Ellenbogenfraktur sollten Repositionsmanöver präklinisch vermieden werden. Diese Frakturen können durch Knochenfragmente zu einer Kompression der A. brachialis führen, die in einem Pulsdefizit distal der Fraktur resultiert. Repositionsmanöver ohne radiologische Kontrolle können zu weiteren vaskulären Verletzungen führen.



▣ **Abb. 2.7** Fehlstellung: Solange die neurovaskuläre Versorgung (Durchblutung, Motorik und Sensibilität) distal der Fraktur intakt ist, besteht keine Indikation zur präklinischen Reposition

Liegt eine Sprunggelenksverletzung mit offensichtlicher, erheblicher Fehlstellung vor, so kann nach adäquater Analgesie ein Repositionsmanöver durchgeführt werden. Dieses ist obligat, wenn distal der Fraktur kein Puls zu tasten ist. Hierfür muss unter kräftigem Zug eine Reposition in die anatomische Achse mit anschließender Ruhigstellung erfolgen.

2.4.5 Polytraumaversorgung

Die präklinische Versorgung des polytraumatisierten Kindes ist eine Kombination aus dem oben Genannten. Im Vordergrund der Behandlung steht neben einer kompletten körperlichen Untersuchung die Stabilisierung der Vitalfunktionen und Vorbereitung eines raschen, aber sicheren Transportes in ein pädiatrisches Traumazentrum.

2.4.6 Thermische Verletzungen

Die häufigste Ursache für eine thermische Verletzung ist die **Verbrühung**. Das Prädispositionsalter beginnt mit dem Ende des ersten Lebensjahres, wenn Kinder sich mit heißen Flüssigkeiten am Esstisch verletzen, gefolgt von Übergießungen mit heißem Wasser aus z. B. Wasserkochern im Alter zwischen 1–3 Jahren. Verpuffungsverletzungen durch unsachgemäßen Gebrauch von Grillanzündern sind in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, ebenso kommen Starkstromunfälle und Erfrierungen glücklicherweise sehr selten vor.

Einteilung der Verbrühungen nach Verletzungstiefe

- Die oberflächlichen Verbrühungen **ersten Grades** betreffen lediglich die Epidermis, sie sind einem Sonnenbrand vergleichbar und heilen folgenlos ab. Die Schmerzsymptomatik endet nach etwa 72 h.
- Die oberflächlichen Verbrühungen **zweiten Grades** betreffen die Epidermis und obere Anteile der Dermis, hier ist es initial zu Blasenbildung begleitet von heftigen Schmerzen durch offene liegende Nervenendigungen gekommen. Diese Verletzung heilt ohne Narbe innerhalb von 14 Tagen ab. Die tieferen zweitgradigen Verbrühungen betreffen neben der Epidermis die tiefen Schichten der Dermis. Die Schmerzsymptomatik ist geringer ausgeprägt, da die Nervenendigungen zerstört sind. Die Heilung dauert sehr lange, es entstehen

erhebliche metabolische Veränderungen vergleichbar mit denen bei drittgradigen Verbrühungen.

- Bei Verbrühungen **dritten Grades** ist die gesamte Haut einschließlich Hautanhangsgebilden zerstört. Diese Wunden heilen nur über Narbenbildung mit Kontrakturen oder durch eine Hauttransplantation ab.

Die Verbrennungstiefe lässt sich initial am Unfallort nur mutmaßen, die thermische Ausbreitung im offensichtlich noch gesunden Gewebe ist erst mit deutlichem zeitlichen Abstand von wenigen Tagen sicher zu beurteilen. Als orientierende Hilfe zur Einschätzung der Flächenausdehnung wird der Handteller des Kindes mit einem Prozent der Körperoberfläche bemessen. Somit kann die Verbrühungsfläche in Prozent der Körperoberfläche geschätzt werden.

Die **initiale Therapie** beläuft sich auf etwa 10 min Kühlung mit klarem Wasser. Dies wird meist durch die Eltern oder den Rettungsdienst suffizient durchgeführt. Anschließend sollen die betreffenden Körperflächen steril, **trocken abgedeckt und verbunden** werden. Die Applikation von kühlenden Wundauflagen in Gelform oder Salben ist unbedingt zu vermeiden, da diese Substanzen sich nur sehr schwer wieder vom Wundgrund entfernen lassen. Diese vorgefertigten Brandwundensets bieten nur bei ausgedehnten Verletzungen und langen Transportwegen Vorteile.

Neben der Behandlung der Wunden ist eine adäquate **Analgesiedierung** durchzuführen (► Abschn. 2.3.5). Bei sehr agitierten Kindern kann eine zunächst rektal applizierte Analgesiedierung mit Midazolam und Ketanest die Bedingungen zum erfolgreichen Platzieren eines intravenösen Zugangs verbessern.

Es wird dann unverzüglich mit der **Flüssigkeitstherapie** begonnen, zusätzlich wird je nach verbrühter Körperoberfläche mit 2–4 ml/kg KG zusätzlich zum Grundbedarf mit kristalloider Lösung substituiert. Um den hohen Flüssigkeitsbedarf frühzeitig auszugleichen, sollten 10 ml/kg KG Plasmaexpander verabreicht werden.

Bei kleineren Verbrühungen sollte neben dem Verband zumindest eine **analgetische Therapie** durch die Gabe von Suppositorien erfolgen. Paracetamol kann in einer »loading dose« von 30 mg/kg KG gegeben werden mit einer Tageshöchstdosis von 60 mg/kg KG. Ibuprofen wird in einer Dosierung von 10–15 mg/kg KG dosiert. Es besteht eine Indikation für den Transport in ein pädiatrisches Brandverletzenzentrum ab einer Verbrühungs-/Verbrennungsfläche von über 10% der Körperoberfläche oder generell bei Kindern im Säuglingsalter. Darüber hinaus sollten brandverletzte Kinder in ein Zentrum eingewiesen