

3 Trauma

3.1 Prähospitales Management von Traumapatienten

3.1.1 Grundlagen

Einleitung. Im initialen Intervall der prähospitalen Akutversorgung des traumatisierten Patienten steht die Sicherung der Vitalfunktionen im Vordergrund. Nach eventuell indizierter Blutstillung und schnellstmöglicher Stabilisierung der Kreislaufsituation hat die Atemwegssicherung und eine adäquate konsekutive Ventilation absolute Priorität.

Traumapatienten imponieren, im Gegensatz zum übrigen Notfallmedizinisch versorgten Patientenkollektiv, als außergewöhnlich jung (im Mittel etwa 30 Jahre) und werden nicht selten aus dem Status der vollkommenen Gesundheit mit dem Trauma konfrontiert. Rettungskräfte finden deshalb häufig initial einen mehr oder weniger kompensierten, bzw. kompensiert erscheinenden Mehrfachverletzten nach schwerem Trauma vor. Hier bedarf es einer äußerst differenzierten Risikobeurteilung zur Indizierung der entsprechenden (not)-ärztlichen Therapiemaßnahmen. Zumeist liefert vor allem der Unfallmechanismus wertvolle Hinweise auf das Ausmaß der potentiellen Verletzungsschwere und der stattgehabten Gewalteinwirkung. Daher muß dieser vom erstversorgenden (Not)-arzt immer exakt dokumentiert und an die aufnehmende Klinik weitergegeben werden.

Polytrauma-Definition. Bei einem Polytrauma handelt es sich um die Verletzung mehrere Körperregionen oder Organsysteme, von denen mindestens eine oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich sind.

Da es sich bei allen prähospitalen Notarztdiagnosen um Verdachtsdiagnosen handelt, sind unter präklinischen Bedingungen alle Patienten als potentiell polytraumatisiert anzusehen und entsprechend zu therapieren, bei denen folgende Unfallmechanismen angetroffen werden:

- Tod des Beifahrers
- Sturz aus > 5 m Höhe
- Ejektion aus dem Fahrzeug
- Einklemmung/Verschüttung

- Fußgänger, Fahrradfahrer angefahren
- Verkehrsunfall mit hoher Geschwindigkeit

Diese Unfallmechanismen sind fast immer mit einer erheblichen Traumatisierung des Patienten behaftet und bedingen, neben einer entsprechenden Primärversorgung den raschen Transport in ein Traumazentrum. Insbesondere eingeklemmte Patienten sind in höchstem Maße gefährdet und müssen häufig noch im eingeklemmten Zustand therapiert werden.

Bei der Polytraumatisierung ist die Inzidenz von Extremitätenläsionen mit 72 %–90 % extrem hoch. Hierbei werden pro Patient durchschnittlich 2–3 Frakturen beschrieben. Im Verletzungsmuster findet sich durchschnittlich zu 75 % ein mittleres bis schweres SHT.

Feststellen der Verletzungskombination. Bei der orientierenden Initialuntersuchung am Notfallort müssen neben den bereits beschriebenen Verletzungen des Knochenskeletts und der Extremitäten (z. B. Frakturen des Beckens oder der Wirbelsäule), der offenen oder geschlossenen Weichteilverletzungen (z. B. Kompartmentsyndrom) und des Schädels (SHT) auch Verletzungen des Thorax (z. B. Pneumothorax), des Abdomens (z. B. Milz- oder Leberruptur), und schwere Verbrennungen (>10 % der KOF) festgestellt werden. Nur im umfassenden Gesamtzusammenhang kann der Zustand des Patienten richtig eingeschätzt und die erforderlichen Maßnahmen getroffen werden.

Intubation (vgl. 1.3 Endotracheale Intubation auf Seite 10). Verschiedene Studien konnten zeigen, daß bei schwer polytraumatisierten Patienten, auch bei (noch) suffizienter kardiorespiratorischer Situation möglichst frühzeitig die Indikation zur endotrachealen Intubation und konsekutiven Beatmung gestellt werden soll.

Insbesondere vor einem Verlegungstransport von Polytraumapatienten nach initialer Diagnostik und Stabilisierung sollte die Indikation zur Intubation großzügig gestellt werden, denn gerade nicht intubiert transportierte Patienten weisen ein besonders hohes Risiko posttraumatischer Organkomplikationen auf.

Thoraxdrainage (vgl. 1.4 Thoraxdrainage auf Seite 19). Die absolute Indikation zur Thoraxdrainage stellt sich unter prähospitalen Bedingungen überwiegend bei klinischem Verdacht auf einen Spannungspneumothorax nach Trauma. Die früher empfohlene Indikation des Haematothorax nach schwerem Thoraxtrauma ist von der Expertise des durchführenden Notarztes abhängig. Nicht

selten kann ein Haematothorax auch erst in der frühklinischen Phase ausreichend entlastet werden.

Es wird empfohlen, keine unnötigen Verzögerungen durch eine nur relativ indizierte Thoraxdrainage im präklinischen Intervall auftreten zu lassen. Gibt es unerwartet Probleme, steht das Risiko einer nicht absolut indizierten präklinischen Thoraxdrainage-Anlage in keinem Verhältnis zum Nutzen dieser Maßnahme, so sollte möglichst schnell der Transport in ein Trauma-Zentrum eingeleitet werden, um noch ausstehenden Therapieschritte dort unter klinischen Schockraumbedingungen zu etablieren.

Eine besondere Indikation stellt der Hubschraubertransport dar. Bei der Kombination von Thoraxtrauma/Intubation mit Beatmung/Hubschraubertransport ist man geneigt, eine Art „prophylaktische Thoraxdrainage“ zu empfehlen, da die Auskultationsmöglichkeiten an Bord eines fliegenden Rettungshubschraubers mehr als eingeschränkt sind und ein auftretender Spannungspneumothorax und seine Entlastung an Bord hohe Anforderungen an das Rettungsteam stellen. Auch im Fall eines hämodynamisch nicht-stabilisierbaren Patienten nach Trauma, ist die Anlage einer Thoraxdrainage zum Ausschluß eines vorliegenden Spannungspneumothorax empfohlen. Sollte sich hierbei eine größere Menge (>500ml) Blut entleeren, ist umgehend der Transport einzuleiten und alle weiteren Maßnahmen en-route zu etablieren.

Volumentherapie. Die klinischen Erfahrung zeigen, daß in der Akut-Phase nach schwerem Trauma nahezu nie zuviel infundiert wird: Das Risiko der Flüssigkeitsüberladung existiert überwiegend bei (seltener) Überschätzung der Verletzungsschwere und des damit verbundenen Blutverlustes, bzw. bei älteren Patienten mit kardialen Vorerkrankungen.

Zusammenfassend muß für den polytraumatisierten Patienten nochmals betont werden, daß gerade im Falle perforierender Thorax- und Abdominalverletzungen mit Gefäß- oder Organschäden unbekannten Ausmaßes, die oberste Prämisse für Rettungs- bzw. Notarztdienst die Einleitung des schnellstmöglichen Transportes in den Schockraum eines Traumazentrums bedeuten muß. „Scoop and run“ – „load and go“ sind die Schlagworte der angloamerikanischen Literatur. Gerade in unserem hochentwickelten Notarztsystem fällt es oft schwer, vom Therapieprinzip des „stay and treat“ abzuweichen. Verdeutlicht man sich jedoch die pathophysiologischen Hintergründe wird man verstehen, daß nur schnelle klinische (ggf. operative) Intervention die ohnehin

schlechte Prognose des polytraumatisierten Patienten verbessern kann.

3.1.2 Algorithmus „Präklinisches Polytrauma-Management“

Der Algorithmus „Präklinisches Polytrauma-Management“ soll eine Hilfestellung darstellen, um in einer für den Notarzt oder anderen Hilfeleistenden ausgesprochen anspruchsvollen Situation durch eine standardisierte Vorgehensweise möglicherweise lebensbedrohliche Situationen schnell zu erkennen und wichtige Diagnosen nicht zu übersehen (vgl. 3.1.4 Die Bedeutung medizinischer Algorithmen für die Notfallmedizin auf Seite 119).

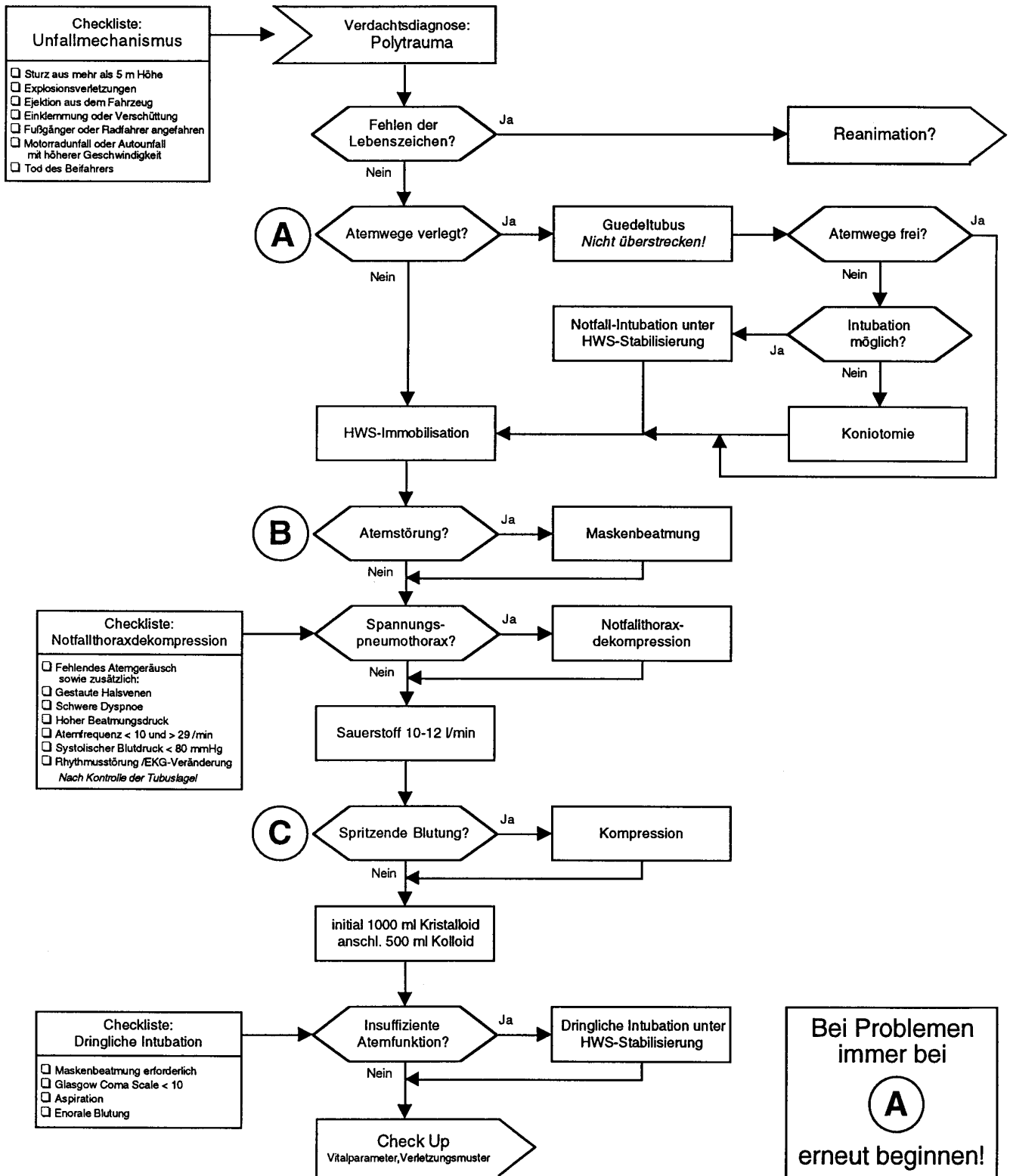
Dieser Algorithmus der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie hält sich eng an die Konzepte des Advanced Trauma Life Support (ATLS), wie sie in den ATLS-Kursen des American College of Surgeons gelehrt werden.

Das diagnostische Vorgehen entlang des Algorithmus ermöglicht die schnelle Erkennung akut lebensbedrohlicher Störungen wie z.B. einer Atemwegsverlegung, Hypoxie, eines Spannungspneumothorax oder einer vital bedrohlichen Blutung. Daraus ergibt sich an den einzelnen Punkten des Algorithmus auch die jeweilige therapeutische Konsequenz, wie z. B. Intubation, Beatmung, Notfall-Thoraxdekompression, Kompression einer spritzenden Blutung, usw.

Darüber hinaus werden beispielsweise an mehreren Stellen – je nach Dringlichkeit – die Indikationen zur Intubation geprüft und Kriterien für die Volumentherapie bzw. für die Indikationsstellung zum sofortigen Transport („scoop and run“) gegeben .

Präklinisches Polytrauma Management I

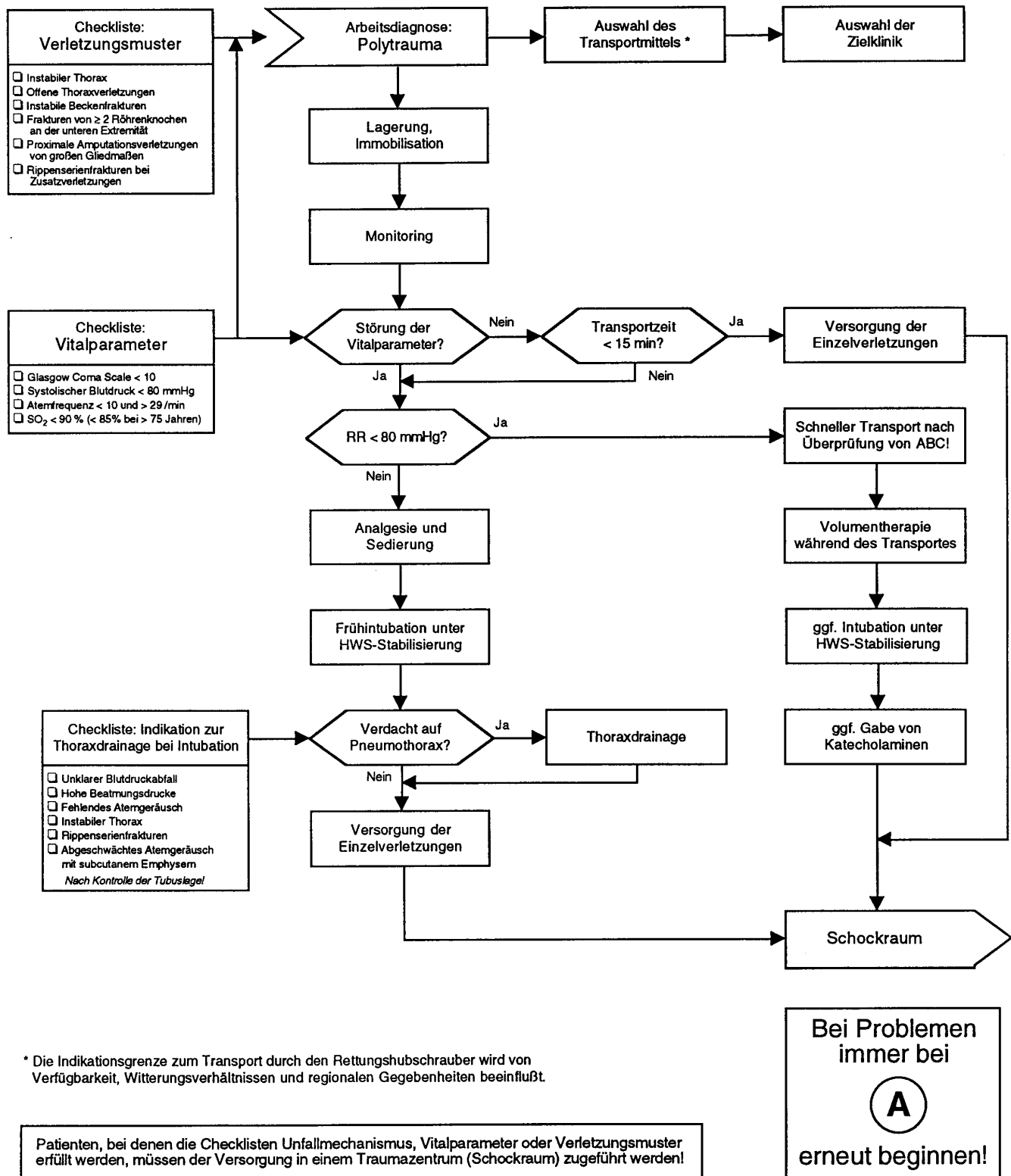
© 2/2000



Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
Arbeitsgemeinschaft Notfallmedizin
und Deutsche Gesellschaft für Chirurgie
Arbeitsgemeinschaft Notfall- und Intensivmedizin
© 2/2000

Präklinisches Polytrauma Management II

© 2/2000



* Die Indikationsgrenze zum Transport durch den Rettungshubschrauber wird von Verfügbarkeit, Witterungsverhältnissen und regionalen Gegebenheiten beeinflusst.

Patienten, bei denen die Checklisten Unfallmechanismus, Vitalparameter oder Verletzungsmuster erfüllt werden, müssen der Versorgung in einem Traumazentrum (Schockraum) zugeführt werden!



Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
Arbeitsgemeinschaft Notfallmedizin
und Deutsche Gesellschaft für Chirurgie
Arbeitsgemeinschaft Notfall- und Intensivmedizin
© 2/2000

3.1.3 Algorithmus „Organisatorisches Management bei Unfallereignissen“

Im Rahmen der Versorgung polytraumatisierter Patienten werden an den Notarzt hohe Anforderungen an seine notfallmedizinische Kompetenz gestellt. Neben diagnostischen und therapeutischen Entscheidungen müssen darüber hinaus durch den Notarzt frühzeitig organisatorische Aufgaben bewältigt werden. (Vgl. 3.1.4 Die Bedeutung medizinischer Algorithmen für die Notfallmedizin auf Seite 119)

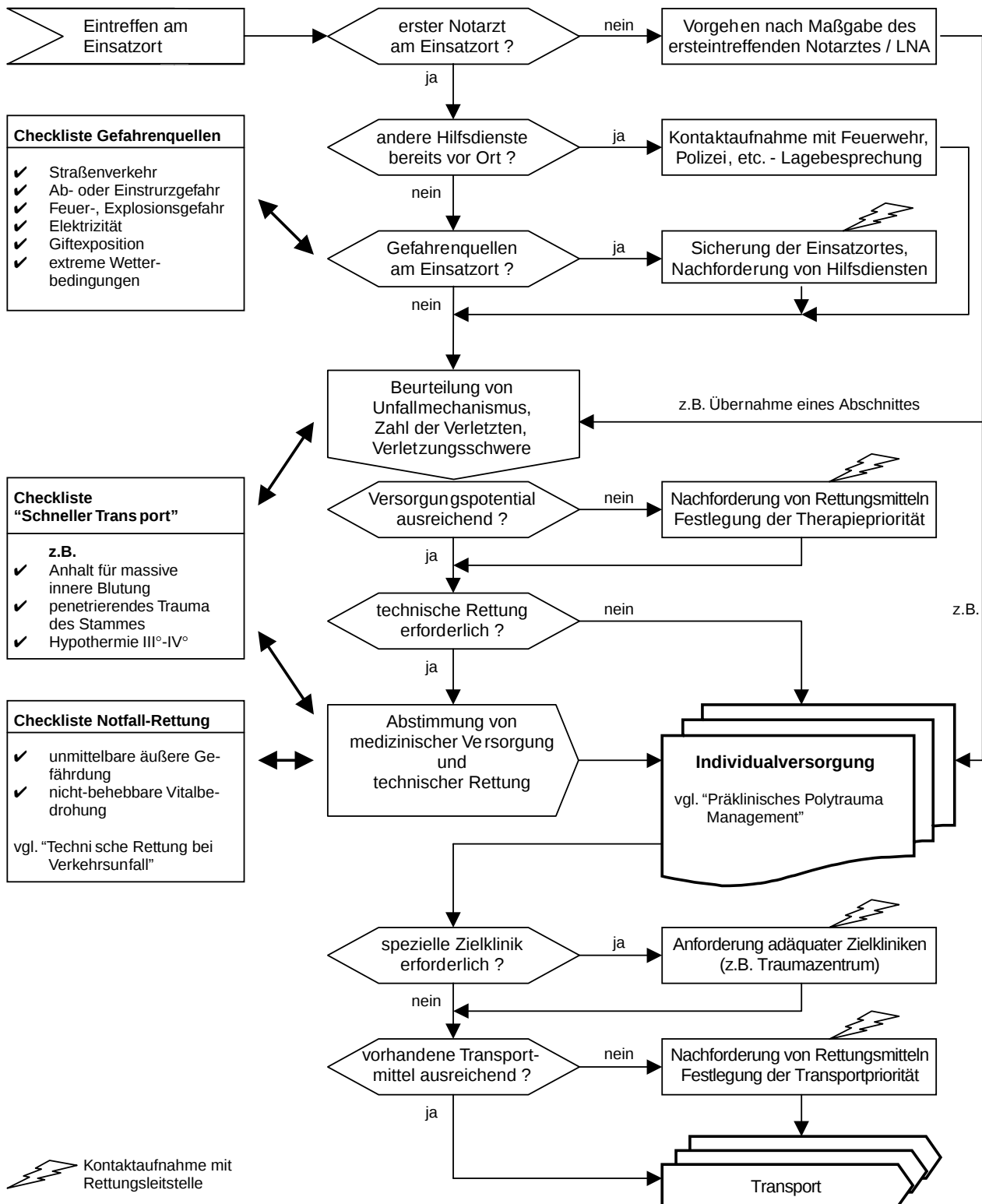
Der – möglicherweise als erstes Rettungsmittel – am Einsatzort eintreffende Notarzt muss sich in dieser Situation in erster Linie Überblick darüber verschaffen, ob Gefahrenquellen am Einsatzort bestehen, um ggf. Sicherungsmaßnahmen zu initiieren bzw. andere Hilfsdienste nachzufordern.

Erst danach ist eine Beurteilung des Unfallgeschehens im Einzelnen, sowie eine erste Sichtung der Patienten indiziert.

Daraus kann sich die Konsequenz ergeben, weitere Rettungsmittel nachzufordern oder für spezielle Patienten die Indikation zum schnellstmöglichen Transport zu stellen. Ist eine technische Rettung einzelner Patienten erforderlich, so muß diese in Abwägung der äußeren Gefährdung oder der Vitalbedrohung des Patienten in Abstimmung zwischen notfallmedizinischem und technischem Fachpersonal erfolgen (vgl. 3.5.2 Algorithmus „Technische Rettung aus Kraftfahrzeugen“ auf Seite 151).

Nach Beginn der Individualversorgung einzelner polytraumatisierter Patienten (vgl. 3.1.2 Algorithmus „Präklinisches Polytrauma-Management“ auf Seite 114) ist es essentiell, möglichst frühzeitig sowohl eine für das Verletzungsmuster des Patienten adäquate Zielklinik auszuwählen, um dieser ausreichende Vorlaufzeit zu gewähren, als auch die Anzahl und Art der zur Verfügung stehenden Transportmittel zu reevaluierten und ggf. weitere Rettungsmittel nachzufordern (z.B. Rettungshubschrauber in Abhängigkeit der bodengebundenen Transportzeit).

Organisatorisches Management bei Unfallereignissen

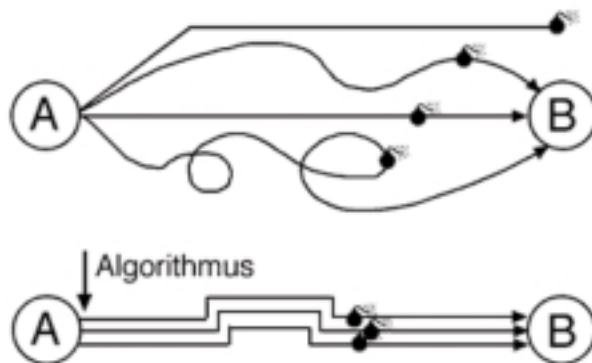


3.1.4 Die Bedeutung medizinischer Algorithmen für die Notfallmedizin

Zusammenfassung. Geregelter Prozeßabläufe führen mit höherer Wahrscheinlichkeit zu besserer Qualität im Behandlungsverlauf und -ergebnis als Improvisation und kreatives Chaos. Algorithmen in der Notfallmedizin ermöglichen eine systematische und praktikable, schnelle und sichere Umsetzung festgelegter Behandlungsrichtlinien und -empfehlungen.

Algorithmen folgen formalen Regeln und bilden Entscheidungs- und Behandlungsabläufe sowie Problemlösungen durch festdefinierte Anweisungen. Die Darstellung des Entscheidungsablaufes erfolgt hierbei durch Flußdiagramme, die mittels eindeutig definierter Ja/Nein-Kriterien der binären Logik folgen. Die systematische Anordnung der Entscheidungsknoten geschieht prioritätenorientiert und legt dadurch den Zeitpunkt und Ablauf der jeweiligen Einzelprozesse in einer logischen Abfolge fest. Somit gelingt es, komplexe Behandlungskonzepte in einen koordinierten, logischen und nachvollziehbaren Gesamtprozeß mit systematischem Ablauf umzusetzen. Die Anwendung von Algorithmen ermöglicht eine systematische Fehlersuche im Rahmen des Qualitätsmanagements. Systemimmanente, immer wieder auftretende Fehler und Probleme, können bei einheitlichem Vorgehen eindeutig identifiziert und korrigiert werden. Bei verschiedenen unterschiedlichen Vorgehensweisen ist dies auch wegen der größeren Anzahl von Variablen oft nicht eindeutig möglich.

Fehlersuche



Einleitung: Der Begriff Algorithmus geht auf den arabischen Mathematiker al Chwarismi zurück, dessen um 820 entstandenes Algebralehrbuch in der spätmittelalterlichen lateinischen Übersetzung mit den Worten „Dixit Algorizmi“ betitelt wurde. In Verbindung mit dem griechischen Wort „arithmos“ für Zahl wurde der Begriff zunächst für die Rechenregeln des in der Renaissance in Europa eingeführten arabischen Dezimalrechnens gebraucht. In der Mathematik werden mit Algorithmen Rechenverfahren be-

zeichnet, die bestimmte umfangreiche Rechenaufgaben in einer Kette von einzelnen einfachen Rechenschritten lösen, so zum Beispiel beim Euklidischen Algorithmus zur Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers oder beim Gaußschen Algorithmus zur Lösung von linearen Gleichungen.

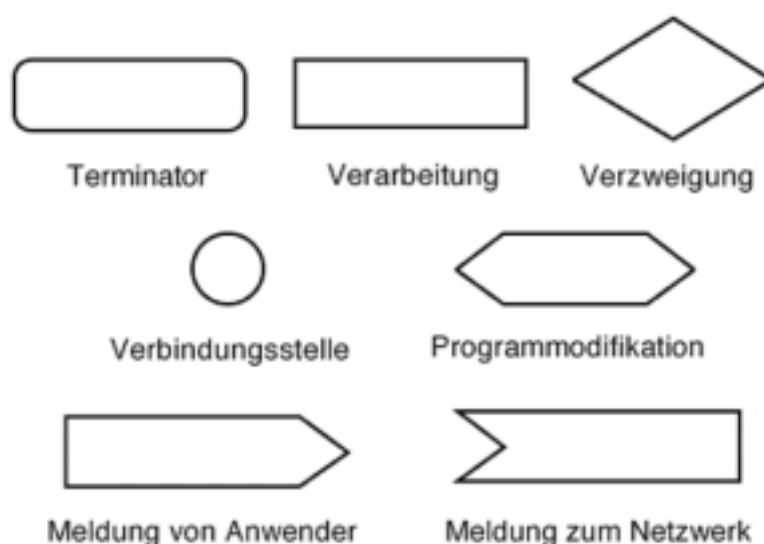
Die schrittweise Umsetzung und formale Erfassung eines mathematischen Problems durch Algorithmen ermöglichte die Implementierung von Rechenvorgängen in Computern und führte in der Informatik und Datenverarbeitung zur Entwicklung der Programmiersprachen ALGOL als Abkürzung für Algorithmic Language und FORTRAN als Abkürzung für Formula Translator. Mit dem Begriff Algorithmus wird allgemein eine formatierte Folge von festgelegten Anweisungen zur Lösung eines komplexen Problems in endlich vielen Verarbeitungsschritten beschrieben.

Charakteristika medizinischer Algorithmen

- Algorithmen repräsentieren anerkannte Richtlinien.
- Algorithmen bilden einheitliche Behandlungsleitlinien.
- Algorithmen gestatten begründete Abweichungen.
- Algorithmen zerlegen komplexe Probleme in Einzelschritte.
- Algorithmen zeigen einen strukturierten Lösungsweg auf.
- Algorithmen vermitteln trotz Zeitdruck Sicherheit.
- Algorithmen machen Behandlungsabläufe transparent.
- Algorithmen ermöglichen eine systematische Fehlersuche.

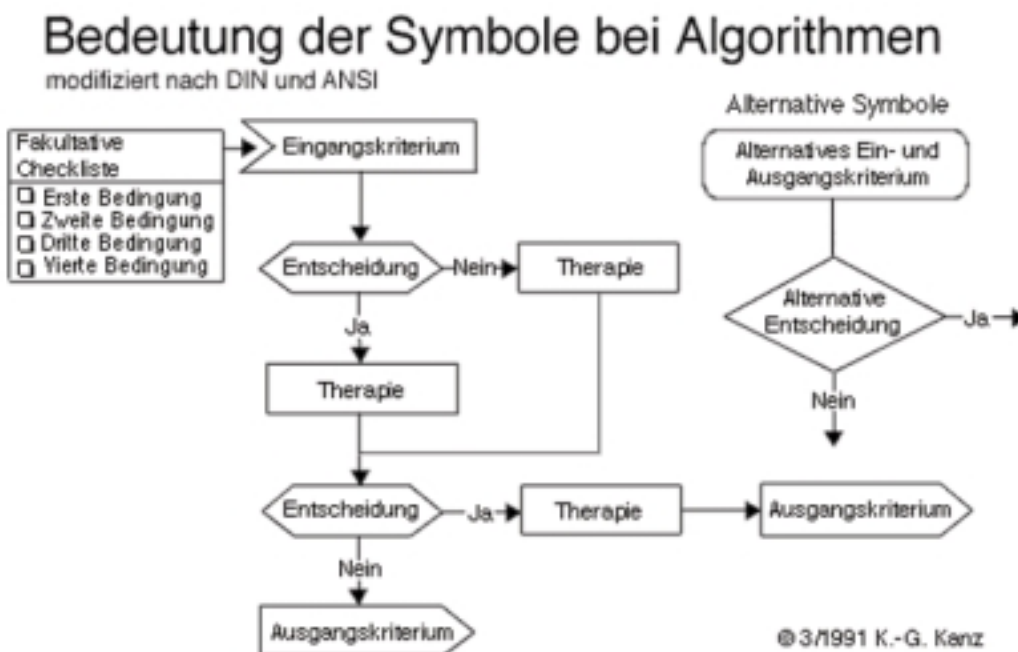
Darstellung von Algorithmen. Für den Bereich der Informatik und Datenverarbeitung ist die Darstellung von Flußdiagrammen mittels Symbolen durch die ISO-Norm 5807 beziehungsweise DIN-Norm 66001 durch technische Regeln festgelegt und normiert.

Bedeutung der Algorithmus-Symbole nach ISO/DIN/CCITT



Der Anfangspunkt oder die Endpunkte eines Flußdiagramms werden durch das Terminatorsymbol gekennzeichnet. Rechtecke stellen die Verarbeitung, Rauten die Verzweigungen oder Entscheidungsknoten dar. In der CCITT-Norm für den Datentransfer in der Telekommunikation finden sich zusätzlich spezielle Symbole für die Meldungen von und zum Netzwerk. Die einzelnen Bestandteile werden systematisch angeordnet und durch Richtungspfeile logisch miteinander verknüpft. Um eine hinreichende Übersichtlichkeit bei der Formatierung von komplexen Vorgaben zu erreichen, kann die Bedeutung der in der ISO- und DIN-Norm angegebenen Symbole geringgradig modifiziert werden. Das relativ großflächige rautenförmige Symbol „Verzweigung“ wird durch das graphisch besser verwendbare Symbol „Programmmodifikation“ ersetzt. Die Verzweigungen oder Entscheidungsknoten selbst werden, den Regeln der Booleschen Logik entsprechend, durch eindeutig festgelegte Ja/Nein-Kriterien definiert und die Symbole untereinander mit Richtungspfeilen verknüpft. Durch fakultativ in den Algorithmus eingeschaltete Checklisten läßt sich die Zahl der Verzweigungen wie auch der Gesamtumfang im Sinne einer besseren Übersichtlichkeit begrenzen.

Medizinische Algorithmus-Symbole



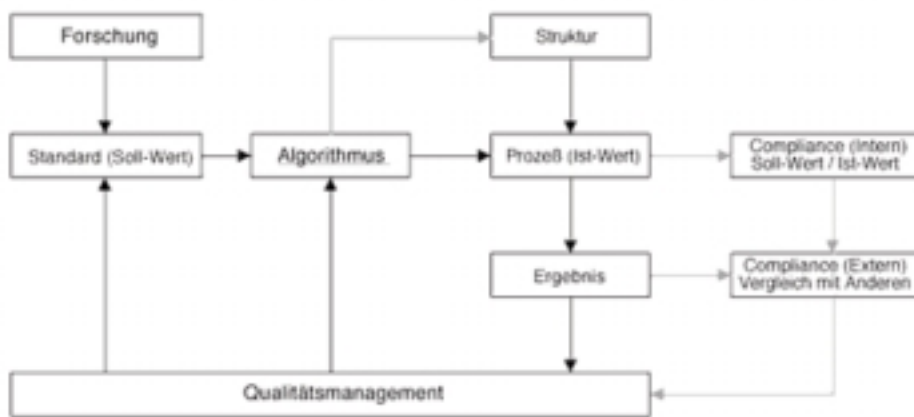
Das unspezifische Symbol „Terminator“ für die Ein- und Ausgangspunkte wird durch die gerichteten Symbole „Meldung von Anwender“ und „Meldung zum Netzwerk“ ersetzt. Durch eindeutige Definition von Ein- und Ausgangspunkten können komplexe Algorithmen zusammenhängende Teilalgorithmen als Komponenten des Gesamtprozesses aufgeteilt werden. Die systematische Anordnung der Entscheidungsknoten und der damit verbundenen diagnostischen und therapeutischen Schleifen erfolgt prioritätenorientiert und legt dadurch den Zeitpunkt und den Ablauf der jeweiligen Maßnahmen systematisch in einer logischen Abfolge fest.

In der Grundstruktur der Algorithmen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit und Praktikabilität die entscheidenden Verzweigungen als lineare Grundstruktur linksseitig im Ablauf entsprechend ihrer Priorität von oben nach unten angeordnet, um bei unauffälligen Befunden einen schnellen, geradlinigen Durchlauf und die dementsprechende Basistherapie zu ermöglichen. Bei auffälligen Befunden oder Problemen wird an den einzelnen Entscheidungsknoten von der linearen Grundstruktur nach rechts in die betreffenden diagnostischen und therapeutischen Schleifen abgewichen, die jedoch nach Abarbeitung meist wieder zu der Grundstruktur zurückkehren oder in einem Ausgangskriterium als Verbindungsstelle zu einem anderen Teilalgorithmus enden.

Algorithmen dienen als zentrale Schnittstellen für das Qualitätsmanagement. Die Analyse der drei miteinander verknüpften Einzelqualitäten Struktur, Prozeß und Ergebnis bildet die Grundlage qualitätssichernder Maßnahmen. Durch Algorithmen werden Richtlinien systematisch als Verfahrensregeln normiert, verknüpft und formatiert. Dadurch wird sowohl die Struktur mit apparativen und personellen Voraussetzungen vorgegeben, als auch der Prozeß des gesamten Behandlungsablaufs definiert. Während der Standard den angestrebten Soll-Wert repräsentiert, wird der Ist-Wert durch den Prozeß bestimmt.

Die interne Compliance erfaßt durch den Vergleich von Sollwert und Istwert Abweichungen des Prozesses vom geforderten Standard, die externe Compliance bewertet an Hand von Referenzdatenbanken das erreichte Ergebnis im Vergleich zu anderen Systemen.

Algorithmen im Qualitätsmanagement, Erfassung von interner Compliance durch Vergleich von Sollwert und Istwert:



Algorithmen unterliegen durch die Verfahren der Qualitätssicherung einer kontinuierlichen Überprüfung und Korrektur. Ergebnisse der Forschung und Fortschritte der Medizin führen zur Revision und Neudefinition von Behandlungsrichtlinien und damit von Algorithmen. Da Algorithmen als formatierte Verfahrensregeln demzufolge Richtlinien repräsentieren und damit als Referenzsystem dienen können, werden nur diagnostische und therapeutische Interventionen der Klasse I und Klasse IIa entsprechend dem System der Klassifizierung in die Empfehlungen implementiert.

Klasse	Definition
Klasse I	gesicherte Empfehlung, exzellente Evidenz- immer akzeptabel, sicher wirksam
Klasse IIa	gutes bis sehr gutes Evidenzniveau - akzeptabel und sinnvoll "Therapie der Wahl"
Klasse IIb	mittleres bis gutes Evidenzniveau - akzeptabel und sinnvoll "Therapieoption"
Klasse "Indeterminate"	"unbestimmbar"; keine Empfehlung, da aufgrund der vorliegenden Ergebnisse das Evidenzniveau derzeit nicht beurteilbar ist
Klasse III	nicht akzeptabel, nicht wirksam und möglicherweise schädlich

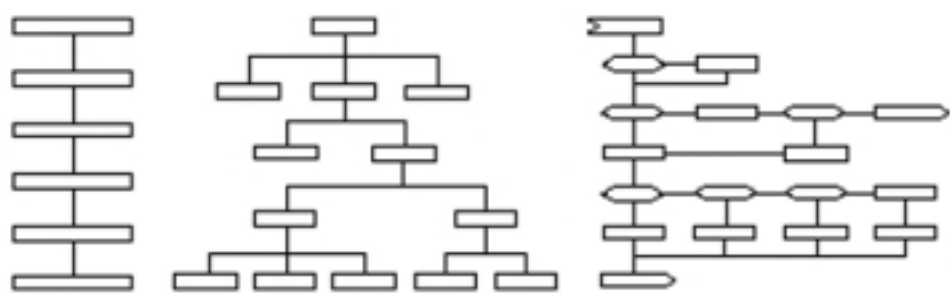
Der Begriff „Algorithmus“ wird in der Literatur nicht immer entsprechend der Vorgaben aus der Informatik und Mathematik verwendet und oft als Synonym für völlig unterschiedliche Begriffe gebraucht. Allgemein ist festzustellen, daß insbesondere in der

angloamerikanischen Literatur jede Art von schematischer graphischer Darstellung mit dem Begriff „Algorithmus“ verbunden wird.

Der Begriff wird auch in Deutschland sowohl auf Stufenschemata, auf Entscheidungsbäume, als auch auf Flußdiagramme und tatsächliche Algorithmen angewandt.

In medizinischen Algorithmen sind die Merkmale von Stufenschemata und von Entscheidungsbäumen kombiniert. Stufenschemata werden aufgrund von bereits vorhandenen Diagnosen angewendet und durchlaufen, Entscheidungsbäume und Algorithmen hingegen werden problemorientiert eröffnet und führen im weiteren Ablauf zur Diagnosestellung und Therapieentscheidungen.

Entscheidungsbaum/
Algorithmus/Stufenschema



Merkmale von Stufenschemata, Entscheidungsbäumen und Algorithmen			
	Stufenschema	Entscheidungsbaum	Algorithmus
Problemorientiert	Nein	Ja	
Prioritätenorientiert	Ja	Nein	
Lineare Grundstruktur	Ja	Ja	Ja
Verzweigungen	Nein	Ja	Ja
Schleifen	Nein	Nein	Ja
Mehrere Endpunkte	Nein	Ja	Ja

Die Anordnung der Entscheidungsknoten mit den entsprechenden Schleifen an der linearen Grundstruktur und damit die prioritätenorientierte systematische Diagnostik und Therapie bis zur endgültigen Diagnosestellung kennzeichnet ein wesentliches Merkmal von Algorithmen.

Aufgrund der von der Informatik übernommenen Strukturierung können medizinische Algorithmen in Computerprogramme im-

plementiert werden und damit die Grundlage für medizinische Expertensysteme zur Entscheidungsfindung bilden.

In Trainingsprogrammen in der Notfallmedizin werden Algorithmen als formatierte, umfassende Diagnose- und Behandlungskonzepte bereits eingesetzt. Algorithmen dienen aufgrund ihrer Formatierung und Strukturierung als wertvolle Instrumente für die Patientenversorgung, für die Aus-, Weiter- und Fortbildung und für Maßnahmen des Qualitätsmanagements.

3.2 Schädel-Hirn-Trauma

3.2.1 Klassifikation

Unter einem SHT versteht man einen durch Gewalteinwirkung am Kopf klinisch feststellbaren oder in der bildgebenden Diagnostik nachweisbaren Schaden, bzw. eine Funktionsstörung des Gehirns und der Hirnnerven, oftmals mit Verletzung von Weichteilen und Knochen des Schädels kombiniert.

Bei Erwachsenen vor dem 45. Lebensjahr ist das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) die häufigste Todesursache bzw. der häufigste Grund für Behinderungen körperlicher und geistiger Art. Schädel-Hirn-Traumata werden neben Arbeits-, Sport- und Haushaltsunfällen meist durch Verkehrsunfälle verursacht. Schwere SHT, d.h. Traumata mit einem Glasgow-Coma-Scale (GCS) <8 Punkten weisen eine Inzidenz von ca. 160 pro 100.000 Einwohner jährlich auf, wobei die Hälfte davon auf polytraumatisierte, also lebensgefährlich mehrfachverletzte Patienten entfällt. Die Auswirkungen und die Prognose der zerebralen Schädigung werden nicht nur von der unbeeinflussbaren primären Hirnschädigung des Unfalls bestimmt, sondern maßgeblich auch von der zum großen Teil beeinflussbaren sekundären Hirnschädigung der posttraumatischen Phase.

Neben dem Erkennen eines SHT sollte eine Einteilung in die verschiedenen Schweregrade möglichst am Anfang der präklinischen Versorgung vorgenommen werden, weil davon die Planung des weiteren Vorgehens, die Therapie und letztlich auch die Prognose abhängen.

Zusätzlich müssen SHT durch wiederholte Überprüfung der Parameter der Einteilungsschemata in ihrem Verlauf beurteilt und damit auch ein Patientenmonitoring durchgeführt werden.

Zur Klassifikation der SHT ist insbesondere die Glasgow-Coma-

Scale (GCS) zu empfehlen, die auf Grund ihrer einfachen und schnellen Anwendbarkeit international große Verbreitung gefunden hat. Der neurologische Zustand bzw. die Bewußtseinsstörung des Patienten wird durch die klinische Überprüfung von drei Parametern beurteilt: Augen öffnen, verbale und motorische Reaktion. Die bestmögliche Antwort bzw. Reaktion des Patienten wird mit Punkten bewertet und dann daraus eine Gesamtsumme zwischen maximal 15 und minimal 3 Punkten gebildet. Je höher die Punktesumme, desto besser der Zustand des Patienten.

Entsprechend dem Punktwert des GCS unterscheidet man zwischen schwerem SHT (GCS < 8 Punkte), mittlerem SHT (GCS 9–12 Punkte) und leichtem SHT (GCS 13–15 Punkte)

Daneben wird z. T. auch noch eine nach Tönnis und Loew modifizierte Einteilung verwendet. Dabei unterscheidet man anhand von klinischen Gesichtspunkten zwischen SHT 1. bis 3. Grades.

Glasgow-Coma-Scale (GCS)		
<i>Kriterium</i>	<i>Beobachtete Reaktion</i>	<i>Punkte</i>
Augen öffnen	Spontan	4
	Auf Ansprache	3
	Auf Schmerzreiz	2
	Keine/Ohne	1
Beste sprachliche Antwort	Voll orientiert	5
	Desorientiert	4
	Inadäquate Äußerung	3
	Unverständliche Laute	2
	Keine	1
Beste motorische Reaktion	Adäquat auf Aufforderung	6
	Gezielte Abwehr auf Schmerz	5
	Ungezielte Abwehr auf Schmerz	4
	Beugesynergismen	3
	Strecksynergismen	2
	Keine	1

Vergleich der Einteilung, SHT-GCS (Punkte) und SHT 1.–3. Grades (modifiziert nach Tönnis und Loew)	
<i>GCS (Punkte)</i>	<i>SHT 1.–3. Grades (modifiziert nach Tönnis und Loew)</i>
13–15	1. Grad = leichtes SHT Bewußtlosigkeit und Bewußtseinstörung <1 h komplette funktionelle Wiederherstellung
9 - 12	2. Grad = mittelschweres SHT Bewußtlosigkeit und Bewußtseinstörung <24 h Rückbildung der neurologischen Symptomatik innerhalb von 3-4 Wochen
<8	3. Grad = schweres SHT Bewußtlosigkeit >24 h oder >6 h mit Hirnstammschädigung

3.2.2 Präklinische Notfalldiagnostik

Wie bei jedem Notfallpatienten steht die Überprüfung und Sicherung der Vitalfunktionen an erster Stelle. Bei jedem schweren Trauma und vor allem bei Verletzungen oberhalb der Klavikula, muß an eine instabile Halswirbelsäulenverletzung gedacht werden.

Daher ist in solchen Fällen frühzeitig eine Immobilisation der HWS (z.B. durch Stifneck ®) vorzunehmen. (vgl. 3.5.3 Wirbelsäulenimmobilisation auf Seite 156)

Körperliche Untersuchung. Nach Stabilisierung der Vitalfunktionen folgt ein „Check up“ mit orientierender Ganzkörperuntersuchung um die Verletzungsschwere beurteilen zu können. Zur Orientierung sollte dabei zuerst eine orientierende neurologische Untersuchung wie folgt durchgeführt werden:

Überprüfen der Bewußtseinslage. Dabei ist, wie erwähnt, eine Überprüfung und Einteilung mit Hilfe des GCS vorzunehmen. Im Gegensatz zur angloamerikanischen Literatur werden hierzulande bereits oft SHT-Patienten mit einem GCS < 10 Punkten als schweres SHT eingestuft. Bei wachen Patienten ist mit Hilfe dieses gut reproduzierbaren Scores eine standardisierte Verlaufsbeobachtung möglich. Bei Patienten, die im weiteren Verlauf analgosediert werden, ist die initiale Ermittlung des GCS zur Stuserhebung von größter Wichtigkeit.

Überprüfung der Pupillenreaktion beidseits. Aussagekräftig und relativ einfach und schnell durchzuführen ist die Untersuchung der Pupillen. Hierbei ist auf Weite, Form, direkte und indirekte Lichtreaktion sowie auf Seitendifferenzen zu achten. Eine durch ein akutes Trauma verursachte Pupillendifferenz bedingt immer eine gleichzeitige Bewußtseinsstörung, d.h. der Patient wird primär bewußtseinsgetrübt, sekundär weitet sich die Pupille. Bei „wachen“ Patienten mit Pupillendifferenz liegt die Ursache fast immer im Auge selbst oder an den Augennerven. Darüber hinaus muß natürlich auch der Einfluß von Medikamenten bzw. Drogen auf die Pupillenweite berücksichtigt werden (Opiatmiosis).

Überprüfung der Motorik und Sensibilität. Es gilt immer einen exakten Status der initialen motorischen Antwortreaktion zu erheben und zu dokumentieren. Dabei wird auf das Vorhandensein und die Seitengleichheit von Spontanbewegungen, Bewegungen nach Aufforderung und/oder Schmerzreiz geachtet.

Daneben sollten auch Sensibilitätsveränderungen und -ausfälle erkannt und dokumentiert werden.

Als Zeichen einer zerebralen Schädigung, z.T. sogar im Sinne einer transtentoriellen Einklemmung (d.h. einer Herniation von Hirnanteilen), sind zu werten:

Ausfälle von Hirnnerven, Seitenzeichen, Steigerung von Reflexen, Verbreiterung der Reflexzonen, Auftreten von pathologischen Reflexen (z.B. Babinski-Reflex), Erhöhung des Muskeltonus und Beuge- bzw. Streckkrämpfe.

Zusätzlich besteht zwischen schweren SHT und HWS-Verletzungen eine hohe Assoziation, die auch in der Notfalldiagnostik mit zu berücksichtigen ist.

Beachtet werden sollten vor allem direkte und indirekte Anzeichen einer Schädelfraktur. Die präklinisch schwerer zu differenzierenden Schädelbasisfrakturen können sich durch indirekte klinische Zeichen, wie Monokel- oder Brillenhämatom, Prellmarken über dem Mastoid (sog. „battle-sign“), Austritt von Blut, Liquor oder Hirngewebe aus Ohr oder Nase bemerkbar machen.

3.2.3 Präklinische Notfalltherapie

Durch ein adäquates Angebot an Sauerstoff und einen ausreichend hohen zerebralen Perfusionsdruck muß schon in der präklinischen Versorgung einer zerebralen Ischämie entgegengewirkt werden.

Bei schwerverletzten Patienten ist nur durch eine frühzeitige Intubation und entsprechend kontrollierte Beatmung eine sichere, ausreichende Oxygenierung und Ventilation zu gewährleisten. Eindeutige Notfallindikation für die präklinische Intubation sind die Bewußtlosigkeit nach SHT mit einem GCS <10 Punkte, manifeste respiratorische Insuffizienz mit einer Sauerstoffsättigung <90% und eine Atemfrequenz <10 oder >30/min. Wegen der relativ häufig auftretenden Kombination von SHT und HWS-Frakturen muß die Intubation unter In-line-Immobilisation durchgeführt werden. (vgl. 1.3.7 Intubation unter HWS-Immobilisation auf Seite 15)

Zur eventuell nötigen Einleitung einer Narkose (vgl. 1.3.8 Präklinische Narkoseeinleitung und -führung auf Seite 16) werden bei stabilen Kreislaufverhältnissen Barbiturate (z.B. Thiopental) mit einer Dosierung von 2–5 mg/kg KG empfohlen. Während der Intubation sollte durch ausreichende Analgosedierung und ggf. Relaxierung des Patienten das Würgen oder Pressen gegen den Endotracheal-Tubus vermieden werden, da dies ein Ansteigen des intrakraniellen Druckes bewirkt. Darauf ist in besonderem Maße auch bei der Umlagerung und während des Transportes des SHT-Patienten zu achten.

Nächster therapeutischer Schritt ist die Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung des cerebralen Perfusionsdruckes (CPP).

Eine Stabilisierung des Blutdrucks über einen mittlerem arteriellen Druck (MAP) von 90 mmHg führt auch bei einem grenzwertig hohen intrakraniellen Druck (ICP, z.B. um 20 mmHg) zu einem ausreichenden Perfusionsdruck:

$$\text{CPP} > 70 \text{ mm Hg}$$

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

Steht nicht eine unkontrollierbare Blutungssituation im Raum, müssen Hypotonie und Schock am Unfallort schnell und effektiv behandelt werden.

Zur Zeit wird in Deutschland unverändert die Volumensubstitution mit kristalloiden, (z.B. NaCl 0,9%) und kolloidalen Lösungen (z.B. HAES) in einem Verhältnis 2:1 bis 1:1 empfohlen.

Zu aggressive Volumensubstitution könnte theoretisch beim SHT durch Schäden an den Kapillaren des Hirngewebes zur Flüssigkeitseinlagerung und damit zur Hirndrucksteigerung führen. Insbesondere trifft dies auf Volumensubstitutionen mit Ringer-Laktat zu.

Die Gabe von Glukoselösungen ist auf Grund der schlechteren Prognoseentwicklung hyperglykämischer Zustände nicht indiziert. Als durchaus positiv erweisen sich hypertone-hyperonkotische Lösungen, die unter dem Begriff der „Small Volume Resuscitation“ Einzug in die experimentelle Volumentherapie des hämorrhagischen Schocks gefunden haben.

Besteht keine durch eine Begleitverletzung mit nicht einschätzbarer Blutung gegebene (relative) Kontraindikation, kann die kontinuierliche Applikation von Katecholaminen zur Blutdruckstabilisierung indiziert sein.

In seltenen Fällen kann nach einem SHT durch Sympatikusaktivierung ein arterieller Hypertonus mit Tachykardien auftreten. Es wird dabei, wegen der negativen Auswirkungen der Hypotonie auf den zerebralen Perfusionsdruck, empfohlen, den Blutdruck nur in engen Grenzen zu senken.

Therapie des intrakraniellen Druckes. Der intrakranielle Druck (ICP) kann unter präklinischen Bedingungen nicht gemessen werden. Erst vital bedrohliche Komplikationen der intrakraniellen Raumforderung werden klinisch eindeutig apparent (z. B. Pupillendifferenz bei Herniation). Bei jedem Patienten mit schweren SHT muß aber ein erhöhter ICP befürchtet werden. Neben den Grundlagen der Therapie beim SHT (adäquate Oxygenierung und Perfusion) kommen einige Therapieansätze zur Senkung des ICP zur Anwendung. Eine einfach durchzuführende aber trotzdem sehr effektive Therapieform, ist die Lagerung des Patienten in 30°-Oberkörperhochlagerung. Der Hals sollte möglichst gerade zum Liegen kommen, um optimalen Abfluß über die Halsvenen zu ermöglichen. Die angelegte HWS-Immobilisation darf die Vv. Jugulares dabei nicht komprimieren. Das intrakranielle Blutvolumen und damit der intrakranielle Druck lassen sich dadurch reduzieren.

Generell sollten natürlich sämtliche Lagerungs- und Umlagerungsmaßnahmen so schonend wie möglich mit Hilfe von entsprechendem Equipment (z.B. Schaufeltrage, Vakuummatratze, KED-System® (vgl. 3.5.3 Wirbelsäulenimmobilisation auf Seite 156) durchgeführt werden und sollten – sofern dies die Kreislagsituation

erlaubt – unter ausreichend tiefer Analgosedierung erfolgen.

Die Indikation zur Hyperventilation wird seit vielen Jahren sehr kontrovers diskutiert. Bei akuter neurologischer Verschlechterung, bei akutem ICP-Anstieg oder bei Zeichen einer akuten Herniation erscheint eine mäßige Hyperventilation mit $p\text{CO}_2$ -Werten von 30–35 mmHg zumindest unter intensivmedizinischen Bedingungen kurzzeitig indiziert zu sein.

Die prophylaktische Hyperventilation ($p\text{CO}_2 < 35$ mmHg) in den ersten Tagen und besonders in den ersten 24 h nach SHT ist gemäß dem heutigen Wissensstand nicht zu empfehlen. Man befürchtet durch eine forcierte Hyperventilation eine zerebrale Vasokonstriktion zu erzeugen, die sich auf eine ohnehin verminderte posttraumatische Durchblutungssituation des Gehirns äußerst negativ auswirkt.

Die Wahl eines schonenden aber dennoch schnellen Transportmittels, z. B. Rettungstransporthubschrauber (RTH), ist ebenso wichtig wie die des aufnehmenden Krankenhauses: Um zeit- und kostenintensive Sekundärtransporte zu vermeiden, sollte nach Möglichkeit primär ein Krankenhaus mit neurotraumatologischem Dienst und adäquater Versorgungsstufe (CT, Intensivstation) avisiert werden.

3.3 Extremitäten- und Amputationsverletzungen

3.3.1 Extremitätentrauma

Extremitätenverletzungen gehören zu den häufigsten chirurgischen Einsatzindikationen in der präklinischen Notfallmedizin, die im weiteren eine entsprechende Erstdiagnostik und spezifische Erstmaßnahmen erfordern.

Extremitätenläsionen haben sowohl direkte Auswirkungen auf die unmittelbar umgebende Weichteilregion, als auch systemische Konsequenzen für den gesamten Organismus. Dabei ist zu berücksichtigen, daß insbesondere die Frakturen des Oberschenkels oder des Beckengürtels, aber auch die Summe mehrerer sonstiger Frakturen mit z.T. erheblichen bis lebensbedrohlichen Blutverlusten vergesellschaftet sind.

Während die Extremitätenläsionen bezüglich der unmittelbaren primären Vitalbedrohung allerdings gegenüber denjenigen des Schädels und der großen Körperhöhlen (Thorax und Abdomen) meistens von nachrangiger Bedeutung sind, stellt die Extremitätenverletzung und das fast immer damit vergesellschaftete Weichteiltrauma im Rahmen des traumatisch-hämorrhagischen Schockgeschehens pathogenetisch eine wesentliche Ursache des sekundären Organversagens und dadurch bedingten späten Versterbens dar. Darüber hinaus leiden über 2/3 der Patienten 7–10 Jahre nach einer überlebten Polytraumatisierung unter häufigen oder permanent schweren Schmerzzuständen, die durch den Unfall induziert wurden und mit weit überwiegender Mehrheit aus den Extremitätenläsionen herrühren. Insbesondere Residuen aus Verletzungen der unteren Extremität sind bei vielen Patienten Grund für eine posttraumatisch deutlich eingeschränkte Lebensqualität.

Klassifizierung der Extremitätenläsionen. Bei der Beurteilung des lokalen Schadens ist zwischen direkt und indirekt zur Läsion führenden Unfallmechanismen zu unterscheiden. Während die direkte Gewalteinwirkung unmittelbar auf die betroffene Region einwirkt (z.B. Unterschenkel-Querfraktur bei Stoßstangenverletzung), wird bei den indirekten Unfallmechanismen der Knochenschaden durch bruchferne Gewalteinwirkung verursacht (z.B. Unterschenkel-Spiralfraktur bei Ski-Drehsturz). Aufgrund dieser unterschiedlichen Verletzungsvorgänge ist bei direktem Anprall in der Regel ein wesentlich größerer Weichteilschaden im Frakturbereich zu erwarten.

Neben dem geschilderten Primärschaden kommt es zum einen durch die unmittelbare Blutung ins Gewebe, zum anderen durch das sich innerhalb der ersten Stunden rasch entwickelnde Weichteilödem zu einer zusätzlichen Störung. Beide Mechanismen bewirken eine weitere Minderperfusion des betroffenen Extremitätenabschnittes. Bei engen Muskelkompartimenten, – insbesondere im Bereich des Unterschenkels – kann ein sich daraus entwickelndes Kompartiment-Syndrom die betroffene Extremität hinsichtlich Funktion und letztendlich Erhalt bedrohen.

Die folgende Tabelle zeigt die Einteilung des Weichteilschadens nach Oestern:

Einteilung des Weichteilschadens nach Oestern	
<i>Geschlossener Weichteilschaden</i>	
Grad 1 (G 1)	oberflächliche Schürfungen, Hautkontusionen, Fragmentdruckstellen von innen
Grad 2 (G 2)	tiefe, kontaminierte Schürfung, umschriebene Haut- und Muskelkontusionen, drohendes Kompartiment-Syndrom
Grad 3 (G 3)	ausgedehnte Hautkontusionen, Quetschungen mit subkutanem Decollement, Muskelquetschungen, manifestes Kompartiment-Syndrom und/oder begleitende Gefäßverletzungen
<i>Offener Weichteilschaden</i>	
Erstgradig offene Frakturen (O 1)	Durchtrennung der Haut mit fehlender oder geringer Kontusion, Haut nur durch ein Knochenfragment von innen nach außen durchspießt, in der Regel einfache, unkomplizierte Frakturtypen.
Zweitgradig offene Frakturen (O 2)	Durchtrennung des Integumentes mit lokal begrenzter Haut- und Weichteilkontusion, mittelschwerer Kontaminationsgrad, kann bei allen Frakturtypen auftreten.
Drittgradig offene Frakturen (O 3)	Hautdurchtrennung mit ausgedehnter Destruktion des umgebenden Integumentes, häufig Gefäß- und Nervenverletzungen, bereits früh Ischämieareale und ausgedehnte Knochenzertrümmerungen.

Viertgradig offene
Frakturen (O 4)

Totale und subtotale Amputationsverletzungen mit Durchtrennung wichtiger anatomischer Strukturen, insbesondere der arteriellen Versorgung mit zumeist kompletter Ischämie. Vom umgebenden Integument ist weniger als ein Viertel der Zirkumferenz erhalten.

Leitsymptome und präklinische Diagnostik. Neben der Eigen- oder Fremdanamnese zu Art und Ausmaß der äußeren Gewalteinwirkung oder des Unfallherganges sind sorgfältige Inspektion, Palpation und die manuelle Untersuchung der betroffenen Extremität nach entsprechender Entkleidung und Exposition diagnoseführend. Hierbei muß besonderes Augenmerk auf sichere und unsichere Frakturzeichen gelegt werden:

- Sichere Frakturzeichen sind die Fehlstellung einer Extremität und/oder abnorme Beweglichkeit, fühlbares Knochencrepitieren sowie sichtbare Knochenfragmente in offenen Wunden.
- Als unsichere Frakturzeichen gelten Schmerz, Schwellung und Haematomausbildung, sowie eine schmerzhaft eingeschränkte oder aufgehobene Funktionsfähigkeit der betroffenen Extremität.

Präklinisch ist bei zweifelhafter Diagnose oder ausschließlich unsicheren Frakturzeichen immer bis zum Beweis des Gegenteils von einer Fraktur auszugehen und die verletzte Extremität entsprechend zu behandeln.

Neben der Beurteilung und exakten Dokumentation des Weichteilschadens ist die Erhebung des aktuellen Status der peripheren Durchblutung, Sensorik und Motorik (DMS) von entscheidender Bedeutung.

Präklinische Therapie von Extremitätenläsionen. Das korrekte Frakturmanagement an der Einsatzstelle ist der Initialschritt einer sich anschließenden Gesamtversorgungskette und beinhaltet, nach den Maßnahmen zur Wiederherstellung und Stabilisierung der Vitalfunktionen, die korrekt indizierte Reposition von Frakturen und Luxationen, achsengerechte Lagerung unter Schonung des Integumentes, sterile Wundabdeckung und sichere Retention der Frakturbereiche.

Durch diese präklinischen Erstmaßnahmen kann die Inzidenz der Sekundärschäden ganz erheblich gemindert werden. Aus diesem Grunde stellen auch stark verschmutzte Frakturen eine klare und eindeutige Indikation zu einer Reposition und Retention am Unfallort dar.

Erkennung und Behandlung des Weichteilschadens sind ebenfalls von besonderer Bedeutung in der prä- und frühklinischen Phase. Die Wiederherstellung einer ausreichenden Weichteilperfusion muß ggf. durch Reposition, Lagerung bzw. Schienung der verletzten Extremität gewährleistet werden. Der Patient sollte dazu in Rückenlage und Normalstellung auf einer Vakuummatratze gelagert werden.

Eine adäquate Analgesie ist bei jedem Traumapatienten obligater Bestandteil der prähospitalen Therapie. Der Frakturschmerz führt über eine vasomotorische Dysregulation zu einer Verstärkung der Symptomatik des Volumenmangels, deshalb ist vor sämtlichen nachfolgend geschilderten Maßnahmen eine ausreichende Schmerzbekämpfung mit zentralwirksamen Analgetika (z. B. Opioide, Ketamin) erforderlich.

Das Repositions- oder Lagerungsmanöver wird obligat unter vorsichtigem Zug- und Gegenzug in Richtung der Längsachse durchgeführt. Zuerst werden von proximal beginnend nach distal die Achsenkorrekturen durchgeführt und abschließend ein möglicher Rotationsfehler kompensiert. Hierbei ist nicht eine Wiederherstellung der prätraumatischen Anatomie das Therapieziel, sondern eine annähernd achsen- und rotationsgerechte Lagerung mit möglichst spannungsfreiem Weichteilmantel. Dieses Repositionsergebnis muß nun unter ständiger Retention aufrecht erhalten werden.

Präklinische Repositionsmanöver sind indiziert bei Sprunggelenks-Luxationsfrakturen, die fast immer mittels korrektem Repositionsmanöver bei gebeugtem Kniegelenk schmerzarm reponiert werden können und anschließend in einer Schiene immobilisiert werden müssen. Auch Kniegelenksluxationen, Schulterluxationen und Patellaluxationen können durch den Notarzt reponiert werden, sofern eine adäquate Versorgung nach entsprechender Röntgendiagnostik nicht in zeitlich vertretbarem Rahmen gewährleistet ist.

Nach diesen Maßnahmen ist erneut der aktuelle Status der peripheren Durchblutung, Sensorik und Motorik zu erheben und zu dokumentieren.

Sollte sich bei der achsengerechten Lagerung mit korrekt ausgeführtem Längszug an der betroffenen Extremität eine Schmerzzunahme einstellen oder aber die Extremitätenfehlstellung anhaltend federnd fixiert bleiben, ist von weiteren Repositionsmanövern dringend abzusehen und die definitive Reposition in

der frühklinischen Phase durchzuführen. Besteht in dieser fixierten Stellung eine Kompromittierung der Durchblutung oder der nervalen Versorgung, so bekommt die nicht oder schlecht reponiblen Fraktur eine klare und dringende frühklinische Behandlungspriorität (rascher Transport).

Die Extremität wird in diesem Fall in der federnd-fixierten Fehlstellung mit Unterpolsterung gelagert.

Bei einer offenen Fraktur oder bei begleitendem Weichteiltrauma wird die Weichteilwunde mit sterilem Verbandsmaterial oder steriler Klebefolie abgedeckt und nach Reposition die Extremität in einer Schiene ruhiggestellt.

Zur korrekten achsengerechten Lagerung mit Immobilisation einer Fraktur stehen eine ganze Reihe unterschiedlicher Schienungssysteme zur Verfügung. Sie sollten entsprechend der jeweiligen Frakturlokalisation gewählt werden.

Für den Unterschenkel und das Ellbogengelenk sowie den Unterarm haben sich die konventionellen Luftkammerschienen oder radiolumineszente Vakuumkissen gut bewährt. Besonderes Augenmerk ist auf den Innenluftdruck der Kammerschiene zu verwenden. Diese Systeme dürfen nur soweit aufgeblasen werden, daß die gesamte Schiene von außen noch leicht eindrückbar bleibt (Extremität muß noch von außen tastbar sein/peripherer Pulsstatus unauffällig).

An der oberen Extremität sollten proximale Humerusfrakturen oder Schulterverletzungen mit einem Gilchristverband oder entsprechender Verbandsanordnung am Oberkörper anliegend immobilisiert werden.

Für die proximalen und mittleren Frakturen der stammnahen Röhrenknochen, sowie bei proximalen Gelenkfrakturen haben sich die handelsüblichen Luftkammerschienen als wenig geeignet herausgestellt. Diese sollten, wie auch isolierte Oberschenkel- oder Mehretagenfrakturen, sowie multiple Frakturen, nach achsengerechter Lagerung auf einer gut anmodellierten und abgesaugten Vakuummatratze immobilisiert werden.

Der Notarzt muß den weiterbehandelnden Chirurgen exakte Informationen über Ausmaß des Weichteilschadens und DMS-Status geben, da bei korrekter Organisation und Kommunikation die Immobilisation bzw. der Verband erst im Operationssaal entfernt werden sollte. Eine einmal steril abgedeckte offene Fraktur darf im weiteren Verlauf erst wieder vor der definitiven Versorgung im Operationsvorbereitungsraum des Traumazentrums eröffnet werden.

Die Indikation zur sofortigen operativen Versorgung innerhalb von Minuten stellt bei den Extremitätenverletzungen die absolute Ausnahme dar und kommt nur bei schwersten Blutungen in Folge von offenen und Amputations-Verletzungen zur Anwendung, die mit alternativen Verfahrensweisen nicht zu beherrschen sind. In aller Regel sind aber derartige stark blutende Verletzungen mit den klassischen Maßnahmen der nichtoperativen Blutstillung (z.B. korrekt angelegte Druckverbände mit Hochlagerung) gut therapierbar.

Frühoperationen bei Gefährdung der betroffenen Extremität. Unumstritten stellen, auch nach Polytraumatisierung, sämtliche Verletzungen, welche bei verzögerter operativer Versorgung zu einer Gefährdung der Extremität oder erhöhten lokalen Komplikationsraten führen, eine klare und eindeutige Indikation zur Versorgung innerhalb der ersten Stunden dar:

- Frakturen mit begleitender Gefäßverletzung
- Frakturen mit höhergradigem, geschlossenem oder offenem Weichteilschaden
- Offene Gelenkverletzungen
- Amputationsverletzungen
- Frakturen mit Nekrosegefahr

3.3.2 Amputationsverletzungen

Nach Klärung des Unfallhergangs und -zeitpunktes sowie der Untersuchung auf Begleitverletzungen sollte die Akutversorgung bei einer Amputation rasch und mit größter Sorgfalt geschehen. Die schonende Blutstillung und Verbandanlage am Stumpf und die komplette Asservation des Amputates, sowie seine sachgerechte Kühlung, sind grundsätzliche Voraussetzungen für eine spätere Replantation. Das kardinale Problem bei der Replantation ganzer Extremitäten ist die begrenzte Ischämietoleranz von Muskel- und Nervengewebe. Der Zustand des Amputates hat für den Erfolg der Operation die größte Bedeutung, wobei die Kürze der Ischämiedauer ein wichtiges Kriterium darstellt. In vielen Studien wird beschrieben, daß die Kühlung eines Amputates bei einer Optimaltemperatur von ca. 4°C (sogenannte „kalte Ischämie“) die Ischämietoleranz des Gewebes deutlich verlängern kann.

Stumpfversorgung. Im Regelfall kann die Blutstillung am Stumpf durch sachgerechte Anlage eines Druckverbands und Hochlagerung erfolgen.

Arterien ziehen sich nach kompletter Durchtrennung etwas zurück und verschließen sich innerhalb kürzester Zeit weitgehend von selbst durch Einrollung der Intima. Bei partieller Durchtrennung einer Arterie kann die Blutung schwerer zu stillen sein und evtl. zusätzlich eine direkte Kompression notwendig werden. Venen kollabieren spontan oder im Druckverband. Gefäßstümpfe sollten bei der Blutstillung möglichst nicht direkt abgebunden werden, da die Reanastomosierung durch den Wegfall der beschädigten Gefäßstrecke erschwert wird. Durchtrennte Gefäß- und Nervenenden des Stumpfes sollten nicht mit Klemmen oder Ähnlichem fixiert werden.

Eine Säuberung und Entfernung von Fremdkörpern ist präklinisch nicht indiziert, da Blutungen verstärkt und zusätzliche Läsionen gesetzt werden können.

Der Notverband des Stumpfes ist ein unter leichtem Zug angelegter kuppenförmiger Druckverband, wobei die Druckkraft von distal und nicht von proximal wirken soll. Haltepflaster werden sparsam eingesetzt, in Längsrichtung der Extremität, um eine Einschnürung (Tourniquet-Effekt mit Verstärkung der Ischämie) zu verhindern. Die Lagerung der Extremität auf der Transportliege erfolgt schonend, also etwa auf einer möglichst faltenarm angepassten Vakuummatratze.

Stumpfversorgung:
Kuppenverband (links)

Amputatversorgung (rechts)



Amputatversorgung. Das Amputat sollte komplett asserviert und idealerweise mit einer sterilen Komresse abgedeckt und in einem Plastikbeutel (alternativ auch zusätzlich in Alufolie) wasserdicht verpackt und adäquat gekühlt werden. Zur Kühlung wird dieser in einen zweiten Beutel mit Eiswasser gelegt. Die wasserdichte Versorgung dient zur Vermeidung einer Gewebebequellung- und mazeration, die Kühlung zur Verlängerung der Ischämiezeit, wodurch die Replantationschancen deutlich steigen. Behelfsmäßig können fest

verschließbare, wasserdichte Haushaltsplastik- oder Gefriertüten eingesetzt werden. Das Verhältnis von kaltem Wasser und Eis sollte etwa 1:1 betragen, um eine Temperatur um 4° Celsius zu erreichen. Ein Anfrieren des Amputates muß dabei unbedingt vermieden werden. Das Eis sollte daher unter keinen Umständen direkten Kontakt mit dem Amputat haben. Es kann vor der Mischung mit kaltem Wasser zerkleinert und der Beutel ab und zu bewegt werden, um Eisanhaftungen zu lösen. Eine weitere Kontusionierung des Amputates auf dem Transport muß verhindert werden, der Amputatbeutel sollte in der Hand gehalten oder an sicherem Ort (z.B. Waschbecken) aufbewahrt werden.

Notamputationen. In sehr seltenen Fällen muß, bei noch eingeklemmten und nicht befreibaren Extremitäten, als ultima ratio eine Notamputation durchgeführt werden. Die Amputationshöhe sollte hierbei möglichst weit distal gewählt und eine streng zirkuläre Weichteilinzision durchgeführt werden. Abgesehen von diesen extrem seltenen Ausnahmesituationen sollten chirurgische Interventionen an der Unfallstelle unterbleiben. Das Hauptaugenmerk der präklinischen Phase liegt auf der Stabilisierung der Vitalfunktionen, der Analgesie sowie der korrekten Stumpf- und Amputatversorgung mit raschem Transport in das Replantationszentrum. Wegen der zeitlichen stark begrenzten Ischämietoleranz der Gewebe ist jede Amputationsverletzung äußerst dringlich zu transportieren. Aus einsatztaktischen Gründen stellt sie vor allem in suburbanen oder ländlichen Regionen häufig eine Indikation für den Transport an Bord eines Rettungstransporthubschraubers (RTH) dar.

3.4 Thermische Verletzung

3.4.1 Pathophysiologie, Leitsymptom und Einteilung

Es gibt verschiedene thermische Einflußfaktoren, die alle meist über einen annähernd gleichen Pathomechanismus in eine spezielle Art der Verletzung münden:

Die Haut, das größte oberflächliche Organsystem des Menschen, wird geschädigt und erleidet damit Einbußen ihrer essentiellen Funktionen als Sinnesorgan, Speicherorgan, Wärmeregulator, und Schutzhülle, so daß der Körper allen äußeren und z.T. auch inneren Einflüssen schutzlos ausgeliefert ist. Darüber hinaus kommt es bei schweren Verbrennungen auch zur Verletzung tieferliegender Gewebeschichten. Sekundär können Schädigung an weiteren Organen und Organsystemen resultieren.

Zu den häufigsten Ursachen von Verbrennungen zählen:

- Strahlungen, vor allem Sonnen-, Ultraviolett-,
- Röntgen- sowie radioaktive Strahlung
- heiße Flüssigkeiten und Dämpfe
- heiße Gegenstände
- direkte Feuereinwirkungen
- Explosionen
- elektrothermische Schädigungen, z.B. Strom- oder Blitzschlag
- Verletzungen durch Chemikalien z.B. durch Säuren oder Laugen
- mechanische Verbrennungen, z.B. Reibung eines Hanfseiles.

Von Verbrühung spricht man bei Läsionen durch Temperaturen von $< 100^{\circ}\text{C}$, z.B. durch heiße oder kochende Flüssigkeiten bzw. Dämpfe.

Als Verbrennungen bezeichnet man dagegen Schädigungen durch höhere intracutane Temperaturen, z.B. direkte Flammen-einwirkung (im Mittel bei 900°C) oder direkte Wärmeleitung, z.B. durch Metalle oder Chemikalien.

Die Ausdehnung der durch Verbrennung geschädigten Körperoberfläche (KOF) ist für die Prognose des Patienten von entscheidender Bedeutung. Zur primären Abschätzung der verbrannten Körperoberfläche wird üblicherweise die Neuner-Regel nach Wallace (Kopf 9% KOF, Arme je 9% KOF, Beine je $2 \times 9\%$ KOF, Rumpf vorne und hinten je $2 \times 9\%$ KOF) und z.T. auch die Handflächenregel (Patientenhandfläche entspricht 1% KOF) zu Hilfe genommen.

Hierbei sind die unterschiedlichen Körperproportionen von Erwachsenen, Kleinkindern und Säuglingen unbedingt zu beach-

ten. Bis zum 5. Lebensjahr ist z. B. die Oberfläche des Kopfes mit ca. 15% KOF zu bewerten.

Erforderlich ist eine Abschätzung der Ausdehnung der verbrannten KOF nicht nur zur Prognosefeststellung, sie findet auch unmittelbar praktische Anwendung bei der Ermittlung der erforderlichen Infusionsmenge, der Wahl des geeigneten Transportmittels und der benötigten Zielklinik.

Tiefe der Verbrennung. Pathophysiologisch lassen sich vier Grade der Verbrennungstiefe unterscheiden :

Einteilung der Verbrennungstiefe	
<i>Schweregrad</i>	<i>Befund und Pathophysiologie</i>
1. Grad „superficial“	Rötung, Erythem, oberflächliches Ödem Schädigungen epidermal und im oberflächlichen Korium mit Hyperämie und Vasodilatation, keine Narbenbildung
2. Grad „partial thickness“	Blasenbildung unter der Epidermis
a) oberflächlich dermale Verbrennung	Rötung wegdrückbar, feuchter Wundgrund, epidermale Nekrosen, vereinzelte Epithelnekrosen, keine Narbenbildung, Regeneration aus tiefen Koriumszellen meist innerhalb von zwei Wochen
b) tiefe dermale Verbrennung	Rötung nicht wegdrückbar, trockener Wundgrund, Schädigung weit ins Korium reichend mit Denaturierung von Proteinen → weißliches Korium, Schmerzempfindung noch gegeben, mögliche Narbenbildung
3. Grad Nekrosen „full thickness“	Koagulationsnekrosen, Schorfbildung, keine Rekapillarisation, grau-weißlicher oder tiefroter lederartiger Wundgrund, subcutane Gefäßnekrosen mit Stasezuständen, tiefe subdermale Zerstörung, keine Schmerzempfindung, Narbenbildung über Granulationsgewebe häufig mit Kontrakturen und Keloidbildung
4. Grad	Verkohlung des Gewebes, Zerstörung von Subcutis, Muskeln, Nerven, Sehnen, Knochen

Die Verbrennungstiefe läßt sich am Unfallort zumeist nur sehr unzuverlässig bestimmen und wird oft unterschätzt. Die genauere Einteilung in den Verbrennungsschweregrad kann oft erst in der Klinik nach entsprechender mechanischer Säuberung und z.T. auch erst nach histologischer Aufarbeitung endgültig festgelegt werden. Dies ist ein Grund dafür, daß für die Notfalltherapie die Ab-

schätzung der verbrannten Körperoberfläche einen wesentlich größeren Stellenwert einnimmt als die Verbrennungstiefe.

3.4.2 Präklinische Diagnostik und Therapie

Primär muß die Rettung des Verletzten aus der Gefahrenzone unter Beachtung eines ausreichenden Selbstschutzes für den Retter erfolgen. Es gilt möglichst schnell und effektiv die schädigende Hitzeeinwirkung auf den Körper zu unterbinden und jede weitere Gefährdung sicher zu verhindern. Überlappend dazu findet eine erste rasche Abschätzung der Verletzungsschwere und der Vitalgefährdung des Patienten statt. Nach Überprüfung und Sicherung der Vitalfunktionen müssen wichtige Begleitverletzungen erkannt werden, die in der weiteren Patientenversorgung Behandlungspriorität besitzen könnten. Zu nennen sind schwere Schädel-Hirn-Traumata, Verletzungen der großen Körperhöhlen (Thorax- und Abdominalverletzungen) sowie Läsionen am Bewegungsapparat. Nicht selten werden am Unfallort Zusatzverletzungen bei Verbrennungspatienten unterschätzt oder gar übersehen.

Daher sollte der Patient regelhaft zur Untersuchung vollständig entkleidet und von allen Seiten inspiziert werden, um neben dem Verbrennungsausmaß auch sämtliche Begleitverletzungen korrekt diagnostizieren zu können.

Sicherung und Aufrechterhalten der Atemfunktion, Intubation und Beatmung. Bei Brandverletzten ist Sauerstoff als eines der wichtigsten Notfallmedikamente überhaupt anzusehen, der zur Unterstützung der Atemfunktion über Sauerstoffmaske oder tiefe Nasensonde appliziert wird. Im Gegensatz zum polytraumatisierten Patienten sollte die Indikation zur prophylaktischen Frühintubation bei Verbrennungspatienten sehr zurückhaltend gestellt werden. Nicht selten führt diese in der Folge zu pulmonalen Komplikationen, wie z.B. sekundären Pneumonien oder erschwertem Abtrainieren von der Beatmungsmaschine. Auch Gesichtsverbrennungen stellen grundsätzlich noch keine absolute Indikation zur Frühintubation dar.

Absolute Intubationsindikationen nach Verbrennung werden bei folgenden Situationen gesehen: Bewußtlosigkeit oder Bewußtseinsstörung, schwerer Schockzustand, schwere Begleitverletzungen, Polytraumatisation, schweres Inhalationstrauma mit Dyspnoe (z.B. Atemfrequenz $> 30/\text{min}$), schwere Gasaustauschstörung, progredienter inspiratorischer Stridor in Folge der Schleimhautschwellung. Nach der Analgosedierung sollte eine

primär nasale Intubation angestrebt werden, da auf Grund möglicher Ödembildungen in den oberen Luftwegen eine spätere Umintubation auf der Intensivstation erschwert sein kann. Empfehlenswert ist die Verwendung eines Low-Pressure-Cuff-Tubus mit einem Durchmesser von mindestens 7,0 mm.

Infusionstherapie. Die Infusionstherapie ist eine der wichtigsten therapeutischen Maßnahmen bei Verbrennungen und muß präklinisch auf jeden Fall eingeleitet werden. Nach Brandverletzungen größeren Ausmaßes kommt es vor allem durch die erhöhte Kapillarpermeabilität zu einer massiven Flüssigkeitsverschiebung nach extravasal mit Ödembildung im Interstitium. Bei großflächigen Verbrennungen, d.h. mehr als 10% KOF (Kinder mehr als 5% KOF) besteht akute Schockgefahr, der unbedingt frühzeitig begegnet werden muß.

Zur intravenösen Volumentherapie müssen bereits am Unfallort mindestens ein, besser mehrere sichere großlumige periphere Venen Zugänge etabliert werden. Ein zentralvenöser Zugang sollte präklinisch auf Grund der erhöhten Kontaminations- und Komplikationsgefahr nur als Zugangsweg zweiter Wahl betrachtet werden.

Die Wahl des Flüssigkeitsersatzes steht unvermindert im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Diskussion. In den ersten 24 h wird allerdings oft die alleinige Infusion von Ringer-Laktat-Lösungen favorisiert. Kolloidale Lösungen können nach Durchtritt durch die geschädigten Kapillarmembranen zu Ablagerung im Interstitium und damit zu einer Verstärkung des Verbrennungsödems führen. Der Nutzen bei der Anwendung von hypertonen NaCl-Lösungen als sogenannte „small volume resuscitation“ erscheint vielversprechend, kann aber derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden.

Die erforderliche Infusionsmenge wird nicht selten unterschätzt. Als Faustregel wird bei 10–30%igen Verbrennungen ein Infusionsvolumen von mindestens 1–2 Liter Ringer-Laktat für die erste Stunde nach Verletzung angegeben. Kinder sollen mit ca. 20–40 ml/kg KG in der ersten Stunde substituiert werden.

Zur genaueren Berechnung des Infusionsvolumens hat sich die modifizierte Parkland-Formel nach Baxter als praktikabel erwiesen:

- Infusionsvolumen pro 24 h = 4 ml Ringer-Laktat x % verbrannter KOF II°/III° x kg KG

Für Kinder gilt entsprechend:

- Infusionsvolumen pro 24 h = 4–8ml Ringer-Laktat x % verbrannter KOF II°/III° x kg KG (dabei kann Ringer-Laktat oder Ringer Bikarbonat Lösung verwendet werden)

Die Hälfte dieses errechneten Volumens sollte in den ersten 8 Stunden nach dem Unfall, die zweite Hälfte in den verbleibenden 16 Stunden des ersten Tages infundiert werden.

Lokale Kaltwasserbehandlung. Die Anwendung von kaltem Wasser ist eine wichtige Sofortmaßnahme bei Verbrennungen. Zuvor müssen Kleidungsstücke im betroffenen Bereich vollständig entfernt werden, um eine weitere Hitzezufuhr und Nachbrennen durch Hitzestau zu verhindern. Die verbrannten Körperregionen sollten so schnell wie möglich, spätestens aber innerhalb von 30 Minuten nach der Hitzeeinwirkung für etwa 15 bis maximal 20 Minuten mit 15–20°C kaltem Wasser schonend gespült oder abgebraust werden. Nutzen einer Kaltwasserbehandlung ist nicht nur die deutlich spürbare Schmerzlinderung, sondern auch eine Reduzierung des Nachbrenneffektes durch Reduktion der Mediatorenliberation und damit verminderter Ödembildung.

Die Unterkühlung durch großflächige Anwendung von Kalt- oder Eiswasser besonders in Form von Tauchbädern, kann sich schädigend auswirken und sollten vor allem bei Kindern vermieden werden.

Präklinischer Wundverband. Nach der Kaltwasseranwendung sollte am Unfallort der Wundbereich bei zweit- bis drittgradigen Verbrennungen grundsätzlich nur mit sterilen Abdeckungen durch Brandwundenverbandtücher oder Metalline-Folien erfolgen. Auftragen von Puder, Salben, Mehl oder „speziellen“ Verbänden ist absolut kontraindiziert, da sie keinen Nutzen bringen, die klinische Beurteilung und Versorgung aber unnötig erschweren.

Medikamentöse Therapie. Von Bedeutung ist vor allem eine schon präklinisch einsetzende medikamentöse Analgesie bzw. Analgosedierung. Hier haben sich intravenöse Gaben von Opiaten oder Ketamin in Kombination mit Benzodiazepinen bewährt.

Wie bei polytraumatisierten Patienten besteht, gelegentlich auch bei schweren Verbrennungen, ein schmerzfreies Initialintervall.

Die systemische Gabe von Kortikosteroiden ist wegen der immunsuppressiven Nebenwirkungen bei ohnehin geschwächter Abwehrlage und hohem Infektionsrisiko brandverletzter Patienten kontraindiziert.

Verlegung des Verbrennungspatienten in ein Zentrum für Schwerbrandverletzte. Beispiele für die Indikation zur Einweisung bzw. Verlegung in ein Verbrennungszentrum bieten die Richtlinien der gewerblichen Berufsgenossenschaften des Landesverbandes Bayern

- Drittgradige Verbrennungen des Gesichtes, der Hände, der Füße oder Verbrennungen anderer, besonders komplizierter Lokalisationen einschließlich elektrischer Verbrennungen
- Verbrennungen zweiten Grades über 20 Prozent der Körperoberfläche
- Verbrennungen dritten Grades über 10 Prozent der Körperoberfläche
- Vorliegen eines Inhalationstraumas ohne Rücksicht auf Grad und Ausdehnung der äußeren Verbrennung.

Bei Kindern sollte die Indikation zur Einweisung in ein Brandverletzentrum noch großzügiger gestellt werden.

Die Verbrennungsbettenzentrale in Hamburg gibt unter der Rufnummer 040/28823998 rund um die Uhr Auskunft über freie Kapazitäten der deutschen Verbrennungszentren.

3.4.3 Inhalationstrauma

Die Haupttodesursache bei Feuerunfällen ist durch die Inhalation von heißen und toxischen Gasen bedingt. Bei der Verbrennung von Kunststoffen oder bestimmten biologischen Materialien entstehen häufig Reizgase, wie z.B. Salzsäure, Phosgen, Ammoniak und Nitrosegase. Dabei kommt es bei der Inhalation von wasserlöslichen Reizgasen bereits in niedriger Konzentration zu Schleimhautreaktionen, Augentränen, Niesen, Husten, Heiserkeit und Stimmlosigkeit. Bei entsprechend langer Expositionszeit und ausreichend hoher Schadstoffkonzentration können Schädigungen der Bronchien, Bronchiolen und der Alveolen auftreten.

Bei lokalen Reizerscheinungen der Atemwege, aber auch beim toxischen Lungenödem, sollte die topische Verabreichung von Dexamethason über ein Dosier-Aerosol (z.B. Auxiloson®) erwogen werden. Die prophylaktische präklinische Intubation ist bei fehlen-

der Dyspnoe meist nicht indiziert, weil sich eine Gasaustauschstörung oder eine Atemwegsbehinderung, wenn überhaupt, oft erst nach Stunden entwickelt.

Bei Bränden mit größerer Rauchentwicklung sollte zusätzlich immer auch an eine Inhalationsintoxikation durch Kohlenmonoxid (CO) gedacht werden. Der Vergiftungsgrad ist direkt von der Kohlenmonoxidkonzentration abhängig und weist folgende Symptomatik auf: Kopfschmerzen, Schwindel und Unruhe, bei höheren CO-Hb-Konzentrationen kommt es zu rosiger Hautfarbe, Sehstörungen, Krämpfen, Bewußtseinstörungen bis hin zur Bewußtlosigkeit und schließlich zum Tod durch Atemlähmung und Herzkreislaufversagen.

Therapie der Wahl ist neben der sofortigen Ausschaltung der Noxe die Gabe von reinem Sauerstoff, ggf. Intubation mit nachfolgender PEEP-Beatmung.

3.5 Rettungs- und Immobilisationstechniken

3.5.1 Gefahren an der Einsatzstelle

Die Erkenntnis, daß Patienten beim Stromunfall zum Selbstschutz des Helfers erst nach Unterbrechung des Stromkreises behandelt werden dürfen, oder daß das Betreten einsturzgefährdeter Bereiche unterbleiben sollte, liegt auf der Hand.

Weitaus bedrohlicher stellen die subtilen Gefahren, die nicht auf Anhieb zu erfassen sind und die dazu führen können, daß Hilfskräfte schlagartig selbst in die Rolle des Notfallpatienten befördert werden.

Atemgifte. Bilder schwerstbranntverletzter Patienten bleiben aufgrund ihrer Vehemenz im Gedächtnis haften. Bei Bränden kommen aber weitaus mehr Menschen durch die Exposition mit Atemgiften zu Schaden als durch das Feuer selbst. An Einsatzorten mit Brandherden muß deshalb stets mit Sauerstoffmangel und dem Auftreten von Atemgiften gerechnet werden.

Nicht immer korreliert das Vorhandensein von Atemgiften mit einer erkennbaren Rauchentwicklung.

In umschlossenen Räumen ohne Austrittsmöglichkeit können Atemgifte sich rasch in gefährlichen Mengen ansammeln.

Als pathophysiologische Auswirkungen der Atemgifte auf den

menschlichen Organismus können drei Bereiche unterschieden werden.

- Erstickende Wirkung (z. B. Stickstoff, Kohlendioxid, Wasserstoff, Methan oder Flüssiggase)
- Reiz- und Ätzwirkung (z. B. Ammoniak, Brom, Schwefeldioxid, Säuredämpfe, Formalindämpfe, Nitrose Gase (Stickoxide), Chlorwasserstoff)
- Toxische Wirkung auf Blut, Nervensystem und Zellen (z. B. Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Cyanwasserstoff (Blausäure), Polychlorierte Biphenyle (PCB), Dioxin)

Die Gefährlichkeit eines Atemgiftes ergibt sich aus Konzentration und Einwirkdauer. Eine schnelle notfallmedizinische Beurteilung ist aber sehr schwierig, da es Atemgifte gibt, die schon in geringer Konzentration bei nur kurzzeitiger Exposition zum Tode führen, während andere auch bei hoher Konzentration und langer Einwirkungsdauer nur Gesundheitsschäden geringeren Ausmaßes verursachen.

Um die Gefährdung zu minimieren, muß an Einsatzstellen, bei denen mit einer Exposition von Atemgiften gerechnet wird, unbedingt geeignetes Atemschutzgerät getragen werden. Aus diesen strengen Vorgaben ergibt sich, daß Hilfskräfte, die die oben genannten Vorgaben nicht erfüllen, den unmittelbaren Expositionsbereich der Atemgifte meiden und von der Feuerwehr gerettete Patienten in sicherem Abstand in Empfang nehmen und weiterverversorgen sollten. Im Zweifelsfall wird der Einsatzleiter der Feuerwehr genaue Sicherheitsanweisungen erteilen.

Ausbreitung. Viele Schadensfälle bei Helfer und Patienten entstehen aus primär kleinen Gefahrenherden, die sich erst durch nicht kontrollierbare Ausbreitung zum Katastrophenfall entwickeln. Die Gefahr der Ausbreitung besteht vor allem bei Brandeinsätzen aber auch beim Austritt von Giftgaswolken, radioaktiven Stäuben etc. Fast alle Brände beginnen als kleiner Brandherd, z. B. die Entzündung eines Papierkorbes nach achtlos weggeworfener Zigarette.

Erste Phase der Brandentstehung ist die Zündphase, in der die Temperatur ansteigt, bis die Zündtemperatur des brennbaren Stoffes erreicht ist. Hieran schließt sich die Schmelbrandphase an, deren Charakteristikum der Sauerstoffmangel ist. Dieser führt zu einer unvollständigen Verbrennung mit geringem Temperaturanstieg und der Gefahr der Freisetzung von Atemgiften. Die vorhandenen Temperaturen sind ausreichend, um andere im Raum befindliche

brennbare Stoffe thermisch aufzubereiten. Bei plötzlicher Sauerstoffzufuhr (Öffnen einer Türe, Platzen von Scheiben etc.) kommt es dann zum schlagartigen Durchzünden der gebildeten Schwelgase. Dieser Vorgang wird als „flash over“ bezeichnet. In Sekunden ist der ganze Raum vom Feuer erfaßt und es entwickelt sich ein Vollbrand. Mit Abnahme des brennbaren Stoffes klingt auch der Brand langsam ab, bis er letztlich zum Erlöschen kommt.

Der voll entwickelte Brand bleibt so gut wie nie auf den Raum der Brandentstehung beschränkt, er breitet sich vielmehr auf verschiedenen Wegen aus: Ausbreitung ist möglich durch Wärmeleitung, -strömung und -strahlung, durch Funkenflug und Flugfeuer, sowie durch Feuerbrücken und Feuerüberschlag.

Gefahren durch Explosionsreaktionen. Unter einer Explosionsreaktion versteht man eine äußerst heftig ablaufende chemische (meist Verbrennungs-) Reaktion. Es werden sehr große Wärmemengen in kürzester Zeit freigesetzt, in deren Folge es zu einem Knall, einer Druckwelle und oft auch zu Stichflammenbildung kommt.

Explosionen können mit festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen stattfinden. Voraussetzung ist eine gute Durchmischung des brennbaren Stoffes mit Sauerstoff. Je nach Heftigkeit der ablaufenden Reaktion unterscheidet man zwischen der Verpuffung, der Explosion im eigentlichen Sinne und der Detonation.

Explosionsreaktionen können bei verschiedenen Stoffgruppen ausgelöst werden: Als Beispiele sind Staubexplosionen, Flüssigkeitsexplosionen, Gasexplosionen, Fettexplosionen und die Reaktion von Explosivstoffen zu nennen. Häufige Ursache für eine Fettexplosion ist der Versuch brennendes Öl (z.B. Kochtopf, Grillfett) mit Wasser zu löschen, was zum schlagartigen Herausschleudern und Abbrennen der Flüssigkeitströpfchen führt.

Weitere Formen sind der Behälterzerknall (Explosion von sich bei Erwärmung ausdehnenden Gasen in umschließenden Behältern) und die Knallgasreaktion bei Metallbränden.

Die Explosionsgefahr von verunfallten Autos ist als vergleichsweise gering einzuschätzen; in der Regel kommt es zu einem Ausbrennen des verunfallten Fahrzeuges.

Gefahren durch chemische Stoffe. Viele chemische Materialien können bei Unfällen oder bei unsachgemäßer Behandlung Gefahrenquellen darstellen. Als Beispiele sind zu nennen: Sprengstoffe, Munition und Feuerwerkskörper, Gase, entzündliche feste und flüssige Stoffe, giftige, infektiöse, radioaktive, ätzende und wassergefährdende Stoffe.

Nicht immer sind diese Gefahren *prima vista* als solche zu erkennen und somit klar beurteilbar. Deshalb wurden national und international umfangreiche Rechtsvorschriften erlassen, die zwischen Produktion, Lagerung und Verbrauch unterscheiden. Um eine Gefährdung erkennen zu können, sind eindeutige Kennzeichnungen auf den Verpackungen erforderlich.



Gefahrensymbole der Gefahrstoffverordnung

Quelle: Merkblatt „Gefährliche Stoffe“, Hrsg. Bayerisches Landesamt für Brand- und Katastrophenschutz

Allgemeine Maßnahmen bei Gefahrgutunfällen:

- Sofort fachkundige Hilfe anfordern (über die zuständige Rettungsleitstelle) und die Einsatzstelle weiträumig sichern und absperren (lassen). Eigenschutz beachten und -wenn möglich- Informationen über den Gefahrstoff einholen.
- Menschen und Tiere wenn möglich aus dem Gefahrenbereich retten.
- Verletzte notfallmedizinischer Versorgung zuführen und Verhaltensanweisungen an gefährdete Personen geben.
- Besondere Maßnahmen sind je nach Art des gefährlichen Stoffes

fes und der Gefahrenlagen nur von dafür speziell ausgebildeten und ausgerüsteten Einsatzkräften zu treffen!

Infektionsgefahr. Im Sinne des Eigenschutzes muß bei der Betreuung von Notfallpatienten generell mit einer potentiellen Infektionsgefahr durch ansteckende Krankheiten gerechnet werden. Nicht nur offensichtlich infektionsgefährdete Risikogruppen wie z.B. Drogenabhängige, sondern auch anamnestisch unauffällige Patienten sollten als potentielle Infektionsquelle betrachtet werden. Zum Schutz vor hämatogener Ansteckung, bei denen Mikrotraumatisierungen der Hände meist als Eintrittspforten dienen, sollte am Einsatzort die Verwendung von Einmalhandschuhen grundsätzlich (und nicht nur bei der Anlage von i.v. Zugängen) selbstverständlich sein.

Der Ersthelfer ohne entsprechende Schutzausrüstung sollte das Infektionsrisiko bei Mund-zu-Mund/Mund-zu-Nase-Beatmung durch Verwendung eines Taschentuches (besser einer im Handel erhältlichen Beatmungsfolie) zur Vermeidung des unmittelbaren Schleimhautkontaktes minimieren.

Die Gefahr einer potentiellen Infektion mit dem HIV-Virus (Human Immunodeficiency Virus) und Hepatitis-Viren steht dabei im Vordergrund des allgemeinen Interesses.

Gegen Hepatitis B sollte jeder im Gesundheitswesen Tätige geimpft sein, gesichert durch einen ausreichenden Anti-HBs-Titer. Zum Schutz vor der parenteral übertragbaren Hepatitis C, die in 50% chronische Verläufe zeigt, dient -wie beim Schutz vor HIV- allein das konsequente Tragen von Einmalhandschuhen sowie der vorsichtige Umgang mit spitzem Material, insbesondere Injektionsnadeln.

Verletzungsgefahr. Durch umsichtiges Verhalten an der Unfallstelle kann die Eigen- oder Fremdgefährdung weitgehend vermieden werden. Die im professionellen Rettungsdienst selbstverständliche Schutzkleidung sollte auch von Notärzten konsequent getragen werden. Denken Sie also stets daran: Wer ohne geeignetes Schuhwerk und ohne Kopfschutz in entsprechend gefährlichen Unfallszenarien tätig wird, kann dies unter Umständen mit der eigentlichen Bedeutung des Wortes „Kopflosgkeit“ bezahlen.

Um die Gefährdung für den Notfallpatienten, weitere Helfer, Passanten und nicht zuletzt für sich selbst zu minimieren, ist es oblige Aufgabe schon für den Ersthelfers, nach Absetzen des Notrufes die Unfallstelle gründlich und in verschiedene Richtun-

gen abzusichern.

Auch die medizinischen Einsatzkräfte sollten sich der Gefahren an der Einsatzstelle bewußt sein und bei ihrem Eintreffen kontrollieren, ob eine adäquate Absicherung bereits erfolgt ist. So stellt das Überqueren der Autobahn ohne entsprechende Warnkleidung eine u.U. tödliche Unfallgefahr dar. Auch professionelle Helfer sind gezwungen, eine Unfallstelle auf der Gegenfahrbahn zu passieren, um an der nächsten Ausfahrt zu wenden.

Angst. Angst ist als wesentlicher Bestandteil der menschlichen Gefühlswelt eine der stärksten psychomotorischen Triebfedern in den verschiedensten Situationen. Kann dieser originären Flucht-tendenz nicht nachgegangen werden, kommt es zu nicht unerheblichen inneren Spannungen, deren Abbau auf vielfältige Weise vonstatten geht. Gerade beim Notfalleinsatz finden nicht nur Ersthelfer schlagartig Situationen vor, in denen sie mit der Angst – im schlimmsten Fall sogar der Todesangst – von Patienten, Kollegen oder der eigenen Person konfrontiert werden. Der Grad der Angst korreliert dabei keineswegs mit dem Grad der objektiven, realen Gefahr.

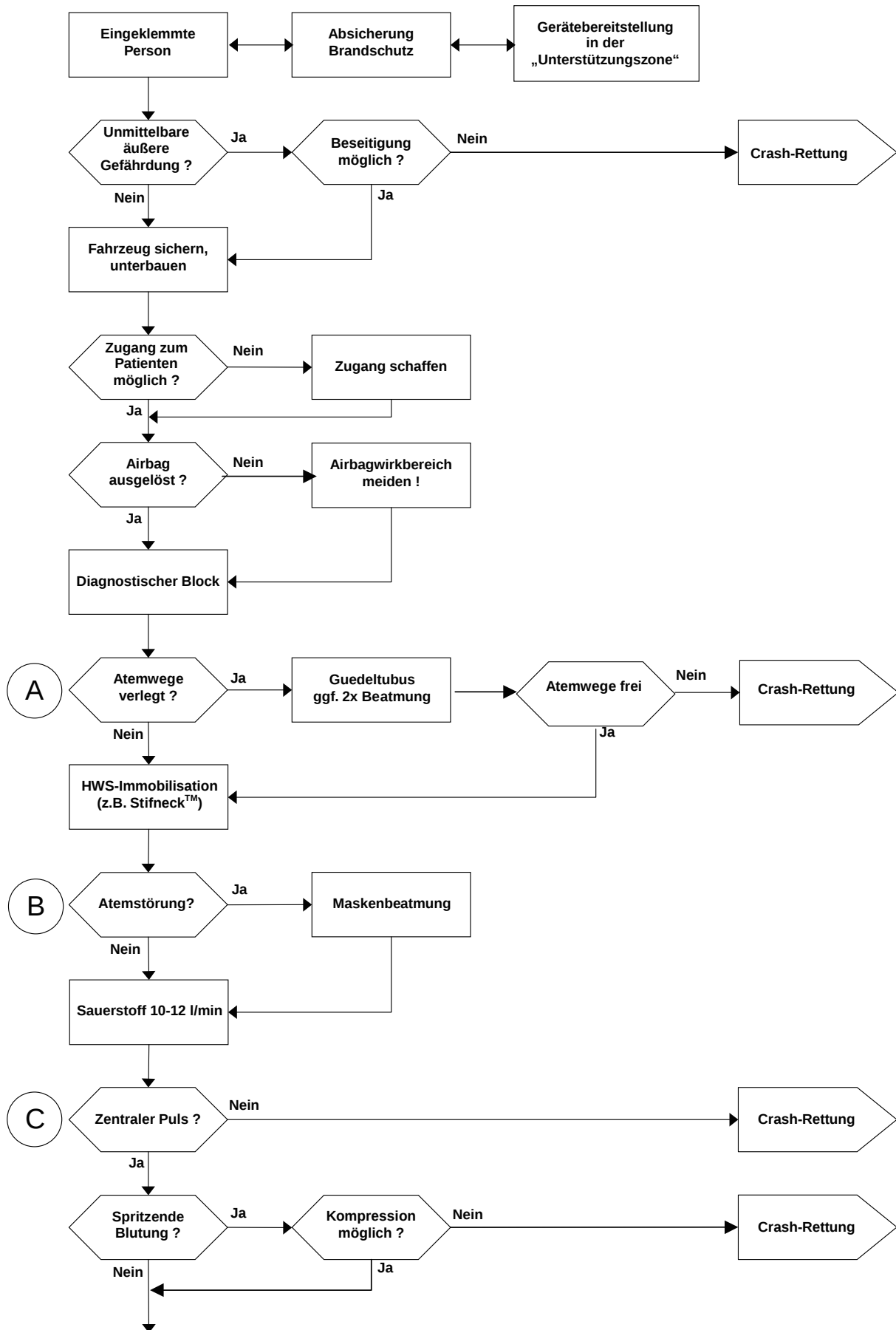
Der Abbau von Ängsten des Notfallpatienten sollte immer wesentlicher Teil der medizinischen Versorgung sein. Erklärendes und beruhigendes Einwirken können z.B. beim im Auto eingeklemmten Patienten während der technischen Rettung aus dem Fahrzeug ebenso große Bedeutung erlangen wie ausreichende Analgesie, Sedierung und Immobilisierung. Ängste des Patienten sollten dabei stets ernst genommen werden, auch wenn dem Helfer die Situation als objektiv nicht bedrohlich erscheint.

3.5.2 Algorithmus „Technische Rettung aus Kraftfahrzeugen“

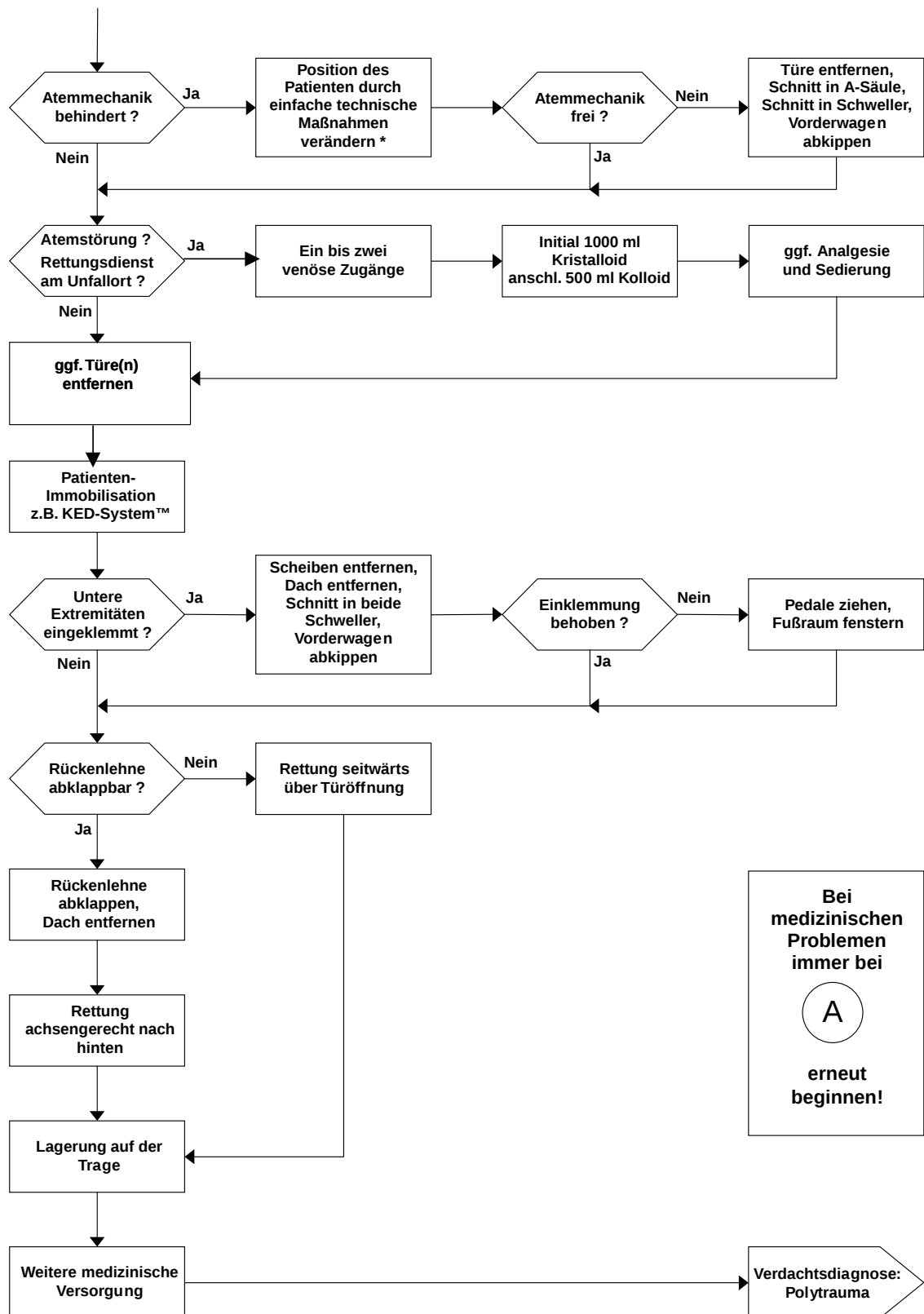
Insbesondere bei Verkehrsunfällen auf Landstraßen und Autobahnen kann es durch die erhebliche Gewalteinwirkung zu Fahrzeugdeformierungen und zur Einklemmung von potentiell polytraumatisierten Unfallopfern kommen.

Die technische Rettung gestaltet sich mitunter zeitaufwendig, während gleichzeitig aber die medizinische Versorgung des Patienten sichergestellt werden muß. Das Zusammenspiel von technischer Rettung und notärztlicher Therapie erfordert eine enge Kooperation von Feuerwehr und Rettungsdienst und ist Voraussetzung für eine effektive Gesamtversorgung (vgl. 3.1.3 Algorithmus „Organisatorisches Management bei Unfallereignissen“ auf Seite 117). Deshalb ist sowohl vom Notarzt Verständnis für

Technische Rettung aus Kraftfahrzeugen I



Technische Rettung aus Kraftfahrzeugen II



* Bei Behinderung der Atemmechanik durch die Einklemmung werden zunächst einfache technische Maßnahmen angewandt, wie Verschiebung des Sitzes, der Abklappung der Rückenlehne oder Veränderung des Lenkrades.

technische Belange zu fordern als auch vom Einsatzleiter der Feuerwehr Einblick in medizinische Prioritäten.

Darüber hinaus ist wegen der hohen Inzidenz von Wirbelsäulenverletzungen auf einen sorgfältigen und schonenden Einsatz moderner Hilfsmittel zur Befreiung, Immobilisierung und Rettung des Patienten zu achten. Obwohl in der Regel der Einsatz und die Anwendung der Rettungsgeräte durch Feuerwehrleute oder Rettungsassistenten erfolgt, trägt der Notarzt die medizinische Verantwortung für den Patienten. Im folgenden soll ein Überblick über moderne Techniken der Rettung gegeben werden.

Einsatz hydraulischer Rettungsgeräte. Zur Befreiung eingeklemmter Personen stehen den Feuerwehren heutzutage in erster Linie hydraulisch betriebene Rettungsgeräte wie Schneidgerät, Spreizer und Zylinder zur Verfügung.

Nach einer ausreichenden Absicherung der Unfallstelle muss das Unfallfahrzeug zunächst gegen Wegrollen gesichert werden. Dies kann im einfachen Fall durch Aktivieren der Feststellbremse erfolgen. Um Schaukelbewegungen beim Besteigen des Fahrzeugs und ein Einknicken der Karosserie bei den Rüstarbeiten zu verhindern, muß als nächster Schritt unbedingt die Unterbauung mit speziellem Unterbaumaterial unter den A- und B-Säulen des Fahrzeuges erfolgen!

Erst danach kann der gefahrlose Zugang zum Patienten erfolgen; häufig gelingt dies über eine der Türen des Fahrzeuges. Lassen sich diese nicht öffnen, müssen für die Sicherstellung einer ersten medizinischen Versorgung zunächst die Scheiben splitterfrei entfernt werden. Die Türen können anschließend mit wenigen Handgriffen von den technischen Rettungskräften mittels Schneidgerät und/oder Spreizer entfernt werden.

Um Bedingungen für eine schnelle und effektive Sicherung der Atemwege zu schaffen (z.B. Intubation) und die weitere Versorgung zu ermöglichen, kann in aller Regel durch Einsatz des Schneidgerätes das Dach durch Schnitte in A-, B- und C-Säulen komplett entfernt werden. Diese Technik ermöglicht im weiteren Verlauf der Patientenversorgung die achsengerechte Rettung über die Heckpartie des Fahrzeuges.

Häufig sind Patienten im Bereich der unteren Extremitäten eingeklemmt. Um in dieser Situation eine definitive Rettung durchführen zu können, müssen in jedem Fall beide Fronttüren entfernt werden. Anschließend können die A-Säulen bodennah eingeschnitten werden und der Rettungszyylinder diagonal in die Tür-

öffnung eingesetzt werden, um den gesamten Vorderwagen nach vorne abzuknicken. Hierdurch bewegt sich das Lenkrad vom Patienten weg nach oben und der Fußraum wird erweitert.

Bedeutung des Airbag. Fahrzeuge mit Airbag sind durch Schriftzüge „Airbag“ oder „SRS“ auf dem Modul gekennzeichnet. Für die Auslösung gelten folgende Kriterien: negative Beschleunigung $> 28g$, Einwirkdauer $> 18ms$, Frontalaufprall $\pm 30^\circ$, Geschwindigkeit $> 30 km/h$.

Bei bereits ausgelöstem Airbag ist ein direkter Kontakt mit dem durch die hohe Aktivierungsenergie erhitzten Airbag-Modul zu vermeiden. Für eine Zeitspanne von etwa 20 Min. besteht für die Rettungskräfte die Gefahr von Verbrennungen bei Berührung.

Ein nicht ausgelöster Airbag stellt für die Helfer eine nicht zu unterschätzende Gefahrenquelle dar. Das Abklemmen der Batterie bietet keine absolute Sicherheit, da manche Hersteller Spannungserhaltungssysteme verwenden, die selbst nach Unterbrechung der Stromversorgung eine Aktivierung des Airbag noch bis zu 20 Minuten lang ermöglichen. Zudem werden durch die Unterbrechung der Stromversorgung auch elektrische Sitzverstellungen inaktiviert und damit die Rettung des Patienten möglicherweise erschwert.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass bei nicht ausgelöstem Airbag während technischer Manipulationen am Unfallfahrzeug die Wirkbereiche des Airbag unbedingt zu meiden sind. Airbag-Rückhaltesysteme, die über dem Lenkrad fixiert werden und den Fahrer- bzw. Beifahrer-Airbag bei einer sekundären Auslösung an der vollständigen Entfaltung hindern, können einen Schutz für Patienten und Retter bieten.

Eine Fehlauslösung des Airbags kann theoretisch durch eine Defibrillation des Patienten im Fahrzeug oder durch eine Verwendung von Funkgeräten oder Funktelefonen in der Nähe des Fahrzeuges bedingt werden. Deshalb ist in solchen Situationen bei der Verwendung von mobilen Kommunikationsmitteln ein ausreichender Abstand von mehr als ca. 5 Meter zu wahren.

3.5.3 Wirbelsäulenimmobilisation

Bei vielen (poly-)traumatisierten Patienten muß an eine Begleitverletzung der Wirbelsäule gedacht werden. Insbesondere Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma weisen häufig auch eine Verletzung der Halswirbelsäule (HWS). Der Verletzungsmechanismus kann hierbei wertvolle Hinweise auf das Verletzungsmuster geben (siehe untenstehende Tabelle). Die routinemäßige Immobilisierung insbesondere der HWS ist fester Bestandteil der präklinischen Traumaversorgung.

Inzidenz schwerer Wirbelsäulenverletzungen				
	Gesamtkollektiv n=195	PKW-Frontal- unfall mit Gurt	Suizidaler Sprung	Akzidenteller Sturz
Gesamt-Inzidenz	16%	25%	30%	41%
HWS-Läsion	5%	17%	–	23%
BWS-Läsion	5%	–	8%	9%
LWS-Läsion	10%	8%	23%	23%
Querschnittsläsion	5%	8%	8%	23%

Inzidenz schwerer Wirbelsäulenverletzungen (Abbreviated Injury Scale > 2 Punkte) beim Polytrauma-Patienten in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus; Kollektiv von 195 Patienten mit einem mittleren Injury Severity Score von 39,5 Punkten (Ruchholtz 1996; Unfallchirurg 99: 633).

Es stehen eine ganze Reihe von Hilfsmitteln für die präklinische Immobilisation der Wirbelsäule bei Trauma-Patienten zur Verfügung, die sich durch unterschiedliche Anwendungsbereiche und Indikationen unterscheiden.

HWS-Schienung mittels
Stifneck®:

Anbringung beim liegenden
Patienten (links)
Befestigung des Kragens
(rechts)

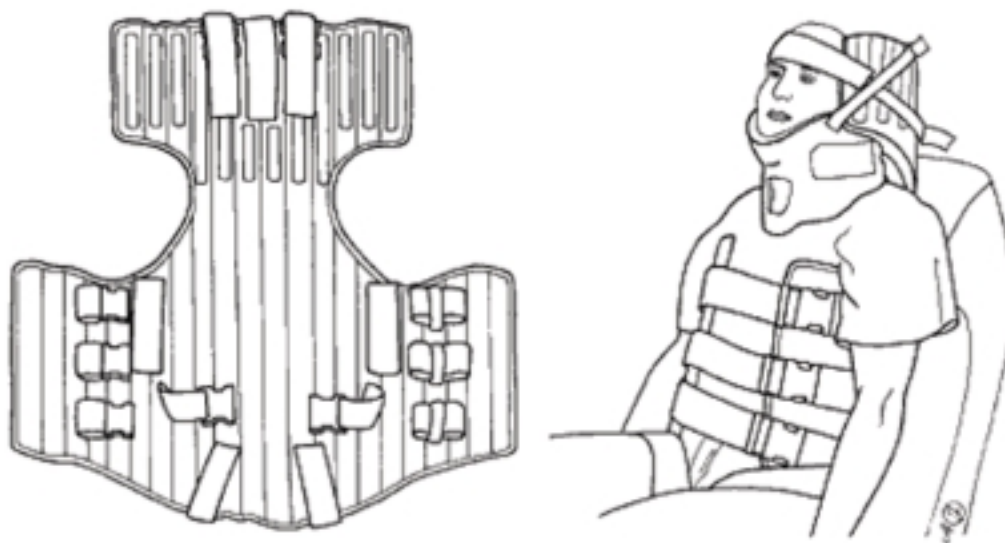


Immobilisation der Halswirbelsäule. Insbesondere bei allen Verletzungen des Schädels sowie bei Akzelerations- bzw. Dezelerationstraumen und bei Wasserunfällen ist eine obligatorische HWS-Schienung indiziert. Zudem ist bei tiefer Bewußtlosigkeit die Flexion und Extension in der HWS durch den verringerten Tonus der Hals- und Nackenmuskulatur verstärkt.

Bei Verwendung z.B. der Stifneck®-Schiene wird die HWS in Neutralposition stabilisiert. Die Abstützung erfolgt über die Schultern und das Brustbein sowie über den Unterkiefer und das Hinterhaupt. Eine dreieckige Aussparung über der Trachea ermöglicht ein Tasten des Carotispulses.

Bei falsch angelegtem bzw. zu kleinem Stifneck® besteht die Gefahr der unzureichenden Immobilisation oder einer Kompression der großen Venen im Halsbereich mit der potentiellen Folge einer daraus resultierenden intrakraniellen Drucksteigerung.

Bei der Anwendung einer Stifneck®-Schiene umfaßt ein Retter den Kopf des Patienten möglichst von kranial und stabilisiert die HWS in Neutralposition. Der zweite Retter mißt am Patienten den Abstand zwischen Unterkante des Kinns und Schulterplateau (in Querfingern seiner Hand) und wählt die entsprechende Größe der HWS-Schiene aus. Der geöffnete Kragen der HWS-Schiene wird unter dem Nacken durchgeschoben, der ventrale Teil der Schiene eng unter dem Kinn und am Brustbein angelegt; unter Schonung der Ohren wird die HWS-Schiene mittels Klettverschluss fixiert.



Immobilisierung der Wirbelsäule durch KED-System®

Immobilisierung der Wirbelsäule durch ein Rettungskorsett. Ein sog. Rettungskorsett, z.B. das KED-System® (Kendrick Extrication Device®), ermöglicht eine schonende Rettung unter besonderen räumlichen Bedingungen, bei denen keine Schienen oder Tragen zur Anwendung kommen können. Es handelt sich hierbei um eine rigides Rettungskorsett, das um den Rumpf des Patienten angelegt wird und eine Immobilisation der Wirbelsäule inklusive des Kopfes ermöglicht. Der Verletzte kann durch ein korrekt angelegtes KED-System® mit geringem Gefährdungspotential z.B. aus dem Fahrzeug oder einem Schacht geborgen werden.

Nach Anlegen einer HWS-Schiene wird das KED-System® v. a. am

sitzenden Patienten in geöffnetem Zustand hinter den Rücken des Patienten geschoben. Durch Schließen und Zuziehen der drei Gurte wird der Patient fixiert, die Stabilisierung erfolgt durch die eingearbeiteten Längsstäbe. Zusätzlich können die Patienten mit zwei Beingurten fixiert und gegen ein Herausrutschen aus dem Korsett gesichert werden. Durch Griffe am KED-System® ist eine vergleichsweise schonende Bewegung und Rettung des Patienten gewährleistet.

Übersicht medizinischer Geräte zur Immobilisation der Wirbelsäule	
<i>Medizinisches Gerät</i>	<i>Anwendungsbereich, Indikationen</i>
HWS-Schienen, z.B. Stifneck®	Immobilisierung der HWS in liegender oder sitzender Position für jede Indikation; Einsatz in Kombination mit allen anderen Geräten.
Rettungskorsett, z. B. KED-System®	Immobilisierung der gesamten Wirbelsäule mit Kopf (in Kombination mit z.B. Stifneck®); Patienten in nicht-liegender Position unter schwierigen räumlichen Bedingungen, z.B. im Autositz; wertvolle Hilfe bei der seitlichen Rettung aus einem PKW, aus engen Schächten, etc.
sog. Schaufeltrage	Umlagerungshilfe für alle traumatisierten Patienten, die auf relativ glattem Untergrund liegen; das Aufnehmen und -heben des Patienten ist unter völliger Ruhigstellung der Wirbelsäule möglich; auch als Behelfstrage in engen Räumlichkeiten; Umlagerungshilfe bei Patienten, die in Bauchlage aufgefunden werden.
Vakuummatratze	Standard der Ganzkörper-Immobilisation im deutschen Rettungsdienst; neben Wirbelsäulenimmobilisation auch Methode der Wahl zur Ruhigstellung von Becken- und proximalen Frakturen der unteren Extremitäten (in Kombination mit z.B. Stifneck®)
sog. „spine board“	Alternative zur Vakuummatratze v.a. im angelsächsischen Raum; Fixierung des Patienten nach Umlagerung mit Schaufeltrage auf einem Holz- oder Kunststoffbrett

Anwendung der Schaufeltrage. Die Schaufeltrage ist aus Gewichtsgründen aus Aluminium gefertigt und dient dem einfachen und schonenden Umlagern des Patienten z.B. auf eine Vakuummatratze. Gleichzeitig ermöglicht sie aufgrund ihrer Abmessungen die schnelle Rettung aus extrem engen Räumen. Durch die Konstruktion ähnlich einer Schaufel, die eine beidseitige Platzierung der Einzelteile unter dem Patienten erlaubt, können Bewegungen des Verletzten stark reduziert werden.

Nach Anlegen einer HWS-Schiene werden die beiden Schaufel-

tragenteile rechts und links vom Patienten positioniert. Anschließend strafft ein Retter die Kleidung des Patienten und hält diesen fest, während der zweite Retter die Schaufelblätter einer Tragenhälfte vorsichtig unter den Patienten schiebt. Nach identischem Vorgehen auf der Gegenseite wird die Schaufeltrage an Kopf- und Fußende mit den Schnappschlössern zusammengefügt; anschließend kann eine Sicherung des Patienten durch Gurte erfolgen.

Immobilisation auf einer Vakuummatratze. Bei der Vakuummatratze handelt es sich um einen strapazierfähigen Kunststoffsack, der in seiner Form einer Luftmatratze ähnelt. Die Füllung besteht aus kleinen Styroporkügelchen, die sich den Körperkonturen des Patienten anpassen. Nach Anmodellierung der Vakuummatratze und Absaugung der Luft ergibt sich eine harte Schale, die an ein „Gipsbett“ erinnert.

Nach routinemäßiger Anwendung einer HWS-Schiene wird der Trauma-Patient mittels Schaufeltrage auf die Vakuummatratze umgelagert. Im belüfteten Zustand erfolgt eine Anmodellierung insbesondere im Bereich von Frakturen (z.B. Oberschenkel, Becken, etc.) und anschließend mittels einer Vakuumpumpe die Absaugung der Luft aus der Vakuummatratze. Zusätzlich kann eine weitere Sicherung des Patienten durch Gurte erfolgen. Mit dieser Technik ist eine adäquate Immobilisation insbesondere der unteren Extremitäten, des Beckens sowie der LWS und BWS möglich.

Immobilisation mit einem „spine board“. Zur Rettung und Lagerung von Verletzten wird im angloamerikanischen Raum vornehmlich das „spine board“ eingesetzt. Es besteht aus Holz oder Kunststoff und ist erheblich robuster und kostengünstiger als die Vakuummatratze. Die Kunststoffmodelle sind zudem meist mit einem Schaumstoffkern versehen und können daher auch zur Rettung im Wasser oder auf Eisflächen eingesetzt werden. Am Rand des „spine board“ befinden sich längliche Aussparungen, die als Tragegriff oder zur Fixierung der Gurte verwendet werden können.

Nach dem Anlegen einer HWS-Schiene wird der Patient mit der Schaufeltrage auf das „spine board“ plziert. Ist diese nicht vorhanden, wird der Patient schonend auf das „spine board“ gedreht. Kopf und HWS werden durch zusätzliche Fixierungssysteme in Neutralposition ruhiggestellt. Durch Klettgurte wird der Patient auf dem Brett gesichert.

Der Liegekomfort für den Patienten, die Schmerzlinderung durch Immobilisierung und die Lagerungsstabilität sind aber nach überwiegender Meinung gegenüber der Vakuummatratze schlechter.