



# Aktuelle Behandlungskonzepte des „traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands“

## Schwerpunkte, Unterschiede und Gemeinsamkeiten

An jedem Tag des Jahrs 2017 wurden mehr als 1000 Menschen auf deutschen Straßen verletzt. Darunter war die Mehrheit leicht verletzt, über 66.000 Personen wurden als schwer verletzt eingestuft, und über 3000 Personen verstarben [57]. Auch Unfälle im privaten Umfeld dürfen nicht vernachlässigt werden. Laut Unfallstatistik 2015 ereigneten sich 10.000 tödliche Unfälle im häuslichen Bereich und etwas über 10.000 tödliche Unfälle im Freizeitbereich. Insgesamt wurden 2015 bzw. werden pro Jahr durchschnittlich fast 25.000 Unfalltote statistisch erfasst [25]. Somit sind traumatisch bedingte Todesfälle nicht nur ein relevantes medizinisches, sondern auch ein sozioökonomisches Problem, denn das Trauma stellt weltweit die führende Todes- und Verletztenursache [47], v. a. bei jüngeren Menschen [63], dar. Im Gegensatz dazu ist die Versorgung von polytraumatisierten Patienten ein eher seltenes Ereignis im Notarzt- und Rettungsdienst. Die Häufigkeit im bodengebundenen Rettungsdienst beträgt unter 5 % und im luftgebundenen Rettungsdienst ca. 35 % [40, 50]. Das übergeordnete Ziel der Traumaversorgung ist neben der zielgerichteten Versorgung des Patienten der zeitnahe Transport in eine geeignete Zielklinik. Der Bedeutung genauer Versorgungskennntnisse des traumatisierten Patienten und des umgehenden Transports in die Zielklinik trägt besonders

der Begriff der „golden hour of shock“ Rechnung, den der amerikanische Chirurg Robert A. Cowley prägte [60]. Das schnelle Handeln des Rettungsteams ist bei einem traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand („traumatic cardiac arrest“, TCA) entscheidend. Das Überleben des Patienten hängt von einer eingespielten Überlebenskette ab, die sich von der erweiterten präklinischen Versorgung bis hin zur Behandlung in einem Traumazentrum spannt [37].

### Grundlagen

Herz-Kreislauf-Stillstände und Bewusstseinsverluste infolge internistischer oder neurologischer Erkrankungen (z. B. Rhythmusstörungen, Hypoglykämie, Schlaganfall oder epileptische Anfälle) können sekundär zu einem Trauma führen. Beispielsweise ereignen sich gemäß verschiedenen Beobachtungsstudien ca. 2,5 % der außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstände in Fahrzeugen [20, 46, 53]. In diesen Fällen liegt häufig eine primäre Rhythmusstörung vor, z. B. ein defibrillierbarer Rhythmus (ventrikuläres Flimmern [VF]/ventrikuläre Tachykardie [VT]; [32]). Diese Herz-Kreislauf-Stillstände müssen aus medizinischer Ursache nach den jeweils gültigen internationalen Leitlinien behandelt werden [62] und dürfen weder in der präklinischen Initialtherapie noch in der klinischen

Weiterbehandlung nach den Therapiealgorithmen des traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands behandelt werden. Hier stehen der Herz-Kreislauf-Stillstand sowie dessen Ursache und nicht das traumatische Geschehen im Vordergrund. Der Herz-Kreislauf-Stillstand nach traumatischem Ereignis unterscheidet sich in seiner Genese komplett vom Herz-Kreislauf-Stillstand mit innerer Ursache, wie beispielsweise im Rahmen eines Herzinfarkts. Entsprechend unterscheidet sich auch das Vorgehen in der Behandlung, denn der Fokus nach einem Trauma liegt auf der unmittelbaren Behandlung der reversiblen Ursachen [34]. Sollten massive äußere Blutungen vorliegen, wird nach dem c-ABC-Schema (c: „catastrophic haemorrhage control“, A: „airway“, B: „breathing“ und C: „circulation“) vorgefahren. Das bedeutet, dass zunächst die Blutung kontrolliert werden muss (Kompression, Tourniquets), ehe die anderen Schritte des ABC-Schemas abgearbeitet werden [44].

### Überlebensraten nach „traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand“

#### Berichte über schlechtes Patienten-Outcome

Die Reanimationsbehandlung von Patienten mit einem traumatisch bedingten

Herz-Kreislauf-Stillstand ist ein immer wiederkehrendes Diskussionsthema, da in früheren Veröffentlichungen nur geringe Überlebensraten beschrieben wurden [17]. Teilweise wurden die Erfolgsaussichten jeglicher Reanimationsmaßnahmen verneint und diese von Beginn an als völlig aussichtslos erachtet [42]. Nach durchgeführten Reanimationsmaßnahmen wurde in der Literatur über Jahre ein schlechtes Outcome der Patienten aufgezeigt. Im Jahr 1983 berichteten Shimazo und Shatney von einer 2,6%igen Überlebensrate [53]. Stockinger et al. stellten 2003 fest, dass lediglich 22 von 588 Patienten lebend entlassen werden konnten (3,7%; [56]).

### Berichte mit Anstieg der Überlebensrate

In den letzten Jahren erschienen jedoch Publikationen, die einen Anstieg der Überlebensrate aufzeigen. Die Arbeitsgruppe des American College of Surgeons Committee on Trauma berichtete 2001 5%ige Überlebensraten [62]. Powell et al. zeigten 2004 auf, dass nach 959 traumatisch bedingten prähospitalen Reanimationen 62 Betroffene entlassen wurden; dies entspricht 6,4% [49]. Ebenso berichteten Willis et al. 2005 eine Überlebensrate von 5% [64]. Lockey et al. ermittelten 2006 in ihrer Studie aus dem Vereinigten Königreich Überlebensraten von 7,5% [39]. Gräsner et al. führten 2011 eine kombinierte Analyse anhand der Daten des Deutschen Reanimationsregisters und des TraumaRegister DGU® durch und erhoben eine 7%ige Entlassungsrate und eine Überlebensrate mit gutem neurologischen Outcome von 2% [24]. Zwingmann et al. teilten 2012 Werte für das Langzeitüberleben zwischen 3,3 und 16,3%, je nach Patientenalter, mit einem angemessenem neurologischen Ergebnis bei 57,4% der Überlebenden mit [66]. Ein Jahr später veröffentlichten Leis et al. die Ergebnisse ihrer Kohortenstudie, in der das Überleben von 6,6% der Patienten mit kompletter neurologischer Erholung zu verzeichnen war [36]. Evans et al. berichteten 2016 von 7,9%igen Überlebensraten von [21].

Generell geht der traumatische Herz-Kreislauf-Stillstand mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit einher als Herz-Kreislauf-Stillstände kardiologischer Ursache. Dies ist gerade beim penetrierenden Trauma zu beobachten, da es sich um die Verletzung einzelner Organen handelt [28]. Wichtig für das Überleben mit einem guten neurologischen Outcome ist, dass der traumatisch bedingte Herz-Kreislauf-Stillstand und Blutungen schnellstmöglich erkannt und behandelt werden [31].

### Auswertung der Daten des Deutschen Reanimationsregisters

Die Datenanalyse der Jahre 2000–2017 zeigte, dass bei 30,1% der Patienten mit traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand eine „return of spontaneous circulation“ (ROSC) erreicht wurde. Von diesen Patienten wurden 15,3% unter stattfindender kardiopulmonaler Reanimation (CPR) und 23,9% mit ROSC in ein Krankenhaus aufgenommen. Insgesamt überlebten 10,1% die ersten 24h nach Krankenhausaufnahme, und 4,1% der Patienten konnten lebend aus dem Krankenhaus entlassen werden. Von allen Patienten konnten 2,1% mit einem guten neurologischen Outcome entlassen werden. Die Patienten mit traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand waren im Durchschnitt 52 Jahre alt (SD ± 22,3 Jahre), und 75,3% waren männlich [14].

### Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit

Aktuelle Empfehlungen und Ausbildungskonzepte zur Versorgung von Patienten mit traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand im prähospitalen Umfeld und während der Schockraumphase werden auf ihre Schwerpunkte sowie ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht.

### Material und Methode

Wesentliche Behandlungsalgorithmen der präklinischen Versorgung von Traumatikern und/oder Konzepten ihrer

Schockraumversorgung wurden identifiziert. Hierzu wurde eine offene Internetrecherche durchgeführt, in deren Rahmen gängige Kursformate und ihre Inhalte zusammengetragen wurden. Zusätzlich fanden Befragungen diverser Experten der präklinischen Notfallmedizin statt. Um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Ausbildungskonzepte und Guidelines, die in Deutschland etabliert sind, herausarbeiten zu können, wurden aktuell publizierte Empfehlungen verglichen.

Im Folgenden wird zuerst auf die derzeitigen Guidelines des European Resuscitation Council (ERC) eingegangen. Es schließen sich die präklinische Behandlung von polytraumatisierten Patienten mit Konzepten, wie dem Prehospital Trauma Life Support (PHTLS®), dem International Trauma Life Support (ITLS®), dem TraumaManagement und der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung [37] für den präklinischen Bereich an. Des Weiteren werden Konzepte für den innerklinischen Versorgungsbereich, wie Advanced Trauma Life Support (ATLS®), European Trauma Course (ETC) und die S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung für den Schockraum, näher erläutert.

Konzepte wie z.B. Definitive Surgical Trauma Care (DSTC®) werden aus der Betrachtung ausgeschlossen. Auch werden lokale Konzepte zur Versorgung von Patienten nach traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand nicht einbezogen.

### Ergebnisse

Eine Übersicht, gegliedert nach den Empfehlungen der Konzepte für Airway, Breathing, Circulation, Thoraxdekompression durch Thoraxpunktion, Thoraxdrainage oder Notfallthorakotomie und Abbruch der Reanimationsmaßnahmen bietet **Tab. 1**.

### European Resuscitation Council

Thoraxkompressionen sind in den ERC-Leitlinien die Standardmaßnahme bei Herz-Kreislauf-Stillständen sämtlicher Ursachen. Ist dieser durch eine Hypovolämie, eine Perikardtamponade oder einen Spannungspneumothorax verur-

sacht, ist die Thoraxkompression weniger effektiv oder wirkungslos im Vergleich zu einem Herz-Kreislauf-Stillstand unter normovolämischen Verhältnissen [10, 39, 42, 64]. Der daher in den ERC Guidelines 2015 neu eingefügte Algorithmus besagt, dass bei Bestehen eines traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstands die sofortige Behandlung der reversiblen Ursachen und gleichzeitig gemäß Advanced-Life-Support(ALS®)-Algorithmus mit Thoraxkompressionen begonnen werden soll [55]. Im präklinischen Setting sollten initial die erforderlichen lebensrettenden Interventionen durchgeführt und es sollte parallel mit Thoraxkompressionen begonnen werden. So steht analog dem cABCDE-Schema die Kontrolle einer lebensbedrohlichen externen Blutung an erster Stelle und ist ebenso wie die Sicherung der Atemwege, die maximierte Oxygenierung und eine bilaterale Thoraxdekompression in den Reanimationsalgorithmus integriert.

In **Abb. 1** ist der Behandlungsalgorithmus beim traumatisch verursachten Herz-Kreislauf-Stillstand nach ERC-Leitlinie abgebildet.

### S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung – Präklinik

Mit dieser Leitlinie erschien in Deutschland im Herbst 2011 erstmals ein interdisziplinärer Konsens zur Behandlung Schwerverletzter [13], der 2016 überarbeitet wurde [44]. Als Schwerpunkt wird die Diagnose eines Herz-Kreislauf-Stillstands beschrieben, die als Apnoe in Kombination mit Pulslosigkeit mit oder ohne elektrische Aktivität des Herzens (pulslose elektrische Aktivität, PEA) definiert wird.

Die vorgestellten Algorithmen und Empfehlungen zur Therapie des TCA in der S3-Leitlinie zur Polytraumaversorgung sind eng mit den internationalen Leitlinien des ERC abgestimmt. Die Therapiealgorithmen betonen die Notwendigkeit eines eigenständigen präklinischen Algorithmus, der die Thorax- und Perikardentlastung, die Stabilisierung bei Beckenfrakturen und die Kontrolle externer Blutungen beinhaltet [37]. Bei

Anaesthesist 2019 · 68:132–142 <https://doi.org/10.1007/s00101-019-0538-6>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

B. Jakisch · J.-T. Gräsner · S. Seewald · N. Renzing · J. Wnent

## Aktuelle Behandlungskonzepte des „traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands“. Schwerpunkte, Unterschiede und Gemeinsamkeiten

### Zusammenfassung

Traumatisch bedingte Todesfälle sind nicht nur ein relevantes medizinisches, sondern auch ein sozioökonomisches Problem. Dabei gehört die Versorgung eines polytraumatisierten Patienten zu eher selten vorkommenden Einsätzen im Rettungs- und Notarztendienst. Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich von Gemeinsamkeiten und Unterschieden verschiedener Kurskonzepte und Leitlinien bezüglich der Behandlung des traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands („traumatic cardiac arrest“, TCA) mit der Zielsetzung, die Schwerpunkte jedes

Konzepts herauszufiltern. Aufgrund der Herangehensweise bei der Versorgung eines polytraumatisierten Patienten existieren entscheidende Unterschiede zwischen dem traumatisch-bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand und Herz-Kreislauf-Stillständen anderer Ursachen.

### Schlüsselwörter

Leitlinien · Lebensunterstützende Versorgung · Notfallversorgung, präklinisch · Notfallversorgung, innerklinisch · Ausbildung

## Current treatment concepts for trauma-related cardiac arrest. Focal points, differences and similarities

### Abstract

Trauma-related deaths are not only a relevant medical problem but also a socioeconomic one. The care of a polytraumatized patient is one of the less commonly occurring missions in the rescue and emergency medical services. The aim of this article is to compare the similarities and differences between different course concepts and guidelines in the treatment of trauma-related cardiac arrests (TCA) and to filter out the main focus of each

concept. Because of the various approaches in the treatment of polytraumatized patients, there are decisive differences between trauma-related cardiac arrests and cardiac arrests from other causes.

### Keywords

Guidelines · Life support care · Emergency care, prehospital · Emergency service, hospital · Training program

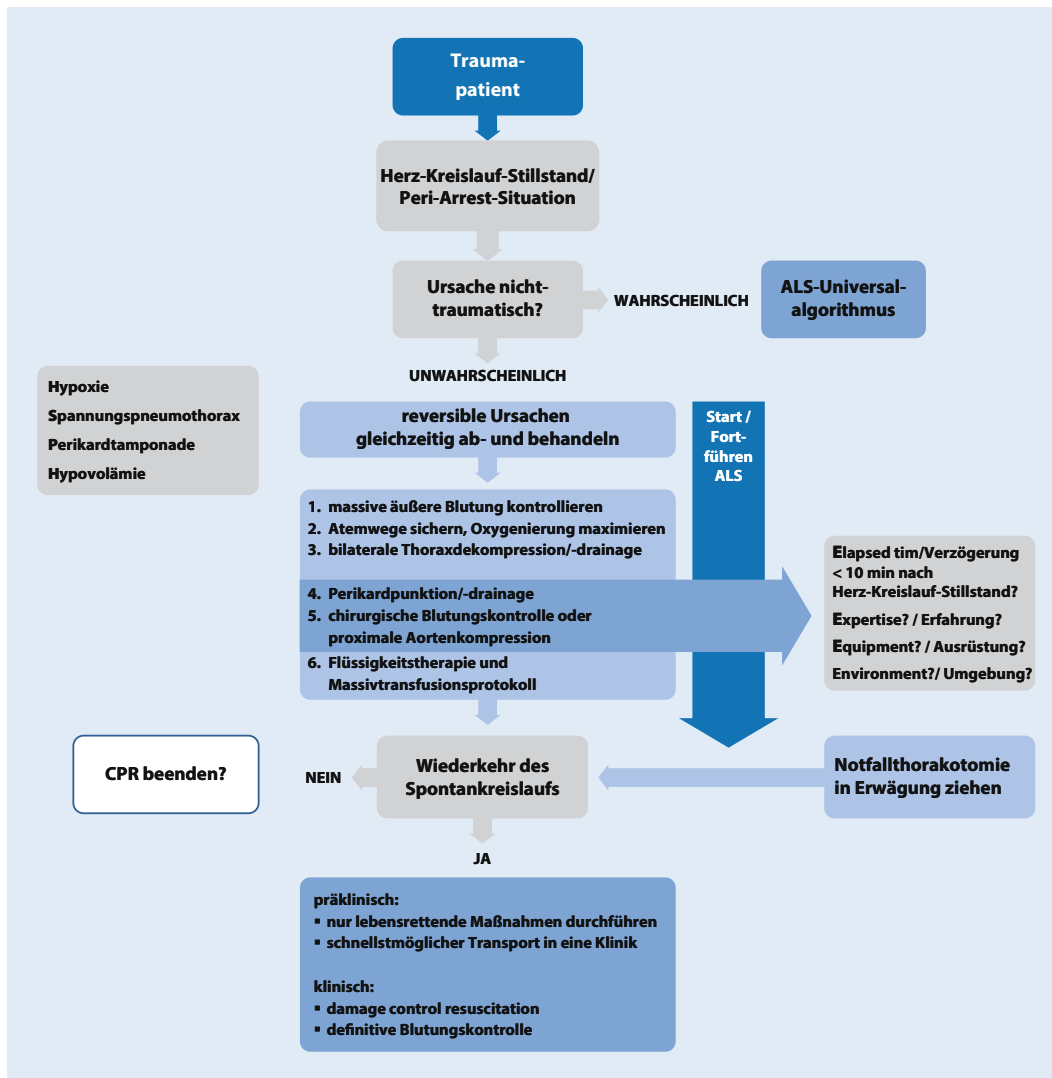
traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand sollen während der CPR leitliniengerecht traumaspezifische reversible Ursachen (Atemwegsobstruktion, ösophageale Fehlintonation, Spannungspneumothorax, Perikardtamponade und Hypovolämie) diagnostiziert, ausgeschlossen und/oder therapiert werden. Auch werden spezielle Maßnahmen bei der Reanimation nach einem Trauma klar und eindeutig priorisiert.

Die Entlastung eines Spannungspneumothorax wird in der S3-Leitlinie als der wichtigste Faktor identifiziert, der zur Prognoseverbesserung beiträgt [28]. Eine Nadeldekompression kann gemäß Leitlinie in Abhängigkeit von Kenntnis- und Trainingsstand des präklinischen Fachpersonals und unter Abwägung zwischen

erhöhter Erfolgsrate und geringerem Verletzungsrisiko erfolgen.

Liegt ein Herz-Kreislauf-Stillstand nach penetrierendem Thorax- oder Oberbauchtrauma vor, ist bei gegebenen Voraussetzungen die Indikation für eine ggf. auch präklinisch durchzuführende Notfallthorakotomie gegeben (Clamshell-Zugang; [22, 59, 65]).

Die S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung ist als PDF-Dokument zum Download frei verfügbar (<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/012-019.html>).



**Abb. 1** ◀ Traumatisch bedingter Herz-Kreislauf-Stillstand. *ATLS* Advanced Life Support, *CPR* kardiopulmonaler Reanimation. (© German Resuscitation Council (GRC) und Austrian Resuscitation Council (ARC) 2015 [59])

## Kurskonzepte

### Präklinische Situation

**Prehospital Trauma Life Support.** Das aus den USA stammende PHTLS®-Konzept richtet sich an alle Berufsgruppen, die Schwerverletzte in der präklinischen Situation behandeln und damit auch die Einsatzstelle sehen und beurteilen können. Im Vordergrund von PHTLS® stehen die schnelle und prioritätenorientierte Einschätzung und Behandlung des Patienten sowie eine schnelle Entscheidung über dessen Transportpriorität. Ziel ist die Senkung der traumabedingten Morbidität und Letalität [6].

Der „primary survey“ beginnt mit der Erfassung eines allgemeinen und ganzheitlichen Eindrucks des Patienten. Simultan werden Atmung, Kreislauf und neurologische Situation des Patienten

eingeschätzt, um schwerwiegende, offensichtliche Probleme bezüglich Oxygenierung und Kreislauf, bestehender Blutungen oder grober Deformationen zu erkennen. Zeigt der Patient schon während des Primary survey keinerlei Lebenszeichen, wird sofort und ohne Verzögerung mit Thoraxkompressionen begonnen, die nach den bereits oben angeführten ERC-Leitlinien durchgeführt werden sollen [38]. Herz-Kreislauf-Stillstände medizinischer Ursache können am besten vor Ort stabilisiert und behandelt werden. Im Gegensatz dazu ist bei traumatisch verursachten Herz-Kreislauf-Stillständen am ehesten der unverzügliche Transport in ein Traumazentrum angezeigt. Wenn der Patient initial mit einer PEA oder einer Asystolie vorgefunden wird, soll nach einer möglichen reversiblen Ursache

des Herz-Kreislauf-Stillstands in Form von Hypovolämie, Hypothermie, Spannungspneumothorax und Herzbeutel-tampnade gesucht werden. Infusionen, Wärmezufuhr und Thoraxentlastung sind mögliche indizierte Maßnahmen [3].

Im Allgemeinen empfiehlt das PHTLS®-Konzept nicht die prähospitalen Anlage einer Thoraxdrainage, da diese Zeit benötigt, mit potentiellen Komplikationen behaftet ist, Infektionen verursachen kann und wesentlich vom Trainingszustand des Anwenders abhängt. Im Gegensatz zu der Empfehlung des ERC, die beidseitige Thoraxostomie mithilfe eines Skalpells durchzuführen, präferiert das PHTLS® eine Thoraxentlastungspunktion mithilfe einer Nadel (Nadeldekompression).

Generell stellt der Algorithmus die Atemwegssicherung (A), die Optimierung des pulmonalen Gasaustauschs (B) und die Kreislaufstabilisierung durch Verminderung des Blutverlusts (C) in den Vordergrund. Nachfolgend kommen die Beschreibung von neurologischen Einschränkungen (D) sowie das Untersuchen des entkleideten Patienten und die Vermeidung einer Hypothermie (E) zwar zum Tragen, rücken aber eher in den Hintergrund [62]. Das Manual ist im Rahmen eines PHTLS®-Kurses verfügbar.

**International Trauma Life Support.** Das Kurssystem ITLS® wurde ebenfalls in den USA entwickelt [8]. In der inzwischen 8. Ausgabe der ITLS®-Empfehlungen wird der traumatische Herz-Kreislauf-Stillstand als einzigartiges Erkrankungsbild beschrieben, da es die prähospitalen Rettungskräfte mit einem „gesunden“ Herzen konfrontiert, das durch einen Unfallmechanismus nicht mehr seine originäre Aufgabe erfüllt. Aus diesem Grund ist die Unterscheidung sehr wichtig, ob der Herz-Kreislauf-Stillstand durch eine andere Ursache als den Traumamechanismus herbeigeführt wurde und sekundär ein Trauma verursacht hat.

Der Schwerpunkt des ITLS®-Algorithmus liegt im schnellen Erkennen und Behandeln aller potenziell reversiblen Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands. Die Untersuchung auf eine potenziell reversible Ursache soll während des Transports in ein geeignetes Zielkrankenhaus und während der laufenden Reanimationsmaßnahmen durch eine eigens dafür abgestellte Fachkraft erfolgen. Die Thoraxkompressionen nehmen in diesem Konzept aufgrund der reduzierten Effektivität nur eine nachgeordnete Rolle ein, werden aber nach den Empfehlungen des ERC durchgeführt.

Das ITLS®-Konzept gibt darüber hinaus konkrete Empfehlungen zur Therapie des Herz-Kreislauf-Stillstands nach Trauma bei Schwangeren. Dieser soll genauso behandelt werden wie bei nichtschwangeren Frauen, die prähospital Volumenzufuhr sollte jedoch auf 4l angehoben werden [8]. Auch der Umgang

mit Patienten nach Stromschlag wird im ITLS®-Konzept beschrieben.

Das ITLS®-Konzept empfiehlt eine Beendigung der Reanimationsmaßnahmen, wenn der Patient länger als 10 min vor Ankunft des Rettungsdienstes keine Vitalzeichen zeigt, nach Behandlung der reversiblen Ursachen kein ROSC erreicht werden kann, sich im EKG-Bild eine Asystolie darstellt oder das etCO<sub>2</sub> unter 1,3 kPA beträgt [8].

**TraumaManagement.** In Deutschland werden seit mehreren Jahren aus dem angloamerikanischen Raum übernommene, etablierte Kurssysteme für die Schockraum- oder präklinische Versorgung (wie die bisher genannten Kurssysteme) angeboten. Das Kursformat „TraumaManagement“ hat sich zum Ziel gesetzt, die internationalen Kurssysteme an das deutsche System mit Notarzt und Rettungsdienstfachpersonal anzupassen. Hierbei wird sich an den strukturellen und gesetzlichen Rahmenbedingungen orientiert. Es basiert z. T. auf dem ATLS®-Konzept, jedoch unter Anpassung an den prähospitalen Versorgungskontext. Zusätzlich werden im TraumaManagement-Kurs Aspekte des Crew Resource Management (CRM) betrachtet und gelehrt.

Für den traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand bedeutet dies, dass wie in den amerikanischen Empfehlungen die reversiblen Ursachen festgestellt und behandelt werden müssen, um Voraussetzungen für das Wiedereinsetzen einer suffizienten Herzaktion zu schaffen. Die Bedeutung des Verletzungsmusters und die Konsequenz für das Outcome des Patienten werden in diesem Format im Gegensatz zu den vorher beschriebenen amerikanischen Formaten differenziert beschrieben. Im Unterkapitel Thoraxdrainage wird darauf eingegangen, dass die definitive Versorgung eines Pneumothorax bzw. Spannungspneumothorax in der Einlage einer Thoraxdrainage besteht. Wegen der erheblichen Anforderungen an die Hygiene sollte die präklinische Anlage einer Thoraxdrainage auf besondere Ausnahmesituationen beschränkt bleiben, wenn z. B. durch alleinige Thoraxpunktion die Situation nicht zu beherrschen ist [51].

## Innerklinische Situation

In diesem Abschnitt werden zwei gängige internationale Ausbildungskonzepte im Rahmen der Schockraumversorgung dargestellt. Auch hier liegt der Fokus auf der Betrachtung der Herangehensweise bei einem TCA.

**Advanced Trauma Life Support.** Der Algorithmus ATLS® beinhaltet ein standardisiertes, prioritätenorientiertes Schockraummanagement von Traumapatienten und ist die Grundlage vieler im vorliegenden Beitrag vorgestellter Konzepte nach dem Prinzip, die bedrohlichsten Verletzungen und Störungen der Vitalfunktionen des Patienten schnell zu erfassen und zu behandeln („treat first what kills first“; [5]). Ziele sind die schnelle und genaue Einschätzung des Zustands des Traumapatienten sowie die prioritätenorientierte Behandlung [61]. Vom ATLS® ausgehend wurden verschiedene Konzepte zur Traumaversorgung durch den Rettungsdienst abgeleitet (z. B. ITLS® und PHTLS®). Der Algorithmus stellt die Atemwegssicherung (A), die Optimierung des pulmonalen Gasaustauschs (B) und die Kreislaufstabilisierung durch Verminderung des Blutverlusts (C) in den Vordergrund [1]. Sollten massive äußere Blutungen vorliegen, wird nach dem c-ABC-Schema verfahren.

Im Fall eines Herz-Kreislauf-Stillstands sollte sofort mit einer Reanimation begonnen bzw. diese fortgeführt werden. Zur Behandlung von reversiblen Ursachen, wie beispielsweise dem Spannungspneumothorax, legt der ATLS® fest, dass dieser spätestens nach der Ankunft im Schockraum mithilfe einer Thoraxdrainage weiterbehandelt werden soll [61]. Bei gegebener Indikation kann eine Notfallthorakotomie in Betracht gezogen werden. Hier wird betont, dass ein entsprechend ausgebildeter und erfahrener Chirurg beim Eintreffen des Polytraumapatienten anwesend sein soll, um unverzüglich über die Indikationen und Erfolgchancen einer Notfallthorakotomie entscheiden zu können. Nach erfolgter Notfallthorakotomie kann die Reanimation mit offener Herzdruckmassage durchgeführt werden. Die Thorakotomie soll nach beidseitiger Dekompression der Pleura bei weiterhin

Hier steht eine Anzeige.



fehlendem Spontankreislauf angewendet werden [30].

Angelehnt an den ATLS® wurden verschiedene Formate, z. B. für Studenten (Trauma Evaluation and Management, TEAM®), für die präklinische Situation (PHTLS®) und die Ausbildung der Pflegekräfte im Schockraum (Advanced Trauma Care for Nurses, ATCN) entwickelt [26]. Diese Formate können als Konzept zusammengefasst werden, das den „individuellen Allrounder“ ausbildet.

**European Trauma Course.** Der ETC entstand in Kooperation mit dem ERC, der European Society of Anaesthesiology (ESA), der European Society for Emergency Medicine (EuSEM) und der European Society for Trauma and Emergency Surgery (ESTES). Im Jahr 2006 konnte der erste ETC in Malta durchgeführt werden [15]. Beim ETC stellen Ärzte in Ausbildung die primäre Zielgruppe dar. Da aber z. B. in Deutschland auch andere Berufsgruppen an der Versorgung polytraumatisierter Patienten beteiligt sind, sollen auch diese Berufsgruppen in das Programm eingebunden werden [26].

Innerhalb von 2,5 Tagen werden die verschiedenen Fachdisziplinen, die an der weiterversorgenden innerklinischen Schockraumbehandlung beteiligt sind, auf die Erstbehandlung von Traumapatienten geschult [58].

Der erste Trainingstag beschäftigt sich mit dem Primary survey. Der zweite Trainingstag behandelt den „secondary survey“ und besondere Patientengruppen wie Kinder oder Schwangere [40]. Im ETC wird auf die Notfallthorakotomie genau eingegangen, und im Gegensatz zu anderen Kursformaten wird die Pleuraeröffnung mithilfe eines Skalpells der Nadeldekompression vorgezogen. Die Nadeldekompression sollte zum Einsatz kommen, wenn kein Skalpell zur Verfügung steht [41].

**S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung – Schockraum.** Im Kap. „Schockraum“ findet sich ein eigener Abschnitt „Reanimation“. Hier wird auf die Wichtigkeit der präklinischen Versorgung bis hin zur Reaktionszeit

in einem Traumazentrum eingegangen. Des Weiteren wird das Augenmerk auf die Thoraxkompressionen als zentrale Basismaßnahme beim Herz-Kreislauf-Stillstand gelegt, jedoch auch die Ineffizienz bei Hypovolämie, Spannungspneumothorax oder einer Perikardtamponade beschrieben. Aufgrund dieser Tatsache kommen die Autoren der S3-Leitlinie zu dem Fazit, dass Thoraxkompressionen beim TCA eine geringere Priorität im Vergleich zur sofortigen Behandlung der oben genannten reversiblen Ursachen haben (z. B. Thorakotomie, Blutungskontrolle; [37]).

Die Indikationsstellung zur Reanimation des Traumapatienten soll gemäß der jeweils aktuellsten Form der ERC-Leitlinien erfolgen; bei gegebener Indikation sollen Reanimationsmaßnahmen begonnen bzw. fortgeführt werden [29]. Das medizinische Personal des Schockraums sollte maximal 10s nach dem Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein eines zentralen Pulses fahnden. Im Zweifelsfall oder bei vorliegenden anderen klinischen Zeichen, die einen Herz-Kreislauf-Stillstand wahrscheinlich machen (z. B. Atemstillstand), sollte unverzüglich mit den Reanimationsinterventionen begonnen werden [18].

In der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung wird im Kap. Schockraum, Abschn. Reanimation auch darauf eingegangen, dass eine Notfallthorakotomie nach stumpfem Trauma im Schockraum nichtindiziert ist. Wenn sich der Herz-Kreislauf-Stillstand jedoch erst mit der Aufnahme in das Krankenhaus bzw. mit der Übergabe in den Schockraum entwickelt, sollte insbesondere bei penetrierendem Trauma eine sofortige Thorakotomie erfolgen.

Lassen sich während der CPR keine reversiblen Ursachen feststellen, oder führt deren Beseitigung nicht zum ROSC, soll die Reanimation abgebrochen werden.

## Diskussion

### Gemeinsame Basis der Algorithmen und Ausbildungskonzepte

Alle vorgestellten Konzepten basieren im Wesentlichen auf Leitlinien des American College of Surgeons Committee on

Trauma; International ATLS Working Group, der American Heart Association, des ERC und der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung). Eine weitere Gemeinsamkeit und ein wesentlicher Aspekt der erfolgreichen Verbesserung in der Versorgung von Schwerverletzten und Patienten mit TCA ist, dass allen Konzepten zugrunde liegende initiale Vorgehen gemäß dem ABCDE-Schema. Der Vorteil ist die „gemeinsame Sprache“. Dies erleichtert die Zusammenarbeit, strukturiert das präklinische und das klinische Vorgehen und trägt wesentlich zur Standardisierung der Traumaversorgung bei. Eine weitere Gemeinsamkeit der vorgestellten Formate liegt in Analogie mit den Empfehlungen des ERC und der S3-Leitlinie Polytrauma in der Priorisierung der Diagnostik und Therapie reversibler Ursachen nach der Diagnose des Herz-Kreislauf-Stillstands. Im Sinne des bereits zitierten „treat first what kills first“ ist die schnelle und zielgerichtete Behandlung eines z. B. schwer blutenden Patienten von besonderer Bedeutung [45]. Bei massiven Blutungen hat die effektive und unmittelbare Blutungskontrolle die oberste Behandlungspriorität. Auch die ERC Guidelines finden sich in allen Kurskonzepten wieder, da immer wieder auf aktuelle Richtlinien und Guidelines verwiesen wird. Diese Guidelines weisen darauf hin, dass Thoraxkompressionen die zentrale Basismaßnahme bei Herz-Kreislauf-Stillständen aller Art und unabhängig von der Ätiologie darstellen.

Bei vorliegender Hypovolämie, Spannungspneumothorax oder einer Perikardtamponade sind Thoraxkompressionen aber nicht so effektiv wie bei einem nichttraumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand und sind daher nachrangig zu Diagnostik und Therapie reversibler Ursachen wie Blutungskontrolle, Entlastungspunktion oder Notfallthorakotomie. Aus diesem Grund wird betont, dass die erweiterten lebensrettenden Maßnahmen gleichzeitig mit der Behandlung der reversiblen Ursachen vorzunehmen sind [58].

**Tab. 1** Empfehlungen der Konzepte

	ATLS®	ITLS®	PHTLS®	ERC	Trauma-Management	S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung	ETC
Vitalfunktionen	X	X	X	X	X	X	X
Airway	X	X	X	X	X	X	X
Breathing	X	X	X	X	X	X	X
Circulation	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thoraxdekompression durch ...</i>							
Thoraxpunktion	–	–	Empfohlen	–	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen
Thoraxdrainage	–	–	Erst in der Klinik	–	Erst in der Klinik	Empfohlen	–
Notfallthorakotomie	Durch Chirurgen im Schockraum	–	Erst in der Klinik	Empfohlen	Erst in der Klinik	Bei penetrierendem Thorax-/Oberbauchtrauma empfohlen	–
Abbruch der Maßnahmen	–	Über 10 min vor Ankunft des Rettungsdienstes keine Vitalzeichen oder kein ROSC nach Behandlung der reversiblen Ursachen	–	Nach Ausschluss der reversiblen Ursachen und kein ROSC	–	Nach Ausschluss der reversiblen Ursachen und kein ROSC	–
Sonstiges	–	Ursachensuche während der Fahrt in die nächste geeignete Klinik	–	–	Betrachtung der Unfallstelle und Verletzungsursache/-mechanismus	Kapitel für präklinische Reanimation und Behandlung im Schockraum	–

ATLS® Advanced Trauma Life Support, ERC European Resuscitation Council, ETC European Trauma Course, ITLS® International Trauma Life Support, PHTLS® Prehospital Trauma Life Support, ROSC „return of spontaneous circulation“ (Rückkehr des Spontankreislaufs)

### Einzelne Algorithmen, Ausbildungskonzepte und ihre Schwerpunkte

Der ATLS®-Algorithmus beinhaltet das prioritätenorientierte Schockraummanagement [4]. Außer bei massiven äußeren Blutungen wird nach dem ABCDE-Schema vorgegangen, mit dem Schwerpunkt der Behandlung der reversiblen Ursachen. Bei massiven äußeren Blutungen greift das cABC-Schema. Hier soll die Empfehlung erwähnt sein, die Thoraxdrainage, bei z. B. einem Spannungspneumothorax, im Schockraum zu legen [60]. Die Thorakotomie wird eine Schockraummaßnahme, die durch einen Chirurgen und nicht in der präklinischen Situation durchgeführt werden soll [30].

Die großen Gemeinsamkeit der beiden innerklinischen Kurskonzepte ATLS® und ETC ist das Ziel, den Teilnehmenden eine gleiche Sprache („ABCDE“) durch die strukturierte und

standardisierte innerklinische Versorgung beizubringen. Das ATLS®-Konzept vermittelt die Grundlagen der Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten. Hierbei liegt der Schwerpunkt – anders als beim ETC – auf Anfängern und Fortgeschrittenen in der Schwerverletztenversorgung. Das Kurskonzept ATLS® hat in über 50 Ländern mehr als 1.000.000 Ärzte zertifiziert und sich im Sinne einer „gleichen Sprache“ zum weltweit erfolgreichsten medizinischen Trainingsprogramm entwickelt [26].

Das ITLS®-Konzept wiederum setzt den Schwerpunkt auf das aggressive Management des Atemwegs und eine Ventilation mit hoher Sauerstoffkonzentration in der prähospitalen Phase der Traumapatientenversorgung. Als möglicher Schwachpunkt des ITLS® kann festgestellt werden, dass dieses Konzept eine Beendigung der Reanimationsmaßnahmen empfiehlt, wenn der Patient länger als 10 min vor Ankunft des Rettungsdienstes keine Vitalzeichen zeigt. Hier

stellt sich die Frage nach der validen Beurteilung dieser Zeitspanne.

Da der PHTLS®-Behandlungsablauf auf den gleichen Überlegungen basiert wie der für das Schockraummanagement bereits etablierte ATLS®-Kurs, kann dieses Konzept bei der Übergabe und der Behandlung in der Klinik fortgeführt werden. Auch hier stellt die gemeinsame Sprache mit allseits bekannten Definitionen und Zielen einen sehr wichtigen Beitrag zur effektiven Versorgung von Traumapatienten dar. In diesem Kurskonzept wird immer wieder auf den schnellen Abtransport des Patienten in ein geeignetes Traumazentrum verwiesen.

Indes sind ITLS® und PHTLS® in Deutschland nicht unumstritten [27, 33, 35, 39]. Diese Kurse wurden für das US-amerikanische Paramedics-System entwickelt und werden in Deutschland ohne wesentliche Anpassung an das deutsche System angeboten. In einem Paramedics-System ist das Personal anders ausgebildet und qualifiziert als im

Deutschen notarztgestützten, dualen Rettungsdienstsystem. Es sollte auch nicht vergessen werden, dass sich rechtliche und organisatorische Rahmenbedingungen unterscheiden.

Das an das deutsche Rettungsdienstsystem angepasste TraumaManagement zeichnet sich durch die Betonung der Betrachtung der Unfallstelle, im Gegensatz zu den anderen Empfehlungen, aus. Wie auch beim PHTLS® wird die Thoraxentlastung durch eine Punktion favorisiert, denn wegen der erheblichen hygienischen Anforderungen sollte die präklinische Anlage einer Thoraxdrainage auf besondere Ausnahmesituationen beschränkt bleiben.

Die S3-Leitlinie Polytrauma betont in ihren Empfehlungen die Notwendigkeit eines eigenständigen präklinischen Algorithmus, der Thorax- und Perikardentlastung, Stabilisierung bei Beckenfrakturen und Kontrolle externer Blutungen beinhaltet [37]. Während der leitliniengerechten CPR sollen auch hier die reversiblen Ursachen diagnostiziert und ausgeschlossen und/oder therapiert werden.

Liegt ein Herz-Kreislauf-Stillstand nach penetrierendem Thorax- oder Oberbauchtrauma vor, wird auf die Indikation einer Notfallthorakotomie verwiesen.

### Besondere Rolle der invasiven Thoraxdekompression

In allen Konzepten ist die Wichtigkeit der Thoraxdekompression thematisiert. Dabei wird gerade die Nadeldekompression als einfache, geeignete und häufig wirksame Maßnahme beim Pneumothorax beschrieben. Nur der ETC zieht die Entlastung mithilfe der Thorakotomie vor, verweist jedoch bei der Nichtverfügbarkeit eines Skalpell auf diese Variante. Jedoch soll bei ungenügender oder gar fehlender Wirksamkeit der Nadeldekompression unverzüglich eine chirurgische Dekompression vorgenommen werden. Hierbei zeigt sich, dass in präklinischen Studien bei 12–60 % der Patienten eine klinische Verbesserung beobachtet werden konnte [2, 9, 19].

Andere Arbeiten beschäftigen sich mit den negativen Auswirkungen der immer häufiger angewandten invasiven Maß-

nahme. Hierbei wird beschrieben, dass die Anzahl der Nadeldekompressionen weit über die Inzidenz des Pneumothorax hinausgeht [35]. So hat eine Untersuchung bei Traumapatienten festgestellt, dass von 19 Patienten lediglich 4 einen Pneumothorax aufwiesen und davon wiederum nur 2 einen Spannungspneumothorax. Von diesen 2 Patienten mit Spannungspneumothorax war nur einer adäquat mit einer Nadel dekompriert worden [11]. Auch sollte eine erfolgreich durchgeführte Thoraxdekompression mithilfe einer Nadel baldmöglichst mit einer Thoraxdrainage fortgeführt werden, um Komplikationen wie einer Abknickung der Nadel oder einer möglichen Dislokation vorzubeugen [16].

Die Wichtigkeit der invasiven Maßnahmen vor Ort wird auch von Buschmann et al. betont. Gerade die individuelle Behandlung durch invasive Maßnahmen des Patienten vor Ort mit dem Preis der Verlängerung der Rettungszeit am präklinischen Unfallort wird als Schlüssel einer erfolgreichen Traumatherapie bezeichnet. Die Autoren stellen des Weiteren fest, dass weniger Traumapatienten an ihren Verletzungen verstarben, wenn sie durch Personal der Luftrettung versorgt worden waren. Dies könnte sich auf die größere Erfahrung mit invasiven präklinischen Maßnahmen (wie der präklinischen Thorakotomie [12]) erklären lassen [7].

Durch die beschriebenen, invasiven Maßnahmen unterscheidet sich das Vorgehen beim TCA deutlich von den Maßnahmen des Universalalgorithmus für die nichttraumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstände, bei denen v. a. kardiale Ursachen überwiegen. Basierend auf retrospektiven Analysen von Patientenkollektiven, überwiegend aus den 1980er- bis 1990er-Jahren, wird in den ERC Guidelines 2005 eine durchschnittliche Überlebensrate von rund 2 % und ohne gravierende neurologische Defizite von nur 0,8 % angegeben, wobei für die penetrierenden Verletzungen ein gering besseres Überleben zu verzeichnen ist als für das stumpfe Trauma [54]. Mittlerweile liegen zu den Behandlungsergebnissen bei traumatisch bedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand weitere Erkenntnisse vor,

die die vorgenannten Daten hinsichtlich eines positiven Ergebnisses aber bei Weitem übertreffen: In einer Auswertung des TraumaRegisters DGU® von 10.359 Patienten aus dem Zeitraum 1993–2004 konnten 17,2 % der polytraumatisierten Patienten nach einem traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstand erfolgreich wiederbelebt werden, 9,7 % davon mit wenigen bis moderaten neurologischen Einschränkungen. Es wurden 77 (10 %) der reanimierten Patienten in der Klinik notfallthorakotomiert, mit einer Überlebensrate von 13 % [28].

Auch die Daten aus dem Deutschen Reanimationsregister zeigen Wiederbelebungsraten nach dem traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand von 23,9 % und eine Entlassungsrate aus dem Krankenhaus von 4,1 % [14] an. Mitchell et al. zeigten in einer Untersuchung aus dem Jahr 2015 Überlebensraten nach Herz-Kreislauf-Stillstand von 27 % [43]. Diese Überlebensraten sind durch die meistens fehlende relevante kardiovaskuläre Vorerkrankung vom Herz-Kreislauf-Stillstand innerer Ursache zu erklären [34]. Mithilfe der Behandlung der reversiblen Ursachen und einer weiteren Verbesserung dieser genannten Konzepte kann das Patienten-Outcome noch besser werden [23].

Buschmann et al. bemerken jedoch, dass bei Reanimation nach traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand zu oft keine Thoraxdekompressionen durchgeführt wurde und stellen einen Vorschlag zur strukturierten Abarbeitung einer traumatisch bedingten Reanimation vor [7]. Leigh-Smith und Harris zeigten jedoch auf, dass eher zu viel entlastet wurde, da die Autoren feststellten, dass die Zahl der Nadeldekompressionen weit über die Inzidenz des Pneumothorax hinausgeht [35]. Hier wird als Konsequenz der Wunsch nach einem eigenen Algorithmus bestärkt, welcher in Kursformaten bei denen der traumatische Herz-Kreislauf-Stillstand thematisiert wird, gelehrt werden kann.

### Fazit für die Praxis

- Die Versorgung schwer verletzter Patienten ist und bleibt eine der

größten Herausforderungen in der präklinischen Notfallmedizin; eine ebenso große Herausforderung stellt die Behandlung des polytraumatisierten Patienten im Schockraum dar.

- Die gezielte Ausbildung aller Beteiligten und einfache Algorithmen helfen dabei, den Patienten strukturiert zu untersuchen, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen und damit das Überleben der Patienten zu verbessern.
- Bei den betrachteten Ausbildungskonzepten stellt sich die Frage, ob nicht nur eine Unterscheidung zwischen dem rettungsdienstlichen Fachpersonal und dem Notarzt, sondern auch eine Differenzierung zwischen dem Notarzt und einem Notarzt, der alle notwendigen invasiven Maßnahmen trainiert hat und diese sicher beherrscht, stattfinden sollte.
- Zusammenfassend ist der Grad an Training und Erfahrung als absolut essenziell für ein effektives präklinisches Traumamangement anzusehen.

## Korrespondenzadresse

### B. Jakisch, M.Sc

Deutsches Reanimationsregister, Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Arnold-Heller-Str. 3, Haus 808, 24105 Kiel, Deutschland  
jakisch@reanimationsregister.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** B. Jakisch, J.-T. Gräsner, S. Seewald, N. Renzing und J. Wnent geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

## Literatur

1. American College of Surgeons, Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (2013) Advanced trauma life support® student manual. J Trauma Acute Care Surg 74(5):1363–1366 (1. Deutsche Auflage, basierend auf der 9. englischen Auflage)

2. Barton ED, Epperson M, Hoyt DB et al (1995) Prehospital needle aspiration and tube thoracostomy in trauma victims: A six-year experience with aeromedical crews. J Emerg Med 13(2):155–163
3. Bernhardt M (Hrsg) (2011) Präklinisches Traumamangement, 2. Aufl. Elsevier Urban & Fischer, München
4. Bouillon B, Krämer M, Lechleuthner A et al (1992) Polytrauma – präklinische Erfordernisse, Rettungsmittel, Rettungszeiten. Unfallchirurgie 18(2):85–90
5. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK et al (2004) Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support (ATLS) im Schockraum. Unfallchirurg 107(10):844–850
6. Brokmann JC, Dönitz S (Hrsg) Präklinisches Traumamangement, 3. Aufl. Elsevier, München
7. Buschmann C, Tsokos M, Kleber C (2015) Vermeidbare Todesfälle nach Trauma. Notfall Rettungsmed 18(4):316–324
8. Campbell JE (2007) Präklinische Traumatologie, 5. Aufl. Pearson Studium, München
9. Conces DJ, Tarver RD, Gray WC et al (1988) Treatment of pneumothoraces utilizing small caliber chest tubes. Chest 94(1):55–57
10. Crewdson K, Lockey D, Davies G (2007) Outcome from paediatric cardiac arrest associated with trauma. Resuscitation 75(1):29–34
11. Cullinane DC, Morris JA, Bass JG et al (2001) Needle thoracostomy may not be indicated in the trauma patient. Injury 32(10):749–752
12. Davies GE, Lockey DJ (2011) Thirteen survivors of prehospital thoracotomy for penetrating trauma: A prehospital physician-performed resuscitation procedure that can yield good results. J Trauma 70(5):e75–e78
13. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2010) Mitteilung und Nachrichten (Oktober 2010)
14. Deutsches Reanimationsregister (2018) Auswertung von Trauma-CPR von 2000 bis 2017
15. European Trauma Course—The Team Approach to Trauma (2019) Development of the ETC. <http://europeatraumacourse.com/development-of-the-etc/>. Zugegriffen: 3. Dez. 2018
16. Di Bartolomeo S, Sanson G, Nardi G et al (2001) A population-based study on pneumothorax in severely traumatized patients. J Trauma 51(4):677–682
17. Donaubauber B, Fakler J, Gries A et al (2014) Interdisziplinäres Traumamangement: Update 3 Jahre nach Implementierung der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletzten-Behandlung. Anaesthesist 63(11):852–864
18. Dowd MD, Krug S (1996) Pediatric blunt cardiac injury: Epidemiology, clinical features, and diagnosis. Pediatric Emergency Medicine Collaborative Research Committee: Working Group on Blunt Cardiac Injury. J Trauma 40(1):61–67
19. Eckstein M, Suyehara D (1998) Needle thoracostomy in the prehospital setting. Prehosp Emerg Care 2(2):132–135
20. Engdahl J, Herlitz J (2005) Localization of out-of-hospital cardiac arrest in Göteborg 1994–2002 and implications for public access defibrillation. Resuscitation 64(2):171–175
21. Evans CCD, Petersen A, Meier EN et al (2016) Prehospital traumatic cardiac arrest: Management and outcomes from the resuscitation outcomes consortium epistroy-trauma and PROPHET registries. J Trauma Acute Care Surg 81(2):285–293
22. Flaris AN, Simms ER, Prat N et al (2015) Clamshell incision versus left anterolateral thoracotomy. Which one is faster when performing a resuscitative thoracotomy? The tortoise and the hare revisited. World J Surg 39(5):1306–1311
23. Giannoudi M, Harwood P (2016) Damage control resuscitation: Lessons learned. Eur J Trauma Emerg Surg 42(3):273–282
24. Gräsner J-T, Wnent J, Seewald S et al (2011) Cardiopulmonary resuscitation traumatic cardiac arrest—there are survivors. An analysis of two national emergency registries. Crit Care 15(6):R276
25. Hinnenkamp H, Lück M, Brenscheidt S (2017) Unfallstatistik 2015. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund
26. Helm M, Kulla M, Bouillon B et al (2010) Innerklinisches Traumamangement – Vergleich aktueller Kurskonzepte. Notfmed up2date 5(01):9–24
27. Hoedtke J, Knacke P, Marung H et al (2010) Polytraumaversorgung – Quo vadis? – Von goldenen Stunden, platinen Minuten. Notarzt 26(05):209–215
28. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick M et al (2007) Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest. Resuscitation 75(2):276–285
29. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick L-M et al (2009) Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: A retrospective, multicentre study. Lancet 373(9673):1455–1461
30. Jauch KW, Mutschler W, Hoffmann JN et al (2012) Chirurgie Basisweiterbildung: In 100 Schritten durch den Common Trunk. Springer, Berlin, Heidelberg
31. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M et al (2013) Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: Need to change prehospital management strategies and trauma management education. World J Surg 37(5):1154–1161
32. Kleber C, Giesecke MT, Lindner T et al (2014) Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: Epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin. Resuscitation 85(3):405–410
33. Kopschina C, Stangl R (2008) Schulungskonzept präklinisches Traumamangement. Integration von Notarzt und Rettungsdienst. Unfallchirurg 111(8):641–644
34. Leidel BA, Kanz K-G (2016) Reanimation nach Trauma. Med Klin Intensivmed Notfmed 111(8):695–702
35. Leigh-Smith S, Harris T (2005) Tension pneumothorax—time for a re-think? Emerg Med J 22(1):8–16
36. Leis CC, Hernández CC, Blanco MJG-O et al (2013) Traumatic cardiac arrest: Should advanced life support be initiated? J Trauma Acute Care Surg 74(2):634–638
37. Lendemann S, Ruchholtz S (2012) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletzten-Behandlung. Schockraumversorgung. Unfallchirurg 115(1):14–21
38. Letalität des Polytraumas. <http://www.aerztezeitung.at/archiv/oeaez-2006/oeaez-11-10062006/letalitaet-des-polytraumas.html> Zugriff am 5. Apr. 2018
39. Lockey D, Crewdson K, Davies G (2006) Traumatic cardiac arrest: Who are the survivors? Ann Emerg Med 48(3):240–244
40. (2009) The European Trauma Course (ETC) and the team approach: past, present and future. Resuscitation 80(10):1192–1196
41. Lott C, Araujo R, Cassar MR et al (2009) The European Trauma Course (ETC) and the team approach: Past, present and future. Resuscitation 80(10):1192–1196

42. Luna GK, Pavlin EG, Kirkman T et al (1989) Hemodynamic effects of external cardiac massage in trauma shock. *J Trauma* 29(10):1430–1433
43. Mitchell TA, Waldrep KB, Sams VG et al (2015) An 8-year review of operation enduring freedom and operation iraqi freedom resuscitative thoracotomies. *Mil Med* 180(3 Suppl):33–36
44. Montgomery HR, Butler FK, Kerr W et al (2017) TCCC guidelines comprehensive review and update: TCCC guidelines change 16–03. *J Spec Oper Med* 17(2):21–38
45. Mosch C (2016) Kurzversion der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Berlin
46. Nerlich M, Kerschbaum M, Ernstberger A (2017) Polytrauma-Management – präklinisches Handling und Schockraumversorgung. *Notfall Rettungsmed* 20(7):596–601
47. Peden M, McGee K, Sharma G (2002) The injury chart book: a graphical overview of the global burden of injuries. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42566/924156220X.pdf>. Zugegriffen: 3. Dez. 2018
48. Pfeifer R, Tarkin IS, Rocos B et al (2009) Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients—has anything changed? *Injury* 40(9):907–911
49. Powell DW, Moore EE, Cothren CC et al (2004) Is emergency department resuscitative thoracotomy futile care for the critically injured patient requiring prehospital cardiopulmonary resuscitation? *J Am Coll Surg* 199(2):211–215
50. Schlechtriemen T, Schaefer S, Stolpe E et al (2002) Präklinische Versorgung von Traumapatienten in der Luftrettung. Ergebnisse des medizinischen Qualitätsmanagements bei Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma und Polytrauma der Jahre 2000 und 2001. *Unfallchirurg* 105(11):974–985
51. Seamon MJ, Fisher CA, Gaughan JP et al (2008) Emergency department thoracotomy: Survival of the least expected. *World J Surg* 32(4):604–612
52. Seekamp A (Hrsg) (2018) *Das Trauma-Buch*, 3. Aufl. Stumpf + Kossendey, Edewecht
53. Shimazu S, Shatney CH (1983) Outcomes of trauma patients with no vital signs on hospital admission. *J Trauma* 23(3):213–216
54. Siriphanun V, Punjasawadwong Y, Lapisatepun W et al (2014) The initial success rate of cardiopulmonary resuscitation and its associated factors in patients with cardiac arrest within 24 hours after anesthesia for an emergency surgery. *Risk Manag Healthc Policy* 7:65–76
55. Soar J, Perkins G D, Abbas G et al (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 81(10):1400–1433
56. Stockinger ZT, McSwain NE (2004) Additional evidence in support of withholding or terminating cardiopulmonary resuscitation for trauma patients in the field. *J Am Coll Surg* 198(2):227–231
57. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018) *Verkehr: Verkehrsunfälle – Fachserie 8 Reihe 7* (Januar 2018)
58. Thies K, Gwinnutt C, Driscoll P et al (2007) The European Trauma Course—from concept to course. *Resuscitation* 74(1):135–141
59. Truhlar A, Deakin CD, Soar J et al (2015) Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen. Kapitel 4 der Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed.* <https://doi.org/10.1007/s10049-015-0096-71>
60. University of Maryland Medical Center History. <https://www.umms.org/ummc/health-services/shock-trauma/about/history>. Zugriff am 4. Aug. 2018
61. Vieten M, Kronenberg A, Arnscheidt C et al (Hrsg) (2015) *Advanced Trauma Life Support (ATLS)*, 1. Aufl. Elsevier Urban & Fischer, München
62. Working Group, Ad Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons-Committee on Trauma (2001) Practice management guidelines for emergency department thoracotomy. *J Am Coll Surg* 193(3):303–309
63. World Health Organization (2008) The global burden of disease: 2004 update. WHO, Genf
64. Willis CD, Cameron PA, Bernard SA et al (2006) Cardiopulmonary resuscitation after traumatic cardiac arrest is not always futile. *Injury* 37(5):448–454
65. Wise D, Davies G, Coats T et al (2005) Emergency thoracotomy: “How to do it”. *Emerg Med J* 22(1):22–24
66. Zwingmann J, Mehlhorn AT, Hammer T et al (2012) Survival and neurologic outcome after traumatic out-of-hospital cardiopulmonary arrest in a pediatric and adult population: A systematic review. *Crit Care* 16(4):R117

## Was bedeutet eigentlich das CrossMark-Logo im Beitrag?

Springer kennzeichnet seine Online-Zeitschriftenartikel mit dem CrossMark-Logo.



**CrossMark ist ein Kennzeichnungsservice von CrossRef. Die Beiträge sind so markiert, damit der Leser sofort erkennen kann, ob ihm die letzte und aktuell gültige Ausgabe eines Beitrags vorliegt.**

CrossMark ist eine Initiative mehrerer Verlage, die Lesern von Zeitschriften einen einheitlichen Standard liefern wollen, damit sie die jeweils gültige und aktuellste Ausgabe eines Artikels oder einer anderen Veröffentlichung bekommen. Durch das Markieren mit dem CrossMark-Logo verpflichtet sich Springer, die Inhalte immer auf dem aktuellsten Stand zu halten und den Lesern anzuzeigen, wann und ob Änderungen an dem Beitrag vorgenommen worden sind.

Der Kennzeichnungsservice CrossMark gibt Wissenschaftlern die Gewissheit, dass sie die jeweils aktuellste und somit die letztlich gültige Fassung eines Dokuments lesen. Durch einen einfachen Klick auf das CrossMark-Logo eines Artikels in der HTML-Version öffnet sich die Statusbox mit dem Hinweis, ob es sich hier um die letzte Fassung handelt oder ob Änderungen vorgenommen werden mussten. Dies könnten Verweise auf ein Erratum oder einen zurückgezogenen Artikel sein. Der Zugang zu Crossmark-Informationen muss von Verlagsseite kostenfrei möglich sein.

Mehr Informationen zum CrossMark-Service unter [www.crossref.org](http://www.crossref.org)