

publiziert bei:	 <b>AWMF online</b> Das Portal der wissenschaftlichen Medizin
-----------------	---

<b>AWMF-Register Nr.</b>	<b>040/014</b>	<b>Klasse:</b>	<b>S3</b>
--------------------------	----------------	----------------	-----------

## **Intensivmedizin nach Polytrauma**

### **S3-Leitlinie**

**der**

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)

**und**

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

Deutsche Gesellschaft für Angiologie (DGA)

Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH)

Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM)

Deutsche Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste (DGF)

Deutsche Gesellschaft für Geriatrie (DGG)

Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM)

Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensiv- und Notfallmedizin (DGIIN)

Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimal-invasive Therapie (DeGIR)

Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung (DGK)

Deutsche Gesellschaft für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)

Deutsche Gesellschaft für Neurointensiv- und Notfallmedizin (DGNI)

Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)

Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaft (DGP)

Deutsche Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie (DGPRÄC)

Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP)

Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT)

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)

Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin (DGV)

Deutsche Röntgengesellschaft (DRG)

Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV)

Deutscher Verband für Physiotherapie (ZVK)



Version: 1.0

## **Herausgebende**

Federführende Fachgesellschaft:

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.

Schumannstraße 2

10117 Berlin

Tel.: 030 / 40 00 56 07

Fax: 030 / 40 00 56 37

E-Mail: *info@divi.de*

### ***Bitte wie folgt zitieren:***

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.: S3-Leitlinie Intensivmedizin nach Polytrauma (AWMF Registernummer 040-014), Version 1.0 (30.01.2024), verfügbar unter: xxx. Zugriff am [Datum].

## Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

In dieser Leitlinie wurden fünf evidenzbasierte Empfehlungen formuliert, die im folgenden Abschnitt dargestellt werden. Weitere, konsensbasierte, Empfehlungen werden je Kapitel sowie im Leitlinienreport präsentiert.

5.3	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
	Bei Polytraumapatient*innen kann weder eine Empfehlung für noch gegen eine frühe Tracheotomie gegeben werden.	<b>Empfehlungsgrad</b> 0 
	<u>Literatur:</u>  Barquist ES, Amortegui J, Hallal A, Giannotti G, Whinney R, Alzamel H, et al. Tracheostomy in Ventilator Dependent Trauma Patients: A Prospective, Randomized Intention-to-Treat Study. 2006;60(1):91-7	<u>Qualität der Evidenz:</u>  Sterblichkeit: niedrig ⊕○○○  Dauer der mechanischen Beatmung: sehr niedrig Verweildauer ⊕○○○ ITS: sehr niedrig ⊕○○○  Beatmungsassoziierte Pneumonierate: sehr niedrig ⊕○○○
	Starker Konsens	

6.1	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
	Bei Polytraumapatient*innen kann weder eine Empfehlung für noch gegen die Gabe von Kristalloiden gegeben werden.	<b>Empfehlungsgrad</b> 0 
	<u>Literatur:</u>  Annane et al. 2013. Effects of Fluid Resuscitation with Colloids vs Crystalloidson Mortality in Critically Ill Patients Presenting with Hypovolemic Shock The CRISTAL Randomized Trial	<u>Qualität der Evidenz:</u>  28-Tage-Sterblichkeit: sehr niedrig ⊕○○○
	Starker Konsens	

7.5	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
Derzeit können aufgrund der geringen Evidenz keine differenzierten Empfehlungen zum geeigneten Zeitpunkt der definitiven chirurgischen Versorgung einer Beckenverletzung bei Polytraumapatient*innen formuliert werden.		<b>Empfehlungsgrad</b>  <b>0</b> 
<u>Literatur:</u> Vallier HA, Cureton BA, Ekstein C, Oldenburg FP, Wilber JH. Early definitive stabilization of unstable pelvis and acetabulum fractures reduces morbidity. J Trauma Acute Care Surg. 2010;69(3):677-84.		<u>Qualität der Evidenz:</u> Pneumonie: sehr niedrig ⊕○○○ ARDS: sehr niedrig ⊕○○○ Pulmonale Komplikationen: sehr niedrig ⊕○○○ Multiorganversagen: sehr niedrig ⊕○○○
Konsens		

7.7	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
Der Zeitpunkt der definitiven Versorgungsstrategie bei Femurschaftfraktur sollte an den Gesamtzustand der Polytraumapatient*innen angepasst werden.		<b>Empfehlungsgrad</b>  <b>B</b> 
<u>Literatur:</u> Pape HC, Rixen D, Morley J, et al. Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). Ann Surg. 2007;246(3):491-499; discussion 499-501.		<u>Qualität der Evidenz:</u> Hospitalisierungsdauer: sehr niedrig ⊕○○○ Verweildauer ITS: niedrig ⊕○○○ Dauer der maschinellen Beatmung: niedrig ⊕○○○

Rixen D, Steinhausen E, Sauerland S, et al. Randomized, controlled, two-arm, interventional, multicenter study on risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multiple-trauma patients. <i>Trials</i> . 2016;17:47.	
Starker Konsens	

7.8	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
	Im intensivmedizinischen Verlauf sollten bei Polytraumapatient*innen Verletzungen der langen Röhrenknochen möglichst frühzeitig definitiv versorgt werden.	<b>Empfehlungsgrad</b> <b>B</b> ↑
	<u>Literatur:</u> Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. <i>J Bone Joint Surg Am</i> . 1989;71(3):336-340. Lozman J, Deno DC, Feustel PJ, et al. Pulmonary and cardiovascular consequences of immediate fixation or conservative management of long-bone fractures. <i>Arch Surg</i> . 1986;121(9):992-999.	<u>Qualität der Evidenz:</u> Sterblichkeit: sehr niedrig ⊕○○○ Verweildauer ITS: sehr niedrig ⊕○○○
	Starker Konsens	

<b>HERAUSGEBENDE</b>	<b>1</b>
<b>DIE WICHTIGSTEN EMPFEHLUNGEN AUF EINEN BLICK</b>	<b>2</b>
<b>GELTUNGSBEREICH UND ZWECK</b>	<b>9</b>
<b>A. ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG</b>	<b>9</b>
<b>B. VERSORGUNGSBEREICH</b>	<b>9</b>
<b>C. PATIENT*INNENZIELGRUPPE</b>	<b>9</b>
<b>D. ADRESSATEN</b>	<b>9</b>
<b>E. WEITERE DOKUMENTE ZU DIESER LEITLINIE</b>	<b>9</b>
<b>ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE</b>	<b>10</b>
<b>LEITLINIENKOORDINATION/ANSPRECHPARTNER</b>	<b>10</b>
<b>BETEILIGTE FACHGESELLSCHAFTEN UND ORGANISATION</b>	<b>11</b>
<b>KAPITELAUTOREN</b>	<b>13</b>
<b>VORWORT</b>	<b>16</b>
<b>II. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN IM BEREICH INTENSIVMEDIZIN NACH POLYTRAUMA</b>	<b>17</b>
<b>1 INTERDISZIPLINÄRE UND INTERPROFESSIONELLE ZUSAMMENARBEIT UND KOMMUNIKATION</b>	<b>18</b>
1.1 PRINZIPIEN DER ZUSAMMENARBEIT IN DER POLYTRAUMAVERSORGUNG	18
1.2 OPTIMISIERTES SETTING FÜR ZUSAMMENARBEIT UND KOMMUNIKATION	19
1.3 BETEILIGTE FACHDISZIPLINEN UND PROFESSIONEN IN DER INTENSIVMEDIZINISCHEN POLYTRAUMA-VERSORGUNG	20
1.4 NOTWENDIGE RESSOURCEN	21
1.5 PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG DER PATIENT*INNEN-ÜBERGABE NACH POLYTRAUMA	22
1.6 DOKUMENTATIONSSTANDARDS ZUR ERFASSUNG DER INTENSIV-MEDIZINISCHEN KOMPLEXBEHANDLUNG	24
1.7 PATIENT*INNEN-KOMMUNIKATION	25
1.8 ANGEHÖRIGEN-KOMMUNIKATION	27
<b>2. AUFNAHME AUF DIE INTENSIVSTATION</b>	<b>33</b>
<b>2.1. INDIKATIONSSTELLUNG ZUR ITS-AUFNAHME</b>	<b>33</b>
<b>2.2 ANFORDERUNGSPROFIL AN AUSSTATTUNG EINER POLYTRAUMA-ITS</b>	<b>36</b>
2.3. MELDEKETTEN NACH ÜBERNAHME AUF DIE ITS	38
	5

2.4. UNTERSUCHUNG NACH ITS-AUFNAHME	39
2.5 TELEMEDIZIN AUF DER INTENSIVSTATION	40
<b>3. MONITORING</b>	<b>44</b>
3.1 KLINISCHES MONITORING	46
3.2 ORGANSPEZIFISCHES, APPARATIVES MONITORING	57
3.2.1 ZNS - INTRAKRANIELLE DRUCKMESSUNG	57
3.2.3 HERZ-KREISLAUF	58
3.2.4 NIERE	59
<b>4. BILDGEBUNG IM STATIONÄREN VERLAUF</b>	<b>61</b>
4.1 EINLEITUNG	61
4.2 BILDGEBUNGSMODALITÄTEN STATIONÄR UND IN DER RADIOLOGISCHEN ABTEILUNG	63
4.3 INDIKATION FÜR BILDGEBUNG VON/AUF DER INTENSIVSTATION	65
4.4 ABWÄGUNG THERAPEUTISCHER NUTZEN VS. GEFAHREN DURCH TRANSPORT	65
4.5.1 KRANIO-ZERVIKO-SPINALE VERLETZUNGEN	66
4.5.1.1 SCHÄDEL-HIRN-TRAUMA	66
4.5.1.2 ZERVIKALE DISSEKTION	66
4.5.1.3 SPINALE VERLETZUNG	67
4.5.1.4 HIRNTOD	67
4.5.2 THORAXVERLETZUNGEN	67
4.5.3 EINSATZMÖGLICHKEITEN DER ELEKTRISCHEN IMPEDANZTOMOGRAPHIE (EIT)	69
4.5.4 ABDOMINELLE VERLETZUNGEN	70
4.5.5 EXTREMITÄTENVERLETZUNGEN	71
<b>5. BEATMUNG</b>	<b>81</b>
5.1 INDIKATION ZUR INITIIERUNG DER NON-INVASIVEN BEATMUNG NACH POLYTRAUMA	81
5.2 INDIKATION ZUR INITIIERUNG DER INVASIVEN BEATMUNG NACH POLYTRAUMA	81
5.3 WAHL DES BEATMUNGSVERFAHRENS	82
5.4 BEATMUNGSPRINZIPIEN IM ARDS NACH POLYTRAUMA	83
5.5 TRACHEOTOMIE	85
5.6 ENTWÖHNUNG VON DER INVASIVEN BEATMUNG	86
<b>6. VOLUMEN- UND KREISLAUF THERAPIE</b>	<b>90</b>
6.1 DIAGNOSE DES VOLUMENMANGELS NACH POLYTRAUMA	90
6.2 WAHL DES VOLUMENERSATZES BEI POLYTRAUMAPATIENT*INNEN	91
6.3 BLUTTRANSFUSION UND TRANSFUSIONSTRIGGER	92
6.4 ZIELPARAMETER DER HERZ-KREISLAUF THERAPIE	93

6.5 STEUERUNG DER VOLUMENTHERAPIE NACH POLYTRAUMATISIERUNG	94
<b>7. DEFINITIVE CHIRURGISCHE VERSORGUNG</b>	<b>101</b>
7.1 FAKTOREN, DIE DEN OP-ZEITPUNKT FÜR MAßNAHMEN NACH DER 1. OPERATIONSPHASE BEEINFLUSSEN	101
7.2 RELEVANTE PARAMETER ZUR ENTSCHEIDUNGSFINDUNG	161
<b>8. ERNÄHRUNGSTHERAPIE</b>	<b>164</b>
<b>9. LAGERUNG UND PHYSIOTHERAPIE</b>	<b>167</b>
9.1 EINLEITUNG	167
9.2 LAGERUNG BEI SPEZIELLEN KRANKHEITSBILDERN	169
9.2.1 GRUNDPRINZIPIEN DER LAGERUNG UND RUHIGSTELLUNG BEI VERLETZUNGEN DER EXTREMITÄTEN	169
9.2.2 LAGERUNG BEI PATIENT*INNEN MIT SCHÄDEL-HIRN-TRAUMA	169
9.2.3 LAGERUNG BEI THORAXTRAUMA	170
9.2.4 LAGERUNG BEI WIRBLSÄULENVERLETZUNG	170
9.2.5 LAGERUNG BEI ABDOMINELLEM TRAUMA	170
9.2.6 LAGERUNG BEI BECKENVERLETZUNGEN	170
9.2.7 BAUCHLAGERUNG	171
9.3 MOBILISATION UND PHYSIOTHERAPIE	171
<b>10. MULTIORGANVERSAGEN UND ORGANERSATZTHERAPIE</b>	<b>175</b>
<b>10.1 NIERENERSATZVERFAHREN</b>	<b>176</b>
<b>10.2 EXTRAKORPORALE MEMBRANOXYGENIERUNG</b>	<b>176</b>
<b>11. WUNDMANAGEMENT</b>	<b>184</b>
11.1 VERBANDWECHSEL UND WUNDKONTROLLE	186
11.2 OFFENE WUNDBEHANDLUNG UND WUNDAUFLAGEN	187
11.3 VAKUUMVERBÄNDE	188
11.4 THERMISCHE VERLETZUNGEN	189
11.5 WUNDVERSORGUNG BEI PATIENT*INNEN MIT ANLIEGENDEM FIXATEUR EXTERNE ODER EXTENSIONS- VORRICHTUNGEN	189
11.6 PATIENT*INNENINDIVIDUELLE EINFLUSSFAKTOREN	190
<b>12. ANTIKOAGULATION UND THROMBOSEPROPHYLAXE</b>	<b>192</b>
<b>13. ETHISCHE ASPEKTE</b>	<b>196</b>
13.1 INTENSIVMEDIZINISCHE VERSORGUNG VON POLYTRAUMAPATIENT*INNEN	196
13.1.1 PERSPEKTIVE DER SEKTION ETHIK DER DEUTSCHEN INTERDISZIPLINÄREN VEREINIGUNG FÜR INTENSIV- UND NOTFALLMEDIZIN (DIVI)	197
13.1.2 JURISTISCHE PERSPEKTIVE	203
13.2 PROGNOSEABSCHÄTZUNG	204

13.2.1 LANGZEITPROGNOSE	205
13.2.2 KLINISCHE UND PARAKLINISCHE SCORES DER PRÄDIKTION	206
13.3 IMPLIKATIONEN FÜR DIE ORGANPROTEKTIVE THERAPIE UND ORGANSPENDE	210
<b>III. WICHTIGE FORSCHUNGSFRAGEN</b>	<b>219</b>
<b>IV. ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE</b>	<b>219</b>
A. LEITLINIENKOORDINATOR*IN/ANSPRECHPARTNER*IN	219
B. BETEILIGTE FACHGESELLSCHAFTEN UND ORGANISATIONEN	219
C. PATIENT*INNEN/BÜGER*INNENBETEILIGUNG	229
D. METHODISCHE BEGLEITUNG	230
<b>V. INFORMATIONEN ZU DIESER LEITLINIE</b>	<b>230</b>
A. METHODISCHE GRUNDLAGEN	230
B. SYSTEMATISCHE RECHERCHE UND AUSWAHL DER EVIDENZ	230
C. KRITISCHE BEWERTUNG DER EVIDENZ	231
D. STRUKTURIERTE KONSENSFINDUNG	231
E. EMPFEHLUNGSGRADUIERUNG UND FESTSTELLUNG DER KONSENSSTÄRKE	231
<b>VI. REDAKTIONELLE UNABHÄNGIGKEIT</b>	<b>233</b>
A. FINANZIERUNG DER LEITLINIE	233
B. DARLEGUNG VON INTERESSEN UND UMGANG MIT INTERESSENKONFLIKTEN	233
<b>VII. EXTERNE BEGUTACHTUNG UND VERABSCHIEDUNG</b>	<b>233</b>
<b>VIII. GÜLTIGKEITSDAUER UND AKTUALISIERUNGSVERFAHREN</b>	<b>234</b>
<b>IX. VERWENDETE ABKÜRZUNGEN</b>	<b>235</b>

## **Geltungsbereich und Zweck**

### **a. Zielsetzung und Fragestellung**

Das einstimmig konsentiertere Ziel der Leitlinie ist die Verbesserung der Versorgungsqualität bei Polytraumapatient\*innen, die stationär intensivmedizinisch betreut werden müssen.

### **b. Versorgungsbereich**

Die Leitlinie bezieht sich auf die stationäre intensivmedizinische Versorgung von Patient\*innen mit diagnostiziertem Polytrauma.

### **c. Patient\*innenzielgruppe**

Die Leitlinie gilt für alle intensivmedizinisch stationär behandelten Erwachsenen ( $\geq 18$  Jahre), bei denen ein Polytrauma diagnostiziert wurde. Ein Polytrauma liegt laut Definition vor, wenn eine gleichzeitig entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme vorliegt, wovon mindestens eine oder mehrere Verletzungen in Kombination lebensbedrohlich sind.

### **d. Adressaten**

Die Leitlinie wendet sich in erster Linie an Fachkräfte, die mit der intensivmedizinischen Versorgung von Polytraumapatient\*innen beauftragt sind. Dies trifft besonders auf ärztliches Personal der beteiligten Fachbereiche: Anästhesie, Angiologie, Chirurgie, Ernährungsmedizin, Geriatrie, Thorax- und Gefäßchirurgie, Innere Medizin, Intensivmedizin, Radiologie, Kardiologie, MKG-Chirurgie, Neurochirurgie, Neurointensivmedizin, Neurologie, Plastische Chirurgie, Beatmungsmedizin, Unfallchirurgie, Verbrennungsmedizin, Viszeralchirurgie, pflegerisches Personal und Psychotherapeut\*innen zu.

In zweiter Linie wendet sich die Leitlinie an Angehörige anderer medizinischer Berufsgruppen sowie Patient\*innen und deren Angehörige, die sich über die evidenzbasierte Therapie bei stationär behandelten Erwachsenen mit Polytrauma informieren möchten.

### **e. Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie**

- Leitlinienreport mit Evidenztabellen (Evidenztabellen geg. als extra Dokument)
- Kurzversion

## **Zusammensetzung der Leitliniengruppe**

### **Leitlinienkoordination/Ansprechpartner**

#### *Leitlinienkoordinatoren*

Univ.-Prof. Dr. med. Gernot Marx, FRCA  
Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care  
Uniklinik RWTH Aachen  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen

Univ.-Prof. Dr. med Frank Hildebrand  
Klinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Uniklinik RWTH Aachen  
Pauwelsstr. 30  
52074 Aachen

#### *Leitliniensekretariat*

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.  
Volker Parvu  
Luisenstraße 45  
10117 Berlin  
[volker.parvu@divi.de](mailto:volker.parvu@divi.de)

#### *Leitlinienmethodik*

Univ.-Prof. Dr. rer. medic. Carina Benstöm, M.Sc.  
Professorin für Evidenzbasierte Gesundheitsforschung  
Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care  
Uniklinik RWTH Aachen  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen

## Beteiligte Fachgesellschaften und Organisation

Mandatstragende	Fachgesellschaft
Prof. Dr. Gernot Marx	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.
Prof. Dr. Frank Hildebrand Dr. Lisa Zipfel	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.
PD Dr. Thomas Breuer	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.
Dr. Kathrin Fischer	Deutsche Gesellschaft für Angiologie e.V.
PD Dr. Johann Lock	Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie e.V.
PD Dr. Uwe Hamsen	Deutsche Gesellschaft für Chirurgie e.V.
Prof. Dr. Gunnar Elke	Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin e.V.
Florian Bäuml	Deutsche Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste e.V.
Dr. Oliver Kögler	Deutsche Gesellschaft für Geriatrie e.V.
Prof. Dr. Andreas Markewitz	Deutsche Gesellschaft für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie e.V.
Univ. - Prof. Dr. Dr. Christian Jung	Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin e.V.
Prof. Dr. Hans-Jörg Busch	Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensiv- und Notfallmedizin e.V.
PD Dr. Sebastian Daniel Reinartz	Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimal-invasive Therapie e.V.
Dr. Tobias Graf Prof. Dr. Ingo Ahrens	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V.
PD Dr. Dr. Rüdiger Zimmerer	Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie e.V.
Prof. Dr. Patrick Czorlich Prof. Dr. Nicole Terpolilli	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie e.V.
Prof. Dr. Thomas Westermaier Dr. Sylvia Bele	Deutsche Gesellschaft für Neurointensiv- und Notfallmedizin e.V.

Dr. Julia Hoppe Prof. Dr. Dominik Michalski	Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V.
Andreas Schäfer	Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaft e.V.
Dr. Simon Kuepper Prof. Dr. Thomas Kremer	Deutsche Gesellschaft für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie
Prof. Dr. Philipp Lepper Hilmar Habermehl	Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.
Dr. Jan Volmerig Dr. Katrin Welcker	Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie e.V.
PD. Dr. Jochen Gille Prof. Dr. Paul Fuchs	Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e. V.
Dr. Leonie Gölz	Deutsche Röntgengesellschaft e.V.
Silke Klarmann Carl Christopher Büttner	Deutscher Verband für Physiotherapie

## Kapitelautoren

\* Kapitelverantwortlicher

# Methodik und Sichtung der Literatur

+ haben zu gleichen Teilen bei der Erstellung des Kapitels beigetragen

<b>1. Interdisziplinäre und interprofessionelle Zusammenarbeit und Kommunikation</b>
T. Breuer*, J. Dormann#, E. Steinfeld#, K. Dahms#, K. Ansems #, C. Benstöm#
<b>2. Aufnahme auf die Intensivstation</b>
T. Breuer*, J. Dormann#, E. Steinfeld#, K. Dahms#, K. Ansems #, U. Hamsen, C. Benstöm#
<b>3. Monitoring</b>
P. Czorlich*#, K. Horst, A. Schäfer, A. Markewitz#, T. Graf#
<b>3.1. Klinisches Monitoring</b>
<b>3.1.1. ZNS</b>
P. Czorlich*
<b>3.1.2. Leber</b>
P. Czorlich
<b>3.1.3. Herz-Kreislauf</b>
A. Markewitz*
<b>3.1.4. Niere</b>
P. Czorlich
<b>3.1.5. Lunge</b>
J. Volmerig*, P. Lepper
<b>3.1.6. Extremitäten</b>
N. Becker, K. Horst*
<b>3.1.7. Schmerz</b>
A. Schäfer*
<b>3.2. Organspezifisches, apparatives Monitoring</b>
<b>3.2.1. ZNS – Intrakranielle Druckmessung</b>
P. Czorlich*
<b>3.2.2. Leber</b>
P. Czorlich

<b>3.2.3. Herz-Kreislauf</b>
A. Markewitz*
<b>3.2.4. Niere</b>
P. Czorlich
<b>4. Bildgebung im stationären Verlauf</b>
L. Gölz** , S. Reinartz# , U. Hamsen
<b>5. Beatmung</b>
T. Breuer* , A. Szafran , E. Aleksandrova , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , K. Ansems # , C. Benstöm#
<b>6. Volumen- und Kreislauftherapie</b>
T. Breuer* , A. Szafran , J. Gille , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , K. Ansems # , C. Benstöm#
<b>7. Definitive chirurgische Versorgung</b>
<b>7.1. Faktoren, die den OP-Zeitpunkt für Maßnahmen nach der 1. Operationsphase beeinflussen</b>
K. Horst*
<b>7.1.1. Spezielle Aspekte beim Abdominaltrauma im Rahmen des Polytraumas</b>
U. Hamsen* , A. Spieckermann#
<b>7.1.2. Spezielle Aspekte beim Beckentrauma im Rahmen des Polytraumas</b>
E. Bolierakis , F. Hildebrand , K. Horst* , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , K. Ansems#
<b>7.1.3. Spezielle Aspekte bei Extremitätenverletzungen im Rahmen des Polytraumas</b>
N. Becker , F. Hildebrand , K. Horst* , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , K. Ansems#
<b>7.1.4. Spezielle Aspekte beim Mittelgesichtstrauma im Rahmen des Polytraumas</b>
R. Zimmerer*#
<b>7.1.5. Spezielle Aspekte beim Schädel-Hirn-Trauma im Rahmen des Polytraumas</b>
P. Czorlich** , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , J. Sauvigny#
<b>7.1.6. Spezielle Aspekte beim Thoraxtrauma im Rahmen des Polytraumas</b>
J. Volmerig , J. Dormann# , E. Steinfeld# , K. Dahms# , K. Ansems#
<b>7.1.7. Thermische Hautverletzung und Verbrennung</b>
S. Kuepper*#
<b>7.1.8. Spezielle Aspekte beim Wirbelsäulentrauma</b>
U. Hamsen** , P. Czorlich# , K. Horst , E. Steinfeld# , K. Ansems#

<b>7.2. Relevante Parameter zur Entscheidungsfindung</b>
N. Becker, K. Horst*, F. Hildebrand
<b>8. Ernährungstherapie</b>
G. Elke*, F. Bäuml, A. Schäfer
<b>9. Lagerung und Physiotherapie</b>
U. Hamsen*, S. Klarmann, F. Bäuml, A. Spieckermann
<b>10. Multiorganversagen und Organersatztherapie</b>
P. Czorlich*#, U. Hamsen#, A. Markewitz, J. Dormann#, E. Steinfeld#, K. Dahms#
<b>11. Wundmanagement</b>
L. Zipfel*#
<b>12. Antikoagulation und Thromboseprophylaxe</b>
F. Bäuml*, S. Reinartz, U. Hamsen, J. Hoppe, P. Czorlich, T. Westermaier, I. Ahrens, O. Kögler
<b>13. Ethische Aspekte</b>
D. Michalski*, J. Gille, N. Terpolilli, J. Hoppe, A. Schäfer, P. Lepper, O. Kögler, S. Reinartz, U. Janssens, H. Rosenau, H.-D. Saeger
<b>13.1.1. Perspektive der Sektion Ethik der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin</b>
U. Janssens
<b>13.1.2. Juristische Perspektive</b>
H. Rosenau, H.-D. Saeger

## **Vorwort**

Diese interdisziplinäre und interprofessionelle S3-Leitlinie hat sich zum Ziel gesetzt, die Versorgungsqualität bei Polytraumapatient\*innen, die stationär intensivmedizinisch betreut werden müssen, zu verbessern. Dieser Herausforderung stellten sich 24 Fachgesellschaften, die über umfassendes und für das Fachgebiet relevantes Fachwissen verfügen. Hierzu wurde innerhalb der letzten Jahre die vorhandene Literatur gesichtet und mehr als 34.000 Referenzen gescreent, analysiert und bewertet, um die bestehende Evidenz auf dem Gebiet der Intensivtherapie nach Polytrauma zusammenzufassen. Dabei lag die folgende Definition für ein Polytrauma der Leitlinie zu Grunde: das gleichzeitige Auftreten mehrerer schwerer Verletzungen, die mindestens zwei örtlich getrennte Körperregionen betreffen und von denen eine einzelne oder die Kombination der Verletzungen lebensbedrohlich ist (1). Auf Basis der Literatursuche kann hier ein umfassender Überblick zur intensivmedizinischen Therapie nach Polytrauma gegeben werden. Außerdem ist nun eminent, dass die intensivmedizinische Therapie nach Polytrauma in der klinischen Forschung unterrepräsentiert ist. Es konnten insgesamt nur fünf evidenzbasierte und 48 konsensbasierte Empfehlungen formuliert werden. Die beteiligten Fachgesellschaften setzen sich daher dafür ein, das Bewusstsein für die Intensivmedizin nach Polytrauma zu schärfen, um klinische Forschung zu dieser Patient\*innenpopulation auf den Weg zu bringen, die konkrete Evidenzlücken schließt.

## **Referenzen**

1. Tscherne H: [The treatment of the seriously injured at an emergency station]. *Chirurg* 1966, 37(6):249-252.

## **II. Handlungsempfehlungen im Bereich Intensivmedizin nach Polytrauma**

Die aktuelle Leitlinie und alle konsentierten Empfehlungen beziehen sich ausschließlich auf erwachsene Polytraumapatient\*innen. Es wurde abgestimmt, dass innerhalb der Leitlinie auf den Begriff "erwachsene" in den Empfehlungen verzichtet wird, um die Sätze prägnanter und leichter verständlich zu halten. Dieser Ansatz zielt darauf ab, die Lesbarkeit zu verbessern und unnötige Redundanzen zu vermeiden, ohne die Zielgruppe oder den Schwerpunkt der Leitlinie zu beeinträchtigen.

Ferner haben wir innerhalb der aktuellen Leitlinie darauf verzichtet, evidenzbasierte Empfehlungen aufzulisten, wenn im Screening Prozess keine Evidenz eingeschlossen werden konnte. In diesem Fall wird die entsprechende Empfehlung stattdessen im Evidenzbericht aufgeführt. Um Leser\*innen dennoch eine handlungsleitende Empfehlung anzubieten, wurden zusätzlich im Konsensverfahren Empfehlungen abgestimmt, die zum Teil auf weitere relevante Leitlinien der AWMF verweisen.

In den folgenden Kapiteln werden alle relevanten Bereiche der Intensivmedizin nach Polytrauma thematisiert und wenn möglich Handlungsempfehlungen gegeben.

# **1 Interdisziplinäre und interprofessionelle Zusammenarbeit und Kommunikation**

## **1.1 Prinzipien der Zusammenarbeit in der Polytraumaversorgung**

Die Polytraumaversorgung ist ein technisch komplexer Bereich, in dem diverse Berufsgruppen mit unterschiedlichen Rollen und Befugnissen effizient zusammenarbeiten müssen. Dabei spielen für die Optimierung der Behandlung der Patient\*innen eine optimale Ausstattung sowie einwandfreie Kommunikation und Interaktion aller beteiligten Fachdisziplinen eine entscheidende Rolle (1). Für das Überleben der Patient\*innen ist es insbesondere relevant, Entscheidungen möglichst schnell, aber auch ganzheitlich, unter Berücksichtigung aller relevanten Traumata zu treffen und miteinander abzustimmen. Der Erfolg einer Behandlung hängt somit ebenfalls von der Qualität der Zusammenarbeit und Kommunikation auf einer Intensivstation ab. In diesem Kapitel wird die Relevanz der Prinzipien der Zusammenarbeit in der Polytraumaversorgung thematisiert.

Einen Ansatz zur Optimierung der Versorgung von Patient\*innen bietet das sogenannte „Anesthesia Crisis Resource Management“ (ACRM), das als Reaktion auf die hohe menschliche Fehlerquote (Unfälle oder Zwischenfälle) in der Anästhesiologie, nach dem Vorbild des „Crew Resource Management“ (CRM) (2), entwickelt wurde. CRM, das im Bereich der Luftfahrt als Sicherheitstraining entwickelt wurde, konzentriert sich auf effektives Teammanagement und wird zunehmend zur Erhöhung der Patient\*innen-Sicherheit in der Intensivmedizin und Anästhesie angewandt (2, 3). Eine Literaturlauswertung zur Anwendung der CRM-Theorie in der Medizin beschreibt, dass diese auf verschiedene Weisen in der Medizin angewandt werden kann (4).

Eine weitere Möglichkeit die Sicherheit von Patient\*innen zu erhöhen und Handlungsfehler zu minimieren, bietet das „Debriefing with Good Judgement“-Modell (5). Das Modell beschreibt einen rigorosen Reflexionsprozess, durch den Auszubildende in einer Simulation lernen, relevante klinische und verhaltensbezogene Dilemmata zu erkennen und zu lösen. In den von Rudolph et al. beschriebenen über 2.000 Nachbesprechungen löste das Modell in Auszubildenden meist eine Selbstreflexion und Verhaltensänderung aus (5). Zusätzlich kann positives Feedback, das nach anstrengenden intensivmedizinischen Behandlungen von Polytraumapatient\*innen erfolgt, einen Resilienz-stärkenden Effekt haben und ärztliches Personal somit für die Herausforderungen des klinischen Alltags stärken. Zusätzlich zu den genannten Maßnahmen ist eine Optimierung der Versorgungsstrukturen erforderlich. Im Jahr

2004 rief die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) deshalb die Initiative TraumaNetzwerk ins Leben. Durch die Einführung bundesweiter personeller, apparativer und organisatorischer Standards sowie durch die Vernetzung von Kliniken soll die Schwerverletztenversorgung verbessert werden (6). Traumazentren sind laut Eckpunktepapier 2016 (7) hierfür die Krankenhäuser der Wahl, da diese auf die Versorgung von Polytraumapatient\*innen spezialisiert sind. Zusätzlich bietet die 2019 von der DGU veröffentlichte 3. Auflage des Weißbuch Schwerverletztenversorgung Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung teilnehmender Kliniken der einzelnen Versorgungsstufen (8). Die wichtigsten aktuellen Versorgungskonzepte werden außerdem in der 2022 revidierten S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung dargestellt (9).

## **1.2 Optimiertes Setting für Zusammenarbeit und Kommunikation**

Auf einer Intensivstation arbeiten multiprofessionelle Teams zusammen, welche in einem komplexen Umfeld auf unterschiedliche Probleme reagieren müssen. Hierfür ist eine Abstimmung unter den einzelnen Teammitgliedern und eine effektive und effiziente Kommunikation unabdingbar. Der Respekt vor der jeweiligen rollenspezifischen Kompetenz bildet dabei die Basis für eine vertrauensvolle und offene Kommunikation. Hierzu ist es wichtig, dass alle Teammitglieder die Möglichkeit haben die notwendigen Kompetenzen zu erwerben, die ihre Rolle definieren (10).

Ein Konzept, um die Zusammenarbeit zwischen mehreren Professionen im Gesundheitswesen zu verbessern, bietet die interprofessionelle Zusammenarbeit (interprofessional collaboration, IPC). In einem Cochrane Review wurden Studienergebnisse ausgewertet, in denen die Ergebnisse von IPC vorgestellt worden sind, um die interprofessionelle Zusammenarbeit zu stärken. Der Review zeigt, dass es bisher nicht genügend Evidenz gibt, um klar aufzuzeigen, ob IPC einen Effekt erzielt (11).

Da es bisher kaum Evidenz zu dem Thema gibt, hat die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) im Rahmen eines Peer Reviews insgesamt 10 Qualitätsindikatoren konsentiert, in dem sich der erste Hauptindikator mit der Kommunikation beschäftigt. Hauptindikator 1 beschreibt, dass eine tägliche multiprofessionelle und interdisziplinäre Visite die Kommunikation der an der Behandlung beteiligten Professionen verbessert (12). Durch die schriftliche Dokumentation und

Festlegung von Tages- und längerfristigen Zielen soll die Behandlungsqualität der Patient\*innen verbessert werden. Weiterführende Erläuterungen hierzu sind auf der Internetseite der DIVI zu finden (12).

### **1.3 Beteiligte Fachdisziplinen und Professionen in der intensivmedizinischen Polytrauma-Versorgung**

Die intensivmedizinische Betreuung von Polytraumapatient\*innen erfolgt durch eine interdisziplinäre Versorgung. Der Erfolg der Behandlung ist unter anderem abhängig von der Anwesenheitsdauer sowie der Anzahl der speziellen Fachkräfte. Aus diesem Grund liefert die Leitlinie „Empfehlungen zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen“ relevante Empfehlungen hinsichtlich der personellen Ausstattung sowie der Stellenzahl (13).

In der Regel besteht das Team aus ein oder mehreren Ärzt\*innen sowie Krankenpflegekräften, die speziell für die Intensivmedizin ausgebildet sind. Weitere Fachdisziplinen, die ihren Beitrag zur Behandlung leisten sind u.a. Physiotherapeut\*innen, psychologische Fachkräfte, Sozialarbeiter\*innen, klinische Pharmakolog\*innen, Hygienebeauftragte, Mikrobiolog\*innen, Seelsorger\*innen sowie das Reinigungspersonal. Die oben genannte Leitlinie zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen weist zusätzlich darauf hin, dass spezielle Situationen, wie schwere Verbrennungen, extrakorporale Organersatzverfahren, Reanimationsteams, Schockraumabdeckung und Intensivtransporte eine höhere Zahl an Ärzt\*innen zur optimalen Versorgung benötigen.

Zusätzlich liefert das Deutsche DRG-Abrechnungssystem (Diagnosis Related Groups) Vorgaben hinsichtlich der personellen Ausstattung. Eine Vergütung von intensivmedizinischen Komplexziffern ist nur dann vorgesehen, wenn die Behandlung durch intensivmedizinisch erfahrene Ärzt\*innen erfolgt, die die aktuellen Probleme der Patient\*innen kennen und wenn diese 24 Stunden an 7 Tagen in der Woche auf der Intensivstation präsent sind (14).

Der Gemeinsame Bundesausschuss (G-BA) hat ein gestuftes System von Notfallstrukturen in Krankenhäusern entwickelt. Für jede Stufe wurden Mindestanforderungen festgelegt (15). Für Intensivstationen gibt das gestufte System folgendes vor:

- Basisnotfallversorgung: Intensivstation mit mindestens 6 Intensivbetten, davon mindestens 3 mit Beatmungsmöglichkeit

- Erweiterte Notfallversorgung: Intensivstation mit mindestens 10 Intensivbetten mit Beatmungsmöglichkeit
- Umfassende Notfallversorgung: Intensivstation mit mindestens 20 Intensivbetten mit Beatmungsmöglichkeit

#### **1.4 Notwendige Ressourcen**

Das Personal auf Intensivstationen verschiedener Fachrichtungen gehört zu einer per se potenziell stark belasteten Berufsgruppe. Ein dringend notwendiges Instrument, um diese Berufsgruppen zu entlasten und zu unterstützen, wäre eine psychosoziale Unterstützung, die jedoch bisher noch nicht flächendeckend angeboten wird (16). Die psychosoziale Unterstützung kann zu verschiedenen Zeitpunkten einsetzen und wird so in eine primäre, sekundäre und tertiäre Prophylaxe unterteilt (17). Mögliche Unterstützungsinstrumente könnten die Supervision, die Förderung der Resilienz, Fortbildungen und institutionelle Hilfsangebote zur Traumabewältigung sein. Um effektiv zu handeln, ist es wichtig ein unterstützendes System für den Einzelnen, das interprofessionelle Team aber auch das Gesundheitssystem zu schaffen (siehe Abbildung 1) (18). Hier ist zu klären, wo die Hilfsangebote angesiedelt werden, damit alle beteiligten Professionen Zugang zu diesen Hilfsmöglichkeiten erhalten, unabhängig davon, zu welcher Fachdisziplin sie gehören.

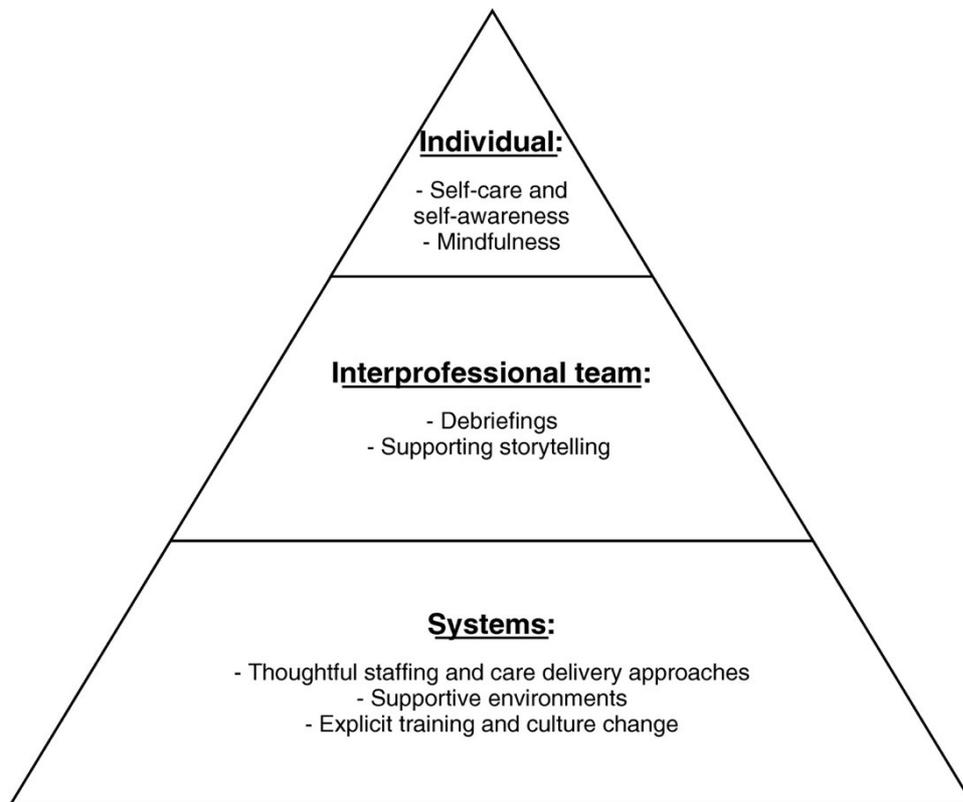


Abbildung 1. Verschiedene Ebenen der Unterstützungsangebote (18)

### 1.5 Praktische Durchführung der Patient\*innen-Übergabe nach Polytrauma

Die Übergabe von Patient\*innen auf die Intensivstation beinhaltet unter anderem die Weiterleitung aller relevanter Patient\*innendaten. Die Vollständigkeit dieser Daten beeinflusst automatisch den Erfolg der anschließenden Patient\*innenversorgung. Ein nicht optimal und vollständig durchgeführter Übergabeprozess kann somit zu Versorgungsproblemen führen. Nach Angaben der Joint Commission verursachen Kommunikationsfehler im Krankenhaus die meisten sogenannten "Sentinel Events" und sind für zwei von drei Todesfällen im Krankenhaus verantwortlich (19). Diese vermeidbare Sterblichkeit tritt bei bis zu 10 % der schwerverletzten Traumapatient\*innen mit ansonsten überlebenschäftigen Verletzungen auf, die in Traumazentren der Stufe I in den USA eingeliefert werden. Die meisten dieser Todesfälle ereignen sich auf der Intensivstation (ICU) und stehen im Zusammenhang mit Blutungen und einer verzögerten angemessenen Intervention (20). Zusätzlich stellt die Übergabe der Patient\*innen von einer Station zu einer anderen einen

anfälligen Zeitpunkt für Kommunikationsfehler dar, die zum Verlust von klinischen Informationen führen (21).

Folglich bietet die Optimierung der Kommunikation eine gängige Strategie, um vermeidbare Fehler zu verringern (22). Übergabeprotokolle können eine Lösung bieten, um sicherzustellen, dass alle relevanten Patient\*innendaten verfügbar sind und somit der Kommunikationsfluss bei der Übergabe erfolgreich verläuft.

Um die Evidenz zum Einsatz von Übergabeprotokollen bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Frage

Führt der Einsatz validierter Übergabeprotokolle im Vergleich zu keinem Einsatz validierter Übergabeprotokolle bei Polytraumapatient\*innen zu besseren Behandlungsergebnissen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 620 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 68 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

Obwohl in der systematischen Literaturrecherche keine Studien gezielt zum o.g. Thema identifiziert werden konnten und somit keine Datenanalyse möglich war, wurden die im Titel-Abstract Screening eingeschlossenen Volltexte nach relevanten Inhalten zu Übergabeprotokollen durchsucht. Die Studien, die jeweils Informationen zu mindestens einem Einschlusskriterium geliefert haben, wurden hinsichtlich dieser Informationen ausgewertet (Abb. 2). Zwanzig der gesichteten Studien nutzten ein gängiges Übergabe-tool (Bspw. "SBAR" (Situation, Background, Assessment and Recommendation-Schema) (23)), wovon sechzehn einen positiven Effekt auf das Personal oder Patient\*innen berichteten. Vierzehn Studien haben ein selbst entwickeltes Tool genutzt, wovon elf einen positiven Effekt auf das Personal oder Patient\*innen berichteten. Diese Auswertung zeigt, dass der Einsatz von Handover tools einen positiven Effekt haben könnte. Um konkrete Aussagen in Bezug auf Polytraumapatient\*innen treffen zu können, sind randomisierte klinische Studien notwendig, die den Effekt bei dieser Patient\*innengruppe untersuchen.

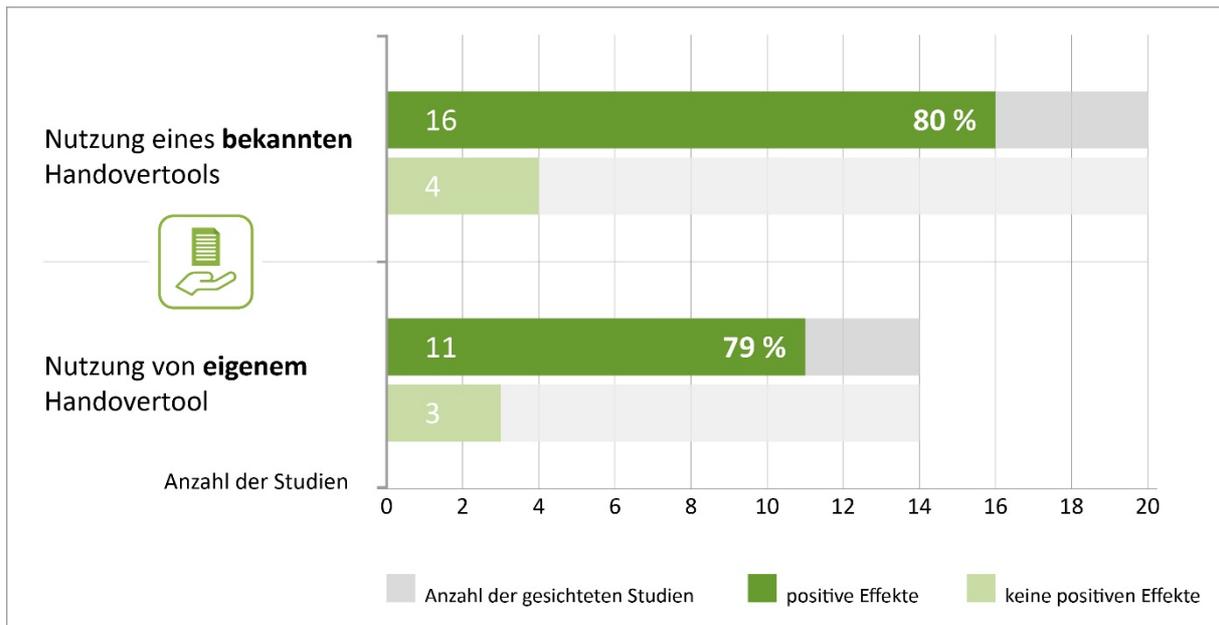


Abbildung 2. Nutzung von Handover tools und deren Effekte auf Personal oder Patient\*innen

Da die Literaturrecherche keine Evidenz geliefert hat, wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

1.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Standardisierte Übergabeprotokolle sollten bei der Behandlung von Polytraumapatient*innen zur Optimierung und Dokumentation des Prozesses etabliert werden.	
	starker Konsens	

### 1.6 Dokumentationsstandards zur Erfassung der intensiv-medizinischen Komplexbehandlung

Auf Intensivstationen werden komplex erkrankte und/oder verletzte Patient\*innen behandelt und hierzu sind verschiedene Instrumente, Geräte und Dokumentationssysteme notwendig. In der klinischen Behandlungsrealität sind diese oftmals nicht vernetzt und Schnittstellenproblematiken erschweren eine strukturelle Interoperabilität. Einige Informationen werden oft noch auf Papier und nicht elektronisch festgehalten. Besonders bei der Polytraumaversorgung ist eine umfassende und für alle verfügbare Dokumentation,

besonders wichtig. Mit dem Krankenhauszukunftsgesetz, welches am 29. Oktober 2020 in Kraft getreten ist, soll die gesamte Interoperabilität im Gesundheitswesen gefördert werden. Um den Datenaustausch in Gesundheitseinrichtungen umzusetzen und die Digitalisierung voranzutreiben, muss auch gewährleistet sein, dass entsprechende Berechtigungen verteilt wurden, damit die richtigen Personen auf die geteilten Daten zugreifen können. Ebenso müssen die Daten entsprechend vor nicht berechtigten Zugriffen geschützt sein.

### **1.7 Patient\*innen-Kommunikation**

Trotz der Herausforderungen, die mit der intensivmedizinischen Behandlung von Polytraumapatient\*innen einhergehen, stellt der Wille der behandelten Personen eine elementare Rolle für die Planung dar und bildet die Basis für alle weiteren Entscheidungen. Aus diesem Grund ist eine strukturierte Kommunikation zwischen dem Behandlungsteam sowie den Patient\*innen von großem Belang um den Patient\*innenwillen zu erfassen (24). Gleichzeitig ist somit eine gute Kommunikationsfähigkeit eine Schlüsselqualifikation für die Behandler\*innen, die unbedingt in dieser Hinsicht geschult werden sollten (25). Sind Patient\*innen nicht in der Lage ein Gespräch zu führen, womit bei Aufnahme nach Polytrauma zu rechnen ist, muss stattdessen mit den Angehörigen kommuniziert werden (siehe 1.8). Der Zeitpunkt des Gespräches sollte innerhalb der ersten 48 Stunden nach Aufnahme liegen (14) und mindestens alle sieben Tage wiederholt werden (24).

Zusätzlich zum Patient\*innenwillen sollte das Gespräch mit Patient\*innen zur Übermittlung situationsbezogener, medizinischer Fakten genutzt werden und gleichzeitig Unterstützung seitens der Behandler\*innen signalisiert werden (24).

Um eine zielführende Kommunikation zu planen, die diese vier Aspekte abdeckt, bietet das SPIKES Protokoll eine Hilfestellung. Es umfasst sechs Schritte anhand derer ein Gespräch aufgebaut werden kann (24). Dies beginnt bereits vor Gesprächsstart mit dem Aufbau einer geschützten und möglichst störfreien Umgebung (Setting) sowie einer ausreichenden Zeitplanung. Mit Beginn des Dialogs stellt der/die Behandler\*in vor allem Fragen und erfasst auf diese Weise, was über die aktuelle medizinische Situation bekannt ist (Perception) und wie tiefgehend der/die Patient\*in informiert werden möchte (Invitation). Im Folgenden werden basierend auf diesen Bedürfnissen die Informationen vermittelt (Knowledge), wobei auf ein gut verständliches Vokabular zu achten ist. Der nächste Schritt umfasst das

empathische Reagieren auf Gefühlsäußerungen (Emotions). Im letzten Schritt des Protokolls ist es dann Aufgabe der Behandler\*innen, Ziele für die Behandlung sowie einen Plan zusammenzufassen (Summary). Dies ist stets im „Zusammenspiel von korrekter medizinischer Indikationsstellung und dem ermittelten Willen“ zu tun (12). Die konkrete Planung von Zielen und die Kommunikation eben dieser sollen den Patient\*innen dabei helfen, weniger Ängste zu entwickeln, und fördern gleichzeitig die Vertrauensbildung (12, 24, 26). Außerdem können so „Trauer und trauerinduzierte Morbidität“ reduziert werden (12). Die Literatur bietet bezogen auf jeden Schritt des SPIKES Protokolls Formulierungen, die bei der Vorbereitung auf ein Gespräch genutzt werden können (26).

Auf Grund der Komplexität, die mit der Behandlung von Polytraumapatient\*innen auf verschiedenen Ebenen einhergeht, empfiehlt es sich die durchgeführten Gespräche zu dokumentieren. Inhalte und Ziele können auf diese Weise schriftlich festgehalten und für alle Beteiligten transparent gehalten werden (12,24), wodurch medizinische Einrichtungen sich gleichzeitig rechtlich absichern können (24). Eine Hilfestellung bietet der SOAP-Leitfaden, welcher bereits seit Jahren Anwendung findet (27). Das Schema gibt vier Themenüberschriften vor (Subjective, Objective, Assessment, Plan), die ausgearbeitet ein Gesamtbild der/des Patient\*in und der Behandlung bieten (28). Entsprechend der DIVI-Qualitätsindikatoren umfasst die Dokumentation so letztlich den Patient\*innenstatus, den Behandlungsplan, den faktischen Patient\*innenwillen, die Verknüpfung der letzteren beiden, kurz- und mittelfristige Ziele und Prognosen sowie ein Fazit (12). Zusammengefasst dargestellt wird die Kommunikation zwischen den Patient\*innen und Behandler\*innen in der Abbildung 3.

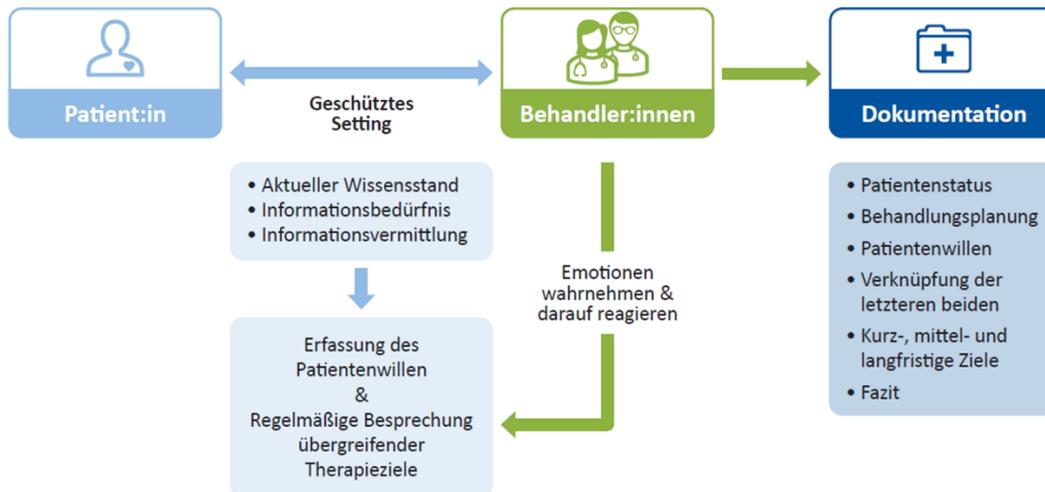


Abbildung 3. Übersicht der Kommunikation zwischen Patient\*innen und Behandler\*innen

Auf Grund der Relevanz dieses Themas wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

1.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Strukturierte Kommunikationsprotokolle können zur Durchführung und Dokumentation eines Gesprächs mit Polytraumapatient*innen oder deren Angehörigen genutzt werden.	
	starker Konsens	

### 1.8 Angehörigen-Kommunikation

Bei Polytraumapatient\*innen, deren Zustand eine Erfassung des faktischen Patient\*innenwillen nicht ermöglicht, müssen Angehörige entsprechend in die Kommunikation eingebunden werden (29). Vor Beginn eines Angehörigengesprächs ist das Verhältnis zu dem/der Patient\*in zu klären und ob z.B. eine Vorsorgevollmacht oder eine Patientenverfügung vorliegt (24). Ebenso sollte in diesem Zusammenhang auch der Status als Ehegatte, im Sinne des neuen Ehegattenvertretungsnotrechts, geklärt werden. Im Kommunikationsprozess sollte berücksichtigt werden, dass die Angehörigen unter enormen Stress stehen und die Entscheidungsfindung mit Ängsten einhergeht (24, 29, 30). Ziel der Gespräche ist somit nicht nur die Planung des weiteren Vorgehens, sondern auch die

emotionale Unterstützung der Angehörigen. Gleichzeitig sollte Angehörige ermöglicht werden „als Stimme für den Patienten im Rahmen der Ausnahmesituation“ zu wirken (31). Die Kommunikation mit Angehörigen muss individuell angepasst werden und ist abhängig davon, wie eingebunden die Angehörigen in darauffolgende Entscheidungsprozesse sein wollen. Hierzu wird das „shared decision“ Vorgehen empfohlen, das eine gemeinsame Entscheidungsfindung vorsieht. Auf diese Weise werden medizinische und wissenschaftliche Erkenntnisse auf der einen sowie die Wünsche des/der Patient\*in auf der anderen Seite berücksichtigt (31).

Auch die Gespräche mit Angehörigen sollten im Behandlungsverlauf regelmäßig stattfinden, sodass ein enger Austausch möglich ist (32). Inhaltlich fokussieren sich Angehörigengespräche auf den aktuellen Status des/der Patient\*innen sowie die Besprechung übergreifender Therapieziele. Routineschritte des Klinikalltags, wie die Anzahl an Laboruntersuchungen, sollten nicht kleinschrittig besprochen werden (31). Sollte die Prognose des/der Patient\*in einen ungünstigen Verlauf haben, müssen Behandler\*innen bereit sein „einen Teil der Entscheidungslast zu übernehmen“ (29). Ein Hilfsmittel für die Durchführung der Gespräche stellen die VALUE (Value, Acknowledge, Listen, Understand, Elicit) Kriterien dar. Diese besagen, dass stets die Äußerungen der Angehörigen wertschätzt, deren Emotionen wahrgenommen, ihnen zugehört und mögliche Fragen beantwortet werden sollten. Außerdem sollte dabei der/die Patient\*in stets als Person wahrgenommen werden (29). Gerade in der Kommunikation von medizinischen Inhalten ist dabei darauf zu achten, Fachbegriffe möglichst zu vermeiden und allgemein Gesprächsinhalte gut verständlich zu formulieren (29, 33). Kommt es im shared decision Prozess zu Konflikten oder Unstimmigkeiten über Therapieinhalte und -ziele wird empfohlen, sehr zeitnah erneut zusammen zu kommen (24). Angehörigengespräche sollten genau wie die Patient\*innengespräche unbedingt entsprechend der Vorgaben der Deutschen interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) dokumentiert werden (12, 24).

Ergänzend zu den Angehörigengesprächen können wichtige Informationen schriftlich zur Verfügung gestellt werden (30).

Zusammengefasst dargestellt wird die Kommunikation zwischen den Angehörigen und Behandler\*innen in der Abbildung 4.

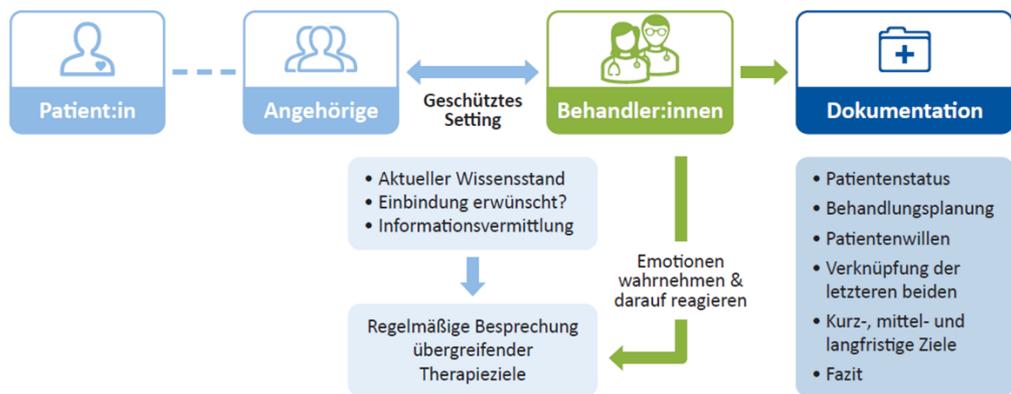


Abbildung 4. Übersicht Kommunikation zwischen Angehörigen und Behandler\*innen

## Referenzen

1. Stiefelhagen DP. Intensivmedizin erfordert interdisziplinäre Kommunikation und Kooperation. Die Innere Medizin. 2003;10/2003(10/2003 ):1325-9.
2. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. Aviation, space, and environmental medicine. 1992;63(9):763-70.
3. Shortell SM, Zimmerman JE, Rousseau DM, Gillies RR, Wagner DP, Draper EA, et al. The performance of intensive care units: does good management make a difference? Medical care. 1994;32(5):508-25.
4. Shojania KG, Duncan BW, McDonald KM, Wachter RM, Markowitz AJ. Making health care safer: a critical analysis of patient safety practices. Evidence report/technology assessment (Summary). 2001(43):i-x, 1-668.
5. Rudolph JW, Simon R, Rivard P, Dufresne RL, Raemer DB. Debriefing with good judgment: combining rigorous feedback with genuine inquiry. Anesthesiology clinics. 2007;25(2):361-76.
6. Frink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Multiple Trauma and Emergency Room Management. Dtsch Arztebl International. 2017;114(29-30):497-503.
7. Fischer M, Kehrberger E, Marung H, Moecke H, Prückner S, Trentzsch H, et al. Eckpunktepapier 2016 zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in der Prähospitalphase und in der Klinik. Notfall + Rettungsmedizin. 2016;19(5):387-95.
8. Siebert H. [White book of severely injured - care of the DGU. Recommendations on structure, organization and provision of hospital equipment for care of severely injured in the Federal Republic of Germany]. Der Unfallchirurg. 2006;109(9):815-20.
9. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.
10. Riessen R, Tränkle P, Schwabbauer N, Wolf K, Haap M. Berufsgruppenübergreifende Zusammenarbeit auf der Intensivstation. Intensivmedizin und Notfallmedizin. 2011;48:389-95.
11. Reeves S, Pelone F, Harrison R, Goldman J, Zwarenstein M. Interprofessional collaboration to improve professional practice and healthcare outcomes. The Cochrane database of systematic reviews. 2017;6(6):Cd000072.
12. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). Peer Review – Qualitätsindikatoren Intensivmedizin. 2022. Zuletzt heruntergeladen am 21.08.2023 von <https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/publikationen/peer-review/220310-qualitaetsindikatoren-intensivmedizin-divi-peer-review.pdf>.

13. Waydhas C, Riessen R, Markewitz A, Hoffmann F, Frey L, Böttiger B, et al. Empfehlung zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen 2022 (Erwachsene). Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). 2022. Zuletzt heruntergeladen am 21.08.2023 von <https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/publikationen/intensivmedizin/230419-divi-strukturempfehlung-intensivstationen-langversion.pdf>.
14. Kataloge RID. Sekundenschnelle Evaluation der Zuteilungsmechanismen der Regelwerke zum G-DRG System seit 2010.
15. Bundesausschuss G. Gestuftes System von Notfallstrukturen in Krankenhäusern. 2018.
16. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). Positionspapier - Mitarbeitende in Intensiv- und Notfallmedizin in den Fokus der Fürsorge! 2021. Zuletzt heruntergeladen am 21.08.2023 von <https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/publikationen/210124-divi-positions-papier-mitarbeiter-fuersorge.pdf>.
17. Bundesministerium für Gesundheit. Prävention. 2019. Zuletzt heruntergeladen am 21.08.2023 von <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/p/praevention.html>.
18. Costa DK, Moss M. The Cost of Caring: Emotion, Burnout, and Psychological Distress in Critical Care Clinicians. *Ann Am Thorac Soc*. 2018;15(7):787-90.
19. Stahl K, Palileo A, Schulman CI, Wilson K, Augenstein J, Kiffin C, et al. Enhancing patient safety in the trauma/surgical intensive care unit. *The Journal of trauma*. 2009;67(3):430-3; discussion 3-5.
20. Teixeira PG, Inaba K, Hadjizacharia P, Brown C, Salim A, Rhee P, et al. Preventable or potentially preventable mortality at a mature trauma center. *The Journal of trauma*. 2007;63(6):1338-46; discussion 46-7.
21. Boat AC, Spaeth JP. Handoff checklists improve the reliability of patient handoffs in the operating room and postanesthesia care unit. *Paediatric anaesthesia*. 2013;23(7):647-54.
22. Vioque SM, Kim PK, McMaster J, Gallagher J, Allen SR, Holena DN, et al. Classifying errors in preventable and potentially preventable trauma deaths: a 9-year review using the Joint Commission's standardized methodology. *American journal of surgery*. 2014;208(2):187-94.
23. Denham CR. SBAR for Patients *Journal of Patient Safety* 2008;Volume 4(1):38-48.
24. Kumpf O OS, Braun JP, Spies C, Haase U, Denke C et al. Wie sollte man ein strukturiertes Angehörigengespräch auf einer Intensivstation führen und dokumentieren? *Anästhesiologie Intensivmedizin*. 2019.

25. King A, Hoppe RB. "Best practice" for patient-centered communication: a narrative review. *Journal of graduate medical education*. 2013;5(3):385-93.
26. Baile WF, Buckman R, Lenzi R, Glober G, Beale EA, Kudelka AP. SPIKES-A six-step protocol for delivering bad news: application to the patient with cancer. *The oncologist*. 2000;5(4):302-11.
27. Chan A, Lee JY, Han Z. Perception of electronic peer review of SOAP notes among pharmacy students enrolling in their first pharmacotherapeutics course. *Currents in pharmacy teaching & learning*. 2019;11(12):1259-64.
28. Podder V, Lew V, Ghassemzadeh S. SOAP Notes. StatPearls. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Valerie Lew declares no relevant financial relationships with ineligible companies. Disclosure: Sassan Ghassemzadeh declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
29. Curtis JR, White DB. Practical guidance for evidence-based ICU family conferences. *Chest*. 2008;134(4):835-43.
30. Kynoch K, Chang A, Coyer F, McArdle A. The effectiveness of interventions to meet family needs of critically ill patients in an adult intensive care unit: a systematic review update. *JBIC database of systematic reviews and implementation reports*. 2016;14(3):181-234.
31. Kon AA, Davidson JE, Morrison W, Danis M, White DB. Shared Decision Making in ICUs: An American College of Critical Care Medicine and American Thoracic Society Policy Statement. *Critical care medicine*. 2016;44(1):188-201.
32. Davidson JE, Powers K, Hedayat KM, Tieszen M, Kon AA, Shepard E, et al. Clinical practice guidelines for support of the family in the patient-centered intensive care unit: American College of Critical Care Medicine Task Force 2004-2005. *Critical care medicine*. 2007;35(2):605-22.
33. Heitmann D, Bohr K. Die Intensivstation aus der Perspektive von Angehörigen. *Pflegezeitschrift*. 2020;73:58-60.

## **2. Aufnahme auf die Intensivstation**

Mit der Aufnahme auf die Intensivstation (ITS) beginnt die Stabilisierungsphase der Patient\*innen (1). Diese Phase umfasst einen Zeitraum von „3 - 72 Stunden nach dem Trauma“ (1) und schließt sich an die Akutbehandlung, bestehend aus präklinischer Erstversorgung sowie Versorgung im Schockraum und gegebenenfalls der ersten operativen Phase, an (2). Das interdisziplinäre Team der Intensivstation hat die Aufgabe Organfunktionen zu stabilisieren und gleichzeitig sekundäre Komplikationen vorzubeugen (1). Wie in Kapitel 1 beschrieben, spielt eine gut abgestimmte Zusammenarbeit aller beteiligter Fachdisziplinen dabei eine zentrale Rolle. Dies trifft auch bereits auf den Zeitraum vor Aufnahme auf die Intensivstation zu: die Patient\*innen müssen der ITS frühzeitig angekündigt werden, sodass der Bettplatz freigehalten sowie vorbereitet werden kann (1). Bei Ankunft sollte dann für eine optimale Übergabe das gesamte Behandlungsteam anwesend sein (3). Im folgenden Kapitel werden die Anforderungen an die Aufnahme, die Stationsausstattung sowie organisatorische Erfordernisse, die bei Polytraumapatient\*innen einhergehen, erläutert.

### **2.1. Indikationsstellung zur ITS-Aufnahme**

Allgemein ist eine Aufnahme auf die Intensivstation indiziert bei Organdysfunktionen bis hin zur Notwendigkeit der engmaschigen Überwachung dieser Organfunktionen und /oder zur Notwendigkeit des Organersatzverfahrens. Die amerikanische Intensivmedizinische Gesellschaft (Society of Critical Care) (4) hat 2016 allgemeine Empfehlungen (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz) veröffentlicht:

Institutionen sollten einen individuellen Aufnahmekriterienkatalog entwickeln. Dieser sollte die Kombination folgender Kriterien berücksichtigen:

- die spezifischen Bedürfnisse der Patient\*innen, die nur auf einer Intensivstation adressiert werden können;
- die vorhandene klinische Expertise
- die Diagnose
- die Verfügbarkeit der Intensivbehandlungsplätze
- objektive Parameter zum Verlegungszeitpunkt wie z.B. die Atemfrequenz
- das Potential der Patient\*innen, von Interventionen zu profitieren

- die Prognose

Es wird unterschieden zwischen den Leveln 3 (ITS, very high), Level 2 (Intermediate, high-medium) und Level 1 (Telemetrie, medium-low).

Level 3 ist vorbehalten für Patient\*innen, die stündliches und/oder invasives Monitoring, wie z. B. eine invasive Blutdruckmessung, benötigen. Mögliche Interventionen sind nirgendwo sonst durchzuführen, wie z. B. invasive mechanische Beatmung, Katecholamintherapie, ECMO (Extrakorporale Membranoxygenierung), IABP (intraaortale Ballonpumpe), oder kontinuierliche Nierenersatztherapie. Level 2 ist vorgesehen für instabile Patient\*innen, die bestimmte Interventionen, Untersuchungen und/oder Monitoring alle 2-4 Stunden benötigen. Mögliche Interventionen bei Level 2 können nicht invasive Beatmung, intravenöse Infusion, intravenöse vasoaktive Substanzen oder antiarrhythmische Substanzen sein. Level 1 ist vorgesehen für stabile Patient\*innen mit dem Bedarf an EKG-Monitoring (Elektrokardiografie) für nicht maligne Arrhythmien oder klinische Kontrollen alle 2-4 Stunden (4).

Ob bei Patient\*innen nach Trauma die Aufnahme auf eine Intensivstation erforderlich ist, hängt grundsätzlich von Faktoren auf Seiten der Patient\*innen und von den organisatorischen Gegebenheiten des Krankenhauses ab.

Die 3 relevanten Einflussgrößen auf Patient\*innenebene sind:

1. Das Verletzungsmuster und die Verletzungsschwere, also das Ausmaß der initialen Gewalteinwirkung und die direkten Folgen dieser Gewalt, welche sich in der Zerstörung von Zellen, Gewebe und Organen äußert.
2. Der vorbestehende Zustand traumatisierter Patient\*innen, insbesondere Alter, Vorerkrankungen bzw. Vorschädigung von Organen.
3. Eine dritte Gruppe von Parametern, welche die Schwere der Organdysfunktion bestimmen, sind aktuelle klinische Messwerte. Sie werden sowohl von der Verletzungsschwere als auch vom vorbestehenden Zustand der Patient\*innen beeinflusst. Außerdem fließen äußere Umstände, z.B. die Außentemperatur und der zeitliche Verlauf nach Trauma hier mit ein.

## **Verletzungsmuster**

Um das Verletzungsmuster zu einer Verletzungsschwere zusammenzufassen stehen eine Reihe von Scores zur Verfügung. Der am häufigsten in wissenschaftlichen Publikationen angewandte Score ist der Injury Severity Score (ISS). In sehr vielen Studien ist die Abgrenzung zwischen lebensbedrohlich Verletzten, also Polytraumapatient\*innen und einfachen Traumapatient\*innen bei einem  $ISS \geq 16$  festgelegt (5).

Die anatomische Beschreibung der Verletzung impliziert auch Faktoren wie, z.B. die Größe des entstandenen Hämatoms. Dieses führt zu einer Unschärfe bei der Klassifikation von Patient\*innen, da selbst diese anatomische Einteilung sich im Zeitverlauf nach Unfall ändern kann.

## **Alter und Vorerkrankungen**

Bei Polytraumapatient\*innen ist das Alter ein unabhängiger Risikofaktor für die Mortalität (6). Dies wird relevant ab einem Alter von > 55 Jahren und steigt dann mit fortschreitendem Lebensalter weiter.

Vorbestehende Erkrankungen verschlechtern in unterschiedlichem Ausmaß die Prognose bzw. bedingen die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung oder Therapie.

## **Aktuelle Messwerte, Vitalparameter**

Für die Entscheidung zur Aufnahme auf die Intensivstation nach Trauma werden aktuelle Vitalparameter wie Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz und Vigilanz gemessen an der Glasgow Coma Scale hinzugezogen. Prognostisch relevant ist zusätzlich insbesondere die Blutgasanalyse, mit der beispielsweise eine manifeste Lactazidose nachgewiesen werden kann.

Zur vollständigen Erfassung aller Verletzungen der Polytraumapatient\*innen werden auf der Intensivstation zusätzlich ergänzende oder bisher nicht mögliche diagnostische Maßnahmen durchgeführt (s. Kapitel 2.4). Um eine Destabilisierung der Polytraumapatient\*innen zu verhindern sollten klinische Warnzeichen, sogenannte „red flags“, jederzeit beachtet werden. Weiterführende Informationen zur möglichen erweiterten Diagnostik auf der Intensivstation finden sich in Kapitel 4. Allgemein maßgeblich für den medizinischen Verlauf sind neben der

„Schwere des initialen Traumas“ außerdem individuelle Faktoren sowie die Krankheitsvorgeschichte (7).

### **Organisation und Struktur des Krankenhauses**

Während die Aufnahme auf die Intensivstation nach Trauma bei Notwendigkeit eines Organersatzverfahrens unstrittig ist, ist die Aufnahme bei der Notwendigkeit zur engmaschigen Überwachung von der Organisation und Struktur des Krankenhauses abhängig. Insbesondere die engmaschige Überwachung von Vitalparametern oder der Wachheit anhand des GCS ist theoretisch auf der Normalstation möglich, wird in vielen Krankenhäusern aber nur auf einer intermediate care (IMC) oder gar Intensivstation gewährleistet. Das gleiche kann gelten für mehrmals tägliche sonographische Kontrollen, die Therapie mit Sauerstoff oder die pflegerische Versorgung und Überwachung von Patient\*innen mit Thoraxdrainagen.

Für unterkühlte Patient\*innen sollte ein Wärmetherapiegerät bereitgestellt werden, bei entsprechendem Verletzungsmuster auch ein kinetisches Lagerungsbett. Kardiovaskuläre Medikamente und Infusionslösungen sind zumeist erforderlich und sollten daher ebenfalls gerichtet werden. Ansonsten gelten die allgemeinen Grundsätze für die Ausstattung eines Intensivbettplatzes (1).

### **2.2 Anforderungsprofil an Ausstattung einer Polytrauma-ITS**

Die DIVI hat klare Empfehlungen zur Ausstattung einer Intensivstation formuliert, die eine optimale Versorgung kritisch kranker Patient\*innen ermöglicht. Die Ansprüche an die geforderte Ausstattung umfassen daher auch die Ansprüche zur optimalen Versorgung bei Polytrauma und sehen wie folgt aus:

Bezogen auf die personelle Ausstattung sollte die ITS unter Leitung eines/einer Ärzt\*in stehen, der/die die Zusatzbezeichnung Intensivmedizin erworben hat und dort hauptamtlich tätig ist. Zusätzlich sollten weitere Fachkräfte im ärztlichen Team über die Weiterbildung Intensivmedizin auf der Intensivstation verfügen, sodass möglichst durchgehend eine Fachkraft auf Station anwesend ist. Insgesamt muss durchgehend intensivmedizinisch erfahrenes Personal für die Betreuung der Patient\*innen auf Station sein, mit einem

Personalschlüssel von mindestens sieben Vollzeitstellen für 8 bis 12 Betten. Im pflegerischen Bereich sieht der Schlüssel grundsätzlich eine Pflegekraft für zwei Behandlungsplätze vor. Jedoch ist dabei zu beachten, dass „bei besonders schweren Erkrankungen“ eine 1:1 Betreuung gefordert sein kann. Dies insbesondere, wenn schwere Verbrennungen Teil der Diagnose sind. Die pflegerische Leitung wird pro Intensivereinheit übernommen von einer Fachkraft, die über die Fachweiterbildung Anästhesie und Intensivmedizin verfügt (8). Als wichtiger Bestandteil der Therapie von Polytraumapatient\*innen sollte die ITS außerdem personell mit physiotherapeutischen Fachkräften ausgestattet sein (9), die die tägliche Mobilisation und somit frühzeitige Rehabilitationsmaßnahmen ermöglichen. Ebenso sollte ein/e Psycholog\*in verfügbar sein, die bei Bedarf die Patient\*innen psychologisch betreuen können. Der Aufenthalt auf der ITS im Allgemeinen, aber insbesondere das „Erleben einer kritischen Erkrankung“ können zu psychischen Krisensituationen führen (10). Darüber hinaus sollte die ITS außerdem allgemein über Personal aus den Bereichen Hygiene, Mikrobiologie, Seelsorge, dem Sozialdienst sowie Reinigungspersonal verfügen und Personalkapazitäten für administrative Tätigkeiten einplanen (8).

Die Empfehlungen zur baulichen Ausstattung des DIVI basieren auf Alltagserfahrungen sowie generellen gesetzlichen Vorschriften und Normen und beziehen sich auf allgemeine Faktoren, die Patient\*innenzimmer, den Eingriffsraum, den Stationsstützpunkt, die Arbeits- und Geräteräume sowie zusätzliche Räumlichkeiten wie Arztzimmer. Eine starke Empfehlung wird unter anderem dafür ausgesprochen, dass in jedem Behandlungszimmer Elektroanschlüsse für mobile Röntgengeräte vorhanden sein sollen, die Röntgenuntersuchungen der/s Polytraumapatient\*in ohne krankenhausinternen Transport ermöglichen. Ebenso sollte, um eine optimale Versorgung zu ermöglichen, dass Patient\*innenbett von allen Seiten zugänglich sein. Eine gelistete Übersicht der Ausstattungsmerkmale sind den Tabellen des Hintergrundtextes der Empfehlungen zu entnehmen (8).

Die DIVI Empfehlungen bezüglich der apparativen Ausstattung basieren hauptsächlich auf Empfehlungen von Expert\*innengremien und Fachgesellschaften und umfassen neben allgemeinen Anforderungen einer ITS auch fachspezifische Anforderungen. Dabei wird zwischen den Fachdisziplinen Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin, Neuromedizin und Kinder-/Jugendmedizin unterschieden. Da sich ein adultes Polytrauma durch

Kombinationsverletzungen auszeichnet, sind alle Disziplinen bis auf Letztere relevant. Eine vollständige Übersicht der Empfehlungen ist auch hier der Tabelle des Hintergrundtextes der DIVI Empfehlungen zu entnehmen.

Um die Anforderungen zur Erfüllung des allgemeinen Hygienestandards auf Intensivstationen erfüllen zu können, welche für eine optimale Versorgung kritisch kranker Patient\*innen von großer Bedeutung ist, gelten die allgemeinen, von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften erarbeiteten Hygieneanforderungen (11).

### 2.3. Meldekettens nach Übernahme auf die ITS

Um eine lückenlose Meldung und effiziente Übernahme von Patient\*innen sicherzustellen, müssen alle beteiligten oder notwendigen Fachdisziplinen eingebunden werden. Hierfür ist ein standardisiertes und routiniertes Vorgehen zweckmäßig. Eine an die Klinik angepasste Standardprozedur kann zielführend sein, um die zeitkritische Behandlung, die mit dem Krankheitsbild des Polytraumas einhergeht, erfolgreich durchzuführen. Gleichzeitig sollte eine suffiziente Kommunikation gewährleistet werden, um eine interprofessionelle Zusammenarbeit zu ermöglichen. Die Einbindung der Fachdisziplinen sollte abhängig von den beteiligten Regionen der Polytraumapatient\*innen erfolgen.

Um die Relevanz dieses Prozesses hervorzuheben, wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

2.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Standardprozeduren zur Meldung und Übernahme von Polytraumapatient*innen sollten implementiert werden.	
	starker Konsens	

## 2.4. Untersuchung nach ITS-Aufnahme

Die Primäruntersuchung („Primary survey“) im Schockraum zielt darauf ab, die Vitalfunktionen zügig und effizient zu evaluieren, lebensbedrohlichsten Verletzungen zu identifizieren und in einer priorisierten Reihenfolge basierend auf deren Einfluss auf die Physiologie der Traumapatient\*innen zu behandeln. Die sekundäre Untersuchung („Secondary survey“) beginnt erst nach der Vervollständigung der Primäruntersuchung und beinhaltet in der Regel eine klinische Untersuchung von Kopf bis Fuß einschließlich der Reevaluation der Vitalfunktionen und, wenn möglich, eine strukturierte Anamneseerhebung, bevor der Patient die Notaufnahme verlässt. Die tertiäre Untersuchung („tertiary survey“) nach Ablauf der akuten Phase des Polytraumamanagements wurde eingeführt, um die Zahl der übersehenen Verletzungen zu verringern und ist ein Ansatz zur Feststellung nicht diagnostizierter Verletzungen bei Traumapatient\*innen. Ziel ist die erneute Bewertung der Patient\*innen innerhalb von 24 Stunden nach Aufnahme anhand eines Anamneseprotokolls, einer körperlichen Untersuchung und der Überprüfung ergänzender Tests. Falls relevante (Labor-) Untersuchungen nicht oder nicht vollständig durchgeführt wurden, erfolgt die Anforderung neuer Tests, die für eine umfassende Diagnostik essenziell sind. Durch eine umfassende, systematische ganzkörperliche Untersuchung können primär okkulte Traumata identifiziert und ein ganzheitliches Bild des Verletzungsmusters ermöglicht werden.

Die Studie von Zamboni et al zeigte, dass die Anwendung eines Protokolls für die Tertiäruntersuchung simpel umzusetzen, kostengünstig und vorteilhaft für insbesondere polytraumatisierte Patient\*innen ist. Es ermöglicht die Identifizierung relevanter Verletzungen, die bei der Aufnahme nicht erkannt wurden (12).

Um die Relevanz dieses Prozesses hervorzuheben, wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

2.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Protokolle zur optimierten Durchführung und Dokumentation von Tertiäruntersuchungen können genutzt werden.	
	starker Konsens	

## 2.5 Telemedizin auf der Intensivstation

Telemedizin ermöglicht den zeit- und ortsunabhängigen Austausch fachlicher Expertise. Da ein Polytrauma sich durch Kombinationsverletzungen auszeichnet, kann im Rahmen der Behandlung oder Weiterverlegung von der Primärversorgung in das Traumazentrum telemedizinische Expertise hinzugezogen werden. Im Rahmen der Regelungen des Gemeinsamen Bundesausschusses zur Konkretisierung der besonderen Aufgaben von Zentren und Schwerpunkten gemäß § 136c Absatz 5 SGB (13) können Traumazentren fachspezifische Kolloquien oder interdisziplinäre Fallkonferenzen mit anderen Krankenhäusern oder spezialisierten Reha-Einrichtungen auch telemedizinisch durchführen. Insbesondere Krankenhäuser mit begrenztem Fachpersonal können davon profitieren, per Audio-Videoverbindung mit Expert\*innen in einen telekonsiliarischen Austausch zu gehen und das Fachwissen ressourcenschonend direkt am Patient\*innenbett zur Verfügung zu haben. Diese virtuelle Unterstützung peripherer Krankenhäuser kann sowohl vor der Aufnahme auf die ITS stattfinden, während der Behandlung auf der ITS beratend implementiert werden, oder nach einer initialen Versorgung in einem Krankenhaus mit höherer Versorgungsstufe und anschließender wohnortnaher Verlegung als begleitende Nachbeobachtung erfolgen. So kann eine wohnortnahe Versorgung ermöglicht werden (14, 15) und entsprechend risikoreiche Verlegungen schwerverletzter Patient\*innen reduziert oder, wenn dies zur Weiterversorgung notwendig ist, zu einem für den Patient\*innen und die beteiligten Krankenhäuser optimalen Zeitpunkt geplant werden. Gleichzeitig kann durch den Nutzen von Telemedizin insgesamt die Behandlungsqualität, u.a. durch eine verbesserte Leitlinienadhärenz, gesteigert werden, wie die Begleitstudie zum Best-Practice Projekt TELnet@NRW zeigt (14). Die AWMF S1-Leitlinie zum Thema Telemedizin in der Intensivmedizin führt unter den Indikationen für Telekonsile in der Intensivmedizin auch das Polytrauma auf (16). Telemedizin wurde im Bereich der Intensivmedizin umfassend untersucht und es konnte ein Potential für eine bessere Patient\*innenversorgung nachgewiesen werden. Durch frühere und konsequentere Behandlung bzw. Prävention konnte durch Tele-Intensivmedizin die Sterblichkeit, die Komplikationen und die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation sowie im Krankenhaus signifikant reduziert werden (17-19).

Um die Relevanz der Telemedizin hervorzuheben, wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

2.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Telemedizinisches Expert*innenwissen kann im Rahmen der Erstversorgung und Weiterverlegung hinzugezogen werden.	
	starker Konsens	

## Referenzen

1. Larsen R, Müller-Wolff T. Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege 2016.
2. Waydhas C, Hamsen U. Intensivbehandlung des polytraumatisierten Patienten. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. 2017;12(05):571-87.
3. Hokema F SD, Bercker S, Kaisers UX. Intensivbehandlung nach Polytrauma. Anästh Intensivmed. 2009;50:721-33.
4. Nates JL, Nunnally M, Kleinpell R, Blosser S, Goldner J, Birriel B, et al. ICU Admission, Discharge, and Triage Guidelines: A Framework to Enhance Clinical Operations, Development of Institutional Policies, and Further Research. Critical care medicine. 2016;44(8):1553-602.
5. Ruchholtz SW, D. C. 3.1.4 Klassifikation/Scoring. 2013 2014/03/24. In: Orthopädie und Unfallchirurgie essentials [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Essentials - Intensivkurs zur Weiterbildung. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/lookinside/10.1055/b-0034-62132>.
6. Weihs V, Heel V, Dedeyan M, Lang NW, Frenzel S, Hajdu S, et al. Age and traumatic brain injury as prognostic factors for late-phase mortality in patients defined as polytrauma according to the New Berlin Definition: experiences from a level I trauma center. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2021;141(10):1677-81.
7. Wutzler S LT, Relja B, Lehnert M, Marzi I. Pathophysiologie des Polytraumas. Der Chirurg 2013;84:753-8.
8. (DIVI) DIVI-uN. Empfehlungen zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen. 2010.
9. Filipovic S KS. Die physiotherapeutische Behandlung eines polytraumatisierten Patienten. DIVI 2014. 2014;5:111-6.
10. T D. Konzeptuelle Überlegungen für die psychologische Arbeit auf Intensivstationen. Anästh Intensivmed. 2017;58:248-58.
11. AWMF AK. Hygiene in Klinik und Praxis. 2004.
12. Zamboni C, Yonamine AM, Faria CE, Filho MA, Christian RW, Mercadante MT. Tertiary survey in trauma patients: avoiding neglected injuries. Injury. 2014;45 Suppl 5:S14-7.
13. Bundesausschuss G. Regelungen des Gemeinsamen Bundesausschusses zur Konkretisierung der besonderen Aufgaben von Zentren und Schwerpunkten gemäß § 136c Absatz 5 SGB V (Zentrums-Regelungen). 2022.
14. Dohmen S, Benstoem C, Wahl A, Offermann A, Marx G. Qualitätssteigerung in der Intensivmedizin durch Telemedizin: Beispiel TELnet@NRW. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. 2021;56(01):52-9.

15. R D. ICU: Telemedizin verbessert Versorgung von Sepsis-Patienten. *Journal Club AINS*. 2019;08(02):113-4.
16. Marx G, Greiner W, Juhra C, Elkenkamp S, Gensorowsky D, Lemmen S, et al. An Innovative Telemedical Network to Improve Infectious Disease Management in Critically Ill Patients and Outpatients (TELnet@NRW): Stepped-Wedge Cluster Randomized Controlled Trial. *Journal of medical Internet research*. 2022;24(3):e34098.
17. Deisz R, Rademacher S, Gilger K, Jegen R, Sauerzapfe B, Fitzner C, et al. Additional Telemedicine Rounds as a Successful Performance-Improvement Strategy for Sepsis Management: Observational Multicenter Study. *Journal of medical Internet research*. 2019;21(1):e11161.
18. Lilly CM, Cody S, Zhao H, Landry K, Baker SP, McIlwaine J, et al. Hospital mortality, length of stay, and preventable complications among critically ill patients before and after tele-ICU reengineering of critical care processes. *Jama*. 2011;305(21):2175-83.
19. Zawada ET, Jr., Herr P, Larson D, Fromm R, Kapaska D, Erickson D. Impact of an intensive care unit telemedicine program on a rural health care system. *Postgraduate medicine*. 2009;121(3):160-70.

### 3. Monitoring

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die vorhandenen Evidenzlevel sowie Empfehlungsgrade der verschiedenen Monitoringverfahren bei der Behandlung des Polytraumas auf der Intensivstation geben oder aber Evidenzlücken aufzeigen, so dass diese der wissenschaftlichen Überprüfung zugeführt werden können.

Monitoring beschreibt die kontinuierliche oder diskontinuierliche Überwachung der Vitalfunktionen der Patient\*innen, in diesem Falle der Polytraumapatient\*innen. Unter Monitoring werden verschiedenste Verfahren verstanden, welche Informationen zu akuten oder langsam verändernden Situationen im Krankheitsverlauf der Patient\*innen anzeigen. Das Ziel des Einsatzes unterschiedlicher Monitoringverfahren ist es, potenziell kritische Verläufe frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten, die zur Stabilisierung der Patient\*innen führen, so dass der Genesungsprozess komplikationslos voranschreiten kann. Da bei Polytraumapatient\*innen unterschiedliche Verletzungsmuster und Organschäden vorliegen, richtet sich der Einsatz der Monitoringverfahren nach den betroffenen Organsystemen und klinischem Zweck. In Analogie zu anderen Abschnitten der Leitlinie wird dieses Kapitel ebenfalls dadurch erschwert, dass es für die Beurteilung von Kernelementen des Monitorings häufig keine qualitativ guten Daten aus randomisierten, kontrollierten Studien gibt bzw. diese nur für Einzelverletzung existieren. Der Nutzen bestimmter Monitoringverfahren wird von Seiten der Expert\*innen als in sich konsistent bewertet, so dass eine wissenschaftliche Überprüfung nicht oder nur unter kritisch zu bewertenden Bedingungen durchgeführt werden könnte. Als Beispiel kann hier die Studie von Chesnut et al. "A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury" herangezogen werden, welche versuchte, die Wirksamkeit der intrakraniellen Druckmessung beim Schädel-Hirn-Trauma (SHT) zu untersuchen (1). Aus ethischen Gründen konnte diese Studie nicht in den USA oder Europa durchgeführt werden, da die Messung des intrakraniellen Drucks (ICP) als derart evidenzbasiert angesehen wurde, dass ein positives Votum der Ethikkommissionen nicht zu erhalten war. Die Durchführung der Studie erfolgte dann in zwei südamerikanischen Ländern, da dort bis zum damaligen Zeitpunkt eine Messung des ICP in keiner Klinik möglich war.

Monitoring lässt sich in Basis- und erweitertes Monitoring differenzieren. Aber auch prognostische Informationen bzgl. des Outcomes der Patient\*innen sollten nicht vergessen

werden, da sie Informationen über die zu erwartende Lebensqualität und Funktionsfähigkeit der Patient\*innen liefern.

Das Basismonitoring umfasst die Erfassung der klassischen Vitalparameter (Riva Rocci (RR), Herzfrequenz, Atemfrequenz, Temperatur, Diurese) und ist in der Regel gering invasiv. Mit Erweiterung des Monitorings nimmt auch die Invasivität zu. Neben einer erweiterten hämodynamischen Überwachung (z.B. Herzzeitvolumen, pulmonaler arterieller Druck, usw.) können z.B. auch Drücke und Gewebeversorgung des Gehirns gemessen werden (ICP, zerebraler Perfusionsdruck (CPP), PtiO<sub>2</sub>, usw.). Mit Zunahme der Invasivität der Monitoringverfahren können auch schwerwiegendere Komplikationen durch die Anlage der dafür notwendigen Katheter auftreten, so dass vorab der Nutzen des jeweiligen Verfahrens kritisch zu überprüfen ist.

Bettseitige Verfahren, wie Dopplersonografie, Lungensonografie oder Echokardiografie, haben einen großen Nutzen in der Erkennung und Diagnostik potenzieller Störungen, sind aber nur diskontinuierlich einsetzbar und bedürfen einiger Erfahrung in der Anwendung.

Die kontinuierliche Beurteilung von Schmerzen, kognitiver und mentaler Funktion sowie der physischen Funktionsfähigkeit und Behinderung zeigen zu erwartende Schwierigkeiten im Genesungsprozess (z.B. Schwierigkeiten bei der Frühmobilisation, Atmung, Delirentstehung, usw.) und darüber hinaus (Wird der Patient wieder ein normales Leben führen können?) auf. Darüber hinaus ist auch zu bedenken, ob insbesondere alle apparativen Möglichkeiten an allen Traumazentren vorgehalten werden müssen, oder ob bei komplexesten Verletzungsmustern eine initiale Stabilisierung der Patient\*innen erfolgt und sekundär die Verlegung in ein überregionales Traumazentrum mit der entsprechenden personellen und apparativen Ausstattung zu erfolgen hat.

Um die Evidenz zum Monitoring bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Frage

Führt die Verwendung von Überwachungsgeräten während der klinischen Untersuchung im Vergleich zur Nichtverwendung von Überwachungsgeräten zu besseren Ergebnissen bei Polytraumapatient\*innen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 564 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 44 gescreenten Volltexte konnte eine randomisiert-kontrollierte (RCT) Studie mit insgesamt 162 Polytraumapatient\*innen für die o.g. Fragestellung identifiziert werden (1). In dem RCT von Chytra et al. hatte ein Ösophagus-Doppler keinen signifikanten Effekt im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich der Krankenhaus-Sterblichkeit (Risk Ratio (RR) 0,74; 95% Konfidenzintervall (KI) 0,39 bis 1,41; Qualität der Evidenz gering). Im Hinblick auf die Verweildauer auf der Intensivstation hatte ein Ösophagus-Doppler einen signifikanten Effekt im Vergleich zur Kontrollgruppe (7 Tage [Interquartile range (IQR) 6-11] vs. 8,5 Tage [IQR 6-16],  $p = 0,031$ ; Qualität der Evidenz gering) oder hinsichtlich der Krankenhausaufenthaltsdauer (14 Tage [IQR 8,25-21] vs. 17,5 Tage [IQR 11-29],  $p = 0,045$ ; Qualität der Evidenz gering).

Die eingeschlossene Studie weist einige Limitationen auf, darunter die geringe Fallzahl, nur eine Studie sowie weite Konfidenzintervalle. Auf Grund dessen wurde der Evidenzgrad als gering bewertet.

Auf Grund von nur einer eingeschlossenen Studie sowie deren Qualität wurde entschieden, statt einer evidenzbasierten Empfehlung, die folgenden Empfehlungen im Expert\*innenkonsens abzustimmen.

### **3.1 Klinisches Monitoring**

#### **3.1.1 ZNS**

Trotz der zunehmenden Möglichkeiten und Anwendungen von apparativen Messverfahren in der Intensivmedizin und im speziellen bei Patient\*innen mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT) im Rahmen eines Polytraumas, ist die klinische Untersuchung des neurologischen Zustands weiter von zentraler Bedeutung.

Zur Beurteilung des Bewusstseins wird weltweit primär die Glasgow Coma Scale (GCS) angewendet (2). Die Anwendbarkeit der GCS ist bei analgosedierten Patient\*innen naturgemäß eingeschränkt. Ungeachtet dessen sollte jedoch mindestens einmal täglich eine Reduktion bzw. Pausierung der Analgosedierung angestrebt werden, sofern hierfür keine Kontraindikationen bestehen. Neben der Anwendung der GCS sollte auch eine regelmäßige Überprüfung der Pupillenweite und Lichtreaktion sowie von Hirnstammreflexen erfolgen (3, 4). Dies kann z.B. auch mit automatisierten Pupillometern erfolgen, deren Algorithmen auch

mit dem ICP korrelieren können (5). Eine hochwertige Evidenz existiert für die automatisierte Pupillometrie jedoch bislang nicht, so dass deren Nutzen nicht abschließend beurteilt werden kann.

Insbesondere beim leichten bzw. mittelschweren SHT im Rahmen von Polytraumapatient\*innen ist die regelmäßige Überprüfung und kontinuierliche Dokumentation dieser Befunde von zentraler Bedeutung, da bei einer neurologischen Verschlechterung, z.B. bei einem GCS Abfall um 2 Punkte, eine neuerliche craniale Computertomografie-Untersuchung (cCT) zum Ausschluss neuer bzw. einer Größenzunahme bestehender Pathologien erfolgen sollte (6).

Im Expert\*innenkonsens wurde folgende Empfehlung zur Erfassung und Dokumentation der Bewusstseinslage abgestimmt:

3.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die wiederholte Erfassung und Dokumentation von Bewusstseinslage, mit Pupillenfunktion und Glasgow Coma Scale (Motorik bds.) bei Polytraumapatient*innen soll erfolgen.	
	starker Konsens	

### 3.1.2 Leber

Die klinische Überwachung der Leber bei Polytraumapatient\*innen ist von entscheidender Bedeutung, um eine rechtzeitige Erkennung und Behandlung von Leberverletzungen und/oder -dysfunktionen zu gewährleisten, die schwerwiegende Auswirkungen auf die Behandlungsergebnisse der Patient\*innen haben können. Es sollte ein umfassender Ansatz gewählt werden, der klinische Beurteilung, Laboruntersuchungen (s. Kapitel 3.2.2) und bildgebende Verfahren (s. Kapitel 4.4.3) kombiniert. Eine kontinuierliche Überwachung der Vitalparameter, einschließlich Blutdruck, Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung, ist unerlässlich, um Anzeichen einer hämodynamischen Instabilität zu erkennen.

### **3.1.3 Herz-Kreislauf**

Ein gesondertes klinisches Monitoring des Herz- Kreislaufsystems gibt es nicht, man kann allenfalls anhand des Hautkolorits, der Körpertemperatur an Händen und Füßen sowie der Kapillardurchblutung sehr grobe grobe Anhaltspunkte für die Herz-Kreislauf-Funktion gewinnen, die aber bei weitem nicht ausreichen, um ein vollständiges Bild der Herz-Kreislauffunktion eines polytraumatisierten Patienten auf der Intensivstation zu erhalten; dies gelingt jedoch durch das apparative Monitoring.

### **3.1.4 Niere**

Für eine ganzheitliche Bewertung der Nierenfunktion und zur frühzeitigen Erkennung potenzieller Komplikationen ist eine umfassende Überwachung der Niere bei Polytraumapatient\*innen erforderlich. Durch eine Kombination aus Labortests und klinischen Bewertungen kann die Nierenfunktion beurteilt werden. Die Nierenfunktion wird in der Regel durch die Überwachung der Serumkreatininwerte und die Bestimmung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) beurteilt (7). Außerdem wird die Urinausscheidung genau überwacht, um eine ausreichende Nierendurchblutung sicherzustellen (8). Es ist von entscheidender Bedeutung, die Ausgangsnierenfunktion des/der Patient\*innen und alle vorbestehenden Nierenerkrankungen zu berücksichtigen. Bei Polytraumapatient\*innen können Faktoren wie Hypovolämie, Schock und nephrotoxische Medikamente die Nierenfunktion erheblich beeinträchtigen. Daher sollte der Flüssigkeitssubstitution, der Aufrechterhaltung der hämodynamischen Stabilität und der Minimierung des Einsatzes potenziell nephrotoxischer Medikamente besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die rechtzeitige Erkennung einer akuten Nierenschädigung (AKI) ist wichtig, da ein frühzeitiges Eingreifen die Behandlungsergebnisse verbessern kann. Insgesamt sind ein multidisziplinärer Ansatz und eine regelmäßige Überwachung unerlässlich, um Dysfunktionen rechtzeitig zu erkennen, adäquat zu behandeln und Nierenkomplikationen zu verhindern.

### **3.1.5 Lunge**

Zur klinischen Einschätzung des pulmonalen Verlaufes von Polytraumapatient\*innen bedarf es einer sorgfältigen Ausgangsanalyse des zugrundeliegenden Verletzungsmusters. Im

Rahmen der Primärversorgung erfolgt die Evaluation der Notwendigkeit zur primären Intubation. Die Grundzüge der Ventilation sowie der bildgebenden Diagnostik werden in den jeweiligen Kapiteln erörtert.

Sollte eine Intubation primär nicht erforderlich sein, lassen sich aus dem Verletzungsmuster bereits früh Schwerpunkte der erforderlichen Verlaufsbeurteilung ableiten. Je nach Mosaik traumabedingter Lungenkontusion mit pulmonalen Infiltraten/ Einblutungen oder Lungenödem, knöcherner Verletzungen gefolgt von Hämothoraces und / oder Pneumothoraces etc. sind unterschiedliche Ausprägungen von Gasaustauschstörungen zu verzeichnen (hypoxische respiratorische Insuffizienz bei Parenchymschäden oder hyperkapnische respiratorische Insuffizienz bei Einschränkungen der Atemmechanik oder Kombinationen mit unterschiedlicher Ausprägung der Gasaustauschstörungen) (9,10). Häufig entwickeln sich Einschränkungen im Verlauf, da insbesondere bei Störungen der Atemmechanik die Erschöpfung der Polytraumapatient\*innen droht.

Neben der Beurteilung der respiratorischen Kompetenz (Inspirationstiefe sowie Atemfrequenz) erfolgt die klinische Diagnostik anhand der „klassischen“ Untersuchungsmethoden der Auskultation und Perkussion. Ergänzende Befunde liefern die Sonographie und/ oder radiologische Diagnostik. In erfahrener Hand kann die Sonographie nicht nur Ergußverhalte, Hämothoraces und Pneumothoraces nachweisen, sondern auch pneumonische Infiltrate bzw. kontusionelle Veränderungen diagnostizieren (11, 12).

Pulsoximetrische Kontrollen im Rahmen der Dokumentation der Vitalparameter sind essenzielle Grundlage. Ziel SpO<sub>2</sub> sind 92-96% (bzw. 88-92% bei Patient:innen mit Hyperkapnierisiko) (13).

Die Atemfrequenz sollte 20/min nicht dauerhaft übersteigen. Patient:innen mit höheren Atemfrequenzen oder steigendem O<sub>2</sub>-Bedarf bedürfen ggfs. einer high-flow-Sauerstofftherapie, oder (nicht-)invasive Beatmung. Im Verlauf und insbesondere in einem stabilen Intervall nach akuter Erkrankung sollte geprüft werden, ob eine Indikation zur fortgesetzten Gabe von Supplementärsauerstoff besteht.

Förderungen von Thoraxdrainagen sind ein Grundpfeiler der Verlaufsbeurteilung thorakaler Verletzungen. Fördermengen und Qualität liquider Bestandteile sowie Ausmaß von

Luftleckagen lassen Rückschlüsse auf den intrathorakalen Verlauf zu. Ggf. sind laborchemische und mikrobiologische Sekretanalysen zur Hb-Bestimmung, Nachweis einer sekundären Empyementwicklung oder z.B. eines Chylothorax hilfreich (14,15,16).

Die Nutzung digitaler Pumpensysteme erleichtert und standardisiert das quantitative Monitoring. Auch sind insbesondere größere quantitative Änderungen durch visuelle Anzeigen evidenter (16,17).

Die suffiziente Beurteilung von Drainagenförderungen ist allerdings ausschließlich unter zusätzlicher Einbeziehung weiterer klinischer und apparativer Parameter möglich (12,18):

1. Zugrunde liegende Indikation der primären Drainagenanlage
2. Drainagenlage und Primärresultat nach Anlage
3. Kontrolle auf Durchgängigkeit der Drainagen (sekundäre Dislokation, Abknicken extrathorakal oder im Weichteilverlauf, Änderung von Sogeeinstellungen, Gerätedefekte, Lockerung von Drainagenfixierungen)
4. Ventilatorischer Parameter/ Beatmung.

Nicht selten kann ein Sistieren einer Luftleckage durch eine sekretbedingte Minderbelüftung mit Minderventilation der dependenten Lungenareale zu fehlerhaften Interpretationen führen. Insbesondere bei mechanischer Ventilation kann hierbei eine weitere Auswirkung auf Gasaustausch oder Ventilationsparameter völlig ausbleiben. Auskultation und bildgebende Diagnostik können hier eine bronchoskopische Sekretclearance indizieren. Regelmäßige Bronchoskopien bei intubierten und beatmeten Polytraumapatient\*innen erscheinen sinnvoll, Evidenz für Vorteile in Bezug auf relevante Outcomeparameter fehlt jedoch.

Plötzliche bzw. großvolumige Zunahmen einer Luftleckage sind wiederum eher auf Undichtigkeiten im Verlauf der Ableitung als auf zusätzlich auftretende Parenchymleckagen zurückzuführen.

Größere Unterschiede liquider Flüssigkeitsmengen innerhalb von 24 Stunden sind ebenfalls eher durch mechanische Abflussbehinderungen als Änderungen der zugrunde liegenden Pathophysiologie bedingt.

Aus genannten Gründen sind im Verlauf Ausmaß von Luftleckagen und liquide Fördermengen von Thoraxdrainagen (mindestens) täglich quantitativ und qualitativ zu dokumentieren. Verlaufsbezogen kurzfristige quantitative oder qualitative Änderungen sind durch geeignete Diagnostik zu verifizieren.

### **3.1.6 Extremitäten**

#### **3.1.6.1 Kompartmentsyndrom**

Bei Polytraumatisierten/Schwerverletzten kann es, insbesondere bei Vorhandensein von Extremitätenverletzungen (z.B. Frakturen, Einblutungen), direkt oder im posttraumatischen Verlauf zu einer deutlichen Weichteilschwellung im Bereich der betroffenen Extremitäten kommen, die zu einem Kompartmentsyndrom führen kann.

Die Inzidenz des Kompartmentsyndroms variiert bezüglich der betroffenen Extremitäten, sowie der Art und Schwere der Verletzung. Ein besonders hohes Risiko für die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms besteht bei Verletzungen der unteren Extremitäten, insbesondere bei begleitender Tibiafraktur. Hier werden Inzidenzen von bis 15 % beschrieben werden (19).

Durch den erhöhten Gewebedruck können schwere sekundäre Gewebsschäden und irreversible Nervenschäden resultieren (20). Daher ist eine engmaschige Überwachung und ggf. sofortige Therapieeinleitung bei jedem Risikopatienten zu empfehlen. Die Therapie der Wahl stellt dabei die notfallmäßige, vollständige Fasziotomie aller Kompartimente dar. Die aktuelle S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (2022) empfiehlt mit Evidenzgrad A bei der Diagnose eines Kompartmentsyndroms die sofortige Fasziotomie und Fixation einer begleitenden Fraktur (6).

Die Diagnosestellung erfolgt vorwiegend anhand klinischer Parameter. Typische Symptome sind unverhältnismäßig starke Schmerzen, eine Schmerzzunahme bei passiver Dehnung, eine blasse Extremität, gespannte Weichteile und sensomotorische Ausfälle. Dabei tritt das Vollbild aller Symptome nicht zwangsläufig bei allen Patient\*innen auf. Das Vorliegen eines Pulses an der betroffenen Extremität und das Fehlen eines der zuvor genannten Symptome schließen die Diagnose eines Kompartmentsyndroms keineswegs aus (21).

Die Evaluation ist insbesondere bei intubierten Patient\*innen herausfordernd und kann zu einer verzögerten Diagnosestellung und Therapieeinleitung v.a. bei Polytraumapatient\*innen führen (24). Hier empfiehlt sich eine regelmäßige und kritische Überwachung (19). Bei schwer-evaluierbaren Patient\*innen und jenen mit hohem Risiko für die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms, kann die wiederholte oder kontinuierliche Kompartimentdruckmessung eingesetzt werden, um den Gewebsdruck innerhalb der einzelnen Kompartimente zu erfassen (22). Als kritische Schwellenwerte wird ein Kompartimentdruck von über 30 mmHg angegeben bzw. eine Unterschreitung der Druckdifferenz zwischen diastolischem Blutdruck und Kompartiment-Druck von 30 mmHg (20, 23, 24).

Im Expert\*innenkonsens wurden folgende Empfehlungen zum Kompartmentsyndrom bei Polytraumapatient\*innen abgestimmt:

3.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen mit hohem Risiko für ein Kompartmentsyndrom soll eine regelmäßige und kritische klinische Untersuchung gefährdeter Extremitäten erfolgen.	
	starker Konsens	

3.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei nicht eindeutigen klinischen Befunden bei Polytraumapatient*innen kann die wiederholte oder kontinuierliche Kompartimentdruckmessung zur Diagnosestellung genutzt werden.	
	Konsens	

3.4	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Vorliegen eines Kompartmentsyndroms bei Polytraumapatient*innen soll umgehend eine Fasziotomie erfolgen.	
	starker Konsens	

### **3.1.7 Schmerz**

Schmerz beeinträchtigt den Genesungsprozess, kann eine Chronifizierung der Schmerzen und schwerwiegende kognitive Einschränkungen im Genesungsprozess und darüber hinaus, begünstigen (z.B. Frühmobilisation, Weaning, Delir). Polytraumapatient\*innen haben aufgrund ihres Verletzungsmusters und den damit einhergehenden therapeutischen Interventionen sehr wahrscheinlich regelhaft instabile Schmerzsituationen. Daher sollte das Schmerzassessment kontinuierlich erfolgen. Kontinuierlich meint, mindestens einmal pro Schicht und zeitnah nach schmerztherapeutischen Interventionen. Das Schmerzassessment selbst kann durch Sedierung, Entwicklungsstand der Patient\*innen und/oder vorbestehende kognitive Einschränkungen erschwert sein. Das richtige Assessmentinstrument muss daher für die individuelle Patient\*innensituation evaluiert sein (z.B. Behavioural pain scale, behavioural pain scale - not intubated , NRS, Zurich observation pain assessment usw.). Das Ziel ist, eine für die Patient\*innen stabile Schmerzsituation (möglichst Schmerzfreiheit) zu erreichen. Da viele Interventionen in der Intensivmedizin und -pflege mit Schmerzen verbunden sind, ist an eine prophylaktische schmerztherapeutische Intervention zu denken (25,26).

## Referenzen

1. Chytra I, Pradl R, Bosman R, Pelnár P, Kasal E, Zidková A. Esophageal Doppler-guided fluid management decreases blood lactate levels in multiple-trauma patients: a randomized controlled trial. *Crit Care*. 2007;11(1):R24.
2. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*. 1974;2(7872):81-4.
3. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie e.V.: S2e Leitlinie Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter. (AWMF Registernummer 008-001), Version 3.0 (02.12.2015) verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l\\_S2e\\_Schaedelhirntrauma\\_SHT\\_Erwachsene\\_2015-12-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l_S2e_Schaedelhirntrauma_SHT_Erwachsene_2015-12-abgelaufen.pdf).
4. Le Roux P. Physiological monitoring of the severe traumatic brain injury patient in the intensive care unit. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2013;13(3):331.
5. Jahns FP, Miroz JP, Messerer M, Daniel RT, Taccone FS, Eckert P, et al. Quantitative pupillometry for the monitoring of intracranial hypertension in patients with severe traumatic brain injury. *Crit Care*. 2019;23(1):155.
6. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>.
7. Deutsche Gesellschaft für Nephrologie (DGfN); Deutsche Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin (DGKL). Interdisziplinäre S2k-Leitlinie - Rationelle Labordiagnostik zur Abklärung Akuter Nierenschädigungen und Progredienter Nierenerkrankungen – Langfassung. 1. Auflage. 2021.
8. Larsen R. Überwachung des Intensivpatienten. *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*. 2016; 14:578–99. German.
9. de Lesquen H, Avaro JP, Gust L, Ford RM, Beranger F, Natale C, Bonnet PM, D'Journo XB. Surgical management for the first 48 h following blunt chest trauma: state of the art (excluding vascular injuries). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015 Mar;20(3):399-408. doi: 10.1093/icvts/ivu397. Epub 2014 Dec 4. PMID: 25476459.
10. Störmann P, Krämer S, Raab S, Kalverkamp S, Graeff P. Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie der Lungenkontusion – Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgruppe der Sektion NIS der DGU und DGT zur Thoraxtraumaversorgung (Pathophysiology, Diagnostics and Therapy of Pulmonary Contusion - Recommendations of the Interdisciplinary Group on Thoracic Trauma of the Section NIS of the German Society for Trauma Surgery (DGU) and the German Society for

- Thoracic Surgery (DGT)). Zentralbl Chir. 2023 Feb;148(1):50-56. German. doi: 10.1055/a-1991-9599. Epub 2023 Jan 30. PMID: 36716768.
11. Soldati G, Testa A, Silva FR, Carbone L, Portale G, Silveri NG. Chest ultrasonography in lung contusion. Chest. 2006 Aug;130(2):533-8. doi: 10.1378/chest.130.2.533. PMID: 16899855.
  12. Anderson D, Chen SA, Godoy LA, Brown LM, Cooke DT. Comprehensive Review of Chest Tube Management: A Review. JAMA Surg. 2022 Mar 1;157(3):269-274. doi: 10.1001/jamasurg.2021.7050. PMID: 35080596.
  13. S3-Leitlinien Empfehlungen: Leitlinie "Sauerstoff in der Akuttherapie beim Erwachsenen" Registernummer: 020-021, Entwicklungsstufe: S3  
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/020-021>
  14. Bertoglio P, Guerrera F, Viti A, Terzi AC, Ruffini E, Lyberis P, Filosso PL. Chest drain and thoracotomy for chest trauma. J Thorac Dis. 2019 Feb;11(Suppl 2): S186-S191. doi: 10.21037/jtd.2019.01.53. PMID: 30906584; PMCID: PMC6389558.
  15. Eren S, Esme H, Sehitogullari A, Durkan A. The risk factors and management of posttraumatic empyema in trauma patients. Injury. 2008 Jan;39(1):44-9. doi: 10.1016/j.injury.2007.06.001. Epub 2007 Sep 19. PMID: 17884054.
  16. Satoh Y. Management of chest drainage tubes after lung surgery. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2016 Jun;64(6):305-8. doi: 10.1007/s11748-016-0646-z. Epub 2016 Apr 5. PMID: 27048219.
  17. Toth JW, Reed MF, Ventola LK. Chest Tube Drainage Devices. Semin Respir Crit Care Med. 2019 Jun;40(3):386-393. doi: 10.1055/s-0039-1694769. Epub 2019 Sep 16. PMID: 31525813.
  18. Becker L, Schulz-Drost S, Schreyer C, Lindner S. Thoraxdrainage beim Thoraxtrauma – Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgemeinschaft Thoraxtrauma der Deutschen Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT) und der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) (Chest Tube in Thoracic Trauma - Recommendations of the Interdisciplinary Thoracic Trauma Task Group of the German Society for Thoracic Surgery (DGT) and the German Trauma Society (DGU)). Zentralbl Chir. 2023 Feb;148(1):57-66. German. doi: 10.1055/a-1975-0243. Epub 2023 Feb 27. PMID: 36849110.
  19. In: Mauffrey C, Hak DJ, Martin IM, editors. Compartment Syndrome: A Guide to Diagnosis and Management. Cham (CH): Springer Copyright 2019, The Editor(s) (if applicable) and The Author(s). This book is an open access publication.; 2019.
  20. Whitesides TE, Heckman MM. Acute Compartment Syndrome: Update on Diagnosis and Treatment. J Am Acad Orthop Surg. 1996;4(4):209-18.
  21. Mubarak SJ, Hargens AR. Acute compartment syndromes. Surg Clin North Am. 1983;63(3):539-65.

22. Duckworth AD, McQueen MM. Continuous Intracompartmental Pressure Monitoring for Acute Compartment Syndrome. *JBJS Essent Surg Tech.* 2014;3(3):e13.
23. McQueen MM, Court-Brown CM. Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(1):99-104.
24. Köstler W, Strohm PC, Südkamp NP. Acute compartment syndrome of the limb. *Injury.* 2004;35(12):1221-7.
25. Pflege DNfQid. Expertenstandards und Auditinstrumente. 2020.
26. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3 Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen. (AWMF Registernummer 001-025), Version 4.1 (01.09.2021), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-025I\\_S3\\_Behandlung-akuter-perioperativer-posttraumatischer-Schmerzen\\_2022-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-025I_S3_Behandlung-akuter-perioperativer-posttraumatischer-Schmerzen_2022-11.pdf).

### 3.2 Organspezifisches, apparatives Monitoring

#### 3.2.1 ZNS - Intrakranielle Druckmessung

Bei Polytraumapatient\*innen ist das SHT für > 50 % aller Todesfälle verantwortlich und damit neben dem hämorrhagischen Schock die Haupttodesursachen. Neben der primären Schädigung des Gehirns führt im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung ein erhöhter ICP und ein ggf. daraus resultierender erniedrigter CPP zu einer sekundären Schädigung des Gehirns. Das Monitoring des ICP als auch des CPP, welcher sich aus dem mittleren arteriellen Blutdruck abzüglich des ICP errechnet, erlaubt eine kontinuierliche Überwachung. Prinzipiell kann die Messung des ICP über intraparenchymatöse Sonden oder über die Wassersäule einer externen Ventrikeldrainage gemessen werden. Obwohl es bislang keine Evidenz aus prospektiv randomisierten Studien bzw. Meta-Analysen zum Nutzen einer ICP-Messung gibt, erscheint es jedoch aus klinisch-praktischen Beobachtungen sinnvoll den ICP bei klinisch nicht beurteilbaren Patient\*innen mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma kontinuierlich zu messen. Auch wenn nahezu alle Studien bei Patient\*innen mit isolierten SHT durchgeführt wurden, so bestehen aus Sicht der Autor\*innen keine Gründe, dass die Indikationen, Grenzwerte und praktischen Umsetzungen der ICP-/CPP-Messung bzw. deren Behandlung sich bei Polytraumapatient\*innen unterscheiden. Aus diesem Grund sollten die allgemeinen Grundsätze der AWMF S1-Leitlinie "Intrakranieller Druck (ICP)" bei der intensivmedizinischen Behandlung von Polytraumapatient\*innen Anwendung finden.

3.5	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Indikation und Durchführung der Messung des intrakraniellen Drucks bei Polytraumapatient*innen sollte sich an den Empfehlungen AMWF S1- Leitlinie "Intrakranieller Druck (ICP)" orientieren (AWMF Leitlinie 030-105).	
	starker Konsens	

#### 3.2.2 Leber

Labortests wie Leberfunktionstests (LFTs), Gerinnungsprofile und Serumlaktatwerte liefern wertvolle Informationen über Leberfunktion, Gerinnungsanomalien und

Gewebehypoperfusion (1, 2). Eine der wichtigsten instrumentellen Überwachungsmethoden ist die Transaminasenmessung, bei der regelmäßig die Serumspiegel von Leberenzymen wie Alanin-Aminotransferase (ALT) und Aspartat-Aminotransferase (AST) bestimmt werden (3). Erhöhte Werte dieser Enzyme können auf eine Schädigung der Leberzellen hinweisen und helfen, das Ausmaß der Schädigung zu beurteilen (4). Darüber hinaus ist die Überwachung der Blutgerinnung anhand der Prothrombinzeit (PT) und des internationalen normalisierten Verhältnisses (INR) unerlässlich, um die Leberfunktion zu beurteilen und etwaige Gerinnungsanomalien zu erkennen. In einigen Fällen können invasive Techniken wie die intrahepatische Drucküberwachung oder die Leberarterienkatheterisierung direkte Informationen über die Leberperfusion liefern und gezielte Eingriffe ermöglichen. Die kontinuierliche Überwachung des Sauerstoffgehalts im Lebergewebe mit Techniken wie der Nahinfrarotspektroskopie kann wertvolle Erkenntnisse über den Sauerstoffgehalt der Leber liefern und bei der Erkennung von ischämischen Leberschäden helfen. Die Integration der instrumentellen Überwachung in die klinische Beurteilung optimiert die Fähigkeit, die Leberfunktion zu bewerten und die Interventionen bei Polytraumapatient\*innen entsprechend anzupassen. Bei der Interpretation dieser Befunde müssen unbedingt der Verletzungsmechanismus, Begleitverletzungen und der klinische Gesamtzustand der Patient\*innen berücksichtigt werden.

Für bildgebende Untersuchungen der Leber bei Polytraumapatient\*innen während der intensivmedizinischen Behandlung verweisen wir auf Kapitel 4.4.3.

Bei der Interpretation dieser Befunde müssen unbedingt der Verletzungsmechanismus, Begleitverletzungen und der klinische Gesamtzustand der Patient\*innen berücksichtigt werden.

### **3.2.3 Herz-Kreislauf**

Das allgemeine organbezogene Monitoring der Herz-Kreislauffunktion beim polytraumatisierten Patienten beschränkt sich entsprechend der Empfehlung 2.7.8 der S3 Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (5) auf 2 Untersuchungen: „Bei „V. a. eine stumpfe Myokardverletzung soll ein Zwölfkanal-EKG in Verbindung mit einer hsTroponin

Bestimmung durchgeführt werden.“ Zeigen beide Untersuchungen einen Normalbefund schließt dies eine kardiale Beteiligung beim Polytrauma nahezu aus (6).

Das übrige apparative Monitoring des Herz- Kreislaufsystems ist ausführlich in der S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten beschrieben (7). Dabei unterscheidet man das Basismonitoring (z.B. EKG und Blutdruckmessung) vom erweiterten Monitoring (z.B. PAK oder PiCCO) bei Auftreten einer hämodynamischen Instabilität.

### **3.2.4 Niere**

Wie in Kapitel 3.1.3 beschrieben wird die Nierenfunktion in der Regel durch die laborchemische Überwachung der Serumkreatininwerte und die Bestimmung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) beurteilt (8). Darüber hinaus spielen bildgebende Untersuchungen eine wichtige Rolle für die Überwachung der Nierenfunktion von Polytraumapatient\*innen während der Intensivtherapie, da sie Echtzeitdaten und objektive Messungen liefert. In der Regel werden mehrere apparative Methoden eingesetzt.

Der Nierenultraschall ist ein nicht-invasives bildgebendes Verfahren, mit dem die Größe der Niere beurteilt, eine Harnwegsobstruktion festgestellt und der renale Blutfluss bewertet werden kann (s. Kapitel 4.4.3).

Insgesamt sind bildgebende Untersuchungen in Verbindung mit der klinischen Beurteilung von entscheidender Bedeutung für die Diagnose und das Management der Nierenfunktion bei Polytraumapatient\*innen.

## Referenzen

1. Xu H, Jiao W, Zhang Y, Deng X, Dai R, Chen L. Effects of ulinastatin therapy in emergency severe multiple trauma: A single-center randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(7):e32905.
2. Marone M, D'Alessio I. The Polytrauma Patient. In: Bissacco D, Settembrini AM, Mazzari A, editors. *Primary Management in General, Vascular and Thoracic Surgery: A Practical Approach*. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 239-48.
3. Lala V, Zubair M, Minter DA. Liver Function Tests. *StatPearls*. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Muhammad Zubair declares no relevant financial relationships with ineligible companies. Disclosure: David Minter declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
4. Agrawal S, Dhiman RK, Limdi JK. Evaluation of abnormal liver function tests. *Postgraduate Medical Journal*. 2016;92(1086):223-34.
5. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>. Zugriff am 04.09.2023.
6. Velmahos GC, Karaiskakis M, Salim A, Toutouzas KG, Murray J, Asensio J, et al. Normal electrocardiography and serum troponin I levels preclude the presence of clinically significant blunt cardiac injury. *J Trauma*. 2003; 54: 45-50
7. Habicher M, Zajonz T, Bauer A, Böning A, Erb J, Göpfert M, et al. S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten - Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf (AWMF Register 001-016), Version 3.1 (01.12.2017), verfügbar unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-016>. Zugriff am 04.09.2023.
8. Deutsche Gesellschaft für Nephrologie (DGfN); Deutsche Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin (DGKL). Interdisziplinäre S2k-Leitlinie - Rationelle Labordiagnostik zur Abklärung Akuter Nierenschädigungen und Progredienter Nierenerkrankungen – Langfassung. 1. Auflage. 2021.

## **4. Bildgebung im stationären Verlauf**

### **4.1 Einleitung**

Bildgebende Verfahren nehmen während der Intensivtherapie nach einem Polytrauma eine integrale Rolle in der Entscheidungsfindung und Verlaufsbeurteilung ein. Die Kombination von bildgebender Diagnostik zusammen mit der klinisch-apparativen Einschätzung ist aufgrund ihrer Objektivität ausschlaggebend für die weitere therapeutische Strategie.

Im Rahmen der Primärdiagnostik nach Polytrauma erfolgt vor der Aufnahme auf die Intensivstation eine Kontrastmittel-verstärkte Ganzkörper-Computertomographie (1) zur sofortigen Klärung der Gesamtsituation. Dabei werden unter Beteiligung sämtlicher Fachdisziplinen alle Organsysteme hinsichtlich lebensgefährlicher Verletzungsmuster und Pathologien untersucht. Das umfasst das zentrale Nervensystem incl. Rückenmark, die Lunge inklusive aller Atemwege, das Kreislaufsystem unter Berücksichtigung aller Gefäße und des Herzens, die Beurteilung von vaskulären und parenchymatösen Blutungen und natürlich Frakturen aller knöchernen Strukturen inkl. Perforations- und Penetrationsverletzungen. Die Erkenntnisse aus der Bildgebung steuern maßgebend das primäre therapeutische Vorgehen, deren Güte und Geschwindigkeit bestimmen maßgeblich das klinische Outcome.

Auch das Wissen über die Mortalität nach Polytrauma und über Ursachen für das ggf. retrospektiv vermeidbare Versterben Betroffener trägt zum Einsatz bildgebender Maßnahmen während der intensivmedizinischen Phase bei. So verursacht z.B. die verzögerte Versorgung akuter Blutungen und schwerer Traumata des zentralen Nervensystems (ZNS) einen großen Anteil an frühzeitigen Todesfällen, während septische Zustandsbilder und das Multiorganversagen die Mortalität des Polytraumas in den späteren Phasen der Behandlung maßgeblich prägen (2-5).

Innerhalb der ersten 24 Stunden nach einem Polytrauma treten viele vermeidbare Todesfälle auf, allerdings kann es innerhalb der ersten Woche auf der Intensivstation und auf den peripheren Stationen zu einer signifikanten Anzahl an weiteren vermeidbaren Todesfällen kommen. Verzögerte Behandlung und klinische Fehleinschätzungen während der intensivmedizinischen Phase könnten durch den gezielten Einsatz bildgebender Verfahren reduziert und notwendige therapeutische Eingriffe hinsichtlich Art und Ausmaß zeitgerecht eingesetzt werden (6,7).

In der Verlaufsbeurteilung nach komplexen Verletzungen und im Rahmen der Re-Evaluation nach sogenannten abdominellen „Damage Control“ Eingriffen nimmt die Computertomographie als schnelles, hoch sensitives, Untersucher-unabhängiges und weit verfügbares Diagnostikum bereits heute eine zentrale Stelle ein (8,9) und wird auch im Rahmen der geplanten Verlaufsbeurteilung nach SHT schon seit 1996 empfohlen (10).

Der Stellenwert von Verlaufskontrollen thorakaler und abdomineller Verletzungen mittels Computertomographie (11) bedarf weiterer studienbasierter Präzisierung.

Daneben steht eine weite Palette an bildgebenden Verfahren zur Verfügung, um indikationskonform auf Verdachtsdiagnosen zu reagieren: die Sonographie, das Röntgen, die Magnetresonanztomographie und Angiographie sind bisher die verbreitetsten Verfahren, aber auch neuere Ansätze wie der Einsatz der elektrischen Impedanztomographie (EIT) bedürfen der kritischen Beurteilung und Bewertung durch diese Leitlinie. Kritische Bewertungen der vorhandenen Evidenz und das Ausarbeiten von Empfehlungen sind das Ziel dieses Kapitels, um das Potential bildgebender Verfahren in der Polytraumaversorgung auszuschöpfen, aber auch um potentiellen Schaden durch unnötige Strahlenbelastung oder den Transport in die radiologische Abteilung von den Patient\*innen abzuwenden. Unzureichende Evidenz soll ebenfalls dokumentiert werden und die Notwendigkeit für weitere wissenschaftliche Untersuchungen feststellen.

#### Besondere Hinweise:

In der Beantwortung der zentralen Fragen dieses Leitlinienabschnittes wird im Folgenden explizit auf die wissenschaftliche Datengüte hingewiesen.

Folgende Fragen im PICO-Format wurden vom Expert\*innengremium primär definiert:

#### PICO-Fragen

1. Führt eine standardisierte wiederholte CT-Bildgebung nach stumpfem Bauchtrauma bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zur klinischen Überwachung und zum Ultraschall, zu einer verbesserten diagnostischen Genauigkeit und zu besseren Behandlungsergebnissen?
2. Führt der Einsatz von (standardisiert wiederholten) CT-Aufnahmen des Thorax im Vergleich zu Ultraschall in Kombination mit Röntgenaufnahmen des Brustkorbs bei

Polytraumapatient\*innen zu einer genaueren und effizienteren Erkennung von Thoraxverletzungen?

3. Führt die standardisierte Thoraxsonographie bei Polytraumapatient\*innen im Vergleich zur Röntgenaufnahme und CT zu besseren Behandlungsergebnissen?
4. Sind Röntgenaufnahmen des Brustkorbs zur Überwachung der Position von Thoraxdrainagen bei Polytraumapatient\*innen zuverlässiger als CT und Ultraschall?
5. Verbessert der Einsatz der elektrischen Impedanztomographie (EIT) im Rahmen der Beatmungsüberwachung bei Polytraumapatient\*innen im Vergleich zu anderen Verfahren (z. B. Multislice-CT, MRT, Ultraschall, Röntgen) die diagnostische Genauigkeit und die Behandlungsergebnisse?

Fehlende Evidenz wird als solche identifiziert, allerdings soll dennoch die Ausarbeitung von konsentierten Handlungsempfehlungen nach Bewertung vorhandener Literatur durch das Expert\*innengremium angestrebt werden.

Besonders auch die Bewertung neuer diagnostischer Verfahren soll erörtert werden (12,13).

Für dieses Kapitel wurden 2.361 Literaturstellen anhand von Titel und Abstrakt gescreent. In der anschließenden Volltextrecherche konnten keine Evidenzsynthesen, prospektiv-randomisierte Studien oder ausreichend große Beobachtungsstudien ( $\geq 150$  Patient\*innen) zu Polytraumapatient\*innen identifiziert werden, um Datenextraktionen zu den o.g. PICO-Fragen durchzuführen. Aus diesem Grund basieren die nachfolgenden Aussagen und die konsentierten Empfehlungen auf retrospektiven Single-Center- bzw. Registerstudien.

#### **4.2 Bildgebungsmodalitäten stationär und in der radiologischen Abteilung**

Bildgebung, die unmittelbar am Patient\*innenbett von geschulten Ärzt\*innen durchgeführt werden kann, umfasst seit vielen Jahren standardmäßig die Sonographie und (farbkodierte) Duplexsonographie sowie die neuere elektrische Impedanztomographie. Die Stärken der Sonographie, oder der point-of-care-ultrasonography (POCUS), bestehen in einer hohen Verfügbarkeit und zügigen Durchführbarkeit ohne zusätzliche Belastung der Schwerverletzten (14). Auch während der Punktion von Gefäßen oder Pathologien kann die Sonographie

unterstützen (15). Die Nachteile der Sonographie bestehen in der Untersucherabhängigkeit und eingeschränkten Visualisierbarkeit/Demonstrierbarkeit auffälliger Befunde. Auch die EIT belastet schwerverletzte Intensivpatient\*innen nicht zusätzlich und kann Hinweise zur Ursache von Beatmungsveränderung in Echtzeit geben.

Röntgendiagnostik kann ebenfalls am Patient\*innenbett durchgeführt werden, allerdings erfolgt sie in der Regel durch Medizinische Technolog\*innen der Radiologie (MTR). Neben der repetitiven Strahlenexposition ist insbesondere die Lagerung zur Positionierung der Röntgenkassette als potenziell schädigend anzusehen.

Radiologische Abteilungen bieten die Möglichkeit der umfassenden Schnittbildgebung in Form von CT und MRT. Mittels CT kann die Diagnostik ohne Zeitverzögerung 24/7 durchgeführt werden. Für nahezu alle (post-) traumatischen Veränderungen und assoziierten Pathologien bietet die CT eine hohe diagnostische Genauigkeit und eine Überlegenheit in der Darstellbarkeit und Nachbearbeitung (16) gegenüber der Röntgenbildgebung oder Sonographie. Größter Nachteil der CT ist die höhere Strahlenexposition und falls nötig die formalen Risiken einer Kontrastmittelgabe (17). Neben der sofortigen Klärung der Pathologie bietet die CT die Möglichkeit der unmittelbaren Intervention, z.B. bei Abszedierung, Pneumothoraces oder zur Materialgewinnung.

Die MRT bietet gegenüber der CT zwar einen besseren Gewebekontrast bei fehlender Strahlenexposition, kann allerdings aufgrund der deutlich längeren Akquisitionszeiten, schlechteren Überwachungsmöglichkeiten, geringeren Verfügbarkeit und methodenbedingten Kontraindikationen bei Schwerverletzten faktisch deutlich seltener zum Einsatz kommen. Klinisch stabile Patient\*innen können bei spezifischen Fragestellungen wie beispielsweise bei Verdacht auf Myelonschäden oder vaskulären Traumafolgen dennoch von der MRT profitieren (18). Auch zur Prognoseabschätzung beim SHT im Rahmen eines Polytraumas kann die MRT zur Entscheidungsfindung über die Weiterführung oder Einschränkung therapeutischer Maßnahmen beitragen (19).

Die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) als invasive Modalität hat ihren Stellenwert in der unmittelbaren Therapie von akuten Krankheitsbildern wie Blutungen oder Gefäßverschlüssen.

### **4.3 Indikation für Bildgebung von/auf der Intensivstation**

Die Indikationen für die Notwendigkeit der Durchführung von Bildgebung nach der Aufnahme von Polytraumapatient\*innen auf die ITS können in drei Kategorien unterteilt werden: Die folgenden Empfehlungen behandeln Bildgebung im Rahmen geplanter Verlaufskontrollen, durch klinische Verschlechterung indizierte Bildgebung und Bildgebung aufgrund des Auftretens neuer klinischer Aspekte bzw. einer neu aufgetretenen, akuten klinischen Symptomatik. Der therapeutische Nutzen sollte den Risiken eines intrahospitalen Transportes gegenübergestellt werden.

### **4.4 Abwägung therapeutischer Nutzen vs. Gefahren durch Transport**

Bei der Indikationsstellung zur Bildgebung sollte eine Nutzen-Risiko-Abwägung stattfinden. Das Risiko des Transportes besteht aus 2 Komponenten:

1. Auftreten einer neuen Komplikation (adverse event: z.B. Dislokation von Zugängen etc.)  
oder
2. langsame Verschlechterung des Gesamtzustandes der Patient\*innen durch den Transport selbst.

Die Häufigkeiten von Komplikationen beim Transport von Intensivpatient\*innen wurden in Observationsstudien und Metaanalyse untersucht (20). Parmentier-Decrucq et al. aus dem Jahr 2013 untersuchte prospektiv 262 Transporte von 184 Patient\*innen. Hierbei zeigten sich bei 45,8 % der Transporte ein adverse event, 26 % mit einem negativen Effekt für Patient\*innen und 16,8 % mit einem ernsten negativen Effekt für Patient\*innen mit Notwendigkeit einer medizinischen Intervention während des Transportes. Risikofaktoren für das Auftreten von adverse events waren insbesondere die Gabe von Noradrenalin sowie eine Änderung der Behandlung kurz vor dem Transport, z.B. in Form von Sedierung, oder „fluid challenge“. Explizit keine Riskofaktoren waren in dieser Untersuchung die Erkrankungsschwere der Patient\*innen, das Alter, die Anzahl der Perfusoren, die Sedierung, eine Muskelrelaxation, der Beatmungsmodus, der FiO<sub>2</sub> oder der Facharztstatus des Arztes (21). In weiteren Studien ergaben sich ebenfalls Hinweise auf negative Effekte durch den Intrahospital-Transport (22-25). Es standen besonders Verschlechterungen der Lungenfunktion und Infektionen der Lunge im Fokus.

Die Risiken eines Intrahospital-Transportes stehen der anschließenden Bildgebung und einer möglichen Verbesserung der Therapie Schwerstverletzter gegenüber. Beispielhaft wurden in einer Studie 533 CTs von Intensivpatient\*innen untersucht. In 22.9 % der Fälle führte das CT zu neuen Elementen der Diagnose, bei 54,4 % zu einer Änderung der Therapie (26). Verschiedene Expert\*innenrunden und Fachgesellschaften haben Empfehlungen zur Verbesserung der Patient\*innensicherheit beim Intrahospital-Transport kritisch-kranker Patient\*innen veröffentlicht (27-29).

## **4.5 Empfehlungen**

### **4.5.1 Kranio-zerviko-spinale Verletzungen**

#### *4.5.1.1 Schädel-Hirn-Trauma*

Wir verweisen grundsätzlich auf die S2e-AWMF-Leitlinie zum „Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter“ (10) und ergänzen die Ausführungen um folgende Anmerkungen: Eine Verlaufs-CT im Rahmen eines Polytraumas erscheint insbesondere bei (iatrogen) alterierter Blutgerinnung nach Schädel-Hirn-Trauma mit Nachweis einer Blutung in der primären Bildgebung sinnvoll (30). Die MRT kann in der Verlaufsbeurteilung nach schwerem SHT bei stabilisierten Polytraumapatient\*innen einen Beitrag zur prognostischen Einschätzung leisten (31).

#### *4.5.1.2 Zervikale Dissektion*

In Anlehnung an die S1-Leitlinie zu spontanen Dissektionen der extra- und intrakraniellen hirnversorgenden Arterien (32) erscheint die Verlaufsbeurteilung zervikaler Dissektionen, um die medikamentöse Therapie zu steuern, sinnhaft. Die Beurteilung mittels farbkodierte Duplexsonographie (FKDS) auf der ITS stellt einen hohen technisch-personellen Aufwand dar und es verbleiben diagnostische Unsicherheiten bzgl. der vollständigen Darstellung aller Gefäßabschnitte. Die DSA als Goldstandard wird wegen ihrer Invasivität nicht zur Primärdiagnostik angewandt, somit wäre die Verlaufsbeurteilung mittels CT-Angiographie erstrebenswert. An modernen CT-Geräten können Gefäßverletzungen sensitiv dargestellt werden (33). Daten für den Zeitpunkt der Verlaufskontrollen liegen nicht vor, empirisch werden sie 7 Tage nach dem Trauma angewandt (34). Ist eine längere Untersuchungszeit vereinbar mit dem klinischen Zustand der Polytraumapatient\*innen, kann auch die MRT

aufgrund ihrer zusätzlich hohen Sensitivität für Embolien eingesetzt werden (35). Die endovaskuläre Therapie von traumatischen Dissektionen wird nur in Ausnahmefällen (hochgradigen Stenosen, Pseudoaneurysmen mit Embolie) erwogen (34).

#### *4.5.1.3 Spinale Verletzung*

Bzgl. des zur Ganzkörper-CT ergänzenden Einsatzes der MRT bei nachgewiesener oder verdächtigter spinaler Verletzung im Rahmen eines Polytraums wird auf die S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung (1) verwiesen. Tritt im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung spontan oder postoperativ eine klinisch-neurologische Verschlechterung auf, wird zum Ausschluss einer behandelbaren Ursache (e.g. spinales Hämatom) sowie aus forensischen Gründen eine MRT nötig (36).

Die MRT kann ergänzend zur Ganzkörper-CT auch bei neurologisch nicht beurteilbaren Patient\*innen sinnvoll sein (37-41), um die Affektion des Myelons sowie kleinere Blutungen zu beurteilen. Nach Stabilisierungsoperation kann eine CT zur genauen Visualisierung des Verlaufs der Pedikelschrauben eingesetzt werden (42).

#### *4.5.1.4 Hirntod*

Es gilt die Richtlinie der Bundesärztekammer (§16Abs.1 S.1 Nr.1 TPG) für die Regeln zur Feststellung des Todes nach §3 Abs.1 S.1 Nr. 2 des Transplantationsgesetzes (TPG) und die Verfahrensregeln zur Feststellung des endgültigen, nicht behebbaren Ausfalls der Gesamtfunktion des Großhirns, des Kleinhirns und des Hirnstamms nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 TPG (43). Demnach können die transkranielle Duplex-Sonographie, die CT-Angiographie, das EEG und bei primär supratentoriellen Hirnschädigungen akustisch evozierte (AEP) und somatosensibel evozierte Potentiale (SEP) als apparatives Verfahren den Schritt „Beobachtungszeit“ ersetzen.

#### 4.5.2 Thoraxverletzungen

Die routinemäßige Bildgebung des Thorax mittels CT wurde in der S3-Leitlinie zum Polytrauma/Schwerverletzten Behandlung im Rahmen einer Kontrastmittel gestützten

Ganzkörper-CT nach Polytrauma empfohlen, um die Sterblichkeit gegenüber der selektiven Indikationsstellung zu senken (1).

Die Röntgendiagnostik gehört zur pulmonalen Basisdiagnostik auf der ITS und dient der Beurteilung von Materiallagen, Rippenfehlstellungen, Pneumothoraces, Atelektasen, Ergüssen und Infiltraten sowie kardialer Stauung. Bei lokaler sonographischer Expertise lassen sich einzelne Pathologien sensitiver mit der Sonographie verlaufskontrollieren (44-46).

Für eine Verbesserung des therapeutischen Outcomes durch den Einsatz der Thoraxsonographie alternativ oder ergänzend zum konventionellen Röntgen-Thorax im Liegen auf der ITS bei Polytraumapatient\*innen gibt es keine wissenschaftliche Grundlage.

Thorakale Fragestellungen können mit der CT sensitiv verlaufskontrolliert werden, wenn bettseitige Bildgebung (Röntgen und Sonographie) die klinische Situation (Ventilations-/Sättigungsproblematik) nicht erklären (47). Ist eine Indikationsstellung für operative oder interventionell-radiologische thorakale Eingriffe maßgeblich von der Bildgebung abhängig (z.B. residueller Koagulothorax, multilokuläre Ergusskammerung, Zeichen der Superinfektion, Identifizierung einer Blutungsquelle, Indikation für Osteosynthese, komplizierende Begleitverletzungen etc.), kann die CT präoperativ die entscheidenden Informationen liefern (48).

Für die Verbesserung des therapeutischen Outcomes durch die standardmäßige Durchführung einer thorakalen CT im Verlauf nach Polytrauma mit schwerem Thoraxtraumata hingegen gibt es keine Evidenz. Sie könnte die Beurteilung ventraler/persistierender Pneumothoraces und die Lagebeurteilung/Effizienz von Thoraxdrainagen erleichtern. Wird sie erwogen, sollte die Verlaufsbildgebung falls möglich als native low-dose Untersuchung durchgeführt werden (49) und könnte innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Trauma therapeutisch relevante Informationen liefern (50).

An dieser Stelle sei auf die geringe Sensitivität der CT für die (extrem seltenen) strukturellen Herzdefekte nach einer Contusion cordis hingewiesen, die üblicherweise mit einer zeitlichen Latenz von 5-7 Tagen nach Thoraxtrauma auftreten. Die Echokardiographie, möglicherweise auch die kardiale MRT könnten anlassbezogen, z.B. bei erhöhten kardialen Biomarkern, die Echokardiographie auch routinemäßig 1 x pro Woche durchgeführt werden (51,52). Die Evidenz hierzu ist allerdings gering.

Da die Literaturrecherche keine Evidenz geliefert hat, wurden drei Empfehlungen zur Verlaufsbeurteilung thorakaler Verletzungen bei Polytraumapatient\*innen im Expert\*innenkonsens formuliert:

4.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Ist eine Indikationsstellung für operative oder interventionell-radiologische thorakale Eingriffe maßgeblich von der Bildgebung abhängig (z.B. residueller Koagulothorax, multilokuläre Ergusskammerung, Zeichen der Superinfektion, Identifizierung einer Blutungsquelle, Indikation für Osteosynthese, komplizierende Begleitverletzungen, persistierende pulmonale Fistelungen), sollte eine erneute CT, gegebenenfalls mit Kontrastmittel, präoperativ durchgeführt werden.	
	Konsens	

4.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Eine CT zur Lagebeurteilung von Thoraxdrainagen nach Polytrauma sollte als native low-dose Untersuchung durchgeführt werden.	
	Konsens	

4.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Zur Verlaufsbeurteilung der Contusio cordis bei Polytraumapatient*innen sollte eine Echokardiographie anlassbezogen durchgeführt werden.	
	Starker Konsens	

#### 4.5.3 Einsatzmöglichkeiten der Elektrischen Impedanztomographie (EIT)

Die EIT ist ein strahlenfreies Verfahren, das von geschultem Personal als Bedside-Test auf der ITS zur Überwachung der pulmonalen Funktion eingesetzt werden kann (53). Die wissenschaftliche Evidenz für den Einsatz der EIT bei Polytraumapatient\*innen fehlt. Im

Tiermodell konnte die EIT nach schweren Polytrauma mit Thoraxtrauma jedoch klinisch relevante Verletzungen detektieren und zur Verlaufsbeurteilung eingesetzt werden (54,55) Komplikationen des Polytraumas wie das ARDS können mit der EIT kontinuierlich gemonitort und die Ventilation überwacht werden (56-58).

#### 4.5.4 Abdominelle Verletzungen

Die routinemäßige Bildgebung des Abdomens mittels CT wurde in der S3 Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten Behandlung im Rahmen einer Kontrastmittel gestützten Ganzkörper-CT nach Polytrauma etabliert (1). Die Sonographie kann in der Verlaufsbeurteilung von parenchymalen Organverletzungen nach Polytrauma wiederholt eingesetzt werden. Bei eingeschränkter Untersuchbarkeit, unklarem Befund oder Befundverschlechterung sollte die erneute CT-Diagnostik ergänzt werden (59). Abhängig von der klinischen Fragestellung wird gemäß radiologischer Fachkenntnis die Kontrastmittelgabe sowie ggf. mehrphasige Untersuchungen notwendig sein.

Die wissenschaftliche Evidenz für eine Outcomeverbesserung durch die repetitive CT nach Polytrauma mit abdominalen Verletzungen und primär konservativer Therapie fehlt bislang. Patient mit einem hohen Risiko für Mesenterial- und/oder Darmverletzungen sollten 6-24 Stunden nach dem Trauma eine routinemäßige CT-Verlaufskontrolle mit Kontrastmittel erhalten. Werden eine aktive Blutung oder eine Organischämie vermutet, können mehrphasische Untersuchung relevante Zusatzinformationen liefern (11, 60).

Da die Literaturrecherche keine Evidenz geliefert hat, wurden drei Empfehlungen zur Verlaufsbeurteilung abdominalen Verletzungen bei Polytraumapatient\*innen im Expert\*innenkonsens formuliert:

4.4	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Sonographie sollte in der Verlaufsbeurteilung von parenchymalen Organverletzungen nach Polytrauma wiederholt eingesetzt werden. Bei unklarem Befund oder Befundverschlechterung sollte die erneute CT-Diagnostik ergänzt werden.	
	starker Konsens	

4.5	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Patient*innen mit einem hohen Risiko für Mesenterial- und/oder Darmverletzungen kann 6-24h nach dem Trauma eine routinemäßige CT-Verlaufskontrolle mit Kontrastmittel sinnvoll sein.	
	starker Konsens	

4.6	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Besteht der Verdacht auf eine aktive Blutung oder eine Organischämie, sollte die CT-Untersuchung biphasisch (arteriell/venös) durchgeführt werden.	
	starker Konsens	

#### 4.5.5 Extremitätenverletzungen

Wir nehmen Bezug auf die S3 Leitlinie zur Versorgung peripherer Nervenverletzungen und ergänzen die Ausführungen für das Vorliegen von Extremitätenverletzungen nach Polytrauma (61).

Nach schwer dislozierten Frakturen und/oder Dislokationen (v.a. Schulter und Knie) ist bei Verdacht auf eine Gefäßverletzung (klinische Zeichen der Pulslosigkeit, pathologisch oder fehlende Flusskurve in der Bettseitigen FKDS) eine zeitnahe CT-Angiographie ratsam (62). Neben operativen Verfahren kann die interventionelle Radiologie einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung von Dissektionen der Extremitäten leisten (63-65).

Die Flachdetektor-CT beherbergt Vorteile (Genauigkeit der Schraubenplatzierung, Dosisreduktion) in der intraoperativen Beurteilung komplexer Frakturen wie der Becken-/Acetabulumfraktur durch die dreidimensionale Darstellbarkeit (66) gegenüber der Projektionsradiographie (konventionelles Röntgen). Postoperativ erleichtert die effektive Unterdrückung von Metallartefakten im DualEnergy CT die Beurteilung der OP-Ergebnisse (67).

## **Zusammenfassung**

Dieser Leitlinienabschnitt enthält Empfehlungen auf Basis von Expert\*innenkonsens, da während des ausführlichen Literaturscreenings keine Metaanalysen, systematischen Reviews oder randomisiert kontrollierten Studien, die die o.g. PICO-Fragen adressieren, identifiziert wurden. Es sei daher explizit auf den hohen Forschungsbedarf zum Thema Bildgebung im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung nach Polytrauma und abgeschlossener Primärdiagnostik hingewiesen.

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>.
2. Tien HC, Spencer F, Tremblay LN, Rizoli SB, Brenneman FD. Preventable deaths from hemorrhage at a level I Canadian trauma center. *J Trauma*. 2007 Jan;62(1):142-6. doi: 10.1097/01.ta.0000251558.38388.47. PMID: 17215745.
3. Pfeifer R, Tarkin IS, Rocos B, Pape HC. Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients--has anything changed? *Injury*. 2009 Sep;40(9):907-11. doi: 10.1016/j.injury.2009.05.006. Epub 2009 Jun 21. PMID: 19540488.
4. Probst C, Zelle BA, Sittaro NA, Lohse R, Krettek C, Pape HC. Late death after multiple severe trauma: when does it occur and what are the causes? *J Trauma*. 2009 Apr;66(4):1212-7. doi: 10.1097/TA.0b013e318197b97c. PMID: 19359940.
5. Gruen RL, Jurkovich GJ, McIntyre LK, Foy HM, Maier RV. Patterns of errors contributing to trauma mortality: lessons learned from 2,594 deaths. *Ann Surg*. 2006 Sep;244(3):371-80. doi: 10.1097/01.sla.0000234655.83517.56. PMID: 16926563; PMCID: PMC1856538.
6. Teixeira PG, Inaba K, Hadjizacharia P, Brown C, Salim A, Rhee P, Browder T, Noguchi TT, Demetriades D. Preventable or potentially preventable mortality at a mature trauma center. *J Trauma*. 2007 Dec;63(6):1338-46; discussion 1346-7. doi: 10.1097/TA.0b013e31815078ae. PMID: 18212658.
7. Hamsen U, Drotleff N, Lefering R, Gerstmeyer J, Schildhauer TA, Waydhas C; TraumaRegister DGU . Mortality in severely injured patients: nearly one of five non-survivors have been already discharged alive from ICU. *BMC Anesthesiol*. 2020 Sep 23;20(1):243. doi: 10.1186/s12871-020-01159-8. PMID: 32967620; PMCID: PMC7513498.
8. Alexander LF, Hanna TN, LeGout JD, Roda MS, Cernigliaro JG, Mittal PK, Harri PA. Multidetector CT Findings in the Abdomen and Pelvis after Damage Control Surgery for Acute Traumatic Injuries. *Radiographics*. 2019 Jul-Aug;39(4):1183-1202. doi: 10.1148/rg.2019180153. PMID: 31283454.
9. Ahmad ZY, Baghdanian AH, Baghdanian AA. Multidetector Computed Tomography Imaging of Damage Control Surgery Patients. *Radiol Clin North Am*. 2019 Jul;57(4):671-687. doi: 10.1016/j.rcl.2019.02.003. Epub 2019 Apr 1. PMID: 31076025.
10. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie e.V.: S2e Leitlinie Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter. (AWMF Registernummer 008-001), Version 3.0 (02.12.2015) verfügbar

unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l\\_S2e\\_Schaedelhirntrauma\\_SHT\\_Erwachsene\\_2015-12-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l_S2e_Schaedelhirntrauma_SHT_Erwachsene_2015-12-abgelaufen.pdf).

11. Brofman N, Atri M, Hanson JM, Grinblat L, Chughtai T, Brennehan F. Evaluation of bowel and mesenteric blunt trauma with multidetector CT. *Radiographics*. 2006 Jul-Aug;26(4):1119-31. doi: 10.1148/rg.264055144. PMID: 16844935.
12. Röhrich S, Hofmanninger J, Negrin L, Langs G, Prosch H. Radiomics score predicts acute respiratory distress syndrome based on the initial CT scan after trauma. *Eur Radiol*. 2021 Aug;31(8):5443-5453. doi: 10.1007/s00330-020-07635-6. Epub 2021 Mar 17. Erratum in: *Eur Radiol*. 2021 May 4;: PMID: 33733689; PMCID: PMC8270830.
13. Chee CG, Yoon MA, Kim KW, Ko Y, Ham SJ, Cho YC, Park B, Chung HW. Combined radiomics-clinical model to predict malignancy of vertebral compression fractures on CT. *Eur Radiol*. 2021 Sep;31(9):6825-6834. doi: 10.1007/s00330-021-07832-x. Epub 2021 Mar 19. PMID: 33742227.
14. Leidi A, Rouyer F, Marti C, Reny JL, Groscurin O. Point of care ultrasonography from the emergency department to the internal medicine ward: current trends and perspectives. *Intern Emerg Med*. 2020 Apr;15(3):395-408. doi: 10.1007/s11739-020-02284-5. Epub 2020 Feb 7. PMID: 32034674.
15. Campbell SJ, Bechara R, Islam S. Point-of-Care Ultrasound in the Intensive Care Unit. *Clin Chest Med*. 2018 Mar;39(1):79-97. doi: 10.1016/j.ccm.2017.11.005. PMID: 29433727.
16. Odle T. Emergency Computed Tomography. *Radiol Technol*. 2020 Jan;91(3):267CT-287CT. PMID: 32060092.
17. Zanzonico PB. Benefits and Risks in Medical Imaging. *Health Phys*. 2019 Feb;116(2):135-137. doi: 10.1097/HP.0000000000001038. PMID: 30585953.
18. Popp D, Kerschbaum M, Mahr D, Thiedemann C, Ernstberger A, Wiesinger I, Bäumler W, Alt V, Schicho A. Necessity of Immediate MRI Imaging in the Acute Care of Severely Injured Patients. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Sep 18;57(9):982. doi: 10.3390/medicina57090982. PMID: 34577905; PMCID: PMC8470916.
19. Algethamy HM, Alzawahmah M, Young GB, Mirsattari SM. Added Value of MRI over CT of the Brain in Intensive Care Unit Patients. *Can J Neurol Sci*. 2015 Sep;42(5):324-32. doi: 10.1017/cjn.2015.52. Epub 2015 Jun 10. PMID: 26059742.
20. Murata M, Nakagawa N, Kawasaki T, Yasuo S, Yoshida T, Ando K, Okamori S, Okada Y. Adverse events during intrahospital transport of critically ill patients: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2022 Feb;52:13-19. doi: 10.1016/j.ajem.2021.11.021. Epub 2021 Nov 20. PMID: 34861515.

21. Parmentier-Decrucq E, Poissy J, Favory R, Nseir S, Onimus T, Guerry MJ, Durocher A, Mathieu D. Adverse events during intrahospital transport of critically ill patients: incidence and risk factors. *Ann Intensive Care*. 2013 Apr 12;3(1):10. doi: 10.1186/2110-5820-3-10. PMID: 23587445; PMCID: PMC3639083.
22. Waydhas C. Intrahospital transport of critically ill patients. *Crit Care*. 1999;3(5):R83-9. doi: 10.1186/cc362. Epub 1999 Sep 24. PMID: 11094486; PMCID: PMC137237.
23. Martin M, Cook F, Lobo D, Vermersch C, Attias A, Ait-Mamar B, Plaud B, Mounier R, Dhonneur G. Secondary Insults and Adverse Events During Intrahospital Transport of Severe Traumatic Brain-Injured Patients. *Neurocrit Care*. 2017 Feb;26(1):87-95. doi: 10.1007/s12028-016-0291-5. PMID: 27601068.
24. Kollef MH, Von Harz B, Prentice D, Shapiro SD, Silver P, St John R, Trovillion E. Patient transport from intensive care increases the risk of developing ventilator-associated pneumonia. *Chest*. 1997 Sep;112(3):765-73. doi: 10.1378/chest.112.3.765. PMID: 9315813.
25. Bercault N, Wolf M, Runge I, Fleury JC, Boulain T. Intrahospital transport of critically ill ventilated patients: a risk factor for ventilator-associated pneumonia--a matched cohort study. *Crit Care Med*. 2005 Nov;33(11):2471-8. doi: 10.1097/01.ccm.0000185644.54646.65. PMID: 16276168.
26. Aliaga M, Forel JM, De Bourmont S, Jung B, Thomas G, Mahul M, Bisbal M, Nougaret S, Hraiech S, Roch A, Chaumoitre K, Jaber S, Gannier M, Papazian L. Diagnostic yield and safety of CT scans in ICU. *Intensive Care Med*. 2015 Mar;41(3):436-43. doi: 10.1007/s00134-014-3592-1. Epub 2014 Dec 18. PMID: 25518950.
27. Fanara B, Manzon C, Barbot O, Desmettre T, Capellier G. Recommendations for the intra-hospital transport of critically ill patients. *Crit Care*. 2010;14(3):R87. doi: 10.1186/cc9018. Epub 2010 May 14. PMID: 20470381; PMCID: PMC2911721.
28. Warren J, Fromm RE Jr, Orr RA, Rotello LC, Horst HM; American College of Critical Care Medicine. Guidelines for the inter- and intrahospital transport of critically ill patients. *Crit Care Med*. 2004 Jan;32(1):256-62. doi: 10.1097/01.CCM.0000104917.39204.0A. PMID: 14707589.
29. Quenot JP, Milési C, Cravoisy A, Capellier G, Mimos O, Fourcade O, Gueugniaud PY. Intrahospital transport of critically ill patients (excluding newborns) recommendations of the Société de Réanimation de Langue Française (SRLF), the Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR), and the Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU). *Ann Intensive Care*. 2012 Feb 3;2(1):1. doi: 10.1186/2110-5820-2-1. PMID: 22304940; PMCID: PMC3395853.
30. Santing JAL, Van den Brand CL, Jellema K. Traumatic Brain Injury in Patients Receiving Direct Oral Anticoagulants. *J Emerg Med*. 2021 Mar;60(3):285-291. doi: 10.1016/j.jemermed.2020.09.012. Epub 2020 Oct 14. PMID: 33067068.

31. Yuh EL, Mukherjee P, Lingsma HF, Yue JK, Ferguson AR, Gordon WA, Valadka AB, Schnyer DM, Okonkwo DO, Maas AI, Manley GT; TRACK-TBI Investigators. Magnetic resonance imaging improves 3-month outcome prediction in mild traumatic brain injury. *Ann Neurol*. 2013 Feb;73(2):224-35. doi: 10.1002/ana.23783. Epub 2012 Dec 7. PMID: 23224915; PMCID: PMC4060890.
32. Ringelstein E, Dittrich R, Sitzer M et al. Spontane Dissektionen der extra- und intrakraniellen hirnversorgenden Arterien. *Aktuelle Neurologie* 2016; 43(07): 418 - 427. doi:10.1055/s-0042-114742.
33. Vertinsky AT, Schwartz NE, Fischbein NJ, Rosenberg J, Albers GW, Zaharchuk G. Comparison of multidetector CT angiography and MR imaging of cervical artery dissection. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008 Oct;29(9):1753-60. doi: 10.3174/ajnr.A1189. Epub 2008 Jul 17. PMID: 18635617; PMCID: PMC8118804.
34. Brommeland T, Helseth E, Aarhus M, Moen KG, Dyrskog S, Bergholt B, Olivecrona Z, Jeppesen E. Best practice guidelines for blunt cerebrovascular injury (BCVI). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2018 Oct 29;26(1):90. doi: 10.1186/s13049-018-0559-1. PMID: 30373641; PMCID: PMC6206718.
35. Dittrich R, Dziewas R, Ritter MA, Kloska SP, Bachmann R, Nassenstein I, Kuhlenbaumer G, Heindel W, Ringelstein EB, Nabavi DG. Negative ultrasound findings in patients with cervical artery dissection. Negative ultrasound in CAD. *J Neurol*. 2006 Apr;253(4):424-33. doi: 10.1007/s00415-005-0051-5. Epub 2005 Nov 24. PMID: 16307203.
36. Shin HK, Choi I, Roh SW, Rhim SC, Jeon SR. Relevance of Postoperative Magnetic Resonance Images in Evaluating Epidural Hematoma After Thoracic Fixation Surgery. *World Neurosurg*. 2017 Nov;107:803-808. doi: 10.1016/j.wneu.2017.08.097. Epub 2017 Aug 24. PMID: 28844912.
37. James IA, Moukalled A, Yu E, Tulman DB, Bergese SD, Jones CD, Stawicki SP, Evans DC. A systematic review of the need for MRI for the clearance of cervical spine injury in obtunded blunt trauma patients after normal cervical spine CT. *J Emerg Trauma Shock*. 2014 Oct;7(4):251-5. doi: 10.4103/0974-2700.142611. PMID: 25400384; PMCID: PMC4231259.
38. Lukins TR, Ferch R, Balogh ZJ, Hansen MA. Cervical spine immobilization following blunt trauma: a systematic review of recent literature and proposed treatment algorithm. *ANZ J Surg*. 2015 Dec;85(12):917-22. doi: 10.1111/ans.13221. Epub 2015 Jul 14. PMID: 26177678.
39. Malhotra A, Wu X, Kalra VB, Nardini HK, Liu R, Abbed KM, Forman HP. Utility of MRI for cervical spine clearance after blunt traumatic injury: a meta-analysis. *Eur Radiol*. 2017 Mar;27(3):1148-1160. doi: 10.1007/s00330-016-4426-z. Epub 2016 Jun 22. PMID: 27334017.

40. Veiga JRS, Mitchell K. Cervical spine clearance in the adult obtunded blunt trauma patient: A systematic review. *Intensive Crit Care Nurs.* 2019 Aug;53:109-110. doi: 10.1016/j.iccn.2019.04.004. Epub 2019 Apr 23. PMID: 31027903.
41. Patel MB, Humble SS, Cullinane DC, Day MA, Jawa RS, Devin CJ, Delozier MS, Smith LM, Smith MA, Capella JM, Long AM, Cheng JS, Leath TC, Falck-Ytter Y, Haut ER, Como JJ. Cervical spine collar clearance in the obtunded adult blunt trauma patient: a systematic review and practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015 Feb;78(2):430-41. doi: 10.1097/TA.0000000000000503. PMID: 25757133; PMCID: PMC4409130.
42. Battleday FM, Williams M, Rankine J, Timothy J. MRI versus CT: a retrospective investigation of the feasibility and agreeability in post-operative evaluation of screw position after posterior lumbar interbody fusion. *Eur Spine J.* 2021 Jan;30(1):173-180. doi: 10.1007/s00586-020-06433-4. Epub 2020 May 6. PMID: 32377895.
43. Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 TPG für die Regeln zur Feststellung des Todes nach § 3 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 TPG und die Verfahrensregeln zur Feststellung des endgültigen, nicht behebbaren Ausfalls der Gesamtfunktion des Großhirns, des Kleinhirns und des Hirnstamms nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 TPG, Fünfte Fortschreibung Dtsch Ärztebl | 8. Juli 2022 | DOI: 10.3238/arztebl.2022.rl\_hirnfunktionsausfall\_02.
44. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest.* 2012 Mar;141(3):703-708. doi: 10.1378/chest.11-0131. Epub 2011 Aug 25. PMID: 21868468.
45. Chan KK, Joo DA, McRae AD, Takwoingi Y, Premji ZA, Lang E, Wakai A. Chest ultrasonography versus supine chest radiography for diagnosis of pneumothorax in trauma patients in the emergency department. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020 Jul 23;7(7):CD013031. doi: 10.1002/14651858.CD013031.pub2. PMID: 32702777; PMCID: PMC7390330.
46. Hansell L, Milross M, Delaney A, Tian DH, Ntoumenopoulos G. Lung ultrasound has greater accuracy than conventional respiratory assessment tools for the diagnosis of pleural effusion, lung consolidation and collapse: a systematic review. *J Physiother.* 2021 Jan;67(1):41-48. doi: 10.1016/j.jphys.2020.12.002. PMID: 33353830.
47. Winkler MH, Touw HR, van de Ven PM, Twisk J, Tuinman PR. Diagnostic Accuracy of Chest Radiograph, and When Concomitantly Studied Lung Ultrasound, in Critically Ill Patients With Respiratory Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med.* 2018 Jul;46(7):e707-e714. doi: 10.1097/CCM.0000000000003129. PMID: 29601314.

48. Gilbert RW, Fontebasso AM, Park L, Tran A, Lampron J. The management of occult hemothorax in adults with thoracic trauma: A systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2020 Dec;89(6):1225-1232. doi: 10.1097/TA.0000000000002936. PMID: 32925577.
49. Tækker M, Kristjánisdóttir B, Graumann O, Laursen CB, Pietersen PI. Diagnostic accuracy of low-dose and ultra-low-dose CT in detection of chest pathology: a systematic review. *Clin Imaging*. 2021 Jun;74:139-148. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.12.041. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33517021.
50. Hernandez MC, El Khatib M, Prokop L, Zielinski MD, Aho JM. Complications in tube thoracostomy: Systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018 Aug;85(2):410-416. doi: 10.1097/TA.0000000000001840. PMID: 29443856; PMCID: PMC6081248.
51. Van Lieshout EMM, Verhofstad MHJ, Van Silfhout DJT, Dubois EA. Diagnostic approach for myocardial contusion: a retrospective evaluation of patient data and review of the literature. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021 Aug;47(4):1259-1272. doi: 10.1007/s00068-020-01305-4. Epub 2020 Jan 25. PMID: 31982920; PMCID: PMC8321993.
52. Hammer MM, Raptis DA, Cummings KW, Mellnick VM, Bhalla S, Schuerer DJ, Raptis CA. Imaging in blunt cardiac injury: Computed tomographic findings in cardiac contusion and associated injuries. *Injury*. 2016 May;47(5):1025-30. doi: 10.1016/j.injury.2015.11.008. Epub 2015 Nov 19. PMID: 26646729.
53. Chiumello D, Sferrazza Papa GF, Artigas A, Bouhemad B, Grgic A, Heunks L, Markstaller K, Pellegrino GM, Pisani L, Rigau D, Schultz MJ, Sotgiu G, Spieth P, Zompatori M, Navalesi P. ERS statement on chest imaging in acute respiratory failure. *Eur Respir J*. 2019 Sep 19;54(3):1900435. doi: 10.1183/13993003.00435-2019. PMID: 31248958.
54. Girrbach F, Landeck T, Schneider D, Reske SU, Hempel G, Hammermüller S, Gottschaldt U, Salz P, Noreikat K, Stehr SN, Wrigge H, Reske AW. Detection of posttraumatic pneumothorax using electrical impedance tomography-An observer-blinded study in pigs with blunt chest trauma. *PLoS One*. 2020 Jan 10;15(1):e0227518. doi: 10.1371/journal.pone.0227518. PMID: 31923268; PMCID: PMC6953828.
55. Horst K, Simon TP, Pfeifer R, Teuben M, Almahmoud K, Zhi Q, Santos SA, Wembers CC, Leonhardt S, Heussen N, Störmann P, Auner B, Relja B, Marzi I, Haug AT, van Griensven M, Kalbitz M, Huber-Lang M, Tolba R, Reiss LK, Uhlig S, Marx G, Pape HC, Hildebrand F. Characterization of blunt chest trauma in a long-term porcine model of severe multiple trauma. *Sci Rep*. 2016 Dec 21;6:39659. doi: 10.1038/srep39659. PMID: 28000769; PMCID: PMC5175194.
56. Spadaro S, Mauri T, Böhm SH, Scaramuzzo G, Turrini C, Waldmann AD, Ragazzi R, Pesenti A, Volta CA. Variation of poorly ventilated lung units (silent spaces) measured by electrical impedance

- tomography to dynamically assess recruitment. *Crit Care*. 2018 Jan 31;22(1):26. doi: 10.1186/s13054-017-1931-7. PMID: 29386048; PMCID: PMC5793388.
57. Scaramuzzo G, Spadaro S, Dalla Corte F, Waldmann AD, Böhm SH, Ragazzi R, Marangoni E, Grasselli G, Pesenti A, Volta CA, Mauri T. Personalized Positive End-Expiratory Pressure in Acute Respiratory Distress Syndrome: Comparison Between Optimal Distribution of Regional Ventilation and Positive Transpulmonary Pressure. *Crit Care Med*. 2020 Aug;48(8):1148-1156. doi: 10.1097/CCM.0000000000004439. PMID: 32697485.
  58. He H, Chi Y, Yang Y, Yuan S, Long Y, Zhao P, Frerichs I, Fu F, Möller K, Zhao Z. Early individualized positive end-expiratory pressure guided by electrical impedance tomography in acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Crit Care*. 2021 Jun 30;25(1):230. doi: 10.1186/s13054-021-03645-y. PMID: 34193224; PMCID: PMC8243615.
  59. Walker ML, Akpele I, Spence SD, Henderson V. The role of repeat computed tomography scan in the evaluation of blunt bowel injury. *Am Surg*. 2012 Sep;78(9):979-85. PMID: 22964208.
  60. Bates DD, Wasserman M, Malek A, Gorantla V, Anderson SW, Soto JA, LeBedis CA. Multidetector CT of Surgically Proven Blunt Bowel and Mesenteric Injury. *Radiographics*. 2017 Mar-Apr;37(2):613-625. doi: 10.1148/rg.2017160092. Epub 2017 Feb 6. PMID: 28165875.
  61. Assmus H, Antoniadis G, Bischoff C, Dumont C, Henningsen I, Kretschmer T, et al. S3-Leitlinie: Versorgung peripherer Nervenverletzungen: AWMF-Registernummer: 005-010, Stand: 06/2013th ed. [Düsseldorf] : [Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF)], 2013.
  62. Razaiean S, Rustum S, Sonnow L, Meller R, Krettek C, Hawi N. Axillary Artery Dissection and Thrombosis after Closed Proximal Humerus Fracture - a Rare Interdisciplinary Challenge. *Z Orthop Unfall*. 2020 Aug;158(4):406-413. English, German. doi: 10.1055/a-0938-7041. Epub 2019 Sep 16. PMID: 31525793.
  63. DuBose JJ, Rajani R, Gilani R, Arthurs ZA, Morrison JJ, Clouse WD, Rasmussen TE; Endovascular Skills for Trauma and Resuscitative Surgery Working Group. Endovascular management of axillo-subclavian arterial injury: a review of published experience. *Injury*. 2012 Nov;43(11):1785-92. doi: 10.1016/j.injury.2012.08.028. Epub 2012 Aug 22. PMID: 22921384.
  64. Branco BC, Boutrous ML, DuBose JJ, Leake SS, Charlton-Ouw K, Rhee P, Mills JL Sr, Azizzadeh A. Outcome comparison between open and endovascular management of axillosubclavian arterial injuries. *J Vasc Surg*. 2016 Mar;63(3):702-9. doi: 10.1016/j.jvs.2015.08.117. Epub 2015 Oct 23. PMID: 26506937.
  65. Waller CJ, Cogbill TH, Kallies KJ, Ramirez LD, Cardenas JM, Todd SR, Chapman KJ, Beckman MA, Sperry JL, Anto VP, Eriksson EA, Leon SM, Anand RJ, Pearlstein M, Capano-Wehrle L, Cothren

- Burlew C, Fox CJ, Cullinane DC, Roberts JC, Harrison PB, Berg GM, Haan JM, Lightwine K. Contemporary management of subclavian and axillary artery injuries-A Western Trauma Association multicenter review. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017 Dec;83(6):1023-1031. doi: 10.1097/TA.0000000000001645. PMID: 28715360.
66. Sebaaly A, Jouffroy P, Emmanuel Moreau P, Rodaix C, Riouallon G. Intraoperative Cone Beam Tomography and Navigation for Displaced Acetabular Fractures: A Comparative Study. *J Orthop Trauma.* 2018 Dec;32(12):612-616. doi: 10.1097/BOT.0000000000001324. PMID: 30299379.
67. Simonetti I, Verde F, Palumbo L, Di Pietto F, Puglia M, Scaglione M, Ragozzino A, Romano S. Dual energy computed tomography evaluation of skeletal traumas. *Eur J Radiol.* 2021 Jan;134:109456. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109456. Epub 2020 Dec 1. PMID: 33302030.

## **5. Beatmung**

### **5.1 Indikation zur Initiierung der non-invasiven Beatmung nach Polytrauma**

Die Indikationen zur Initiierung der non-invasiven Beatmung nach Polytrauma entsprechen den in der AWMF S3-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen zur "Nichtinvasiven Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz" (1). Der Einsatz der NIV wird nicht als Routine- oder First-Line-Verfahren genannt. Es wird, basierend auf der Datenlage, ein Therapieversuch mit NIV nach Polytrauma mit vorliegender Hypoxämie unter adäquater Analgesie und engmaschigen Erfolgskontrollen empfohlen. Allerdings empfiehlt die AWMF S3-Leitlinie zum Thema „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ (2) die nicht-invasive Beatmung in Abhängigkeit vom Ausmaß der vorliegenden Verletzungen, insbesondere dem Vorliegen eines SHT, einzusetzen. Zu beachten sind dabei insbesondere die beschriebenen Kontraindikationen, wenn es ganz konkret um die nicht-invasive Beatmung nach Thoraxtrauma geht (2). Es wird empfohlen wiederholte Kontrollen von Vigilanz, Atemmechanik, pulmonalem Gasaustausch und Hämodynamik in Zusammenschau mit dem Verletzungsmuster durchzuführen, um die Indikation zur Einleitung einer invasiven Beatmung beim Polytrauma zu stellen.

### **5.2 Indikation zur Initiierung der invasiven Beatmung nach Polytrauma**

Die Indikationen zur Initiierung der invasiven Beatmung nach Polytrauma entsprechen den in der AWMF S3-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen zum Thema „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ (2), sowie den S1-Leitlinien zum „Atemwegsmanagement“ (3) und der Tracheo-Bronchoskopie (4).

Erstere spricht dabei konkret Empfehlungen zur invasiven Beatmung für Polytraumapatient\*innen aus. Eine invasive Beatmung ist bei Apnoe oder einer Atemfrequenz von unter 6 angeraten. Vorgeschlagen wird außerdem eine invasive Beatmung der Polytraumapatient\*innen bei den im folgenden gelisteten Indikationen: Hypoxie ( $SpO_2 < 90\%$ ) trotz Sauerstoffgabe und nach Ausschluss eines Spannungspneumothorax, schweres SHT (GCS < 9), traumaassoziierte hämodynamische Instabilität (systolischer Blutdruck < 90 mmHg, altersadaptiert bei Kindern) und schweres Thoraxtrauma mit respiratorischer Insuffizienz (Atemfrequenz  $\geq 30/\text{min}$ , altersadaptiert bei Kindern) (2).

In der AWMF S1-Leitlinie „Tracheo-Bronchoskopie“ werden die diagnostische und therapeutische Behandlung von traumatischen Erkrankungen des Tracheobronchialbaumes und der Lungen, sowie der Entfernung von Fremdkörpern als mögliche Indikationen für die Durchführung einer Tracheo-Bronchoskopie genannt. Es werden jedoch keine Empfehlungen bezüglich eines regelhaften oder repetitiven Einsatzes nach Polytrauma formuliert.

Um die Evidenz zur wiederholten Bronchoskopie bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

#### PICO-Frage

Führt die wiederholte Bronchoskopie bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zur einmaligen Bronchoskopie, zu besseren klinischen Ergebnissen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche, mit 368 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 4 gescreenten Volltexten, konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

### 5.3 Wahl des Beatmungsverfahrens

Während die S3-Leitlinie zum Thema „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ (2) gezielt auf die Studienlage zur Fragestellung der Indikation und Durchführung der Intubation und invasiven Beatmung bei Polytraumapatient\*innen eingeht, wird keine Empfehlung zur Wahl des Beatmungsverfahrens für dieses Patient\*innenkollektiv gegeben. Allerdings geht die Leitlinie sehr ausführlich auf die Wahl des Beatmungsverfahrens ein und fasst die existierenden kontrollierten Beatmungsformen, sowie Beatmungsverfahren zur Unterstützung der Spontanatmung detailliert zusammen.

Um die Evidenz zur volumenkontrollierten Beatmung bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zur druckkontrollierten Beatmung, zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

#### PICO-Frage

Führt eine volumenkontrollierte Beatmung im Vergleich zu einer druckkontrollierten Beatmung zu besseren klinischen Ergebnissen bei Polytraumapatient\*innen?

Auch bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 2.428 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts von randomisiert kontrollierten Studien (RCT) und 7 gescreenten Volltexten konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

Da es keine gezielten Empfehlungen zur Wahl des Beatmungsverfahrens bei Polytraumapatient\*innen gibt, erscheint es sinnvoll diese allgemeinen Empfehlungen auch bei der Wahl des Beatmungsverfahrens für dieses Patient\*innenkollektiv hinzuzuziehen, wenn eine akute respiratorische Insuffizienz vorliegt. Hierzu wurde folgende Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

5.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei der Wahl des Beatmungsverfahrens bei Polytraumapatient*innen sollten allgemeine Empfehlungen bei dem Vorliegen einer akuten respiratorischen Insuffizienz berücksichtigt werden (AWMF Leitlinie 001-021).	
	starker Konsens	

#### 5.4 Beatmungsprinzipien im ARDS nach Polytrauma

Die S3-Leitlinie zum Thema „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ geht in ihren Empfehlungen explizit auf Polytraumapatient\*innen ein und liefert Empfehlungen zur invasiven und nicht-invasiven lungenprotektiven Beatmung bei akuter respiratorischer Insuffizienz. Des Weiteren geht die Leitlinie auch explizit auf die akute respiratorische Insuffizienz beim akuten Atemnotsyndrom (ARDS), sowie die Wahl des Beatmungsverfahrens und der Einstellung der Beatmungsparameter ein (2). Diese Empfehlungen können weitestgehend auch auf die Beatmungsprinzipien im ARDS nach Polytrauma zusammengeführt und angewandt werden.

Um die Evidenz zu ARDS-spezifischen Behandlungen bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu folgender Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Frage
Führen ARDS-spezifische Behandlungsschemata im Vergleich zur Standardbehandlung bei Polytraumapatient*innen zu besseren Behandlungsergebnissen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 23 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts von Evidenzsynthesen und 6 gescreenten Volltexten konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

Da die Literaturrecherche keine Evidenz geliefert hat, wurde eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

5.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen sollten grundlegende Beatmungsprinzipien der ARDS-Therapie in der akuten respiratorischen Insuffizienz (AWMF Leitlinie 001-021) berücksichtigt werden.	
	starker Konsens	

Als adjuvante Therapie empfiehlt die S2e-Leitlinie zur „Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen“ darüber hinaus eine frühzeitige kontinuierliche laterale Rotationstherapie insbesondere bei Polytraumapatient\*innen mit pulmonaler Beteiligung, um das Auftreten eines ARDS zu verhindern bzw. die Oxygenierung zu verbessern (5). Des Weiteren schwächte die kontinuierliche laterale Rotationstherapie bei Polytraumapatient\*innen die pulmonale Inflamationsreaktion ab (Reduktion der pulmonalen und systemischen pro-inflammatorischen Zytokine (Tumornekrosefaktor (TNF), Interleukin-6 (IL-6)) und führte im Vergleich zu in Rückenlage behandelten Patient\*innen zur geringeren Organfunktionsstörung bis zum fünften posttraumatischen Tag (5).

## 5.5 Tracheotomie

Zu den Indikationen zur Durchführung einer Tracheotomie bei Polytraumapatient\*innen auf Intensivstation zählen die prolongierte mechanische Beatmung, das prolongierte Weaning sowie die Atemwegssicherung bei Traumata im Kopf- und/oder Gesichtsbereich (6). Der optimale Zeitpunkt der Tracheotomie bei kritisch kranken Patient\*innen auf Intensivstation, darunter auch Polytraumapatient\*innen, ist seit Jahrzehnten umstritten und bleibt noch weiter Gegenstand der Forschung.

Um die Evidenz zur Tracheotomie bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu folgender Forschungsfrage durchgeführt:

### PICO-Frage

Führt eine frühe Tracheotomie im Vergleich zur späten Tracheotomie zu besseren Behandlungsergebnissen bei Polytraumapatient\*innen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 117 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 12 gescreenten Volltexten konnte eine RCT mit insgesamt 60 Polytraumapatient\*innen für die o.g. Forschungsfrage identifiziert werden (7). In dem RCT von Barquist et al. hatte eine frühe Tracheotomie keinen signifikanten Effekt im Vergleich zu einer späten Tracheotomie hinsichtlich der Sterblichkeit (RR 0,43; 95% KI 0,09 bis 2,03; Qualität der Evidenz gering) oder hinsichtlich der Dauer der mechanischen Beatmung (Mean Difference (MD) – 0,26; 95% KI –23,73 bis 23,21; Qualität der Evidenz sehr gering). Im Hinblick auf die Verweildauer auf der Intensivstation hatte eine frühe Tracheotomie keinen signifikanten Effekt im Vergleich zu einer späten Tracheotomie (MD – 0,30; 95% KI –17,64 bis 17,04; Qualität der Evidenz sehr gering) oder hinsichtlich der beatmungsassoziierten Pneumonierate (RR 1,07; 95% KI 0,93 bis 1,22; Qualität der Evidenz sehr gering).

Die eingeschlossene Studie weist einige Limitationen auf, darunter die geringe Fallzahl sowie eine Randomisierung der Patient\*innen an Tag 7. Auf Grund dessen wurde der Evidenzgrad als sehr gering bis gering bewertet.

Daher sind weitere randomisiert kontrollierte Studien, die ein größeres Patient\*innenkollektiv, bestehend aus Polytraumapatient\*innen, einschließen, notwendig, um die Effekte der frühen und späten Tracheotomie zu untersuchen.

5.3	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
Bei Polytraumapatient*innen kann weder eine Empfehlung für noch gegen eine frühe Tracheotomie gegeben werden.		<b>Empfehlungsgrad</b> 0 
<u>Literatur:</u>  Barquist ES, Amortegui J, Hallal A, Giannotti G, Whinney R, Alzamel H, et al. Tracheostomy in Ventilator Dependent Trauma Patients: A Prospective, Randomized Intention-to-Treat Study. 2006;60(1):91-7.		<u>Qualität der Evidenz:</u>  Sterblichkeit: Niedrig ⊕○○○  Dauer der mechanischen Beatmung: sehr niedrig ⊕○○○  Verweildauer ITS: sehr niedrig ⊕○○○  Beatmungsassoziierte Pneumonierate: sehr niedrig ⊕○○○
Starker Konsens		

### 5.6 Entwöhnung von der invasiven Beatmung

Der überwiegende Anteil invasiv beatmeter Patient\*innen kann nach kausaler Behandlung der Ateminsuffizienz von der invasiven Beatmung entwöhnt werden. Allerdings muss bei ca. 20 % der Patient\*innen die Beatmung prolongiert fortgesetzt werden, so dass sich die Phase des Weanings (Entwöhnung von der maschinellen Beatmung) deutlich verlängert. Neben der respiratorischen Funktionsstörung tragen häufig hohes Alter und Komorbiditäten der Patient\*innen zum prolongierten Weaning bei (8). Nach internationalem Konsens liegt ein prolongiertes Weaning dann vor, wenn es erst nach drei erfolglosen Spontanatmungsversuchen (spontaneous breathing trial = SBT) oder nach über sieben Tagen Beatmung nach dem ersten erfolglosen SBT gelingt, den Patient\*innen von der Beatmung zu trennen (9). Die Empfehlungen zum prolongierten Weaning sind der S2k-Leitlinie „Prolongiertes Weaning“ zu entnehmen (9). Die Leitlinie bezieht sich dabei allgemein auf Intensivpatient\*innen und stellt keine gesonderten Empfehlungen für Polytraumapatient\*innen dar (9). Jedoch werden in der Leitlinie „Besonderheiten des

prolongierten Weanings bei Patienten in der neurologisch-neurochirurgischen Frührehabilitation“ eigene Empfehlungen für Intensivpatient\*innen formuliert, die eine neurologische oder neurochirurgische Behandlung benötigen (10). Bei Polytraumapatient\*innen, die in eben diese Kategorie gehören, ist daher die entsprechende Leitlinie hinzuzuziehen.

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.: S2k-Leitlinie Nichtinvasive und invasive Beatmung als Therapie der Chronischen respiratorischen Insuffizienz (AWMF Registernummer 020-008), Version 2.1 (20.06.2017), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-008l\\_S2k\\_NIV\\_Nichtinvasive\\_invasive\\_Beatmung\\_Insuffizienz\\_2017-10-verlaengert.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-008l_S2k_NIV_Nichtinvasive_invasive_Beatmung_Insuffizienz_2017-10-verlaengert.pdf).
2. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie beim Erwachsenen (AWMF Registernummer 001-020), Version 2.0 (21.07.2020), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l\\_S3\\_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene\\_2020-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l_S3_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene_2020-10.pdf).
3. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S1-Leitlinie Atemwegsmanagement (AWMF Registernummer 001-028), Version 1.1 (12.03.2015), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-028l\\_S1\\_Atemwegsmanagement\\_2015-04-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-028l_S1_Atemwegsmanagement_2015-04-abgelaufen.pdf).
4. Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V.: S1-Leitlinie Tracheo-Bronchoskopie (AWMF Registernummer 017-061), Version 4.0 (06.07.2015), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/017-061l\\_S1\\_Tracheo\\_Bronchoskopie\\_2015-07-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/017-061l_S1_Tracheo_Bronchoskopie_2015-07-abgelaufen.pdf).
5. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen (AWMF Registernummer 001-015), Version 3.0 (25.07.2023), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-015l\\_S3\\_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen\\_2023-07.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-015l_S3_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen_2023-07.pdf).
6. Shirawi N, Arabi Y. Bench-to-bedside review: early tracheostomy in critically ill trauma patients. *Critical care* (London, England). 2006;10(1):201.
7. Barquist ES, Amortegui J, Hallal A, Giannotti G, Whinney R, Alzamel H, et al. Tracheostomy in ventilator dependent trauma patients: a prospective, randomized intention-to-treat study. *The Journal of trauma*. 2006;60(1):91-7.
8. Bayarassou A. Komorbiditäten bei Patienten im prolongierten Weaning. 2017.
9. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin. S2k-Leitlinie - Prolongiertes Weaning. (AWMF Registernummer 020-015), Version 2.0 (29.08.2019), verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/020-015>.
10. Deutsche Gesellschaft für Neurorehabilitation e.V.: S2k-Leitlinie Besonderheiten des prolongierten Weanings bei Patienten in der neurologisch-neurochirurgischen

Frührehabilitation (AWMF Registernummer 080-002), Version 1.0 (21.10.2016), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/080-002l\\_S2k\\_Prolongiertes\\_Weaning\\_neurol\\_neuroch\\_Fruhereha\\_2017-04-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/080-002l_S2k_Prolongiertes_Weaning_neurol_neuroch_Fruhereha_2017-04-abgelaufen.pdf).

## **6. Volumen- und Kreislauftherapie**

Bei der Therapie von Polytraumapatient\*innen ist der Wert einer schnellen, effektiven und zielorientierten Volumentherapie unumstritten. Bei einer adäquat durchgeführten Volumentherapie kann bei den meisten Patient\*innen das notwendige Plasmavolumen und damit eine adäquate kardiale Vorlast erhalten oder wiederhergestellt werden und so die Organperfusion und die Mikrozirkulation sichergestellt oder zumindest verbessert werden. Das wichtigste Ziel der Volumentherapie ist die Steigerung des Herzzeitvolumens und die Sicherstellung eines ausreichenden Sauerstoffangebot ( $DO_2$ ). Die S3-Leitlinie Polytrauma/Scherverletzten Behandlung empfiehlt bei schwer verletzten Patient\*innen eine Volumentherapie einzuleiten, die jedoch bei unkontrollierbaren Blutungen in reduzierter Form verabreicht werden sollte, um den Kreislauf auf einem niedrigen stabilen Niveau zu halten und die Blutung nicht zu verstärken (1). Bei hypotensiven Patient\*innen mit SHT sollte die Volumentherapie mit dem Ziel der Normotension durchgeführt werden. Eine optimale Volumentherapie umfasst somit die Indikationsstellung, Dosisfindung und die Wahl der am besten geeigneten Infusionslösung für den jeweiligen Patient\*innen.

### **6.1 Diagnose des Volumenmangels nach Polytrauma**

Patient\*innen mit einem Verdacht auf einen Volumenmangel soll zur Klärung der Ursachen für einen Volumenverlust unter Berücksichtigung der Anamnese körperlich untersucht werden. Bei Patient\*innen mit unklarer hämodynamischer Instabilität soll eine Echokardiographie durchgeführt werden. Die S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie bei Erwachsenen empfiehlt die Durchführung einer Echokardiographie bei Patient\*innen mit „unklarer hämodynamischer Instabilität“ (2). Die Erläuterungen konkretisieren, mit Verweis auf die S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletzten Behandlung, dass die transthorakale Echokardiografie bei Polytraumapatient\*innen auch genutzt werden sollte, um eine Perikardtamponade oder eine Herzbeutelruptur als Voraussetzung für eine Herzluxation zu diagnostizieren. Bei Polytraumapatient\*innen mit Begleitverletzungen des Herzens wird auf die „S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten - Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf“ verwiesen (3). Wird eine kardiale Ursache für einen Volumenmangel ausgeschlossen, kann eine Verlaufsbeurteilung z.B.

thorakoabdomineller Verletzungen mittels bildgebender Verfahren wichtige therapeutische Hinweise liefern.

## 6.2 Wahl des Volumenersatzes bei Polytraumapatient\*innen

Die S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ geht in ihren Empfehlungen explizit auf Polytraumapatient\*innen ein und liefert Empfehlungen für die Volumentherapie (1). In der Leitlinie wird empfohlen bei Polytraumapatient\*innen bevorzugt kristalloide Volumenersatzmittel zu verwenden, während isotonische Kochsalzlösungen nicht verwendet werden sollen. Wenn der Kreislauf durch den Einsatz kristalloider Vollelektrolytlösungen nicht adäquat stabilisiert werden kann, können kolloidale Vollelektrolytlösungen (z.B. Gelatine-Präparate, Humanalbumin) bei hypotensiven Polytraumapatient\*innen verwendet werden.

Um die Evidenz zur Volumentherapie zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu folgender Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Frage
Führt eine kristalloide Volumentherapie bei Polytraumapatient*innen im Vergleich zur kolloiden Volumentherapie zu besseren Behandlungsergebnissen?

Nach der ausführlichen Literaturrecherche mit 3.096 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts von RCTs und 35 gescreenten Volltexten konnte eine RCT mit insgesamt 177 intensivmedizinisch betreuten Polytraumapatient\*innen (4) eingeschlossen werden. Die Gabe von Kristalloiden hatte in der Studie von Annane et al. bei Polytraumapatient\*innen keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zu Kolloiden hinsichtlich der 28-Tage-Sterblichkeit (Hazard Ratio (HR) 1,19; 95% KI 0,54 bis 2,62; Qualität der Evidenz sehr gering). Weitere Endpunkte wurden für die gewählte Patient\*innen-Population nicht berichtet.

In Anbetracht des unsicheren klinischen Nutzens bei Polytraumapatient\*innen kann die Leitliniengruppe aktuell keine abschließende evidenzbasierte Empfehlung zur Wahl des Volumenersatzes geben.

6.1	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
	Bei Polytraumapatient*innen kann weder eine Empfehlung für noch gegen die Gabe von Kristalloiden gegeben werden.	<b>Empfehlungsgrad</b> 0 
	<u>Literatur:</u> Annane et al. 2013. Effects of Fluid Resuscitation with Colloids vs Crystalloidson Mortality in Critically Ill Patients Presenting with Hypovolemic Shock The CRISTAL Randomized Trial	<u>Qualität der Evidenz:</u> 28-Tage-Sterblichkeit: sehr niedrig 
	Starker Konsens	

Auf Grund der geringen Evidenz, die in keiner deutlichen Handlungsempfehlung resultiert, wurde zusätzlich eine Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

6.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen sollten grundlegende Prinzipien der Volumentherapie (AWMF Leitlinie 001 - 020) berücksichtigt werden.	
	starker Konsens	

### 6.3 Bluttransfusion und Transfusionstrigger

Blutungen sind die häufigste Ursache für einen Schock bei Polytraumapatient\*innen, der zu zellulärer Hypoxie und Tod führt. Basierend auf zahlreichen experimentellen und klinischen Forschungsarbeiten über die zellulären Mechanismen und die klinischen Ergebnisse der Notfallversorgung von Patient\*innen mit hypovolämischem Schock haben sich die grundlegenden Prinzipien der Flüssigkeitsreanimation in den letzten Jahrzehnten nicht relevant geändert. Eine aggressive Rehydratation zur Korrektur der Gewebhypoperfusion innerhalb von 24 Stunden nach der Verletzung ist mit besseren klinischen Ergebnissen verbunden (5). Erster Volumenersatz der Wahl sind kristalloide Lösungen, wobei Blut und Blutprodukte bei hämodynamisch instabilen Patient\*innen, mit Blutungen der Klassen III und IV und bei Patient\*innen mit anhaltenden unkontrollierten Blutungen eingesetzt werden (5). Die Inzidenz immunologischer und infektiöser Komplikationen im Zusammenhang mit

Bluttransfusionen bei der Resuscitation von Polytraumapatient\*innen ist nachweislich nicht höher als in anderen klinischen Situationen. Massivtransfusionen sind jedoch mit spezifischen Komplikationen wie Hypothermie, Koagulopathie und abdominalem Kompartmentsyndrom verbunden. Die trauma-induzierte Koagulopathie ist ein eigenständiges Krankheitsbild mit deutlichen Einflüssen auf das Überleben weshalb Gerinnungsdiagnostik und Therapie spätestens im Schockraum begonnen werden sollen.

Empfehlungen zum Einsatz von Transfusionen bei Polytraumapatient\*innen werden in der Gesamtnovelle „Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“ ausgeführt (6).

#### **6.4 Zielparameter der Herz-Kreislauftherapie**

Die S3-Leitlinie „Intravasale Volumentherapie beim Erwachsenen“ geht in ihren Empfehlungen nicht explizit auf Polytraumapatient\*innen ein aber liefert Empfehlungen für die Zielparameter der Volumentherapie bei Intensivpatient\*innen (2). Das wichtigste Ziel der Volumentherapie ist die Steigerung des Herzzeitvolumens (HZV) und die Sicherstellung einer ausreichenden  $DO_2$ . Ergänzend zur körperlichen Untersuchung sollen insbesondere ein standardisierter passive Leg raise-Test und für die Verlaufsbeurteilung validierte Parameter wie das Laktat, die Laktat-Clearance, die Rekapillarierungszeit, die zentralvenöse Sauerstoffsättigung, der Hämatokrit, der Base Excess (BE) und die Urinausfuhr einbezogen werden. Zur apparativen Diagnostik sollen flussbasierte und dynamische Vorlastparameter, wie das intrathorakale Blutvolumen (ITBV) oder global enddiastolische Blutvolumen (GEDV) und die beatmungsinduzierte Variation des Schlagvolumens („pulse pressure variation“ oder „systolic pressure variation“ (SVV)) aufgrund der höheren Prädiktion eines intravasalen Volumenmangels gegenüber den statischen Vorlastparametern den Vorzug erhalten und wiederholt gemessen werden. Der zentrale Venendruck (ZVD) ist ein sehr schwacher prädiktiver Parameter für die Verlaufsbeurteilung der Volumentherapie und anfällig für Fehlmessungen. Grundsätzlich kann auch neben den o. g. Methoden eine transthorakale (TTE) oder transösophageale (TEE) echokardiographische Untersuchung zur Abschätzung des Volumenbedarfs erfolgen. Hierzu können beispielsweise aufgrund der nachgewiesenen ausreichenden Prädiktion für die Detektion eines Volumenmangels die transaortale

Schlagvolumenvarianz und die Dehnbarkeit der unteren Hohlvene (Vena cava inferior (IVC)) genutzt werden. Die atmungsabhängige Schwankung des IVC-Durchmessers um >12% ist ein Hinweis auf eine Volumenreagibilität. Während die hohe Untersucherabhängigkeit und mögliche eingeschränkte Schallbedingungen bei beatmeten Intensivpatient\*innen Hauptnachteile der Echokardiographie darstellen, können sie in der Verlaufsbeurteilung aber Vorteile erbringen, in dem sie die Identifikation von extravasalen Flüssigkeitsverhalten (z. B. Pleuraergüssen) ermöglichen.

### **6.5 Steuerung der Volumentherapie nach Polytraumatisierung**

Es existieren keine aussagekräftigen Studien zur Steuerung der Volumentherapie für Polytraumapatient\*innen nach der unmittelbaren Notfallversorgung. Es erscheint sinnvoll, die vorliegenden Empfehlungen der S3-Leitlinie „Intravasale Volumentherapie bei Erwachsenen“ (2) und die Empfehlungen zum hämodynamischen Monitoring in der internistischen Intensivmedizin (7) auch auf dieses Patient\*innenkollektiv anzuwenden. Zusammenfassend betrifft dies folgende Empfehlungen.

- Die klinische Beurteilung des Volumenstatus (z.B. Rekapillarierungszeit, Hautturgor, sowie Beurteilung der Schleimhäute) soll zur Steuerung der Volumentherapie im Kontext der apparativen Untersuchungen durchgeführt werden. Die klinische Untersuchung versucht festzustellen, ob die Symptome der Patient\*innen durch eine Hypovolämie verursacht werden und das Ausmaß der Hypovolämie festzulegen (Empfehlungsgrad A) (2). Bei Hinweis auf eine unzureichende Organperfusion (Oligurie, Hypotonie, low CO und erhöhtes Laktat) sollte die Volumenreagibilität überprüft werden. Die Volumenreagibilität zeigt die Fähigkeit des linken Ventrikels an, auf eine Erhöhung der kardialen Vorlast mit einer Steigerung des Schlagvolumens und damit der Herzarbeit zu reagieren (7).
- Hämodynamische Parameter sollen zur Beurteilung des Volumenbedarfs bzw. der Volumenreagibilität nicht isoliert bewertet werden, sondern stets unter Einbeziehung von Anamnese und klinischem Untersuchungsbefund (Empfehlungsgrad A). Zur Einschätzung der Volumenreagibilität sollen flussbasierte (Schlagvolumen) und/oder dynamische Vorlastparameter (Schlagvolumen-Variation, Pulsdruck-Variation) statischen Parametern (ZVD, Pulmonalarterienverschlussdruck (PAOP)) vorgezogen

werden (Empfehlungsgrad A). Limitationen dieser Verfahren sind zu beachten (2). Insbesondere statische Vor- und Nachlastparameter korrelieren oft nicht mit der Gewebepfusion. Volumetrische Parameter (ITBV und GEDV) eignen sich eingeschränkt zur intraindividuellen Verlaufsbeurteilung. Die Angabe von eindeutigen, verbindlichen Zielwerten/Normalwerten für die Hämodynamik ist nicht sinnvoll, sondern darf nur als Orientierungshilfe gewertet werden (7).

- Wenn möglich soll zur Steuerung der Volumentherapie ein standardisiertes „passive leg raise“ Manöver durchgeführt werden (Empfehlungsgrad A) (2). *Anmerkung:* Im Rahmen des Polytraumas kann die Durchführung des „passiv leg raise“ verletzungsbedingt limitiert sein.
- Zur Steuerung der Volumentherapie können Ultraschallverfahren durchgeführt werden (Empfehlungsgrad 0). Hingegen sollten Ultraschallverfahren wiederholt durchgeführt werden, um Extravasate (z.B. Pleura, Abdomen, Darm) nachzuweisen oder auszuschließen (Empfehlungsgrad B) (2). Die Notfallechokardiographie ist ein zentrales Verfahren zur raschen Einschätzung von Volumenstatus und kardialer Funktion (Empfehlungsgad A) (8).
- Dynamische Vorlastparameter und der passive Beinhebeversuch ergänzt durch die Sonographie der Vena cava inferior können unnötige Volumengaben im Rahmen eines „volume challenge“ mittels Bolusgaben von Volumen vermeiden (9).

Die Flüssigkeits- und Volumentherapie steht im Spannungsfeld zwischen zu geringer Volumengabe mit Gefahr der Hypoperfusion und zu hoher Flüssigkeitszufuhr mit dem Risiko verstärkter Blutungen aufgrund eines erhöhten Blutdrucks und der Entstehung einer Verdünnungskoagulopathie. Insbesondere für die Akutversorgung konnte in mehreren Studien für Patient\*innen im hämorrhagischen Schock ein Vorteil für eine hypovolämische Flüssigkeitstherapie im Vergleich zu einer konventionellen Therapie nachgewiesen werden. Eine Metanalyse unter Einschluß von 28 RCT und 4.503 Patient\*innen ergab für diese Patient\*innen eine geringere Letalität (Mortalität (12,5 % vs. 21,4 %; RR = 0,58; 95 %-KI: 0,51–0,66;  $p < 0,001$ ), weniger unerwünschte Ereignisse (10,8 % vs. 13,4 %; RR = 0,70; 95 %-KI: 0,59–0,83;  $p < 0,001$ ), einschließlich Fieber, akutes Atemnotsyndrom (7,8 % vs. 16,8 %) oder multiples Organdysfunktionssyndrom (8,6 % vs. 21,6 %). Allerdings war die hypovolämische

Flüssigkeitstherapie im Vergleich zur konventionellen Behandlung mit einer höheren Inzidenz von Thrombozytopenie, Nierenversagen und Anämie verbunden (10).

Eine andere Metaanalyse zur permissiven Hypotonie bei Traumapatient\*innen mit hämorrhagischem Schock schloss fünf randomisierte Studien mit insgesamt 1.158 Patient\*innen ein. Die Blutdruckziele in den Interventionsarmen variierten von systolischem Blutdruck von 50 mmHg bis 70 mmHg oder mittlerem arteriellem Druck von 50 mmHg oder höher im Vergleich zu systolischem Blutdruck von 65 mmHg bis 100 mmHg oder mittlerem arteriellem Druck von 65 mmHg oder höher in der Kontrollgruppe. Die gepoolte Odds Ratio (OR) von 0,70 (95 % KI, 0,53–0,92) deutete auf einen Überlebensvorteil bei permissiver Hypotonie hin. Diese Patient\*innen erhielten weniger Blutprodukte und hatten einen geringeren Blutverlust. Drei Studien wiesen allerdings keine ausreichende Power für eine statistische Signifikanz auf. Einschränkungen ergaben sich auch aus der fehlenden Verblindung und mangelnder Protokoll Darstellung (9).

Eine weitere Metaanalyse untersuchte die Effektivität der hypotensiven Flüssigkeits- und Volumentherapie bei Patient\*innen mit traumatischem hämorrhagischem Schock im Verhältnis zur Mortalität, ARDS, akuter Nierenschädigung und multipler Organdysfunktion. Insgesamt wurden 30 Studien eingeschlossen. In der hypotensiven Therapiegruppe wurde eine statistisch signifikante Abnahme der Letalität beobachtet (RR: 0,50; 95 % KI: 0,40–0,61). Es wurde zudem ein niedrigerer Transfusionsbedarf und eine geringere Menge an applizierter Flüssigkeit nachgewiesen, sowie ein protektiver Effekt sowohl im Hinblick auf multiple Organfunktionsstörungen als auch auf das ARDS beobachtet. Für das akute Nierenversagen ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (8).

Die genannten Untersuchungen zielen auf die akute Phase der Behandlung ab und berücksichtigen, soweit den Protokollen zu entnehmen, nicht die mittelfristige Therapie auf der Intensivstation. Zudem wurden nicht explizit Polytraumapatient\*innen betrachtet. Insofern ist unklar, inwieweit die Ergebnisse Aussagen für die Intensivbehandlung von Polytraumatisierten erlauben. Dennoch ergibt sich die Vermutung, dass diese Patient\*innen eher von einem restriktiven Volumen- und Flüssigkeitsmanagement profitieren.

### **Besonderheiten bei herzkranken Patient\*innen**

Die S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ (1) geht in ihren Empfehlungen explizit auf Polytraumapatient\*innen ein und empfiehlt, dass die Echokardiografie bei Polytraumapatient\*innen mit Kreislaufinstabilität durchgeführt werden sollte, um eine Perikardtamponade oder eine Herzbeutelruptur zu diagnostizieren. Hierzu sollte die transthorakale Echokardiografie als Methode der Wahl verwendet werden. Die Echokardiographie kann beim Patient\*innen mit unklarer hämodynamischer Instabilität eine Vielzahl von relevanten Differenzialdiagnosen (Perikarderguss und -tamponade, akute Rechtsherzbelastung als Hinweis für eine Lungenarterienembolie, eingeschränkte Pumpfunktion, Klappenvitium, etc.) eingrenzen. Insbesondere beim kardiogenen Schock sind daher TTE und TEE essentielle Bestandteile der Diagnostik. Die American Heart Association (11) empfiehlt ebenfalls den Einsatz der transthorakalen Echokardiographie bei Patient\*innen mit Hypotension oder hämodynamischer Instabilität mit unklarer Ursache. Die S3-Leitlinie „Infarkt-bedingter kardiogener Schock - Diagnose, Monitoring und Therapie“ (12) geht in ihren Empfehlungen nicht explizit auf Polytraumapatient\*innen ein, aber empfiehlt, dass bei Patient\*innen mit Infarkt-bedingtem kardiogenem Schock die transthorakale Echokardiographie unverzichtbar ist und baldmöglichst nach Aufnahme des Patient\*innen durchgeführt werden sollte. In der S3-Leitlinie „Intensivmedizinische Versorgung herzchirurgischer Patient\*innen, Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf“ (3) wird bei Patient\*innen, die akute anhaltende hämodynamische Störungen aufweisen, die nicht auf eine initiale Therapie reagieren und bei denen die ventrikuläre Funktion und ihre Determinanten unklar sind, die Echokardiographie zur Diagnosesicherung und zum Therapiemonitoring empfohlen, da sie sinnvoll sei und das klinische Outcome verbessere. Bei Polytraumapatient\*innen mit kardialer Vorerkrankung oder kardialen Verletzungen sollte zusätzlich SvO<sub>2</sub> / ScvO<sub>2</sub> und Laktat bestimmt werden, um eine unentdeckte Hypoperfusion zu detektieren, da eine normale oder erhöhte venöse Sättigung nicht zum Ausschluss einer inadäquaten Sauerstoffversorgung der Gewebe genutzt werden kann.

### **Besonderheiten bei thermischem Trauma**

Die S2k-Leitlinie „Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen“ (13) geht in ihren Empfehlungen nicht explizit auf Polytraumapatient\*innen ein, liefert aber Empfehlungen für

die Volumentherapie bei thermischem Trauma. In Abhängigkeit von der Größe der verbrannten Körperoberfläche sollte die Berechnung einer gezielten bedarfsorientierten Flüssigkeitssubstitution in den ersten 24 Stunden nach Trauma nach der Baxter-Parkland-Formel oder der modifizierten Brooke-Formel ab 15 % II & III° verbrannter Körperoberfläche (vKOF) erfolgen (Baxter-Parkland-Formel (4 ml/kgKG und %vKOF und 24 h), Brooke-Formel (2 ml/kgKG und % vKOF und 24 h). Die initiale Flüssigkeitssubstitution sollte bevorzugt mit Ringeracetat als balancierte, kristalloide Vollelektrolytlösung erfolgen, wobei 50 % in den ersten 8 Stunden und der Rest über die letzten 16 Stunden als kontinuierliche Infusion gegeben werden. 2–3 Stunden nach dem Start soll eine Anpassung an den individuellen Patient\*innenbedarf erfolgen, dabei soll eine Überinfusion vermieden werden, und die Bolusgabe sollte speziellen Situationen, wie akute Hypotension, vorbehalten bleiben.

Bei Verbrennungen über 30 % vKOF bzw. einer Gesamtmenge über 250 ml/kgKG Flüssigkeitsgabe in den ersten 24 Stunden nach Trauma sollte der Blasendruck zur frühzeitigen Erkennung einer intraabdominellen Drucksteigerung gemessen werden. Mindestens in der ersten Woche sollten Patient\*innen täglich gewogen werden, um die Flüssigkeitsbilanz zu beurteilen. Im Rahmen der Flüssigkeitstherapie kann es durch eine unzureichende Flüssigkeitssubstitution zur Minderperfusion von Organen und Gewebe kommen, die eine Organdysfunktion initiieren und verstärken kann. Gleichzeitig ist eine Überinfusion mit einer entsprechenden Ödembildung verbunden, die bis zur Ausbildung eines abdominellen Kompartments führen kann.

Es gibt keine generelle Empfehlung für einen Verzicht auf Kolloide in den ersten 24 Stunden. Die Gabe von Kolloiden, insbesondere von Albumin, sollte bei hämodynamischer Instabilität und Ausschöpfung der kalkulierten Menge an Kristalloid erwogen werden.

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.
2. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie beim Erwachsenen (AWMF Registernummer 001-020), Version 2.0 (21.07.2020), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020I\\_S3\\_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene\\_2020-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020I_S3_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene_2020-10.pdf).
3. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Intensivmedizinische Versorgung herzchirurgischer Patienten - Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf (AWMF Registernummer 001-016), Version 3.1 (01.12.2017), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-016I\\_S3\\_Intensivmedizinische\\_Versorgung-Haemodynamisches-Monitoring\\_2018-06-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-016I_S3_Intensivmedizinische_Versorgung-Haemodynamisches-Monitoring_2018-06-abgelaufen.pdf).
4. Annane D, Siami S, Jaber S, Martin C, Elatrous S, Declère AD, et al. Effects of fluid resuscitation with colloids vs crystalloids on mortality in critically ill patients presenting with hypovolemic shock: the CRISTAL randomized trial. *Jama*. 2013;310(17):1809-17.
5. Shafi S, Kauder DR. Fluid resuscitation and blood replacement in patients with polytrauma. *Clinical orthopaedics and related research*. 2004(422):37-42.
6. Bundesärztekammer. Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. 2020.
7. Janssens U, Jung, C., Hennersdorf, M. et al. Empfehlungen zum hämodynamischen Monitoring in der internistischen Intensivmedizin. *Der Kardiologe*. 2016.
8. Owattanapanich N, Chittawatanaarat K, Benyakorn T, Sirikun J. Risks and benefits of hypotensive resuscitation in patients with traumatic hemorrhagic shock: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2018;26.
9. Tran A, Yates J, Lau A, Lampron J, Matar M. Permissive hypotension versus conventional resuscitation strategies in adult trauma patients with hemorrhagic shock: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2018;84(5):802-8.
10. Safiejko K, Smereka J, Filipiak KJ, Szarpak A, Dabrowski M, Ladny JR, et al. Effectiveness and safety of hypotension fluid resuscitation in traumatic hemorrhagic shock: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cardiology journal*. 2022;29(3):463-71.

11. Cheitlin MD, Alpert JS, Armstrong WF, Aurigemma GP, Beller GA, Bierman FZ, et al. ACC/AHA guidelines for the clinical application of echocardiography: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Clinical Application of Echocardiography). Developed in collaboration with the American Society of Echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 1997;29(4):862-79.
12. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V.: S3-Leitlinie Infarktbedingter kardiogener Schock - Diagnose, Monitoring und Therapie (AWMF Registernummer 019-013), Version 2.0 (28.02.2019), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/019-013l\\_S3\\_Infarktbedingter\\_kardiogener\\_Schock\\_2019-11.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/019-013l_S3_Infarktbedingter_kardiogener_Schock_2019-11.pdf).
13. Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e.V.: S2k-Leitlinie Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen (AWMF Registernummer 044-001), Version 7.0 (01.02.2012), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/044-001l\\_S2k\\_Behandlung-thermischer-Verletzungen-des-Erwachsenen\\_2021-07.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/044-001l_S2k_Behandlung-thermischer-Verletzungen-des-Erwachsenen_2021-07.pdf).

## **7. Definitive chirurgische Versorgung**

### **7.1 Faktoren, die den OP-Zeitpunkt für Maßnahmen nach der 1. Operationsphase beeinflussen**

Laut Jahresbericht des TraumaRegisters® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie verbleiben Schwerverletzte durchschnittlich sechs Tage auf der Intensivstation (1). Die Dauer des Aufenthalts wird wesentlich durch die Verletzungsschwere bestimmt. So verlassen Patient\*innen mit Kombinationsverletzungen die Intensivstation durchschnittlich nach knapp acht und mit lebensgefährlichen Verletzungen sogar nach über zehn Tagen. Durchschnittlich werden Patient\*innen während ihres Krankenhausaufenthaltes mehrfach (3,4 Eingriffe) operiert (1). Im Gegensatz zu den bereits gut evaluierten Abläufen im Rahmen der Notfallversorgung mit Leitlinienempfehlungen für die Behandlung in der Präklinik, im Schockraum und während der ersten operativen Phase, stehen solche Quellen in Bezug auf die Versorgungspriorisierung, Art und Umfang der Folgeoperationen sowie dem optimalen Zeitpunkt für operative Folgeeingriffe beim schwerverletzten Patient\*innen im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung noch nicht zur Verfügung (2). In der Formulierung bislang fehlender Evidenzsynthesen bezüglich operativer Folgeeingriffe sind die Heterogenität des Patient\*innengutes, die Komplexität der Verletzungen sowie interdisziplinäre Absprachen zu beachten. Zusätzlich müssen individuelle Patient\*innencharakteristika (z.B. Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen) sowie pathophysiologische (z.B. Gerinnung, Temperatur, Metabolismus) und immunologische (z.B. Systemisches Entzündungsreaktionssyndrom (SIRS)) Faktoren berücksichtigt werden.

Bezogen auf die Begleitverletzungen scheinen aus der klinischen Erfahrung heraus vor allem das SHT- und das Thoraxtrauma determinierende Faktoren für die Operabilität der Patient\*innen zu sein. Insbesondere erhöhte, schwierig zu therapierende bzw. therapierefraktäre intrakranielle Druckwerte beeinflussen die Operabilität der Patient\*innen u.a. durch Einschränkungen der notwendigen Lagerung, so dass der Nutzen einer operativen Behandlung gegen mögliche intrakranielle Drucksteigerungen interdisziplinär abgewogen werden muss. Auch im Bereich von Wirbelsäulenverletzungen hängt der Operationszeitpunkt u.a. von der Instabilität der Wirbelkörperfrakturen ab und den damit verbundenen Lagerungseinschränkungen für weitere Operationen oder für pflegerischen Maßnahmen auf der Intensivstation.

Thorakale Verletzungen beeinflussen die weitere Versorgung auf mehreren Ebenen: Einerseits durch die Notwendigkeit eigener sekundärer operativer Maßnahmen (Osteosynthesen bei Thoraxinstabilität, Revisionen bei Hämothoraces, gekammerten Ergüssen/ Empyemen oder größeren pulmonalen Parenchymleckagen bzw. hämodynamisch wirksamen Perikardergüssen oder –tamponaden und Aortenwandveränderungen mit Zeichen der Progredienz) (3-5), andererseits durch die Beeinträchtigung des allgemeinen Patient\*innenstatus v.a. Inflammation, Beatmungspflichtigkeit. Darüber hinaus kann die Invasivität der therapeutischen Maßnahmen (z.B. ECMO / Extrakorporale Zirkulation (ECLS)) die Priorisierung anderer Behandlungen beeinflussen.

Im Bereich der Frakturversorgung hängt das Konzept zur Stabilisierung sowohl vom Gesamtzustand des Patienten als auch von der Lokalisation (z.B. Gelenk- vs. Schaftfrakturen, große vs. kleine Röhrenknochen) und der Anzahl der Frakturen ab. Abhängig hiervon wird eine definitive Versorgung aller Frakturen binnen eines 24-stündigen Zeitfensters nicht erwartet (6). Auch eine dogmatische Anlage von externen Fixateuren bei Polytraumapatient\*innen ist nicht empfohlen. Vielmehr ist eine regelmäßige, interdisziplinäre Evaluation des Patient\*innenzustandes erforderlich, um den geeigneten Zeitpunkt für eine möglichst zeitnahe, definitive chirurgische Versorgung zu identifizieren (6). Bei Patient\*innen mit thermomechanischen Kombinationsverletzungen kann es sinnvoll sein, die definitive osteosynthetische Versorgung innerhalb der erste 24-48 Stunden durchzuführen, da nach diesem Intervall die Verbrennungswunde regelhaft bakteriell besiedelt ist und danach bei einem operativen Zugang mit Einbringung von Osteosynthesematerial ein sehr großes Infektionsrisiko besteht. Hier ist eine frühzeitige interdisziplinäre Besprechung der Operationsstrategie unverzichtbar.

Zusammenfassend fehlt jedoch, vor allem auch vor dem Hintergrund einer intensiven interdisziplinären Zusammenarbeit und Absprache, ein Überblick bezüglich des Evidenzlevels und daraus abzuleitender Empfehlungen in der operativen Behandlung schwerverletzter Patient\*innen. Das Ziel dieses Leitlinienabschnittes ist es daher, einen Überblick über die Evidenzlevel unterschiedlicher Versorgungsstrategien vor dem Hintergrund komplexer, sich beeinflussender Verletzungen nach Polytrauma zu erstellen und hieraus Behandlungspfade oder -möglichkeiten (bei genügender Evidenz) abzuleiten beziehungsweise die Notwendigkeit wissenschaftlicher Überprüfung zu dokumentieren (Empfehlungsgrad).

**Besondere Hinweise:**

Im Rahmen dieses Leitlinienabschnittes wird die Beurteilung von Kernfragen häufig dadurch erschwert, dass „harte“, wissenschaftlich begründete Daten fehlen oder nur Ergebnisse zu Monoverletzungen vorliegen. Hierauf wird an den entsprechenden Stellen ausdrücklich hingewiesen und es wird versucht, trotz der zum Teil widersprüchlichen Angaben aus der Literatur in einzelnen Schlüsselempfehlungen, möglichst klare Ratschläge für den klinischen Alltag zu liefern.

Des Weiteren wird im Rahmen der Frakturdiskussionen zunächst – wenn nicht explizit anders erwähnt – von einer geschlossenen Fraktur ohne Gefäßbeteiligung und ohne Kompartmentsyndrom ausgegangen. Die offene Fraktur, die Gefäßbeteiligung und das Kompartmentsyndrom gelten als Notfallindikation zur Operation und bedingen gegebenenfalls eine abweichende Versorgungsstrategie.

Weiterhin sollte v.a. bei Polytraumapatient\*innen v.a. bei operations technisch anspruchsvollen Frakturen (z. B. komplexe distale Femur- oder Humerusfraktur) berücksichtigt werden, dass eine primär definitive Versorgung nur dann zu erwägen ist, wenn a) eine sorgfältige Planung (ggf. auf der Basis einer 3-D-CT) durchgeführt wurde, b) die erwartete Operationszeit nicht zu lange sein wird, c) ein erfahrener Operateur anwesend ist und d) ein geeignetes Implantat im Hause vorrätig ist. Aus diesem Grund dürften solche operations-technisch anspruchsvollen Frakturen in der überwiegenden Mehrzahl beim Polytraumatisierten initial temporär stabilisiert und dann sekundär definitiv rekonstruiert werden.

## Referenzen

1. Höfer C, Lefering R. Jahresbericht 2021 - TraumaRegister DGU 2021. Available from: [https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/TR-DGU\\_Jahresbericht\\_2021.pdf](https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU_Jahresbericht_2021.pdf).
2. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.
3. Gilbert RW, Fontebasso AM, Park L, Tran A, Lampron J. The management of occult hemothorax in adults with thoracic trauma: A systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020;89(6):1225-32.
4. Swart E, Laratta J, Slobogean G, Mehta S. Operative Treatment of Rib Fractures in Flail Chest Injuries: A Meta-analysis and Cost-Effectiveness Analysis. *J Orthop Trauma.* 2017;31(2):64-70.
5. Cataneo AJ, Cataneo DC, de Oliveira FH, Arruda KA, El Dib R, de Oliveira Carvalho PE. Surgical versus nonsurgical interventions for flail chest. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(7):Cd009919.
6. Pape HC, Halvachizadeh S, Leenen L, Velmahos GD, Buckley R, Giannoudis PV. Timing of major fracture care in polytrauma patients - An update on principles, parameters and strategies for 2020. *Injury.* 2019;50(10):1656-70.

### **7.1.1 Spezielle Aspekte beim Abdominaltrauma im Rahmen des Polytraumas**

Ungefähr 14 % der Polytraumapatient\*innen auf der Intensivstation haben eine relevante abdominelle Verletzung erlitten (1). Vor der Aufnahme auf der Intensivstation erkannte Hohlorganperforationen und konservativ nicht therapierbare Blutungen werden im Rahmen der 1. OP-Phase vor Aufnahme auf der Intensivstation operativ versorgt (2). Die Leitlinie Polytrauma Schwerverletztenversorgung empfiehlt, dass „bei kreislaufinstabilen Patienten mit komplexen intraabdominellen Schäden (sollte) dem Damage-Control-Prinzip (Blutstillung, Packing, temporärer Bauchdeckenverschluss/Laparostoma) gegenüber dem Versuch einer definitiven Sanierung Vorrang gegeben werden sollte. Im Falle der operativen Versorgung nach dem Damage-Control-Prinzip wird empfohlen, das Abdomen nur temporär und nicht mittels Fasziennaht zu verschließen, also einen temporären Bauchdeckenverschluss bzw. ein Laparostoma anzulegen.

Sekundäre Operationen am Abdomen nach Polytrauma während des Intensivaufenthaltes können grundsätzlich aus folgenden Gründen indiziert sein:

1. Bei Patient\*innen mit bereits vorliegendem Laparostoma zur Exploration, Spülung, ggfs. definitiven Therapie nach Damage-Control-Surgery, und ggfs. Zum sekundären Bauchdeckenverschluss.
2. Zur Versorgung von initial übersehenen bzw. erst im Verlauf diagnostizierbaren Traumafolgen wie insbesondere Hohlorganperforationen oder Ischämien.
3. Zur Versorgung erst im Verlauf entstandener Komplikationen der kritischen Erkrankung, insbesondere Ileus, Entzündungen und Ischämien.
4. Zur chirurgischen Therapie initial als konservativ therapierbar eingeschätzter Verletzungsfolgen, insbesondere bei Blutungen aus den parenchymatösen Organen.
5. Beim abdominellen Kompartmentsyndrom, entweder in Kombination mit einer der o.g. Indikationen oder aus primär extraabdominell liegender Ursache.

Im Falle eines stattgehabten intraabdominellen Packings empfiehlt die S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ eine 2nd-look Operation innerhalb von 24-72 Stunden. im Falle eines angelegten Laparostomas soll ein definitiver Fascienverschluss so früh wie möglich angestrebt werden.

### 7.1.1.1 Abdominelles Kompartmentsyndrom

Ein abdominelles Kompartmentsyndrom ist gemäß den Konsensusleitlinien der World Society of the Abdominal Compartment Syndrome (WSASC) definiert als ein Blasendruck von > 20 mmHg, der mit einer neu aufgetretenen Organdysfunktion oder -versagen vergesellschaftet ist (3). Es tritt als schwerwiegende und behandlungsbedürftige Komplikation, neben vielen anderen Gründen, auch bei Polytraumapatient\*innen auf. Während inzwischen eine Reihe von Studien die Diagnostik und Therapie dieser Erkrankung im Allgemeinen adressieren, ist die Evidenzlage bezogen auf Polytraumapatient\*innen im Speziellen nicht ausreichend (4, 5). Für das Kapitel „sekundäre Operationen-Abdomen“ wurde daher eine systematische Literaturrecherche mit folgender PICO-Frage durchgeführt:

PICO-Frage
Verbessert eine dekompressive Laparotomie mit anschließendem definitivem Verschluss die klinischen Ergebnisse von Polytraumapatient*innen im Vergleich zur Standardbehandlung?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 126 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 3 gescreenten Volltexten konnte keine Evidenz für die o.g. Forschungsfrage identifiziert werden.

Für die Population „Polytrauma“ existieren keine kontrollierten, randomisierten Studien zu diesem Thema, sodass keine evidenzbasierten Empfehlungen gegeben werden können.

Aus pathophysiologischen Überlegungen und aus Sicht der Autoren sollte sich die Diagnostik und Therapie des intraabdominellen Hypertonus und des intraabdominellen Kompartmentsyndroms nicht von Definitionen und Empfehlungen der WSACS für das allgemeine Kollektiv der kritisch kranken Patient\*innen unterscheiden (s. Tabelle 1).

Tabelle 1. Zusammenfassung relevanter Empfehlungen der WSACS

Empfehlung	Quality of Evidence nach Grade
Wir empfehlen die Messung des intraabdominellen Druckes bei Vorliegen von bekannten Risikofaktoren für die Entwicklung eines erhöhten intraabdominellen Drucks bzw. eines abdominellen Kompartmentsyndroms.	Starke Empfehlung 1C
Wir empfehlen die Verwendung eines standardisierten Schemas zur Messung und Therapie eines erhöhten intraabdominellen Drucks bzw. Kompartmentsyndroms.	Starke Empfehlung 1C
Im Falle eines manifesten intraabdominellen Kompartmentsyndroms empfehlen wir die Durchführung einer dekompressiven Laparotomie.	Starke Empfehlung 1D
Bei Patient*innen mit offenem Abdomen sollten Protokolle und/oder bewusste Bestrebungen unternommen werden, um einen frühen Verschluss der abdominellen Faszie zu erreichen.	Starke Empfehlung 1D
Wir empfehlen die Nutzung von Therapiestrategien mit Unterdruck-Wundtherapie bei Vorliegen eines offenen Abdomens.	Starke Empfehlung 1C

Zusätzlich wurden die vier folgenden Empfehlungen im Expert\*innenkonsens formuliert:

7.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Der intraabdominelle Druck sollte bei Polytraumapatient*innen mit Risikofaktoren für eine intraabdominelle Druckerhöhung wiederholt gemessen werden.	
	Konsens	

7.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Im Falle eines <u>manifesten</u> (konservativ-therapierefraktären) intraabdominellen Kompartmentsyndroms bei Polytraumapatient*innen soll eine dekompressive Laparotomie durchgeführt werden.	
	starker Konsens	

7.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen mit offenem Abdomen sollte ein früher Verschluss der abdominalen Faszie angestrebt werden.	
	Konsens	

7.4	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen sollte eine Unterdruck-Wundtherapie bei Vorliegen eines offenen Abdomens genutzt werden.	
	Konsens	

#### 7.1.1.2 Messung des intraabdominellen Drucks

Um eine Reproduzierbarkeit der Messdaten und somit eine sichere Diagnosestellung zu gewährleisten, sollten folgende Vorschläge zur praktischen Durchführung der Messung beachtet werden. Die intraabdominelle Druckmessung sollte über einen Blasenkatheter erfolgen, hierbei sollte sich der Druckabnehmer auf Höhe der mittleren Axillarlinie befinden. Der/die Patient\*in sollte sich in Rückenlage befinden, die Bauchwandmuskulatur entspannt sein und die Messung endexpiratorisch erfolgen.

Die World Society for Emergency Surgery (WSES) empfiehlt bei Patient\*innen mit erhöhtem Risiko für ein abdominelles Kompartmentsyndrom ein 12-stündiges Überwachungsintervall,

darüber hinaus existieren keine Empfehlungen bezüglich der Häufigkeit der Messungen. Sollte jedoch ein erhöhter intraabdomineller Druck ( $>12$  mmHg) ermittelt werden, sollte regelmäßig, z.B. alle 4 Stunden, der Druck reevaluiert werden.

Vor Allem bei Polytraumapatient\*innen mit Azidose, Hypothermie, Notwendigkeit einer Massentransfusion, hämodynamischer Instabilität oder Koagulopathie sollte die mögliche Entstehung eines abdominalen Kompartmentsyndroms in Betracht gezogen werden.

#### 7.1.1.3 Therapie des abdominalen Kompartmentsyndroms

Je nach Ursache eines erhöhten intraabdominellen Druckes stehen verschiedene konservative Therapieoptionen zur Verfügung, um die Entstehung eines manifesten abdominalen Kompartmentsyndroms zu verlangsamen oder zu verhindern (3,4, 6).

Bei der Gabe von intravenösen Flüssigkeiten oder Transfusionen ist deren Einfluss auf den intraabdominellen Druck zu bedenken. Die Verwendung von Magensonden oder Rektaltuben sollte zur enteralen Dekompression in Betracht gezogen werden, zudem können prokinetische medikamentöse Therapien zum Einsatz kommen.

Eine adäquate Sedierung und Analgesie sind notwendig, in Ausnahmefällen kann eine Vertiefung der Sedierung bis RASS  $-4$  und ggfs. sogar eine Relaxierung zur Senkung des intraabdominellen Druckes eingesetzt werden. Veränderung der Lagerung (unter Beachtung der Kontraindikationen, bspw. Im Rahmen eines erhöhten intrakraniellen Druckes) können unter Kontrolle des intraabdominellen Druckes durchgeführt werden, um die optimale Positionierung der Patient\*innen zu bestimmen. Üblicherweise sollte dieses bei einer sehr leichten Oberkörperhochlagerung der Fall sein.

Sollte eine Senkung des intrathorakalen Druckes möglich sein (Absenkung von PEEP, Drainage von intrapleuraler Flüssigkeit) führt dieses zur Absenkung des intraabdominellen Druckes, ebenso wie die Drainage intraabdomineller Flüssigkeit (Ascites, Blut).

Sollte in den Verlaufskontrollen der intraabdominelle Druck trotz konservativer Therapiemaßnahmen weiter steigen ( $> 20$  mmHg) und die Diagnose eines abdominalen Kompartmentsyndroms gestellt werden, sollte eine umgehende Dekompression im Sinne einer Laparotomie durchgeführt werden.

Wenn ein abdominelles Kompartmentsyndrom mittels Laparotomie entlastet wurde, ist im Anschluss ein temporärer Verschluss notwendig. Dieser kann mittels eines Unterdruck-Systems (VAC-Therapie) erzielt werden. Gemäß den WSACS- und WSES-Guidelines sollte ein möglichst früher Verschluss der Faszie erfolgen. Gleiches empfiehlt die S3-Leitlinie zur Schwerverletzenbehandlung (2, 3).

## Referenzen

1. Lefering R, Höfer C. Jahresbericht 2021 - TraumaRegister DGU 2021. Available from: [https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/TR-DGU\\_Jahresbericht\\_2021.pdf](https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU_Jahresbericht_2021.pdf).
2. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>.
3. Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain ML, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med.* 2013;39(7):1190-206.
4. De Laet IE, Malbrain MLNG, De Waele JJ. A Clinician's Guide to Management of Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome in Critically Ill Patients. *Critical Care.* 2020;24(1):97.
5. De Waele JJ, Malbrain MLNG, Kirkpatrick AW. The abdominal compartment syndrome: evolving concepts and future directions. *Critical Care.* 2015;19(1):211.
6. Pereira BM. Abdominal compartment syndrome and intra-abdominal hypertension. *Curr Opin Crit Care.* 2019;25(6):688-696.

### 7.1.2 Spezielle Aspekte beim Beckentrauma im Rahmen des Polytraumas

Beckenverletzungen im Rahmen eines Hochenergetraumas sind mit einer hohen Mortalität sowie Morbidität assoziiert. Bei Polytraumapatient\*innen liegt die Inzidenz von Beckenverletzungen bei bis zu 25 %. Schwere Beckenverletzungen sind in hohem Maße mit einer hämodynamischen Instabilität assoziiert (1-5). Aktuelle Therapiealgorithmen empfehlen eine temporäre Stabilisierung unter Anwendung des Damage Control Orthopaedics (DCO)-Konzeptes sowie eine anschließende definitive Frakturversorgung bei hämodynamisch stabilen, normothermen Patient\*innen mit kompensierter Hämostase und normwertigem Laktat bzw. Base-Excess in der Blutgasanalyse (4, 6-10).

Der geeignete Zeitpunkt für eine definitive chirurgische Versorgung von Beckenverletzungen bei Polytraumapatient\*innen ist ein kontrovers diskutiertes Thema, da verlässliche Evidenzsynthesen, Studien oder Empfehlungen zu dieser Thematik fehlen. Daher konzentrierte sich die PICO-Frage im Rahmen der Literatursuche für diese Leitlinie auf Studien, welche diese Thematik beinhalteten.

#### PICO-Frage

Führt die frühe definitive operative Stabilisierung von Beckenfrakturen bei Polytraumapatient\*innen im Vergleich zur späten definitiven operativen Stabilisierung zu besseren klinischen Ergebnissen?

Insgesamt wurden 2.014 potenzielle Literaturquellen identifiziert, welche einem Abstractscreening zugeführt wurden. Ein Volltextscreening erfolgte anschließend bei 43 Literaturquellen, welche die Einschlusskriterien und Ergebnisvariablen (Klinischer Zustand, Verweildauer auf der Intensivstation (inkl. Beatmungszeit/Krankenhausaufenthaltsdauer, Mortalität)) hinsichtlich der Fragestellung zum Zeitpunkt der definitiven chirurgischen Versorgung bei Polytraumapatient\*innen berücksichtigten. Es konnten keine Metaanalysen oder RCTs zu diesem Thema identifiziert werden. Einzig observationelle Studien mit einem Studienarm > 150 Patient\*innen konnten eingeschlossen werden. Zudem besteht keine einheitliche Definition einer "frühzeitigen definitiven Versorgung". So wird in den ausgewerteten Studien regelhaft über Zeiträume bis zur definitiven chirurgischen Versorgung von 24 bis 72 Stunden berichtet (1, 10-15).

Die ausgewerteten Studien scheinen jedoch Vorteile für eine frühzeitige definitive chirurgische Frakturversorgung zu belegen. Diese zeichnen sich durch eine zügige und sichere Remobilisation der Patient\*innen aus, was zu einer Risikoreduktion für pulmonale, septische und thromboembolische Komplikationen führt (11, 15-18). In diesem Sinne legten Vallier et al. in einer retrospektiven Auswertung von 645 schwerstverletzte Patient\*innen mit Beckenring- und Acetabulumfrakturen dar, dass die definitive Frakturversorgung innerhalb von 24 Stunden zu geringeren Raten an septisch-pulmonalen Komplikationen, ARDS sowie Multiorganversagen führt. Ebenso verkürzte sich die Überwachungsdauer auf der Intensivstation (11). Eine kürzere gesamtstationäre Verweildauer für Polytraumapatient\*innen mit begleitenden Beckenverletzungen wurde auch von Taylor et al. in einer retrospektiven Studie bei Polytraumapatient\*innen mit frühzeitiger definitiver Frakturversorgung (< 72 Stunden) nachgewiesen (13). In einer 10 Jahre umfassenden retrospektiven Analyse von 1.270 konsekutiven Patient\*innen mit Beckenring- und Acetabulumfrakturen konnten Devaney et al. zudem keine statistisch signifikanten Nachteile, wie z.B. eine Erhöhung der Mortalität, eine Verlängerung der intensivmedizinischen Überwachung oder der gesamtstationären Verweildauer bei signifikant reduziertem Zeitintervalls bis zur definitiven osteosynthetischen Versorgung nachweisen (14).

Diesbezüglich unterstützt die aktuelle aber nur schwache Datenlage eine frühzeitige definitive Frakturversorgung Polytraumapatient\*innen mit Beckenverletzungen. Unter den o.g. Voraussetzungen führt diese zur Reduktion bzw. Vermeidung von Komplikationen und zu einer beschleunigten Rehabilitation (1, 11-13, 15, 19-21). Diesbezüglich scheinen engmaschige Re-Evaluationen und ein wiederholtes Assessment bei schwerstverletzten Patient\*innen derzeit die zuverlässigste Aussagekraft über den geeigneten OP-Zeitpunkt zu geben. Diesbezüglich verweisen wir auf die in Kapitel 7.2 aufgeführten Parameter (4, 5, 7, 8).

Basierend auf der gesichteten Evidenz konnten folgende Empfehlung formuliert und konsentiert werden:

7.5	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
	Derzeit können aufgrund der geringen Evidenz keine differenzierten Empfehlungen zum geeigneten Zeitpunkt der definitiven chirurgischen Versorgung einer Beckenverletzung bei Polytraumapatient*innen formuliert werden.	<b>Empfehlungsgrad</b>  <b>0</b> 
	<u>Literatur:</u> Vallier HA, Cureton BA, Ekstein C, Oldenburg FP, Wilber JH. Early definitive stabilization of unstable pelvis and acetabulum fractures reduces morbidity. J Trauma Acute Care Surg. 2010;69(3):677-84.	<u>Qualität der Evidenz:</u> Pneumonie: sehr niedrig ⊕○○○ ARDS: sehr niedrig ⊕○○○ Pulmonale Komplikationen: sehr niedrig      ⊕○○○ Multiorganversagen: sehr niedrig      ⊕○○○
	Konsens	

7.6	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die definitive chirurgische Versorgung von Beckenverletzungen bei Polytraumapatient*innen sollte vor allem zur Reduktion von pulmonalen Komplikationen frühestmöglich und nach wiederholter interdisziplinärer Absprache erfolgen.	
	Konsens	

## Referenzen

1. Enninghorst N, Toth L, King KL, McDougall D, Mackenzie S, Balogh ZJ. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients: a feasible option. *J Trauma*. 2010;68(4):935-41.
2. Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O. Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption. *J Orthop Trauma*. 2001;15(7):468-74.
3. Grotz MR, Gummerson NW, Gänsslen A, Petrowsky H, Keel M, Allami MK, et al. Staged management and outcome of combined pelvic and liver trauma. An international experience of the deadly duo. *Injury*. 2006;37(7):642-51.
4. Cimbanassi S, O'Toole R, Maegele M, Henry S, Scalea TM, Bove F, et al. Orthopedic injuries in patients with multiple injuries: Results of the 11th trauma update international consensus conference Milan, December 11, 2017. *J Trauma Acute Care Surg*. 2020;88(2):e53-e76.
5. Lögters T, Lefering R, Schnependahl J, Alldinger I, Witte I, Windolf J, et al. [Interruption of the diagnostic algorithm and immediate surgical intervention after major trauma--incidence and clinical relevance. Analysis of the Trauma Register of the German Society for Trauma Surgery]. *Unfallchirurg*. 2010;113(10):832-8.
6. Kim TH, Yoon YC, Chung JY, Song HK. Strategies for the management of hemodynamically unstable pelvic fractures: From preperitoneal pelvic packing to definitive internal fixation. *Asian J Surg*. 2019;42(11):941-6.
7. Pfeifer R, Klingebiel FK, Halvachizadeh S, Kalbas Y, Pape HC. How to Clear Polytrauma Patients for Fracture Fixation: Results of a systematic review of the literature. *Injury*. 2023;54(2):292-317.
8. Pape HC, Halvachizadeh S, Leenen L, Velmahos GD, Buckley R, Giannoudis PV. Timing of major fracture care in polytrauma patients - An update on principles, parameters and strategies for 2020. *Injury*. 2019;50(10):1656-70.
9. Han G, Wang Z, Du Q, Xiong Y, Wang Y, Wu S, et al. Damage-control orthopedics versus early total care in the treatment of borderline high-energy pelvic fractures. *Orthopedics*. 2014;37(12):e1091-100.
10. Rojas DG, Coleman JR, Moore EE, Dean CS, Parry JA, Elrick BP, et al. The Association of Surgical Timing and Injury Severity With Systemic Complications in Severely Injured Patients With Pelvic Ring Injuries. *J Orthop Trauma*. 2021;35(4):171-4.
11. Vallier HA, Cureton BA, Ekstein C, Oldenburg FP, Wilber JH. Early definitive stabilization of unstable pelvis and acetabulum fractures reduces morbidity. *J Trauma*. 2010;69(3):677-84.

12. Grey B, Rodseth RN, Muckart DJ. Early fracture stabilisation in the presence of subclinical hypoperfusion. *Injury*. 2013;44(2):217-20.
13. Taylor NA, Smith AA, Marr A, Stuke L, Greiffenstein P, Schoen J, et al. Does Time to Pelvic Fixation Influence Outcomes in Trauma Patients? *Am Surg*. 2022;88(5):840-5.
14. Devaney GL, Bulman J, King KL, Balogh ZJ. Time to definitive fixation of pelvic and acetabular fractures. *J Trauma Acute Care Surg*. 2020;89(4):730-5.
15. Plaisier BR, Meldon SW, Super DM, Malangoni MA. Improved outcome after early fixation of acetabular fractures. *Injury*. 2000;31(2):81-4.
16. Johnson KD, Cadambi A, Seibert GB. Incidence of adult respiratory distress syndrome in patients with multiple musculoskeletal injuries: effect of early operative stabilization of fractures. *J Trauma*. 1985;25(5):375-84.
17. Riemer BL, Butterfield SL, Diamond DL, Young JC, Raves JJ, Cottingham E, et al. Acute mortality associated with injuries to the pelvic ring: the role of early patient mobilization and external fixation. *J Trauma*. 1993;35(5):671-5; discussion 6-7.
18. Navas L, Mengis N, Zimmerer A, Rippke JN, Schmidt S, Brunner A, et al. Patients with combined pelvic and spinal injuries have worse clinical and operative outcomes than patients with isolated pelvic injuries analysis of the German Pelvic Registry. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):251.
19. Kotwica Z, Balcewicz L, Jagodziński Z. Head injuries coexistent with pelvic or lower extremity fractures--early or delayed osteosynthesis. *Acta Neurochir (Wien)*. 1990;102(1-2):19-21.
20. Latenser BA, Gentilello LM, Tarver AA, Thalgott JS, Batdorf JW. Improved outcome with early fixation of skeletally unstable pelvic fractures. *J Trauma*. 1991;31(1):28-31.
21. Probst C, Probst T, Gaensslen A, Krettek C, Pape HC. Timing and duration of the initial pelvic stabilization after multiple trauma in patients from the German trauma registry: is there an influence on outcome? *J Trauma*. 2007;62(2):370-7; discussion 6-7.

### 7.1.3 Spezielle Aspekte bei Extremitätenverletzungen im Rahmen des Polytraumas

Extremitätenverletzungen stellen bei Polytraumapatient\*innen eine der häufigsten Verletzungsformen dar. Zur Versorgung eignen sich je nach Schwere der Verletzung und dem Zustand der Patient\*innen verschiedene Strategien, wie die temporäre Fixation oder die frühzeitige definitive Versorgung. Während eine vorübergehende Stabilisierung von Extremitätenverletzungen im Rahmen der ersten operativen Phase die akute Belastung für Patient\*innen reduziert, bietet die frühe definitive Versorgung Vorteile, wie die Reduktion von Zweiteingriffen, eine zeitnahe Mobilisation und Vermeidung von mit einer Immobilisation verbundenen Komplikationen. Der optimale Zeitpunkt zur definitiven chirurgischen Versorgung Polytraumapatient\*innen nach initial temporärer Stabilisierung stellt allerdings eine Kernfrage im Therapiealgorithmus dieser heterogenen Patient\*innengruppe dar und wird im intensivmedizinischen Bereich regelhaft diskutiert. Verlässliche Evidenzsynthesen zu diesem Thema existieren nicht.

Daher konzentrierte sich eine entsprechende PICO-Abfrage zur Literatursuche auf Studien mit Polytraumapatient\*innen, welche Ergebnisse zur frühzeitigen vs. verzögerten Frakturversorgung unter Berücksichtigung der jeweils gewählten chirurgischen Verfahren zur Frakturversorgung lieferte.

#### PICO-Frage

Führt eine frühe definitive operative Stabilisierung von Extremitätenfrakturen bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zu einer späten definitiven operativen Stabilisierung, zu besseren klinischen Ergebnissen?

Das Literaturscreening identifizierte 1.564 potentielle Literaturstellen, von denen 74 Quellen in ein Volltextscreening überführt wurden. Aus diesem Screening konnten 29 Studien mit passenden Ergebnissen hinsichtlich der gewählten Ergebnisvariablen (klinischer Zustand, Aufenthaltsdauer Intensivstation incl. Beatmungsdauer/Krankenhaus, Mortalität) extrahiert werden, von denen bei Anwendung der wissenschaftlichen Einschlusskriterien (Evidenzsynthesen & RCTs) fünf RCTs (1-5) zur Metaanalyse übrigblieben.

Basierend auf dieser Evidenz konnten die folgenden Empfehlungen formuliert und konsentiert werden:

7.7	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<p>Der Zeitpunkt der definitiven Versorgungsstrategie bei Femurschaftfraktur sollte an den Gesamtzustand der Polytraumapatient*innen angepasst werden.</p>		<p><b>Empfehlungsgrad</b></p> <p>↑ <b>B</b></p>
<p><u>Literatur:</u></p> <p>Pape HC, Rixen D, Morley J, et al. Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). Ann Surg. 2007;246(3):491-499; discussion 499-501.</p> <p>Rixen D, Steinhausen E, Sauerland S, et al. Randomized, controlled, two-arm, interventional, multicenter study on risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multiple-trauma patients. Trials. 2016;17:47.</p>		<p><u>Qualität der Evidenz:</u></p> <p>Hospitalisierungsdauer: sehr niedrig ⊕○○○</p> <p>Verweildauer ITS: niedrig ⊕⊕○○</p> <p>Dauer der maschinellen Beatmung: niedrig ⊕⊕○○</p>
<p>Starker Konsens</p>		

7.8	Evidenzbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<p>Im intensivmedizinischen Verlauf sollten bei Polytraumapatient*innen Verletzungen der langen Röhrenknochen möglichst frühzeitig definitiv versorgt werden.</p>		<p><b>Empfehlungsgrad</b></p> <p>↑ <b>B</b></p>
<p><u>Literatur:</u></p> <p>Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. J Bone Joint Surg Am. 1989;71(3):336-340.</p> <p>Lozman J, Deno DC, Feustel PJ, et al. Pulmonary and cardiovascular consequences of immediate fixation or</p>		<p><u>Qualität der Evidenz:</u></p> <p>Sterblichkeit: sehr niedrig ⊕○○○</p> <p>Verweildauer ITS: sehr niedrig ⊕○○○</p>

conservative management of long-bone fractures. Arch Surg. 1986;121(9):992-999.	
Starker Konsens	

Aufgrund der geringen Anzahl zur Verfügung stehender Literaturquellen erfolgte nach erneutem Screening zu o.g. PICO-Abfrage (Literaturstellen n = 4.684, Volltextscreening n = 72 Quellen) der Einschluss von 12 Beobachtungsstudien (n ≥ 150 Patienten pro Studienarm) (6-17). Die Differenzierung zwischen früher und zeitversetzter erster operativer Versorgung variierte in den Arbeiten zwischen 12 und 48 Stunden, wobei der Zeitraum von 24 Stunden zur Differenzierung überwog.

Zur Entscheidung für eine vorübergehende Stabilisierung oder eine primär definitive Versorgung sollte grundsätzlich zwischen stabilen und instabilen Polytraumapatient\*innen unterschieden werden. Die aktuelle S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten Behandlung“ empfiehlt mit einem Evidenzgrad B für nicht als stabil beurteilte Patient\*innen die primär temporäre Stabilisierung (18). Bei stabilen Patient\*innen ist mit gleichem Evidenzgrad eine primär-definitive Versorgung anzustreben (18).

Anhand der o.g. retrospektiven Arbeiten und zwei prospektiv-randomisierten Studien (1, 2) konnte herausgearbeitet werden, dass eine frühe operative Versorgung mit einer reduzierten Komplikationsrate assoziiert ist (1, 2, 6, 8, 10, 11, 16, 17, 19-24)), eine Verkürzung der Behandlungsdauer auf der Intensivstation (1, 6, 17) und der allgemeinen Krankenhausaufenthaltsdauer bedingt (1, 6, 10, 13, 17, 22, 23) sowie eine verringerte Mortalität (10, 13, 14, 16, 25) aufweist.

Die Metaanalyse der eingeschlossenen RCTs (1, 2) zeigte passend zur S3-Leitlinienempfehlung Polytrauma/ Schwerverletzten-Behandlung für stabile Patient\*innen eine verkürzte Behandlungsdauer auf der Intensivstation bei frühzeitiger (binnen 24 Stunden (1)) definitiver chirurgischer Versorgung, welche jedoch ohne statistisch nachweisbare Signifikanz blieb. Im Vergleich der initialen Versorgungstechniken stabiler Patient\*innen zwischen temporärer Fixierung mittels externem Fixateur (EF) und definitiver Versorgung durch intramedullären Nagel (IMN) (3-5) zeigte sich eine signifikante Reduktion der Behandlungsdauer auf der Intensivstation und Beatmungszeit bei Versorgung mittels IMN. Insgesamt bestand niedrige Evidenz und ein mittleres „*risk of bias*“.

Verschiedene retrospektive Arbeiten beschrieben, ohne Differenzierung zwischen instabilen und stabilen Patient\*innen, ebenfalls in Subgruppenanalysen von Patient\*innen mit Thoraxtrauma (19, 26-28) und Kopfverletzung (8, 20, 25, 29) eine primär definitive Versorgung als vorteilhaft. Hingegen konnten Pape et al. bei Polytraumapatient\*innen mit schwerem Thoraxtrauma (30) und denjenigen, die sich zwischen stabilem und instabilem Zustand befanden (sog. Borderline-Patient\*innen) (5), eine erhöhte Rate pulmonaler Komplikationen nach primärer IMN im Vergleich zur primären Frakturstabilisierung mittels EF sowohl retrospektiv (15, 30) als auch prospektiv in einer RCT (5) beschreiben. Eine erhöhte Mortalität nach primärer IMN wurde durch Fakhyr et al. beschrieben, wobei die Autoren keinen Vergleich zur Versorgung mittels EF zogen, sondern nur die Versorgung mittels IMN zu unterschiedlichen Zeitpunkten betrachteten (9).

Nur zwei der eingeschlossenen retrospektiven Arbeiten konnten keinen signifikanten Unterschied einer frühzeitigen Versorgung im Vergleich zu einer zeitversetzten Frakturversorgung nachweisen, was jedoch auf sehr inhomogene Untersuchungsgruppen zurückgeführt werden kann (9, 31). Ein potentieller Bias aller retrospektiven Arbeiten gegenüber den RCTs liegt in der präselektionierten Verwendung von EF gegenüber primärer IMN aufgrund einer höheren Verletzungsschwere in der EF-Gruppe (7).

Zusammenfassend konnte bezüglich der untersuchten operativen Verfahren bei Patienten\*innen in einem stabilen Gesamtzustand durch verschiedene retrospektive Studien und zwei RCTs die IMN als sicheres Verfahren nachgewiesen werden (32). Im Vergleich zur Versorgung mittels Fixateur Externe zeigten sich kürzere Beatmungszeiten (4, 5, 33, 34) und verringerte Komplikationsraten (33, 34). Auch scheint die frühe IMN bei Patienten\*innen mit schwerer Kopfverletzung keinen Einfluss auf die Mortalität oder das neurologische Outcome zu haben, wobei hierzu keine RCTs vorliegen (29, 35, 36).

Bei Extremitätenverletzungen mit Gefäßverletzung konnten Lewis et al. retrospektiv eine verringerte Komplikations- und Amputationsrate bei Versorgung der Gefäßverletzung vor der Frakturstabilisierung beschreiben, wobei größere RCTs fehlen (37).

## Referenzen

1. Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(3):336-40.
2. Lozman J, Deno DC, Feustel PJ, Newell JC, Stratton HH, Sedransk N, et al. Pulmonary and cardiovascular consequences of immediate fixation or conservative management of long-bone fractures. *Arch Surg.* 1986;121(9):992-9.
3. Pape HC, Grimme K, Van Griensven M, Sott AH, Giannoudis P, Morley J, et al. Impact of intramedullary instrumentation versus damage control for femoral fractures on immunoinflammatory parameters: prospective randomized analysis by the EPOFF Study Group. *J Trauma.* 2003;55(1):7-13.
4. Rixen D, Steinhausen E, Sauerland S, Lefering R, Maegele MG, Bouillon B, et al. Randomized, controlled, two-arm, interventional, multicenter study on risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multiple-trauma patients. *Trials.* 2016;17:47.
5. Pape HC, Rixen D, Morley J, Husebye EE, Mueller M, Dumont C, et al. Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). *Ann Surg.* 2007;246(3):491-9; discussion 9-501.
6. Behrman SW, Fabian TC, Kudsk KA, Taylor JC. Improved outcome with femur fractures: early vs. delayed fixation. *J Trauma.* 1990;30(7):792-7; discussion 7-8.
7. Bläsius FM, Laubach M, Andruszkow H, Lichte P, Pape HC, Lefering R, et al. Strategies for the treatment of femoral fractures in severely injured patients: trends in over two decades from the TraumaRegister DGU. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48(3):1769-78.
8. Brundage SI, McGhan R, Jurkovich GJ, Mack CD, Maier RV. Timing of femur fracture fixation: effect on outcome in patients with thoracic and head injuries. *J Trauma.* 2002;52(2):299-307.
9. Fakhry SM, Rutledge R, Dahnert LE, Kessler D. Incidence, management, and outcome of femoral shaft fracture: a statewide population-based analysis of 2805 adult patients in a rural state. *J Trauma.* 1994;37(2):255-60; discussion 60-1.
10. Flagstad IR, Tatman LM, Albersheim M, Heare A, Parikh HR, Vang S, et al. Factors influencing management of bilateral femur fractures: A multicenter retrospective cohort of early versus delayed definitive Fixation. *Injury.* 2021;52(8):2395-402.
11. Harvin JA, Harvin WH, Camp E, Caga-Anan Z, Burgess AR, Wade CE, et al. Early femur fracture fixation is associated with a reduction in pulmonary complications and hospital charges: a decade of experience with 1,376 diaphyseal femur fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6):1442-8; discussion 8-9.

12. Morshed S, Miclau T, 3rd, Bembom O, Cohen M, Knudson MM, Colford JM, Jr. Delayed internal fixation of femoral shaft fracture reduces mortality among patients with multisystem trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(1):3-13.
13. Morshed S, Mikhail C, Miclau T. Timing of Femoral Shaft Fracture Fixation Affects Length of Hospital Stay in Patients with Multiple Injuries. *Open Orthop J.* 2015;9:324-31.
14. Obey MR, Clever DC, Bechtold DA, Stwalley D, McAndrew CM, Berkes MB, et al. In-Hospital Morbidity and Mortality With Delays in Femoral Shaft Fracture Fixation. *J Orthop Trauma.* 2022;36(5):239-45.
15. Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, Zelle B, Garapati R, Grimme K, et al. Changes in the management of femoral shaft fractures in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma.* 2002;53(3):452-61; discussion 61-2.
16. Sangkomkamhang T, Thinkhamrop W, Thinkhamrop B, Laohasiriwong W. Incidence and risk factors for complications after definitive skeletal fixation of lower extremity in multiple injury patients: a retrospective chart review. *F1000Res.* 2018;7:612.
17. Blair JA, Kusnezov N, Fisher T, Prabhakar G, Bader JO, Belmont PJ. Early Stabilization of Femur Fractures in the Setting of Polytrauma Is Associated With Decreased Risk of Pulmonary Complications and Mortality. *J Surg Orthop Adv.* 2019;28(2):137-43.
18. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.
19. Charash WE, Fabian TC, Croce MA. Delayed surgical fixation of femur fractures is a risk factor for pulmonary failure independent of thoracic trauma. *J Trauma.* 1994;37(4):667-72.
20. Hofman PA, Goris RJ. Timing of osteosynthesis of major fractures in patients with severe brain injury. *J Trauma.* 1991;31(2):261-3.
21. Mendelson SA, Dominick TS, Tyler-Kabara E, Moreland MS, Adelson PD. Early versus late femoral fracture stabilization in multiply injured pediatric patients with closed head injury. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(5):594-9.
22. Alobaidi AS, Al-Hassani A, El-Menyar A, Abdelrahman H, Tuma M, Al-Thani H, et al. Early and late intramedullary nailing of femur fracture: A single center experience. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2016;6(3):143-7.
23. Lin D, Lian K, Chen Z, Wang L, Hao J, Zhang H. Emergent surgical reduction and fixation for Pipkin type I femoral fractures. *Orthopedics.* 2013;36(6):778-82.

24. Maury C, Ramin S, Bonfils J, Dagneaux L, Faure P, Canovas F, et al. Influence of a temporary stabilization device on respiratory status in patients with severe trauma with a femoral shaft fracture treated by damage control strategy. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(4):1231-42.
25. Kotwica Z, Balcewicz L, Jagodziński Z. Head injuries coexistent with pelvic or lower extremity fractures--early or delayed osteosynthesis. *Acta Neurochir (Wien).* 1990;102(1-2):19-21.
26. Bone LB, Babikian G, Stegemann PM. Femoral canal reaming in the polytrauma patient with chest injury. A clinical perspective. *Clin Orthop Relat Res.* 1995(318):91-4.
27. Boulanger BR, Stephen D, Brenneman FD. Thoracic trauma and early intramedullary nailing of femur fractures: are we doing harm? *J Trauma.* 1997;43(1):24-8.
28. Nau T, Aldrian S, Koenig F, Vécsei V. Fixation of femoral fractures in multiple-injury patients with combined chest and head injuries. *ANZ J Surg.* 2003;73(12):1018-21.
29. Nau T, Kutscha-Lissberg F, Muellner T, Koenig F, Vecsei V. Effects of a femoral shaft fracture on multiply injured patients with a head injury. *World J Surg.* 2003;27(3):365-9.
30. Pape HC, Auf'm Kolk M, Paffrath T, Regel G, Sturm JA, Tscherne H. Primary intramedullary femur fixation in multiple trauma patients with associated lung contusion--a cause of posttraumatic ARDS? *J Trauma.* 1993;34(4):540-7; discussion 7-8.
31. Reynolds MA, Richardson JD, Spain DA, Seligson D, Wilson MA, Miller FB. Is the timing of fracture fixation important for the patient with multiple trauma? *Ann Surg.* 1995;222(4):470-8; discussion 8-81.
32. Vasiliu IL, Bădică IC, Grințescu IC, Grințescu IM. The influence of the method of initial stabilization of traumatic femoral shaft fractures on postoperative morbidity and mortality - a retrospective study. *Rom J Anaesth Intensive Care.* 2014;21(2):99-105.
33. Nicholas B, Toth L, van Wessem K, Evans J, Enninghorst N, Balogh ZJ. Borderline femur fracture patients: early total care or damage control orthopaedics? *ANZ J Surg.* 2011;81(3):148-53.
34. Steinhausen E, Lefering R, Tjardes T, Neugebauer EA, Bouillon B, Rixen D. A risk-adapted approach is beneficial in the management of bilateral femoral shaft fractures in multiple trauma patients: an analysis based on the trauma registry of the German Trauma Society. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;76(5):1288-93.
35. Scalea TM SJ, Brumback RJ, Burgess AR, Mitchell KA, Kufera JA et al. Early fracture fixation may be 'just fine' after head injury: No difference in central nervous system outcomes. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care.* 1999.
36. Velmahos GC, Arroyo H, Ramicone E, Cornwell EE, 3rd, Murray JA, Asensio JA, et al. Timing of fracture fixation in blunt trauma patients with severe head injuries. *Am J Surg.* 1998;176(4):324-9; discussion 9-30.

37. Lewis RH, Jr., Perkins M, Fischer PE, Beebe MJ, Magnotti LJ. Timing is everything: Impact of combined long bone fracture and major arterial injury on outcomes. *J Trauma Acute Care Surg.* 2022;92(1):21-7.

#### **7.1.4 Spezielle Aspekte beim Mittelgesichtstrauma im Rahmen des Polytraumas**

Gesichtsschädel fractures treten isoliert und bei Polytraumapatient\*innen auf. Ursachen sind in der Regel Verkehrs- und Sportunfälle sowie Rohheitsdelikte. Beim Polytrauma lassen sich bei 18 % der Patienten Gesichtsschädel fractures diagnostizieren.

Für die Schockraum- und die 1. OP-Phase siehe „S3 Leitlinie für Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ (1). Nach Abschluss dieser Phasen kann die definitive Versorgung der Gesichtsschädel fractures geplant werden.

Für die Indikation zur definitiven Versorgung von Mittelgesichts- und Unterkieferfracturen spielt neben der klinischen Untersuchung die röntgenologische Diagnostik eine entscheidende Rolle, bei der sich eine Tendenz zur CT erkennen lässt und bevorzugt werden sollte (2, 3). Hierbei kann häufig schon auf die im Rahmen der initialen Bildgebung erfolgte CT des Gesichtsschädels als Teil des Polytrauma Scans/Body Scans zurückgegriffen werden. Sollte diese nicht erfolgt sein oder nur in unzureichender Qualität vorliegen, sollte eine der klinischen Situation der Patient\*innen angepasste radiologische Diagnostik in Betracht gezogen werden (1, 4, 5).

#### **Therapieoptionen bei Mittelgesichts- und Unterkieferfracturen**

Die konservative Therapie umfasst Verlaufsbeobachtung, physikalische und medikamentöse Maßnahmen (Kühlen, abschwellende Nasentropfen, Schnezverbot) und die funktionelle Entlastung durch weiche Kost. Bei der offenen, operativen Therapie erfolgt die manuelle Frakturposition und osteosynthetische Fixierung. Bei Defektfracturen im Gesichtsschädelbereich kann eine Rekonstruktion (autolog/alloplastisch) erforderlich sein. Als Teil der operativen Therapie kann bei gering- oder nicht dislozierten Fracturen je nach Lokalisation eine geschlossene Reposition ohne oder mit temporärer Ruhigstellung (z.B. mandibulo-maxilläre Fixation) erfolgreich sein.

#### **Klassifikation und Einteilung**

Basierend auf der Vielzahl unterschiedlicher und uneinheitlicher Klassifikationen von Fracturen des Gesichtsschädels, wurde die hierarchisch in 3 Level gegliederte AO-CMF-

Traumaklassifikation entwickelt. Das Level 1 beschreibt hier die 4 grundlegenden anatomischen Regionen von Frakturen des Gesichtsschädels. Hierzu zählen Mittelgesicht, Schädelbasis, Schädeldach und Unterkiefer. In der 3. Generation der Klassifikation wurden daraus anatomische Module für Unterkiefer, Kiefergelenkfortsätze, Mittelgesicht und Orbita abgeleitet (6).

### **Mittelgesichtsfrakturen**

Bei Level 2 differenziert man das laterale vom zentralen Kompartiment, wobei das zentrale Mittelgesicht 3 Etagen umfasst. Zu den lateralen Mittelgesichtsfrakturen zählen Jochbogen- und Jochbeinfrakturen (4). Im Mittelgesicht wird ein zentrales Kompartiment von der lateralen Mittelgesichtsregion differenziert und die interne Orbita in 4 Wände und die Apexregion aufgeteilt. Bei den zentralen Mittelgesichtsfrakturen sind neben den Nasenbeinfrakturen insbesondere die Naso-orbito-ethmoidalen Frakturen (NOE-Frakturen) hervorzuheben. Diese werden entsprechend der Beteiligung des medialen Lidbandes nach Markowitz und Manson in Typ I-III eingeteilt (7). Daneben existiert noch die historische Klassifikation von zentralen Mittelgesichtsfrakturen nach Le Fort (8).

Ziel der definitiven Therapie ist neben dem Erhalt der Funktion (Visus/Motilität bei Orbitafrakturen) die symmetrische Rekonstruktion der anatomischen Form des Gesichtes in sagittaler, vertikaler und transversaler Dimension. Die definitive Versorgung von Mittelgesichtsfrakturen umfasst neben der konservativen Therapie bei nicht oder gering dislozierten Frakturen die offene chirurgische Reposition und Osteosynthese, welche bei dislozierten bzw. geschlossen nicht reponierbaren Frakturen, motorischen Funktionseinschränkungen der Augenmuskulatur und/oder Sensibilitätsstörung des zweiten Trigeminusastes i (4) indiziert ist. Frakturbedingte Volumenveränderung des Orbitatrichters mit daraus resultierender Bulbusdystopie sollte ebenfalls im Rahmen der operativen Versorgung korrigiert werden (9, 10).

Ein optimaler Zeitpunkt kann aufgrund fehlender Evidenz nicht empfohlen werden. Da bei Mittelgesichtsfrakturen eine rasche knöchernen Konsolidierung nach Trauma zu erwarten ist, wird ein operatives Zeitfenster von 7-14 Tagen empfohlen, ohne das relevante Komplikationen resultieren (11). Dieses kann im Einzelfall auch auf 21 Tage ausgedehnt werden. Eine frühestmögliche Rekonstruktion der tragenden Mittelgesichtspfeiler sollte

dennoch angestrebt werden, um der durch Myofibroblasten verursachte Kontraktur, deren Maximum zwischen dem 5. - 15. Tag nach dem Trauma erreicht ist, effektiv entgegenwirken zu können (12).

### **Unterkieferfrakturen**

Gemäß der AO-CMF-Traumaklassifikation wird im Level 2 der Unterkiefer in 9 Subregionen unterteilt, wobei beiden Gelenkfortsätzen diagnostisch und therapeutisch eine besondere Rolle zukommt. Ziel der definitiven Versorgung ist die Wiederherstellung von Funktion, Okklusion und Ästhetik, sowie der Erhalt angrenzender sensibler und motorischer Nerven. Im Gegensatz zu den Mittelgesichtsfrakturen ist die Komplikationsrate bei Unterkieferfrakturen höher. Zu den häufigsten Komplikationen zählen Infektionen, Okklusionsstörungen, ausbleibenden Verknöcherungen/Pseudarthrosen und Materialversagen der Osteosynthese. Als allgemein anerkannt gilt die Annahme, dass Frakturen des Unterkiefers innerhalb von 24-48h operativ versorgt werden sollten (13). Es konnte jedoch in mehreren Studien bei isolierten Unterkieferfrakturen gezeigt werden, dass eine Verzögerung in der operativen Versorgung keinen Einfluss auf die Entwicklung von Komplikationen wie Abszesse, Fisteln, ausbleibende Verknöcherung/Pseudarthrosen sowie Plattenexposition zu haben schien (14, 15). Selbst bei einem Aufschub der operativen Versorgung um 13-17 Tage konnte keine signifikante Zunahme von Komplikationen nachgewiesen werden (16). Die mangelnde Compliance des Patienten oder ein schädlicher Gebrauch von Suchtmittel dagegen konnten in mehreren Studien mit signifikant höheren Komplikationsraten assoziiert werden (14, 17, 18).

Für eine konkrete Empfehlung zum optimalen Zeitpunkt der operativen Versorgung von Unterkieferfrakturen beim Polytraumatisierten Patienten reicht die Datenlage nicht aus. Aber auch hier scheint eine Verzögerung in der operativen Versorgung dieser Patienten keine signifikante Zunahme der Komplikationen zu verursachen (19).

### **Fazit:**

Die Indikation und der optimale Zeitpunkt der definitiven chirurgischen Versorgung von Mittelgesichtsfrakturen ist im Kontext aller Verletzungen des polytraumatisierten Patienten und in enger interdisziplinäre Absprache mit allen beteiligten Disziplinen zu treffen.

PICO-Frage

Was ist der optimale Zeitpunkt zur definitiven chirurgischen Versorgung von Frakturen des Gesichtsschädels bei Polytraumapatient\*innen:

- früh vs. spät
- vorübergehend vs. definitiv
- geschlossen vs. offen

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 503 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 34 gescreenten Volltexten konnte keine Evidenz für die o.g. Forschungsfrage identifiziert werden.

Für die Population „Polytrauma“ existieren keine kontrollierten, randomisierten Studien zu diesem Thema, sodass keine evidenzbasierten Empfehlungen gegeben werden können.

Aus diesem Grund wurde die folgende Empfehlung im Expert\*innenkonsens formuliert:

7.9	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die definitive chirurgische Versorgung von Mittelgesichts- und Unterkieferfrakturen bei Polytraumapatient*innen sollte frühestmöglich und nach wiederholter interdisziplinärer Absprache erfolgen.	
	starker Konsens	

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>.
2. Manson PN, Markowitz B, Mirvis S, Dunham M & Yaremchuk M. Toward CT-based facial fracture treatment. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1990. 85(2), 202–212.
3. Dreizin D, Nam AJ, Hirsch J, Bernstein MP. New and emerging patient-centered CT imaging and image-guided treatment paradigms for maxillofacial trauma. *Emergency radiology*. 2018;25(5):533-45.
4. Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie e.V. S2k-Leitlinie „Laterale Mittelgesichtsfrakturen“ (AWMF Registernummer 007-016). Version 22.02.20214, verfügbar unter [https://register.awmf.org/assets/guidelines/007-016m\\_S2k\\_Laterale-Mittelgesichtsfrakturen\\_2014-02-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/007-016m_S2k_Laterale-Mittelgesichtsfrakturen_2014-02-abgelaufen.pdf).
5. Deutsche Röntgengesellschaft, Gesellschaft für Medizinische Radiologie e.V. S1-Leitlinie Radiologische Diagnostik im Kopf-Hals-Bereich (AWMF-Register Nr. 039-093), Version 2.0 (03.11.2020), verfügbar unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/039-093>.
6. Cornelius C-P, Audigé L, Kunz C, Buitrago-Téllez C, Neff A., Rasse M, & Prein J. Die neue AO-CMF-Traumaklassifikation für Erwachsene - Überblick, Präzisions-Level und anatomische Module für Unterkiefer, Kiefergelenkfortsätze, Mittelgesicht und Orbita. *OP-Journal*. 2013. 29(02), 109–128.
7. Markowitz BL, Manson PN, Sargent L, Vander Kolk CA, Yaremchuk M, Glassman D, & Crawley WA. Management of the medial canthal tendon in nasoethmoid orbital fractures: the importance of the central fragment in classification and treatment. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1991. 87(5), 843–853.
8. Le Fort R. Étude expérimentale sur les fractures de la mâchoire supérieure. *Rec Chir Paris*. 1901 23, 208–227.
9. Zimmerer RM, Ellis E, Aniceto GS, Schramm A, Wagner MEH, Grant MP, et al. A prospective multicenter study to compare the precision of posttraumatic internal orbital reconstruction with standard preformed and individualized orbital implants. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2016. 44(9).
10. Zimmerer RM, Gellrich N-C, von Bülow S, Strong EB, Ellis E, Wagner MEH, et al. Is there more to the clinical outcome in posttraumatic reconstruction of the inferior and medial

- orbital walls than accuracy of implant placement and implant surface contouring? A prospective multicenter study to identify predictors of clinical outcome. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2018. 46(4).
11. Janus SC, MacLeod SPR, & Odland R. Analysis of results in early versus late midface fracture repair. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2008. 138(4), 464–467.
  12. Manson PN, Crawley WA, Yaremchuk MJ, Rochman GM, Hoopes JE, & French JH. Midface fractures: Advantages of immediate extended open reduction and bone grafting. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1985. 76(1), 1–10.
  13. Assael L. *Manual of Internal Fixation in the Cranio-Facial Skeleton.: Techniques as recommended by the AO/ASIF-Maxillofacial Group*. 1998.
  14. Webb LS, Makhijani SN, Khanna M, Burstein MJ, Falk AN, Koumanis DJ, & Chao JD. A comparison of outcomes between immediate and delayed repair of mandibular fractures. *The Canadian Journal of Plastic Surgery = Journal Canadien de Chirurgie Plastique*. 2009. 17(4), 124–126.
  15. Witte MB & Barbul A. General principles of wound healing. *The Surgical Clinics of North America*. 1997. 77(3), 509–528.
  16. James J, Farrell T, Stevens M, Looney S, Faigen A, & Anderson J. Time to Open Repair of Mandibular Fractures and Associated Complications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2020. 78(1), 101–107.
  17. Hermund NU, Hillerup S, Kofod T, Schwartz O, & Andreasen JO. Effect of early or delayed treatment upon healing of mandibular fractures: a systematic literature review. *Dental Traumatology*. 2008. 24(1), 22–26.
  18. Lee UK, Rojhan, A, Herford AS, & Thakker JS. Immediate versus delayed treatment of mandibular fractures: A stratified analysis of complications. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2016. 74(6), 1186–1196.
  19. Weider L, Hughes K, & Ciarochi J. Early versus delayed repair of facial fractures in the multiply injured patient. *The American Surgeon*. 1999. 65(8), 790–793.

### 7.1.5 Spezielle Aspekte beim Schädel-Hirn-Trauma im Rahmen des Polytraumas

Das SHT kann in mehr als einem Drittel aller Polytraumapatient\*innen nachgewiesen werden (1). Grundsätzlich unterscheidet sich die Behandlung des SHT im Rahmen von polytraumatisierten Patienten nicht von der Behandlung des isolierten SHT, so dass die Empfehlungen der AWMF S2e-Leitlinie "Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter" zur Anwendung kommen sollten (2).

Eine Behandlungsoption zur Senkung der Mortalität bei erhöhtem intrakraniell Druck (ICP) stellt die dekompressive Entlastungskraniektomie dar (3). Regelhaft wird dann bei Überleben der Akutphase im Verlauf eine Rekonstruktion der Schädelkalotte notwendig. Zum optimalen Zeitpunkt bzw. dem idealen Implantat (autologe Knochendeckelreimplantation versus Rekonstruktion der Schädelkalotte mittels Kunstmaterialien) existieren keine hochwertigen RCT, so dass hier primär auf Registerdaten verwiesen werden muss (4, 5).

Neben erhöhten ICP-Werten erleiden SHT-Patient\*innen in bis zu 17 % aller Fälle eine Schädelbasisfraktur, welche mit Liquorverlust über die Nase, Mund oder Rachen, Gefäßverletzungen bzw. Verletzungen an Hirnnerven verbunden sein kann (6). Der Zeitpunkt der definitiven Versorgung von Polytraumapatient\*innen mit Schädelbasisfraktur wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Diese können neben den bekannten Faktoren (Kreislaufstabilität, Lagerungsfähigkeit etc.) unter anderem die Höhe des ICP bzw. das Ausmaß eines Hirnödems, insbesondere der Frontal- und Temporallappen, sein, so dass intraoperativ die Retraktion des Gehirns erschwert bis unmöglich wird.

#### PICO-Frage

Was ist der optimale Zeitpunkt für die endgültige chirurgische Therapie von Liquorzysten bei Schädelbasisfrakturen bei Polytraumapatient\*innen?

Eine PICO-Frage zur definitiven chirurgischen Versorgung bei Schädelbasisfrakturen identifizierte 42 Literaturstellen, welche einem Abstractscreening zugeführt wurden. Sechs potentiell relevante Artikel wurden nach Abstractscreening einer Volltextsuche unterzogen, welche keine Meta-Analyse oder RCT identifizieren konnte, mit der vorgegebenen Fragestellung bei Polytraumapatient\*innen untersuchte.

In einer Meta-Analyse wurde untersucht, ob eine operative Dekompression des Nervus opticus bei Kompression durch Schädelbasisfrakturen zu einem verbesserten Visus im Vergleich zu einem konservativen Vorgehen führte. Darüber hinaus wurde untersucht, ob eine operative Dekompression innerhalb von 7 Tagen nach Trauma einer späteren operativen Dekompression überlegen ist. In die Meta-Analyse wurden 9 retrospektive Fallserien eingeschlossen, welche bei den operativ dekomprimierten Patient\*innen eine Verbesserung des Visus in 55 % gegenüber 40 % der konservativen Patient\*innen aufzeigen konnte. Eine frühzeitige operative Behandlung war mit einem statistisch nicht signifikant verbesserten Visus assoziiert (log OR, 0,94; KI:0,29-1.60, p = 0.9). Einschränkend hervorzuheben ist der durchgängig retrospektive Charakter der eingeschlossenen Studien, der fehlende Hinweis in diesen Studien auf Polytraumapatient\*innen als auch die Tatsache, dass in zahlreichen Studien die Patient\*innen zusätzlich mit Kortikosteroiden behandelt wurden, welches nachweislich bei Patient\*innen mit SHT mit einer erhöhten Mortalität assoziiert ist und daher als kontraindiziert gilt (7, 8). Aus klinisch-praktischer Sicht erscheint eine frühe operative Dekompression des Nervus opticus bei Kompression durch eine Schädelbasisfraktur sinnvoll zu sein und die Studienergebnisse prinzipiell auch übertragbar auf Polytraumapatient\*innen, so dass eine frühzeitige Dekompression des Nervus opticus empfohlen werden sollte.

## Referenzen

1. Hamou HA, Clusmann H. Schädel-Hirn-Trauma (SHT). In: Engelhardt M, Raschke M, editors. Orthopädie und Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020. p. 1-28.
2. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie e.V.: S2e Leitlinie Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter. (AWMF Registernummer 008-001), Version 3.0 (02.12.2015) verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l\\_S2e\\_Schaedelhirntrauma\\_SHT\\_Erwachsene\\_2015-12-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/008-001l_S2e_Schaedelhirntrauma_SHT_Erwachsene_2015-12-abgelaufen.pdf).
3. Hutchinson PJ, Koltias AG, Timofeev IS, Corteen EA, Czosnyka M, Timothy J, et al. Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension. *N Engl J Med*. 2016;375(12):1119-30.
4. Fountain DM, Henry J, Honeyman S, O'Connor P, Sekhon P, Piper RJ, et al. First Report of a Multicenter Prospective Registry of Cranioplasty in the United Kingdom and Ireland. *Neurosurgery*. 2021;89(3):518-26.
5. Sauvigny TGH, Höhne J, Schebesch KM, Henker C, Strauss A, Beseoglu K, Spreckelsen NV, Hampl JA, Walter J, Ewald C, Krigers A, Petr O, Butenschoen VM, Krieg SM, Wolfert C, Gaber K, Mende KC, Bruckner T, Sakowitz O, Lindner D, Regelsberger J, Mielke D. . A multicenter cohort study of early complications after cranioplasty: results of the German Cranial Reconstruction Registry. *J Neurosurg* 2021.
6. Kelts G, Maturo S, Couch ME, Schmalbach CE. Blunt cerebrovascular injury following craniomaxillofacial fractures: A systematic review. *Laryngoscope*. 2017;127(1):79-86.
7. Martinez-Perez R, Albonette-Felicio T, Hardesty DA, Carrau RL, Prevedello DM. Outcome of the surgical decompression for traumatic optic neuropathy: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2021;44(2):633-41.
8. Alderson P, Roberts I. Corticosteroids for acute traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005;2005(1):Cd000196.

### 7.1.6 Spezielle Aspekte beim Thoraxtrauma im Rahmen des Polytraumas

Das Thoraxtrauma stellt eine heterogene Verletzungsgruppe mit erheblicher Bedeutung in der Behandlung von Polytraumapatient\*innen dar. Bis zu 45 % des Patient\*innenkollektivs weisen Verletzungen in dieser Kategorie auf, welche neben dem SHT die zweithäufigste Todesursache darstellt.

Die Auswirkungen mechanischer Gewalt auf den Thorax sind sowohl in Konstellation als auch klinischer Relevanz mannigfaltig und mosaikhaft. Die Verletzungsmuster der thorakalen Weichteile, des knöchernen Skeletts sowie der intrathorakalen Organe (insbesondere Lunge, Herz, großer Gefäße) reichen von primär letalen Verletzungen mit Versterben vor Erreichen eines Krankenhauses über die Notwendigkeit der operativ-interventionellen Primärversorgung bis zu Herausforderungen in der post-primären Versorgung.

Für insgesamt sehr seltene Herzverletzungen liegt keine Evidenz vor. Im Rahmen der Primärdiagnostik wird die Ergänzung von EKG durch die Bestimmung von Troponin I empfohlen (11). Bei Rhythmusstörungen oder Troponinwerten außerhalb des Referenzbereichs sollte an das Vorliegen eines strukturellen Herzdefektes gedacht werden, was im internationalen Sprachgebrauch als "high index of suspicion" bezeichnet wird.

Nachdem die aktualisierte S3-Leitlinie „Polytrauma/-Schwerverletzten-Behandlung“ die Prähospital-Phase, Schockraum-Phase sowie erste OP-Phase betrachtet, stellt sich die Frage nach der Evidenz der sekundären Behandlung des in der Regel intensivmedizinisch betreuten Patient\*innenkollektivs (1).

Im Wesentlichen lassen sich unter klinischer Relevanz 3 Behandlungsindikationen abgrenzen, welche sich jedoch weiterhin als Mosaik mit sich ergänzenden und auch der Addition potenzierenden Behandlungsindikationen darstellen können:

1. Die persistierende Luftleckage, in der Regel als Lungenparenchymfistelung (vs. genuiner bronchopleuraler Fistelungen).
2. Residuelle Häm-/ Koagulothoraces mit dem Risiko der sekundären Empyementwicklung.
3. Verletzungen des knöchernen Thorax mit oder ohne Beteiligung von Sternum oder Clavicula, ggf. mit konsekutiver Instabilität

Hierzu wurden 3 PICO-Fragen formuliert, jeweils unter Berücksichtigung des Kollektivs der Polytraumapatient\*innen.

#### **7.1.6.1 Traumatischer Pneumothorax**

In der Primärversorgung des traumatischen Pneumothorax (sowie des Hämorthorax) finden abhängig von der klinischen Situation, Begleitverletzungen und kardiorespiratorischer Stabilität der Patient\*innen kleinlumige (14 Charrière (Ch)) bis großlumige Thoraxdrainagen (40Ch) Anwendung (4). Komplikationsraten sowie Fehlplatzierungen werden mit bis zu 37 % in der Notfallsituation angegeben. Hierbei werden Komplikationen nicht explizit differenziert, wobei (vorwiegend intraparenchymale/ interlobäre) Fehllagen im Vordergrund stehen (3,7). Hieraus resultiert im Falle einer nicht erfolgten primär operativen Versorgung die Frage nach der sekundären Bildgebung und ggf. Intervention/ Operation.

Als primäre Bildgebung nach erfolgter Drainagenanlage gehört die konventionell-radiologische Übersichtaufnahme zur Basisdiagnostik, welche abhängig von der lokalen Expertise durch eine bettseitige Sonographie ergänzt oder je nach Fragestellung ersetzt werden kann. Eine untersuchungsbezogene Evidenz der Bevorzugung besteht hier nicht (s. Kap. 4.5.2). Insbesondere bei begleitendem Hautemphysem lassen sich Drainagenfehllagen sicher mittels CT detektieren (14). Abzuwägen sind hier die diagnostischen Vorteile einer CT auch in der Detektion weiterer thorakaler Fragestellungen vs. den Risiken des Interhospitaltransportes.

Als persistierende pleurale Fistel wird üblicherweise ein anhaltender Luftaustritt in den Pleuraraum mehr als 5 Tage nach einem Thoraxtrauma bezeichnet (12). Die klinische Relevanz richtet sich nach dem Gesamtzustand der Patient\*innen, dem Ausmaß des Fistelvolumens/ Luftleckage, der pulmonalen Ausdehnung als auch nach begleitenden thorakalen Verletzung – Lungenkontusion, (sekundäre) Pneumonie, knöchernen Verletzungen, Hämorthorax) und der Notwendigkeit der weiteren Beatmung.

Als konservative Maßnahmen kommen primär eine Modifikation des Sogmanagements durch die Neuanlage/ Umplatzierung von Thoraxdrainagen nach vorheriger Detektion weiter bestehender ggf. lokaler pleuraler Ablösungen, Variationen der Sogstärke sowie Drainagenlangzeitbehandlungen (Heimlich-Ventil) in Frage.

Interventionell sind bei entsprechender Anwendererfahrung Pleurodeseverfahren durch autologe Blutinstillation („blood-patch“) oder Talkum zu diskutieren (8).

Abzugrenzen von pleuralen Leckagen sind hier genuine bronchopleurale Fistelungen bei tiefen Lungenparenchymverletzungen. (Die im angloamerikanischen Sprachraum angewandte sprachliche Unterscheidung zwischen “air-leakage” und “broncho-pleural fistula” wird im deutschsprachigen Raum eher ungenau verwendet.) Beide sind ggf. interventionell durch die Applikation von endobronchialen Ventilen zur Okklusion therapierbar (13). Größere und zentraler bronchiale Defekte bedürfen dagegen ggf. einer chirurgisch resezierenden Maßnahme.

Eine Indikation zur chirurgischen Intervention besteht tendenziell bei hohen Fistelvolumina (>1l/min), insbesondere bei Einfluss auf die Ventilationsstrategie, sowie begleitende sanierungsfähige Befunde (5). Minimal-invasive OP-Verfahren sind soweit technisch möglich zu bevorzugen.

Um die Evidenz zur Diagnostik und Behandlung von Polytraumapatient\*innen mit Pneumothorax zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Fragen

Wann ist nach einem traumatischen Pneumothorax eine weitere Diagnostik und/oder eine chirurgische Intervention erforderlich im Vergleich zu einer alleinigen Thoraxdrainage?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 143 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 26 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung zum traumatischen Pneumothorax bei Polytraumapatient\*innen identifiziert werden.

Evidenzbasierte Empfehlungen finden sich in der Literatur insbesondere hinsichtlich des betrachteten Patient\*innenkollektivs polytraumatisierter Patient\*innen nicht. Unter Berücksichtigung der Befundvariabilität lässt sich eine Empfehlung aus der internationalen Literatur im Expert\*innenkonsens ableiten:

7.10	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	<p>Therapieentscheidungen bei persistierenden pleuralen Fistelungen bei Polytraumapatient*innen sollten interdisziplinär durch Thoraxchirurg*innen/Traumatolog*innen, Intensivmediziner*innen und Pneumolog*innen unter Berücksichtigung des klinischen Gesamtkontextes sowie pulmonaler und extrapulmonaler thorakaler Begleitverletzungen getroffen werden.</p>	
	Konsens	

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>
2. Molnar TF. Thoracic Trauma: Which Chest Tube When and Where? *Thorac Surg Clin.* 2017 Feb;27(1):13-23. doi: 10.1016/j.thorsurg.2016.08.003. PMID: 27865322.
3. Filosso PL, Guerrera F, Sandri A, Roffinella M, Solidoro P, Ruffini E, Oliaro A. Errors and Complications in Chest Tube Placement. *Thorac Surg Clin.* 2017 Feb;27(1):57-67. doi: 10.1016/j.thorsurg.2016.08.009. PMID: 27865328.
4. Bertoglio P, Guerrera F, Viti A, Terzi AC, Ruffini E, Lyberis P, Filosso PL. Chest drain and thoracotomy for chest trauma. *J Thorac Dis.* 2019 Feb;11(Suppl 2):S186-S191. doi: 10.21037/jtd.2019.01.53. PMID: 30906584; PMCID: PMC6389558.
5. Neudecker J, Schulz-Drost S, Walles T. Behandlung von persistierenden Lungenparenchymverletzungen beim Thoraxtrauma: Lungenlazeration, pleurale Fistel und Pneumothorax (Treatment of Persistent Parenchymal Lung Injuries in Thoracic Trauma: Lung Laceration, Pleural Fistula and Pneumothorax). *Zentralbl Chir.* 2023 Feb;148(1):93-104. German. doi: 10.1055/a-1898-7611. Epub 2023 Feb 23. PMID: 36822185.
6. Störmann P, Krämer S, Raab S, Kalverkamp S, Graeff P. Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie der Lungenkontusion – Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgruppe der Sektion NIS der DGU und DGT zur Thoraxtraumaversorgung (Pathophysiology, Diagnostics and Therapy of Pulmonary Contusion - Recommendations of the Interdisciplinary Group on Thoracic Trauma of the Section NIS of the German Society for Trauma Surgery (DGU) and the German Society for Thoracic Surgery (DGT)). *Zentralbl Chir.* 2023 Feb;148(1):50-56. German. doi: 10.1055/a-1991-9599. Epub 2023 Jan 30. PMID: 36716768.
7. Becker L, Schulz-Drost S, Schreyer C, Lindner S. Thoraxdrainage beim Thoraxtrauma – Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgemeinschaft Thoraxtrauma der Deutschen Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT) und der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) (Chest Tube in Thoracic Trauma - Recommendations of the Interdisciplinary Thoracic Trauma Task Group of the German Society for Thoracic Surgery (DGT) and the German Trauma Society (DGU)). *Zentralbl Chir.* 2023 Feb;148(1):57-66. German. doi: 10.1055/a-1975-0243. Epub 2023 Feb 27. PMID: 36849110.
8. Hugen N, Hekma EJ, Claessens NJM, Smit HJM, Reijnen MMPJ. Efficacy of an Autologous Blood Patch for Prolonged Air Leak: A Systematic Review. *Ann Thorac Surg.* 2022 Sep;114(3):1064-1071. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.05.047. Epub 2021 Jun 9. PMID: 34115999.

9. Tisherman SA, Stein DM. ICU Management of Trauma Patients. *Crit Care Med*. 2018 Dec;46(12):1991-1997. doi: 10.1097/CCM.0000000000003407. PMID: 30199391.
10. de Lesquen H, Avaro JP, Gust L, Ford RM, Beranger F, Natale C, Bonnet PM, D'Journo XB. Surgical management for the first 48 h following blunt chest trauma: state of the art (excluding vascular injuries). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015 Mar;20(3):399-408. doi: 10.1093/icvts/ivu397. Epub 2014 Dec 4. PMID: 25476459.
11. Clancy K, Velopulos C, Bilaniuk JW, Collier B, Crowley W, Kurek S, Lui F, Nayduch D, Sangosanya A, Tucker B, Haut ER; Eastern Association for the Surgery of Trauma (2012) Screening for blunt cardiac injury: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012; 73: S301-S306.
12. Dugan KC, Laxmanan B, Murgu S et al. Management of Persistent Air Leaks. *Chest* 2017; 152: 417–423. doi:10.1016/j.chest.2017.02.020.
13. Klotz LV, Eberhardt R, Herth FJF et al. Interventionelle Versorgung tracheo-/bronchopleuraler Fisteln [Interventional treatment of tracheopleural and bronchopleural fistulas]. *Chirurg* 2019; 90: 697–703. doi:10.1007/s00104-019-0977-2.
14. Lim KE, Tai SC, Chan CY et al. Diagnosis of malpositioned chest tubes after emergency tube thoracostomy: is computed tomography more accurate than chest radiograph? *Clin Imaging* 2005; 29: 401–405. doi:10.1016/j.clinimag.2005.06.032.

### 7.1.6.2 Residuelle Häm-/Koagulothoraces

Der S3-Leitlinie zur Polytrauma-Schwerverletzten Behandlung entsprechend werden kardiorespiratorisch instabile Patient\*innen mit Indikation zur notfallmäßigen Anlage einer Thoraxdrainage mit großlumigen Drainagen 24-40 Ch, stabile Patient\*innen mit eher kleinlumigen Drainagen  $\geq 14$  Ch versorgt (2).

Sowohl eine unzureichende primäre Drainage des Hämothorax (z.B. aufgrund von Koagelbildung oder multilokulärer Verteilung) als auch, sekundäre bzw. fortgesetzte pleurale / pulmonale Blutungen sowie Drainagenokklusion können (auch nach Anlage mehrerer Drainagen) zur Ausbildung eines residuellen Häm-/Koagulothorax führen (4). Hierbei wird ein auf konventionell-radiologischen Übersichtsaufnahme nicht nachweisbarer Koagulothorax als okkult bezeichnet, wobei der Nachweis dann sonographisch oder computertomographisch erfolgt. Aspekte der radiologischen Diagnostik sind in Kapitel 4 ausgeführt (18). An dieser Stelle wird jedoch auf den möglichen zusätzlichen diagnostischen Nutzen einer CT mit Kontrastmittel zur Abschätzung einer möglichen bereits eingetretenen Empyementwicklung hingewiesen.

Ein nicht therapierter residueller Koagulothorax birgt das Risiko einer Empyementwicklung, wobei ein Volumen von  $>300 \text{ cm}^3$ , simultane Rippenfrakturen und eine Injury Severity Score (ISS) von  $\geq 25$  Punkten als unabhängige Prädiktoren gelten. Weitere Risikofaktoren sind sekundäre Drainagenanlagen, lange Drainagenliegedauern und die Länge des Intensivaufenthaltes (10).

Primär unkomplizierte Verläufe prädisponieren durch Abheilung mit pleuraler Schwartenbildung zu persistierenden restriktiven Ventilationsstörungen (17).

Die Behandlung eines residuellen Koagulothorax mit Fibrinolytika wird beschrieben, jedoch besteht bezüglich der angewandten Substanzen und Dosierungen keine Evidenz (5,6).

Um die Evidenz zur Behandlung von Polytraumapatient\*innen mit Hämothorax zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Fragen
Wann ist eine Indikation für eine sekundäre chirurgische Therapie (VATS oder Thorakotomie) im Vergleich zu einer Thoraxdrainage bei traumatischem Hämothorax/retentiertem traumatischen Hämothorax bei Polytraumapatient*innen gegeben?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 52 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 18 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung zu residuellen Häm- /Koagulothoraces bei Polytraumapatient\*innen identifiziert werden.

Als Standard in der Behandlung des residuellen Koagulothorax kann die Ausräumung mittels videoassistierter Thorakoskopie (VATS) gelten (4,13). Metaanalysen von nicht-randomisierten Studien gepoolter Patient\*innen zeigen eine Korrelation des OP-Zeitpunktes mit der Dauer des Krankenhausaufenthaltes. Eine frühe Durchführung innerhalb von 72(-96) Stunden zeigte eine deutliche Verringerung des Krankenhausaufenthaltes gegenüber einer späteren Versorgung nach 7 oder mehr Tagen (3). Der Zeitpunkt der sekundären Versorgung richtet sich nach der allgemeinen Operabilität, insbesondere unter Berücksichtigung der im Rahmen der operativen Versorgung notwendigen Ein-Seiten-Ventilation (11). Aussagen zum Kollektiv polytraumatisierter Patient\*innen finden sich nicht.

Im Expert\*innenkonsens konnten die folgenden Empfehlungen konsentiert werden:

7.11	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Als operativer Zugang zur Behandlung eines residuellen Hämothorax bei Polytraumapatient*innen sollte eine videoassistierte Thorakoskopie durchgeführt werden, soweit weitere OP-Ziele nicht eine Thorakotomie indizieren (z.B. persistierende Parenchymleckagen, Indikation für Osteosynthesen).	
	Konsens	

7.12	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Residuelle Hämothoraces bei Polytraumapatient*innen sollten ab einem Volumen $\geq 300$ ml therapiert werden; hierbei sollte die Verfahrenswahl (operative vs. interventionelle Therapien) interdisziplinär getroffen werden.	
	Konsens	

7.13	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Residuelle Hämothoraces bei Polytraumapatient*innen sollten bei fortbestehender Behandlungsindikation innerhalb von 72 Stunden nach primärer Drainagenanlage versorgt werden.	
	Konsens	

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>
2. Kulvatunyou N, Bauman ZM, Zein Edine SB, de Moya M, Krause C, Mukherjee K, Gries L, Tang AL, Joseph B, Rhee P. The small (14 Fr) percutaneous catheter (P-CAT) versus large (28-32 Fr) open chest tube for traumatic hemothorax: A multicenter randomized clinical trial. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021 Nov 1;91(5):809-813. doi: 10.1097/TA.0000000000003180. PMID: 33843831.
3. Patel NJ, Dultz L, Ladhani HA, Cullinane DC, Klein E, McNickle AG, Bugaev N, Fraser DR, Kartiko S, Dodgion C, Pappas PA, Kim D, Cantrell S, Como JJ, Kasotakis G. Management of simple and retained hemothorax: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *Am J Surg.* 2021 May;221(5):873-884. doi: 10.1016/j.amjsurg.2020.11.032. Epub 2020 Nov 17. PMID: 33487403.
4. Zeiler J, Idell S, Norwood S, Cook A. Hemothorax: A Review of the Literature. *Clin Pulm Med.* 2020 Jan;27(1):1-12. doi: 10.1097/CPM.0000000000000343. Epub 2020 Jan 10. PMID: 33437141; PMCID: PMC7799890.
5. Holsen MR, Tameron AM, Evans DC, Thompson M. Intrapleural Tissue Plasminogen Activator for Traumatic Retained Hemothorax. *Ann Pharmacother.* 2019 Oct;53(10):1060-1066. doi: 10.1177/1060028019846122. Epub 2019 Apr 21. PMID: 31007039.
6. Makey IA, Das NA, Jacob S, El-Sayed Ahmed MM, Makey CM, Johnson SB, Thomas M. Agitation Techniques to Enhance Drainage of Retained Hemothorax. *Surg Innov.* 2021 Oct;28(5):544-551. doi: 10.1177/1553350620978002. Epub 2020 Dec 18. PMID: 33339490.
7. Choi J, Villarreal J, Andersen W, Min JG, Touponse G, Wong C, Spain DA, Forrester JD. Scoping review of traumatic hemothorax: Evidence and knowledge gaps, from diagnosis to chest tube removal. *Surgery.* 2021 Oct;170(4):1260-1267. doi: 10.1016/j.surg.2021.03.030. Epub 2021 Apr 19. PMID: 33888318.
8. Cohen NS, Braig Z, Collins JN. Prevalence and Management of Posttraumatic Retained Hemothorax in a Level 1 Trauma Center. *Am Surg.* 2018 Sep 1;84(9):e369-e371. PMID: 30269710.
9. Richardson JD, Miller FB, Carrillo EH, Spain DA. Complex thoracic injuries. *Surg Clin North Am.* 1996 Aug;76(4):725-48. doi: 10.1016/s0039-6109(05)70477-1. PMID: 8782470.

10. Eren S, Esme H, Sehitogullari A, Durkan A. The risk factors and management of posttraumatic empyema in trauma patients. *Injury*. 2008 Jan;39(1):44-9. doi: 10.1016/j.injury.2007.06.001. Epub 2007 Sep 19. PMID: 17884054.
11. Krämer S, Graeff P, Lindner S, Walles T, Becker L. Okkult und residueller Hämatothorax nach Thoraxtrauma – Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgruppe Thoraxtrauma der Sektion NIS der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und der Deutschen Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT) [Occult and Retained Haemothorax - Recommendations of the Interdisciplinary Thoracic Trauma Task Group of the German Trauma Society (DGU - Section NIS) and the German Society for Thoracic Surgery (DGT)]. *Zentralbl Chir*. 2023 Feb;148(1):67-73. German. doi: 10.1055/a-1972-3352. Epub 2022 Dec 5. PMID: 36470289.
12. de Rezende-Neto JB, Pastore Neto M, Hirano ES, Rizoli S, Nascimento B Jr, Fraga GP. Abordagem do hemotórax residual após a drenagem torácica no trauma [Management of retained hemothoraces after chest tube thoracostomy for trauma]. *Rev Col Bras Cir*. 2012 Jul-Aug;39(4):344-9. Portuguese. doi: 10.1590/s0100-69912012000400017. PMID: 22936236.
13. Ziapour B, Mostafidi E, Sadeghi-Bazargani H, Kabir A, Okereke I. Timing to perform VATS for traumatic-retained hemothorax (a systematic review and meta-analysis). *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020 Apr;46(2):337-346. doi: 10.1007/s00068-019-01275-2. Epub 2019 Dec 17. PMID: 31848631.
14. Kirchberg TN, Costantini TW, Santorelli J, Doucet JJ, Godat LN. Predictors of Readmission Following Treatment for Traumatic Hemothorax. *J Surg Res*. 2022 Sep;277:365-371. doi: 10.1016/j.jss.2022.04.031. Epub 2022 May 12. PMID: 35569214.
15. Hendriksen BS, Kuroki MT, Armen SB, Reed MF, Taylor MD, Hollenbeak CS. Lytic Therapy for Retained Traumatic Hemothorax: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest*. 2019 Apr;155(4):805-815. doi: 10.1016/j.chest.2019.01.007. Epub 2019 Jan 18. PMID: 30664856.
16. Kumar S, Rathi V, Rattan A, Chaudhary S, Agarwal N. VATS versus intrapleural streptokinase: A prospective, randomized, controlled clinical trial for optimum treatment of post-traumatic Residual Hemothorax. *Injury*. 2015 Sep;46(9):1749-52. doi: 10.1016/j.injury.2015.02.028. Epub 2015 Mar 12. PMID: 25813733.
17. Doelken P, Sahn SA. Trapped lung. *Semin Respir Crit Care Med* 2001; 22: 631–636. doi:10.1378/chest.06-0430
18. Gilbert RW, Fontebasso AM, Park L et al. The management of occult hemothorax in adults with thoracic trauma: A systematic review and metaanalysis. *J Trauma Acute Care Surg* 2020; 89: 1225–1232. doi:10.1097/TA.0000000000002936

### 7.1.6.3 Verletzungen des knöchernen Thorax

Die Literatur zur Versorgung von Verletzungen des knöchernen Thorax, mit oder ohne Beteiligung von Sternum oder Clavicula, ggf. mit konsekutiver Instabilität, präsentiert sich heterogen. Zahlreiche Studien zeigen sich aufgrund der Unterschiede der berichteten Parameter sowie divergenter Ein- und Ausschlusskriterien als nicht oder nur mit begrenzter Aussagekraft vergleichbar. Zu den berichteten Parametern gehören:

- Alter, Geschlecht, Co-Morbiditäten (insbesondere pulmonal und cardial), BMI
- Trauma-Mechanismus
- Verletzungsschwere (ISS, Abbreviated injury score (AIS))
- Begleitendes extrathorakales Verletzungsmuster, insbesondere cerebral, vertebral/spinal, abdominal
- Intrathorakales Verletzungsmuster, insbesondere Lungen- und Herzkontusionen
- Ausmaß der knöchernen Verletzungen
  - Anzahl der frakturierten Rippen sowie Dislokationsmuster
  - Vorliegen von Stückfrakturen /einer instabilen Brustwand, radiologischer vs. klinischer Definition
  - Lokalisation der frakturierten Rippen / technische Möglichkeit der Osteosynthese
  - Begleitende Sternum und-/ oder Clavikulafraktur (sowie Skapulafraktur)
- Nicht-Operative Behandlung
- OP-Verfahren der Osteosynthese
- Zeitpunkt der operativen Versorgung
- Chirurgische Erfahrung/ Expertise
- Indikationsstellung zur OP
- Anzahl der osteosynthetisch versorgten Rippen
- Definition und Messung chirurgischer Komplikationen
- Beatmungstage
- Tracheotomie
- Dauer der intensivmedizinischen Behandlung
- Dauer der Krankenhausbehandlung
- Sterblichkeit
- Pneumonieraten

- Begleitende Komplikationsraten
- Entlassungsstatus
- Lungenfunktion im Verlauf
- Quality of life

Aufgrund der Vielzahl und unsicheren Wichtungs-Relevanz der Einfluss-Faktoren sowie der Heterogenität der Publikationen wurde in 2021 von der US-amerikanischen „Chest Wall Injury Society“ eine Empfehlung zu standardisierten Berichtsstrukturen erarbeitet (1, 2).

Seit einer ersten randomisierten Studie zur Behandlung der instabilen Brustwand mittels „Krallenplatten“ vs. pneumatischer Schienung im Jahr 2002 hat die Anzahl der Publikation sowie Review-Arbeiten beeindruckend zugenommen. Trotz teils übereinstimmender Tendenzen zugunsten osteosynthetischer Versorgungen bestehen jedoch weiterhin sehr divergente Schlussfolgerungen hinsichtlich OP-Indikation, Zeitpunkt und Technik der Durchführung sowie untersuchter Parameter (z.B. Beatmungsdauer).

Studien zu osteosynthetischen Versorgungen von (mehr oder weniger) „isolierten“ Rippenserienfrakturen sowie instabilen Thoraces konnten durch die Osteosynthese deutliche Vorteile in Beatmungsdauer, Behandlungsdauer auf der Intensivstation sowie der Krankenhausbehandlungsdauer zeigen (3, 4). Im Gegensatz dazu wird der Einfluss eines instabilen Thorax im Vergleich zu Rippenserienfrakturen im Falle einer vorgesehenen konservativen Therapie in Frage gestellt, stellt also keine absolute OP-Indikation dar (5).

Eine Cochrane-Analyse aus 2015 ergab keinen Überlebensvorteil für osteosynthetische versorgte Patient\*innen (4). Im Gegensatz hierzu ergab eine retrospektive Analyse der Datenbank des Deutschen Traumaregisters DGU von Polytraumapatient\*innen der Jahre 2008 bis 2017 anhand einer matched pairs Analyse von 395 Paaren zwar eine Reduktion der Sterblichkeit (3.3 % vs. 7.6 %) bei jedoch verlängerter Dauer von Beatmung, Intensivstation- und Krankenhausaufenthalt nach operativer Stabilisierung (6).

Eine retrospektive Studie mit Polytraumapatient\*innen (ISS  $\geq$  16) und instabilem Thorax aus 2015 verglich 41 Patient\*innen mit Osteosynthese vs. 45 konservative Behandlungen und dem Ziel, prognostisch günstige Kriterien zu identifizieren. Kein signifikanter Unterschied bestand hinsichtlich Beatmungsdauer, Tracheotomie, Pneumonie und ARDS Rate, wohingegen die Intensiv- und Krankenhausbehandlungsdauer sich auch unter sekundärem Ausschluss von

SHT-Patient\*innen durch Operation deutlich verlängerte. Ein Bias mag hier in einer vergleichsweise späten operativen Versorgung (2-37 Tage, Mittelwert 6 Tage) liegen, welches die Hypothese einer prognostisch ungünstigen „second-hit“ Wirkung anderer Autoren unterstützt (7).

Ausgehend von verschiedenen Review-Arbeiten bestehen Einzelempfehlungen, aber auch Konsens-Empfehlungen z.B. der US-amerikanischen „Chest Wall Injury Society“ sowie der „Chinese Medical Association“ (8, 9). Empfehlungen zur operativen Versorgung von Polytraumapatient\*innen sind konsensbasiert bzw. aus Plausibilitätsüberlegungen abgeleitet unter Übertragung von Empfehlungen aus anderen Kollektiven, insbesondere isolierten Rippenserienfrakturen.

Zwei retrospektive Kohortenstudien osteosynthetisch versorgter Polytraumapatient\*innen zeigen eine verlängerte Notwendigkeit der Beatmung operierter Patient\*innen sowie Krankenhaus-/ Intensiv-Behandlungsdauer mit unterschiedlich ausgeprägten Vorteilen einzelner Behandlungsparameter (u.a. Gesamtüberleben, Pneumonie-Inzidenz). Insbesondere der Zeitpunkt der operativen Versorgung sowie Ausmaß pulmonaler Kontusionen werden als prognostische Parameter angesehen (7, 10).

In der hier durchgeführten Literaturrecherche fand sich eine einzige prospektive, randomisierte Studie, in der die Versorgung von Polytraumapatient\*innen mit instabiler Brustwand („flail chest“) untersucht wurde (11).

Einschlusskriterien waren Rippenserien-Stück-Frakturen  $\geq 3$  mit paradoxer Atmung, ISS  $\geq 16$ , Ausschlusskriterien Alter  $\leq 18$  Jahre, HWS-Querschnittssymptomatik (Halswirbelsäule), AIS Kopf  $> 3$ , GCS  $< 8$ , vorbestehende kardiale oder pulmonale Co-Morbidität, Tod innerhalb von 48 Stunden.

Als primäre Endpunkte wurden Krankenhausletalität, Komplikationsraten (Pneumonie, ARDS, Sepsis), Beatmungsdauer, Intensiv und Krankenhaus-Verweildauer untersucht.

Operativ wurden Krallenplatten mit Schraubenfixierung nur der 4-9. Rippe verwendet, ohne additiven thoraxchirurgische Maßnahme (außer Drainagen). Eine OP-Versorgung erfolgte innerhalb von 72 Stunden (4), 10 davon bei Primärversorgung.

Nicht signifikant stellten sich die Ergebnisse hinsichtlich Sterblichkeit, Schmerzen, Sepsis-, Re-Intubations- und Tracheotomie-Raten sowie Beatmungsnotwendigkeit dar. Die

Inzidenz einer Pneumonie (48 % vs. 80 %) und eines ARDS (28 % vs. 60 %) waren nach Operation signifikant verringert bei kürzerer Beatmungszeit (7 vs. 9 Tage) und Intensivdauer (10 vs. 12 Tage)

Die Vorteile der operativen Versorgung wurden bei begleitender Lungenkontusion jedoch vollständig aufgehoben.

Zur Identifizierung von Patient\*innen, die von einer operativen Brustwandstabilisierung profitieren, bleiben im Allgemeinen und besonders hinsichtlich Polytraumapatient\*innen viele Fragen offen:

1. Begleitende Lungenkontusionen scheinen sich prognostisch ungünstig auszuwirken und potenzielle Vorteile einer operativen Versorgung von Rippenfrakturen aufzuheben. Eine einheitliche klinische oder radiologische Definition hierfür besteht nicht.
2. Eine klinisch relevante Unterscheidung zwischen radiologischen Kriterien einer instabilen Brustwand ( $\geq 3$  angrenzende Mehrfach-/Stückfrakturen) und biomechanisch paradoxer Atmung ist nicht untersucht.
3. Patient\*innen mit einem begleitenden SHT mit GCS < 8 profitieren auch bei gutem neurologischem Outcome nicht sicher hinsichtlich Beatmungsdauer, Krankenhaus und Intensivstation-Verweildauer. Hier ist jedoch in den vorhandenen Daten ein Bias durch zwischenzeitlich modifizierte neurochirurgische Behandlungsstrategien möglich, so dass ein primärer GCS < 8 kein alleiniges Ausschlusskriterium zur osteosynthetischen Versorgung darstellt.
4. Auswertungen zu verschiedenen OP-Verfahren (intramedulläre Schienung, Krallenplatten, Osteosyntheseplatten) hinsichtlich Ergebnis- und Komplikationsparameter sind nicht vorhanden. Die Methodik sowie der Zugang der operativen Versorgung richtet sich nach der gegebenen Expertise, dem Ausmaß und Lokalisation der notwendigen Osteosynthese sowie der Begleitverletzungen (z.B. Weichteilverletzungen, Koagulothorax, Parenchymleckagen).
5. Bezüglich der Technik der Osteosynthese bestehen keine konsistenten Empfehlungen. Variationen bestehen z.B. einer Versorgung jeder vs. alterierender Rippen, Versorgung basal der 4. Rippe, Versorgung von Stückfrakturen mit paravertebraler Fraktur.

6. Eine frühe operative Versorgung (bestenfalls innerhalb der ersten 3, spätestens 7 Tagen) scheint mit klinischen Vorteilen zu korrelieren. Eine späte Versorgung scheint prognostisch eher nachteilig. Zwar gibt es weitere Hinweise auf eine geringere Sterblichkeit auch bei verzögerter Rippen-Stabilisierung, jedoch bei verlängerter Beatmungsdauer und Behandlungsdauer auf der ITS.

Um die Evidenz zum Einsatz von Osteosynthesen zur Behandlung von Polytraumapatient\*innen mit traumatischen Brustwandverletzungen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

PICO-Fragen
Beeinflusst die Osteosynthese von traumatischen Brustwandverletzungen (Rippenfrakturen, Sternumfrakturen) im Vergleich zu einer nicht-chirurgischen Therapie bei Polytraumapatient*innen das Behandlungsergebnis von Polytraumapatient*innen?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 86 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 26 gescreenten Volltexte konnte eine RCT mit insgesamt 50 Polytraumapatient\*innen für die o.g. Forschungsfrage identifiziert werden (11). In dem RCT von Liu et al. hatte eine chirurgische Rippenfixierung keinen signifikanten Effekt im Vergleich zu keinem operativen Eingriff hinsichtlich der Krankenhaus-Sterblichkeit (RR 2,00; 95% KI 0,40 bis 9,95; Qualität der Evidenz gering) oder hinsichtlich der Dauer der Notwendigkeit einer mechanischen Beatmung (RR 0,90; 95% KI -0,66 bis 1,23; Qualität der Evidenz gering). Im Hinblick auf die Verweildauer auf der Intensivstation hatte eine chirurgische Rippenfixierung einen signifikanten Effekt im Vergleich zu keinem operativen Eingriff (10 Tage [IQR 7-12 vs. 12 Tage [IQR 9-15],  $p = 0,032$ ; Qualität der Evidenz gering) oder hinsichtlich der Krankenhausaufenthaltsdauer (21 Tage [IQR 17-25] vs. 22 Tage [IQR 17-26],  $p = 0,44$ ; Qualität der Evidenz gering).

Die eingeschlossene Studie weist einige Limitationen auf, darunter die geringe Fallzahl sowie Unklarheiten bei der Randomisierung. Auf Grund dessen wurde der Evidenzgrad als gering bewertet.

Auf Grund von nur einer eingeschlossenen Studie sowie deren Qualität wurde entschieden, statt einer evidenzbasierten Empfehlung, die folgenden Empfehlungen im Expert\*innenkonsens abzustimmen:

7.14	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	<p>Die Indikation zur (sekundären) operativen Brustwandstabilisierung bei Polytraumapatient*innen kann erwogen werden, insbesondere bei</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rippenserienfrakturen <math>\geq 3</math> Rippen mit Dislokation größer als Schaftbreite,</li> <li>ODER</li> <li>2. Rippenserienfraktur mit anderweitiger Indikation zur thoraxchirurgischen Versorgung</li> <li>ODER</li> <li>3. Instabiler Thoraxwand mit paradoxer Atmung.</li> </ol> <p>Eine gleichzeitig bestehende Lungenkontusion von <math>\geq 30\%</math> ist keine Kontraindikation und sollte bei der Indikationsstellung berücksichtigt werden.</p>	
	Konsens	

7.15	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	<p>Sofern eine operative Versorgung einer instabilen Brustwandverletzung bei Polytraumapatient*innen indiziert ist, sollte diese innerhalb von 3-7 Tagen erfolgen.</p>	
	Mehrheitliche Zustimmung	

## Referenzen

1. Pieracci FM, Schubl S, Gasparri M, Delaplain P, Kirsch J, Towe C, et al. The Chest Wall Injury Society Recommendations for Reporting Studies of Surgical Stabilization of Rib Fractures. *Injury*. 2021;52(6):1241-50.
2. Clarke PTM, Simpson RB, Dorman JR, Hunt WJ, Edwards JG. Determining the clinical significance of the Chest Wall Injury Society taxonomy for multiple rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg*. 2019;87(6):1282-8.
3. Swart E, Laratta J, Slobogean G, Mehta S. Operative Treatment of Rib Fractures in Flail Chest Injuries: A Meta-analysis and Cost-Effectiveness Analysis. *J Orthop Trauma*. 2017;31(2):64-70.
4. Kasotakis G, Hasenboehler EA, Streib EW, Patel N, Patel MB, Alarcon L, et al. Operative fixation of rib fractures after blunt trauma: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;82(3):618-26.
5. Getz P, Mommsen P, Clausen JD, Winkelmann M. Limited Influence of Flail Chest in Patients With Blunt Thoracic Trauma - A Matched-pair Analysis. *In Vivo*. 2019;33(1):133-9.
6. Schulz-Drost S, Krinner S, Langenbach A, Oppel P, Lefering R, Taylor D, et al. Concomitant Sternal Fracture in Flail Chest: An Analysis of 21,741 Polytrauma Patients from the TraumaRegister DGU®. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;65(7):551-9.
7. DeFreest L, Tafen M, Bhakta A, Ata A, Martone S, Glotzer O, et al. Open reduction and internal fixation of rib fractures in polytrauma patients with flail chest. *Am J Surg*. 2016;211(4):761-7.
8. Kong LW, Huang GB, Yi YF, Du DY. The Chinese consensus for surgical treatment of traumatic rib fractures 2021 (C-STTRF 2021). *Chin J Traumatol*. 2021;24(6):311-9.
9. Pieracci FM, Majercik S, Ali-Osman F, Ang D, Doben A, Edwards JG, et al. Consensus statement: Surgical stabilization of rib fractures rib fracture colloquium clinical practice guidelines. *Injury*. 2017;48(2):307-21.
10. Becker L, Schulz-Drost S, Spering C, Franke A, Dudda M, Lefering R, et al. Effect of surgical stabilization of rib fractures in polytrauma: an analysis of the TraumaRegister DGU®. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022;48(4):2773-81.
11. Liu T, Liu P, Chen J, Xie J, Yang F, Liao Y. A Randomized Controlled Trial of Surgical Rib Fixation in Polytrauma Patients With Flail Chest. *J Surg Res*. 2019;242:223-30.

### 7.1.7 Thermische Hautverletzung und Verbrennung

Die Versorgung der Wunden bei thermischen Verletzungen wird in der S2k-Leitlinie der AWMF ausführlich dargestellt („Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen“; Klasse: S2k AWMF-Register-Nr.: 044-00). Diese wird im Laufe des Jahres 2023 aktualisiert und gibt den aktuellen Empfehlungsstand wieder.

Den internationalen Registerdaten zur Verbrennung zufolge erleiden ca. 2-7 % aller thermisch geschädigten Patient\*innen auch eine begleitende Verletzung von Schädel, Thorax, Abdomen oder des Skelettsystems. Als traumatologische Ursache werden neben Verkehrsunfällen, Explosionen, Stromverletzungen mit Fall aus größerer Höhe, Naturkatastrophen zuletzt auch Terroranschläge oder Kriegshandlungen genannt. Umgekehrt weisen Traumapatient\*innen in ca. 0,4 - 5,8 % der Fälle eine begleitende Verbrennung auf (internationale Traumaregisterdaten).

Eine Fraktur ist laut Literatur die häufigste Begleitverletzung bei thermisch geschädigten Polytraumapatient\*innen. Dabei ist die obere Extremität als Lokalisation am häufigsten betroffen, gefolgt von der unteren Extremität und dann dem Körperstamm (1).

Die Inzidenz thermomechanischer Begleitverletzungen bei Polytraumapatient\*innen wird anhand epidemiologischer Daten auf ca. 1-2 % geschätzt. Die Morbidität und Mortalität (2,3,5) dieser Patient\*innengruppe wird, neben dem ISS, maßgeblich durch die Schwere des thermischen, physikalischen bzw. chemischen Begleittraumas bestimmt (4,8), abhängig im Wesentlichen von der betroffenen und verbrannten Körperoberfläche (% vKOF) als Anteil der Gesamtkörperoberfläche. Junge Männer sind in der Patientengruppe deutlich überrepräsentiert.

Polytraumapatient\*innen mit thermomechanischer Begleitverletzung in relevantem Ausmaß (> 15% vKOF) sollen in einem Brandverletztzentrum mit assoziiertem überregionalem Traumazentrum versorgt werden, entsprechend der „Leitlinie zur Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen“ (AWMF-Leitlinie 044 - 001). Sollte dies primär nicht erreichbar gewesen sein, muss eine frühestmögliche Weiterverlegung angestrebt werden.

Grund hierfür ist die notwendige Expertise eines Brandverletztzentrums, speziell in der Intensivmedizin und chirurgischen Versorgung. Exemplarisch sind hier die Besonderheiten z.B. der Volumentherapie bei gleichzeitiger Versorgung geschlossener Kopfverletzungen mit

erhöhtem intrakraniellen Druck oder das abdominelle Kompartmentsyndrom bzw. stumpfe Bauchtrauma mit Organverletzung bei darüberliegender, großflächiger Verbrennung des Abdomens oder instabile Wirbelsäulen/Beckenfrakturen anzuführen. Dies schließt sich den Empfehlungen der o.g. Leitlinie nahtlos an (2-4) Die Empfehlungen zur sonstigen Polytraumaversorgung gelten hier im gleichen Maße mit (AWMF - Leitlinie 012-019).

Wie bereits erwähnt ist die Fraktur die häufigste Begleitverletzung bei Polytraumapatient\*innen mit gleichzeitiger thermischer Schädigung. Bezüglich des optimalen Versorgungszeitpunktes der Fraktur(en) mit Verbrennung liegen bedauerlicherweise nur in geringem Umfang Daten vor. Für diese sehr seltene Entität gibt es keine evidenzbasierte Literatur in Form von RCT's oder Evidenzsynthesen auf S3-Leitlinienniveau.

Im Folgenden zitierte Studien enthalten sowohl Polytraumapatient\*innen mit thermischer, chemischer oder physikalischer Verletzung und Fraktur(en) als auch Traumapatient\*innen mit isolierten Frakturen und thermischer Schädigung ohne Polytrauma. Die Implikationen dieser Kombination an Verletzungen lässt sich in puncto chirurgischer Versorgung jedoch gut auf Polytraumapatient\*innen übertragen.

Konsens besteht bezüglich einer möglichst frühen Entscheidungsfindung mit interdisziplinärer Absprache zwischen Intensivmediziner\*innen, Unfallchirurg\*innen und Verbrennungs- bzw. plastischen Chirurg\*innen und gemeinsamer Festlegung der Versorgungspriorität. Sind die Patient\*innen ausreichend stabil für ein einseitiges Vorgehen, ist das Early Total Care Konzept zu favorisieren, mit einer frühen definitiven osteosynthetischen Versorgung. Eine etablierte Annahme ist, dass die thermisch geschädigte Wunde für 24h - 48h annähernd steril ist. Die Besiedlung mit Bakterien und ggf. Pilzen nimmt danach stetig zu und steigert das Infektionsrisiko im Verlauf deutlich. Zum Ende der ersten Woche nimmt die bakterielle Besiedlung fast die gesamte Wunde(n) ein. Obwohl die Gruppe der gram-negativen Organismen e auf Brandwunde vorherrschend ist, sind in der ersten Woche überwiegend gram-positive Bakterien nachweisbar, im Wesentlichen Staphylococcus aureus als häufigster Organismus. Im weiteren Verlauf sind es dann gram-negative Bakterien, welche die Mehrheit auf den Brandwunden stellen, häufig Pseudomonas aeruginosa, Klebsiellen, Acinetobacter spp., Proteus mirabilis und Enterobacteriaceae. Pilzarten besiedeln die Brandwunde ab der späten zweiten Woche mit einer häufigen Inzidenz in der dritten und vierten Woche (5).

Eine besondere Fragestellung ergibt sich für die Versorgung der zur Verbrennung kolokalisierten Fraktur(en). Erfolgte die Versorgung binnen 48 Stunden nach Trauma, so ergeben sich in der vorliegenden Literatur vertretbare Infektionsraten. Dieses Zeitfenster wird Ebenfalls durch die Autoren unisono als bestes Zeitfenster für die Versorgung angesehen (6-11).

PICO-Frage
Wann ist der optimale Zeitpunkt für die endgültige chirurgische Frakturstabilisierung und Nekrektomie bei Polytraumapatient*innen mit thermomechanischen Kombinationsverletzungen (Rumpf und/oder Extremitäten)?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 130 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 26 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

Da die Literaturrecherche keine Evidenz geliefert hat, wurden die folgenden Empfehlungen im Expert\*innenkonsens abgestimmt:

7.16	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die operative Frakturversorgung bei thermomechanischen Kombinationsverletzungen bei Polytraumapatient*innen sollte, sofern es die Schwere der Gesamtverletzung zulässt, frühestmöglich, d.h. in den ersten 48h, durchgeführt werden.	
	Starker Konsens	

Die in der Literatur angegebenen Infektionsraten bei externer und interner Osteosynthese sind ähnlich, bzw. unterscheiden sich nicht signifikant. Die Entscheidung zum Operationsstrategischen Vorgehen zur Versorgung bei Polytraumapatient\*innen mit thermomechanischer Kombinationsverletzung sollte deshalb als Individualentscheidung vorgenommen werden. Hierbei haben der lokale und allgemeine Zustand, sowie Frakturlokalisierung und -typ entscheidende Bedeutung (6-11). Allerdings wurden die Aussagen basierend auf kleinen Kohorten und retrospektiven Studien mit geringer Power bzw. einem Evidenzlevel IV getroffen.

7.17	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Im Falle einer kolokalisierten Verbrennung zur Fraktur bei Polytraumapatient*innen sollte möglichst zeitgleich eine verbrennungschirurgische Versorgung entsprechend der Leitlinie „Behandlung thermischer Verletzung des Erwachsenen“ erfolgen (AWMF-Nr. 044-001).	
	Starker Konsens	

Im Falle einer ko-lokalisierten Verbrennung zur Fraktur sollte die simultane chirurgische Mitversorgung der Verbrennung erfolgen. Zu favorisieren ist, dies in der gleichen operativen Sitzung zu tun. Sollte das Ausmaß der zu versorgenden Fläche, der zeitliche Rahmen, Blutungskomplikationen, eine Hypothermie oder ein instabiler Allgemeinzustand des/der Patient\*in dagegensprechen, muss zweizeitig vorgegangen werden. Sollte nach der Frakturversorgung nur ein kurzer Verbrennungseingriff möglich sein, sollte zumindest in der unmittelbaren Frakturlokalisation nekrosektomiert und wenn möglich, mit autologer Spalthaut transplantiert werden. Die Versorgung sollte hierbei analog der „Leitlinie zur Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen“ erfolgen (AWMF-Leitlinie 044 - 001). Die möglichst frühe Wiederherstellung der Haut erklärt sich von selbst. Durch eine intakte Hautbarriere, die Vermeidung weiterer Operationen, die Reduktion der Verbandswechsel und die Minimierung des Flüssigkeits- und Eiweißverlustes reduziert sich die Gesamtmorbidität von Polytraumapatient\*innen. Es wird auch immer wieder der Begriff der „systemischen Stabilität“ zur Senkung der Gesamtmorbidität angeführt und mag hinsichtlich des Heilungsverlaufes die Dringlichkeit der interdisziplinären Zusammenarbeit und Abstimmung aller beteiligter Fachbereiche unterstreichen. Infektionsraten einer Osteosynthese mit Verbrennungswunde in der unmittelbaren Umgebung steigen bereits, wenn im Vorfeld Escharotomien notwendig waren. Wurde in den erwähnten Studien auf die Erreger der Infektion eingegangen, waren häufig die gleichen Keime wie auf der Brandwunde ursächlich (8, 12).

7.18	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Falls keine frühe definitive Osteosynthese bei Polytraumapatient*innen möglich ist, kann nach primärer temporärer externer Fixierung die definitive Versorgung abgewartet werden und nach Abheilung der Verbrennung(en) bzw. bei chirurgisch sauberen Verhältnissen der Verbrennungswunde erfolgen.	
	Konsens	

Polytraumapatient\*innen welche aufgrund einer instabilen initialen intensivmedizinischen Phase nicht im frühen Fenster (bis 48 Stunden nach Trauma) definitiv osteosynthetisch versorgt werden können, sollten wenn vertretbar, erst nach adäquater Versorgung und Ausheilung der Verbrennung definitiv mit interner Fixierung versorgt werden bzw. im Fixateur externe ausbehandelt werden. Auch hier ist die interdisziplinäre Abstimmung der beteiligten Fachgebiete zur zeitlichen Abstimmung gewinnbringend und indiziert.

Zirkuläre Verbrennungen im Bereich des Thorax, welche im primary survey als nicht behandlungspflichtig angesehen wurden, müssen in Hinblick auf die Atemmechanik regelmäßig reevaluiert und gegebenenfalls Entlastungsescharotomien durchgeführt werden. Die Indikationsstellung ist durch einen erfahrenen Verbrennungschirurgen zu stellen. Analog muss bei zirkulären Verbrennungen im Bereich der Extremitäten die Erfordernis der Escharotomie und der Kompartmentspaltung geprüft werden (13). Dies gilt im besonderen Maß für Patient\*innen wenn Hochvolt-Stromverletzungen als Schädigung vorliegen.

Der/Die großflächig verbrannte Polytraumapatient\*in bedarf des besonderen Schutzes vor Auskühlung. Dem sollte bei drohender Hypothermie mit warmen Infusionen, Wärmedecken und Heizstrahlern begegnet werden und sollte während der operativen Phasen im Operationssaal nahtlos fortgeführt werden (7).

## Referenzen

1. Santaniello JM, Luchette FA, Esposito TJ, Gunawan H, Reed RL, Davis KA, et al. Ten year experience of burn, trauma, and combined burn/trauma injuries comparing outcomes. *J Trauma*. 2004;57(4):696-700; discussion -1.
2. Krämer PF, Grützner P, Wöfl C. Versorgung des Brandverletzten. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2010;13:23-30.
3. Rosenkranz KM, Sheridan R. Management of the burned trauma patient: balancing conflicting priorities. *Burns*. 2002;28(7):665-9.
4. Sheridan RL, Schaefer PW, Whalen M, Fagan S, Stoddard FJ, Jr., Schneider JC, et al. Case records of the Massachusetts General Hospital. Case 36-2012. Recovery of a 16-year-old girl from trauma and burns after a car accident. *N Engl J Med*. 2012;367(21):2027-37.
5. Branski LK, Al-Mousawi A, Rivero H, Jeschke MG, Sanford AP, Herndon DN. Emerging infections in burns. *Surg Infect (Larchmt)*. 2009;10(5):389-97.
6. Wong L, Grande CM, Munster AM. Burns and associated nonthermal trauma: an analysis of management, outcome, and relation to the Injury Severity Score. *J Burn Care Rehabil*. 1989;10(6):512-6.
7. Singer AJ, Taira BR, Thode HC, Jr., McCormack JE, Shapiro M, Aydin A, et al. The association between hypothermia, prehospital cooling, and mortality in burn victims. *Acad Emerg Med*. 2010;17(4):456-9.
8. Bradshaw L, Wasiak J, Cleland H. Is operative management of fractures safe in the collocated burn and fracture injury? *Injury*. 2015;46(6):1145-9.
9. Purdue GF, Hunt JL. Multiple trauma and the burn patient. *Am J Surg*. 1989;158(6):536-9.
10. Dossett AB, Hunt JL, Purdue GF, Schlegel JD. Early orthopedic intervention in burn patients with major fractures. *J Trauma*. 1991;31(7):888-92; discussion 92-3.
11. Saffle JR, Schnellby A, Hofmann A, Warden GD. The management of fractures in thermally injured patients. *J Trauma*. 1983;23(10):902-10.
12. Bui D, Sivakumar BS, Ellis A. Collocated burn and fracture injuries in major trauma: a 10 year experience. *Ann R Coll Surg Engl*. 2020;102(4):256-62.
13. Bannasch H, Bickenbach J, Börner U, Bouillon B, Buhre WF, Dorfmueller M, et al. *Verbrennungsmedizin*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2009. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-26637>.

### 7.1.8 Spezielle Aspekte beim Wirbelsäulentrauma

Wirbelsäulenverletzungen treten bei ca. 30-50 % aller Polytraumapatient\*innen auf (1-3) und stellen somit sowohl in der Akutphase der Versorgung als auch für Intensivmediziner\*innen eine Herausforderung hinsichtlich des Zeitpunktes der definitiven chirurgischen Versorgung dar. Zum einen müssen die betroffenen Patient\*innen vor (weiteren) Schäden durch eine begleitende Rückenmarksverletzung geschützt werden sowie eine Lagerungs- bzw. Belastungsstabilität für pflegerische und therapeutische Maßnahmen sichergestellt werden. Zum anderen kann jedoch eine definitive chirurgische Versorgung, der insbesondere im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule in der Regel in Bauchlagerung stattfindenden operativen Verfahren, durch z.B. begleitende Thorax- oder abdominale Verletzungen bzw. ein SHT mit erhöhten intrakraniellen Druckwerten, temporär nicht möglich sein, so dass mögliche Operationszeitpunkte durch das Verletzungsmuster bestimmt werden.

Um die Evidenz zum optimalen Zeitpunkt für die endgültige Operation von Wirbelsäulenfrakturen bei Polytraumapatient\*innen zu erfassen, wurde eine Literaturrecherche zu der folgenden Forschungsfrage durchgeführt:

#### PICO-Frage

Wann ist der optimale Zeitpunkt für die endgültige Operation von Wirbelsäulenfrakturen bei Polytraumapatient\*innen?

Die Literatursuche nach Erstellung der PICO-Frage konnte zusammen 170 potenzielle Literaturstellen für spezielle Aspekte der definitiven chirurgischen Versorgung beim Wirbelsäulentrauma identifizieren, welche einem Abstractscreening zugeführt wurden. Ein Volltextscreening erfolgte im Anschluss bei 16 Literaturstellen, ohne dass eine RCT oder Metaanalyse identifiziert werden konnte, welche die PICO-Frage bei Polytraumapatient\*innen beantwortete. Bei den wenigen RCT wurden in der Regel Polytraumapatient\*innen, welche einer neurologischen Untersuchung nicht unterzogen werden konnten ausgeschlossen bzw. wurden einzelne Begleitverletzungen ausgeschlossen (4-8).

Diese Studien, systematischen Reviews bzw. Meta-Analysen empfehlen trotz insgesamt schwacher Evidenz eine möglichst frühzeitige definitive chirurgische Versorgung, da diese

unter anderem mit einem verkürzten Aufenthalt auf der Intensivstation bzw. im Krankenhaus, einer kürzeren Beatmungsdauer und weniger pulmonalen Komplikationen assoziiert ist, insbesondere bei Patient\*innen mit einem hohen ISS (4,7).

Aufgrund der fehlenden Evidenz aus prospektiv, randomisierten Studien zu diesem Thema bei Polytraumapatient\*innen sollten die Empfehlungen der AWMF „S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ angewendet werden (9).

Zusätzlich wurden die folgenden Empfehlungen im Expert\*innenkonsens formuliert:

7.19	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei der definitiven operativen Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen bei Polytraumapatient*innen sollten im intensivmedizinischen Verlauf allgemeine Empfehlungen der AWMF-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ berücksichtigt werden (AWMF-Leitlinie 187-023).	
	Starker Konsens	

7.20	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen mit Wirbelsäulenverletzung sollte eine frühestmögliche klinische Beurteilung hinsichtlich einer Rückenmarkverletzung, wenn vertretbar unter einer Sedierungsreduktion, durchgeführt werden.	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Smits AJ, Ouden LPD, Deunk J, Bloemers FW. Incidence of Traumatic Spinal Fractures in the Netherlands: Analysis of a Nationwide Database. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(23):1639-48.
2. Häske D, Lefering R, Stock JP, Kreinest M. Epidemiology and predictors of traumatic spine injury in severely injured patients: implications for emergency procedures. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022;48(3):1975-83.
3. Höfer C, Lefering R. Jahresbericht 2022 TraumaRegister DGU [Available from: [www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/TR-DGU-Jahresbericht\\_2022.pdf](http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU-Jahresbericht_2022.pdf)].
4. Vaccaro AR, Daugherty RJ, Sheehan TP, Dante SJ, Cotler JM, Balderston RA, et al. Neurologic outcome of early versus late surgery for cervical spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(22):2609-13.
5. Fehlings MG, Perrin RG. The timing of surgical intervention in the treatment of spinal cord injury: a systematic review of recent clinical evidence. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(11 Suppl):S28-35; discussion S6.
6. Dimar JR, Carreon LY, Riina J, Schwartz DG, Harris MB. Early versus late stabilization of the spine in the polytrauma patient. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(21 Suppl):S187-92.
7. Ahern DP, McDonnell J, T OD, Butler JS. Timing of surgical fixation in traumatic spinal fractures: A systematic review. *Surgeon*. 2020;18(1):37-43.
8. Carreon LY, Dimar JR. Early versus late stabilization of spine injuries: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(11):E727-33.
9. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/187-023.html>.

## 7.2 Relevante Parameter zur Entscheidungsfindung

Zur Identifikation eines geeigneten, den Patient\*innen nicht gefährdenden Zeitpunkts für eine möglichst frühzeitige, definitive chirurgische Frakturversorgung werden verschiedene klinische, laborchemische und inflammatorische Parameter verwendet. Die Betrachtung einer Kombination mehrerer Parameter scheint derzeit bezüglich des optimalen Operationszeitpunktes am vielversprechendsten (1-6). Eine Zusammenfassung publizierter Parameter ist in Tabelle 2. (modifiziert nach Pfeifer et al. (1)) und Tabelle 3 (modifiziert nach Flohé et al. (2)) dargestellt. Ein tägliches Assessment dieser Parameter wird zur Bewertung des Gesamtzustandes empfohlen.

Tabelle 2. Faktoren zur Einschätzung des Gesamtzustandes

<b>Pathophysiologischer Faktor</b>	<b>Körperregion</b>	<b>Parameter</b>
Kreislauf/Blutung		Systolischer Blutdruck
		Serum-Laktat
		Haemoglobin
Koagulation		INR
		ROTEM (Thrombelastrometrie)
		TEG
Hypothermie		Körpertemperatur
Verletzungsmuster	Kopfverletzungen	ICP
	Thorax- und Abdominaltrauma	TTS (Thoracic trauma score)

Tabelle 3. Faktoren zur Bewertung des stabilen Gesamtzustandes

<b>Organsystem</b>	<b>Parameter</b>
Zentrales Nervensystem	Normale vegetative Funktionen
	ICP < 15-20 mmHg
Lunge	Fortschritte im Weaning
	Keine Atelektasen oder Infiltrate
	Horowitz-Quotient >280

Kreislaufsystem	Ausgeglichener Flüssigkeitshaushalt
	Kein oder niedriger Katecholaminbedarf
	Normalisierung des Serum-Laktat
Niere	Urinausscheidung > 80/100 ml/h
	Normalisierte Retentionsparameter
Immunsystem	Regrediente Inflammationsparameter (Leukozyten, CRP, Procalcitonin)
	Kein Fieber
Koagulation	Unauffälliges ROTEM
	Thrombozyten > 100.000 /mcl
Gastrointestinaltrakt	Normale Peristaltik
	Darmentleerung in den letzten 72 Stunden
	Reflux < 500 ml/24 Stunden
	Normale Leberfunktion

7.21	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Ein tägliches Assessment einer Kombination aus klinischen, laborchemischen und inflammatorischen Parametern bei Polytraumapatient*innen sollte genutzt werden, um einen geeigneten, möglichst frühzeitigen, Zeitpunkt zur definitiven operativen Versorgung zu bestimmen	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Pfeifer, R., Klingebiel, F. K., Halvachizadeh, S., Kalbas, Y. & Pape, H. C. How to Clear Polytrauma Patients for Fracture Fixation: Results of a systematic review of the literature. *Injury* **54**, 292-317, doi:10.1016/j.injury.2022.11.008 (2023).
2. Flohé, S. M., Gerrit; Paffrath, Thomas; Trentzsch, Heiko; Wölfel, Christoph. *Schwerverletztenversorgung*. (Georg Thieme Verlag KG 2018).
3. Nahm, N. J. & Vallier, H. A. Timing of definitive treatment of femoral shaft fractures in patients with multiple injuries: a systematic review of randomized and nonrandomized trials. *J Trauma Acute Care Surg* **73**, 1046-1063, doi:10.1097/TA.0b013e3182701ded (2012).
4. Vallier, H. A., Super, D. M., Moore, T. A. & Wilber, J. H. Do patients with multiple system injury benefit from early fixation of unstable axial fractures? The effects of timing of surgery on initial hospital course. *J Orthop Trauma* **27**, 405-412, doi:10.1097/BOT.0b013e3182820eba (2013).
5. Bouillon, B. *et al.* [Damage Control Orthopedics. What is the current situation?]. *Unfallchirurg* **112**, 860-869, doi:10.1007/s00113-009-1598-x (2009).
6. Hildebrand, F. *et al.* Development of a scoring system based on conventional parameters to assess polytrauma patients: PolyTrauma Grading Score (PTGS). *Injury* **46 Suppl 4**, S93-98, doi:10.1016/S0020-1383(15)30025-5 (2015).

## 8. Ernährungstherapie

Die medizinische Ernährungstherapie kritisch kranker Patient\*innen kann individuell aufgrund des vorbestehenden Ernährungsstatus sowie durch den Zeitpunkt des Beginns, die Wahl des Applikationsweges, die Menge und Zusammensetzung der Makro- und Mikronährstoffzufuhr sowie dem Monitoring der metabolischen und gastrointestinalen Toleranz variieren. Daten aus dem DGU-Traumaregister-Zeitraum 2009-2015 zeigten, dass sich eine vorbestehende Adipositas negativ auf die Ergebnisse nach einem stumpfen Thoraxtrauma auswirken, da sie mit einer längeren Beatmungsdauer und Verweildauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus assoziiert war (1). Kritisch kranke Patient\*innen mit vorbestehender Malnutrition – definiert als krankheitsbedingte Gewichtsabnahme, Untergewicht, Verlust an Muskelmasse und verminderte Energie- oder Proteinaufnahme – ist per se mit einer höheren Morbidität und Mortalität assoziiert (2). Die Prävalenz einer Malnutrition bei Trauma-Patient\*innen in deutschen Krankenhäusern wird auf bis zu 40 % geschätzt (3). Die S2k-Leitlinie zur klinischen Ernährung bei kritisch kranken Patient\*innen (4) geht in ihren Empfehlungen nicht explizit auf Polytraumapatient\*innen ein, da die Leitliniengruppe aufgrund der nicht ausreichenden Evidenz gesonderte Empfehlungen für kritisch kranke Patient\*innen mit Polytrauma als nicht sinnvoll erachtete. Ebenso gibt die “European Society for Clinical Nutrition and Metabolism“ keine gesonderten Empfehlungen für Patient\*innen mit Polytrauma (5). In der Leitlinie der amerikanischen Fachgesellschaft für parenterale und enterale Ernährung (A.S.P.E.N) aus dem Jahre 2016 (6) wurde der gleichen PICO-Frage nachgegangen, wie sie für dieses Kapitel der Leitlinie formuliert wurde. Dabei wurde empfohlen, dass „ähnlich wie bei anderen kritisch kranken Patient\*innen, eine frühe enterale Ernährung mit einer proteinreichen polymeren Diät in der unmittelbaren Posttraumaperiode (innerhalb von 24-48 Stunden nach der Verletzung) begonnen werden sollte, sobald Patient\*innen hämodynamisch stabil sind“ (Qualität der Evidenz: sehr gering). Als weitere Empfehlung in der amerikanischen Leitlinie sollten immunmodulierende Präparate, die Arginin und Fischöl enthalten, bei Patient\*innen mit schwerem Trauma in Betracht gezogen werden, wobei auch hier die Qualität der zugrundeliegenden Evidenz als sehr gering bewertet wurde. Eine genaue Definition zu Polytrauma wurde nicht gegeben.

Für dieses Kapitel wurde der PICO-Frage nachgegangen, ob sich die Ernährungstherapie bei Polytraumapatient\*innen von den Empfehlungen für „allgemein“ kritisch kranke Patient\*innen unterscheidet.

PICO-Frage
Unterscheidet sich der Effekt der Ernährungstherapie auf klinische Endpunkte zwischen Polytraumapatient*innen und „allgemein“ kritisch kranke Patient*innen (ohne Polytrauma)?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 347 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts von RCTs/SRMAs und nachfolgend 125 gescreenten Volltexten konnte keine Evidenz für die formulierte PICO-Frage gefunden werden, da u.a. keine vergleichenden prospektiven RCTs oder Metaanalysen zwischen Patient\*innen mit versus ohne Polytrauma hinsichtlich ernährungstherapeutischer Fragestellungen durchgeführt wurden. Im Expert\*innenkonsens wurde daher folgende Empfehlung zur medizinischen Ernährungstherapie von Polytraumapatient\*innen abgestimmt:

8.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Ernährungstherapie bei Polytraumapatient*innen sollte gemäß den Empfehlungen der aktuellen S2k-Leitlinie „Klinische Ernährung in der Intensivmedizin“ durchgeführt werden (AWMF- Leitlinie 073-004).	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Schieren M, Böhmer AB, Lefering R, Paffrath T, Wappler F, Defosse J. Impact of body mass index on outcomes after thoracic trauma-A matched-triplet analysis of the TraumaRegister DGU<sup>®</sup>. *Injury*. 2019;50(1):96-100.
2. Mogensen KM, Robinson MK, Casey JD, Gunasekera NS, Moromizato T, Rawn JD, et al. Nutritional Status and Mortality in the Critically Ill. *Critical care medicine*. 2015;43(12):2605-15.
3. Pirlich M, Schütz T, Norman K, Gastell S, Lübke HJ, Bischoff SC, et al. The German hospital malnutrition study. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2006;25(4):563-72.
4. Elke G, Hartl WH, Kreymann KG, Adolph M, Felbinger TW, Graf T, et al. Clinical Nutrition in Critical Care Medicine - Guideline of the German Society for Nutritional Medicine (DGEM). *Clinical nutrition ESPEN*. 2019;33:220-75.
5. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2019;38(1):48-79.
6. McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, Warren MM, Johnson DR, Braunschweig C, et al. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). *JPEN Journal of parenteral and enteral nutrition*. 2016;40(2):159-211.

## 9. Lagerung und Physiotherapie

### 9.1 Einleitung

Die Grundprinzipien der Lagerung, Mobilisation und Physiotherapie polytraumatisierter Patient\*innen auf der Intensivstation unterscheiden sich nicht von den aus anderer Ursache kritisch kranken Patient\*innen.

Lagerung, Mobilisation und Physiotherapie werden prophylaktisch eingesetzt, um sekundäre Schäden/Komplikationen zu vermeiden, insbesondere Druckulzerationen, Atemwegsinfekte, Kontrakturen, Muskelschwäche und Immobilität, sowie Delir. Außerdem sollen frühzeitig Verletzungsfolgen und verletzungsbedingte Bewegungseinschränkungen therapiert werden.

Nach Trauma muss eine enge Absprache und Zusammenarbeit im ärztlichem und therapeutischem intensivmedizinischem Behandlungsteam stattfinden, sowohl innerhalb des intensivmedizinischen Teams als auch zwischen intensivmedizinischen Behandlungsteam und den jeweiligen Operateuren der verletzten Körperregionen. Diese betreffen u.a. das tägliche Festlegen der Therapieziele (Tagesziele), individuelle Nutzen-Risikoabwägung für die u.g. Maßnahmen/Empfehlungen, Belastbarkeit von einzelnen Körperregionen, vorliegende Kontraindikation gegen bestimmte Maßnahmen, notwendige Analgesie, Sedierung.

In der 2023 aktualisierten S3-Leitlinie "Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen" (1) werden evidenzbasierte Empfehlungen zum Thema gegeben (s. Tabelle 4).

Tabelle 4. Wichtigste Empfehlungen aus traumatologischer Sicht (1)

Nr.	Empfehlung	GoR (Empfehlungsgrad), LoE (Level of Evidence)
2.1	Wir empfehlen bei intubierten Patient*innen eine Oberkörper-hochlagerung $\geq 40$ unter Abwägung möglicher hämodynamischer Nebenwirkungen und eines erhöhten Risikos für Druckulzera	Starke Empfehlung, LoE1
2.2	Wir schlagen bei Patient*innen mit einem erhöhtem intrazerebralen Druck vor, den Oberkörper so erhöht zu lagern, dass der	Schwache Empfehlung, LoE4

	günstigste Effekt auf den zerebralen Perfusionsdruck entsteht.	
2.7	Wir schlagen vor, eine kontinuierliche laterale Rotationstherapie nicht anzuwenden.	Schwache Empfehlung, LoE2
3.1	Wir empfehlen die Bauchlagerung bei invasiv beatmeten Patienten mit ARDS und Einschränkung der arteriellen Oxygenierung ( $PaO_2/FIO_2 < 150$ ) durchzuführen.	Starke Empfehlung, LoE 1
3.3	Wir empfehlen eine Bauchlagerung mindestens 12 h, optimalerweise 16 h lang durchzuführen.	Starke Empfehlung, LoE1
4.1	Wir empfehlen, Mobilisation von Intensivpatient*innen innerhalb von 72 h nach Aufnahme zu starten.	Starke Empfehlung, LoE1

4.8	Wir empfehlen, eine medizinisch notwendige Immobilisation explizit anzuordnen.	(Expertenmeinung)
4.7	Wir empfehlen auch unter ECMO-Therapie (Früh-)Mobilisation durchzuführen.	Starke Empfehlung, LoE3

4.6	Wir schlagen vor Patient*innen mit Subarachnoidalblutung oder externen Ventrikeldrainagen nach interdisziplinärer Absprache und Risiko-Nutzen-Abwägung zu mobilisieren.	Schwache Empfehlung, LoE4
-----	---	---------------------------

2.3	Wir schlagen vor die Oberkörperhochlagerung unter Beugung von Knie und Hüfte bei Patient*innen mit einem Risiko für eine intrabdominelle Druckerhöhung oder bereits erhöhten intrabdominellen Druck zu vermeiden und stattdessen für die Oberkörperhochlagerung die Anti-Trendelenburg-Lagerung zu bevorzugen.	Schwache Empfehlung, LoE3
-----	--	---------------------------

## **9.2 Lagerung bei speziellen Krankheitsbildern**

### **9.2.1 Grundprinzipien der Lagerung und Ruhigstellung bei Verletzungen der Extremitäten**

Im Allgemeinen dienen die Lagerung und/oder Ruhigstellung verletzter Extremitäten der Analgesie, als abschwellende Maßnahme, der Reposition, der Vermeidung sekundärer Schäden (z.B. der sekundären Dislokation, der Vermeidung von spezifischen Kontrakturen, der konservativen Behandlung von Luxationen, Band- und Sehnenverletzung, oder als Orthese.

Es stehen unterschiedliche Arten der fixierenden Verbände zur Verfügung: Verschiedene Schienen (z. B. Luftkammer oder Vakuumsschienen), Schienen-Verbände (z. B. synthetische Materialien, Gipsschalen), geschaltete oder gespaltene, nicht gelenksübergreifende Verbände, gelenksübergreifende Verbände, Tutor, Splint, Verbände in Kombination mit Extension oder Transfixation, an den Rumpf fixierende Verbände (Desault-, Gilchrist-Verband, Traumaweste), Rucksackverbände, halb elastische fixierende oder stützende Verbände (Tape, Kinesiotape), Dachziegel- oder, Kompressionsverbände. Hinzu kommen Möglichkeiten der dynamischen Ruhigstellung, z.B. mittels Orthesen mit Gelenk. Details werden beschrieben in der S1-Leitlinie „Stützverbände bei Frakturen und Verletzungen“ (2).

Bei Polytraumapatient\*innen auf der Intensivstation sind viele Aspekte zu beachten:

Häufig haben Polytraumapatient\*innen eine eingeschränkte Bewusstseinslage, z.B. aufgrund eines SHT oder aufgrund sedierender Medikamente. Sie können dann nicht frühzeitig über Schmerzen, Druck, Engegefühl, Taubheit und ähnlichen klinischen Frühzeichen für Komplikationen im Zusammenhang mit der Lagerung und/oder dem Verband berichten.

Aus verschiedenen Gründen kann es bei Polytraumapatient\*innen innerhalb kürzester Zeit zu ausgeprägten Volumen- oder Umfangvermehrung an betroffenen Extremitäten kommen, sodass innerhalb kürzester Zeit ein ehemals gut angepasster Verband nun einschnürt oder Druckstellen verursacht bis hin zur Verursachung eines Kompartmentsyndroms.

### **9.2.2 Lagerung bei Patient\*innen mit Schädel-Hirn-Trauma**

Patient\*innen mit SHT mit potentiell oder manifestem erhöhtem intrakraniellen Druck bedürfen besonderer Aufmerksamkeit bei der Lagerung und Positionierung. Die S3–Leitlinie “Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ (1) gibt

Empfehlungen für die optimale Lagerungen dieser Patient\*innen und für welche speziellen Lagerungsmanöver der erhöhte intrakranielle Druck eine relative Kontraindikation darstellt.

### **9.2.3 Lagerung bei Thoraxtrauma**

In der S3-Leitlinie "Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen" (1) werden verschiedene Empfehlungen für Patient\*innen mit akuter respiratorischer Insuffizienz gegeben. Insbesondere sind dies Empfehlungen zur Bauchlagerung bei Patient\*innen mit ARDS, zur Seitenlagerung bei unilateralen Lungenschädigungen und zur kontinuierlichen lateralen Rotationstherapie (KLRT), welche grundsätzlich nicht empfohlen wird.

### **9.2.4 Lagerung bei Wirbelsäulenverletzung**

Eine (noch) nicht operativ versorgte instabile Wirbelsäulenverletzung stellt eine relative Kontraindikation für verschiedene Lagerungsmaßnahmen dar. Für Details wird auf die S3-Leitlinie "Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen" (1) verwiesen. Es werden auch Möglichkeiten aufgezeigt, wie Patient\*innen mit instabiler Wirbelsäulenverletzung zur Prophylaxe von Druckulzera oder Pneumonien alternativ gelagert werden können (z.B. Anti-Trendelenburg-Lagerung).

### **9.2.5 Lagerung bei abdominellem Trauma**

Bei der Lagerung von Patient\*innen nach abdominellem Trauma ist insbesondere auf das Risiko eines erhöhten intraabdominellen Druckes zu achten. Detaillierte Empfehlungen können der S3-Leitlinie "Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen" (1) entnommen werden.

### **9.2.6 Lagerung bei Beckenverletzungen**

Der Hauptblick richtet sich auf die Rückenlagerung situationsbedingt auch die Seitlagerung und die Bauchlagerung sollte gemeinsam im Team abgesprochen werden. Modifikationen sind stets variabel umzusetzen, um Lagerungsläsionen und die komplexen Verletzungen bei einem

Polytrauma vorzubeugen. Dabei ist der Einsatz von Hilfsmitteln wie Liftsysteme (mobil oder deckengestützt) mit entsprechenden Beckentüchern sehr hilfreich.

Bei Beckenfrakturen müssen die Scherkräfte besonders bei der Mobilisation beachtet werden, hier muss eine klare Angabe zur Freigabe der Mobilisation des Operators vorliegen. Die Therapeut\*innen müssen wissen, was erlaubt ist und wie weit die Mobilisation umgesetzt werden darf.

### **9.2.7 Bauchlagerung**

Die Bauchlagerung wird empfohlen bei invasiv beatmeten Patient\*innen mit ARDS und Einschränkung der arteriellen Oxygenierung ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 150$ ) (starke Empfehlung, LoE 1) (1). Als relative Kontraindikationen werden in der Leitlinie ein potenziell oder manifest erhöhter intrakranieller Druck, instabile Wirbelsäulenverletzungen oder ein erhöhter intraabdomineller Druck genannt. Polytraumapatient\*innen können zusätzlich weitere relative Kontraindikationen aufweisen. Beckenverletzungen oder an den Extremitäten anliegende Fixateure externe können die Bauchlagerung technisch erschweren, sind aber keine absoluten Kontraindikationen für die Bauchlagerung. Selbst Patient\*innen mit Extension einer unteren Extremität, z.B. bei einer Acetabulumfraktur sind theoretisch in Bauchlage zu verbringen. Notwendig sind ein erfahrenes<sup>1</sup> Behandlungsteam auf der Intensivstation und eine enge interdisziplinäre Abstimmung bei der Nutzen-Risiko-Abwägung für dieses potenziell komplikationsreiche Lagerungsmanöver.

## **9.3 Mobilisation und Physiotherapie**

Mobilisation und Physiotherapie sind wesentliche Bestandteile einer komplexen Behandlungskette kritisch kranker Patient\*innen. Empfehlenswert ist, vor der Mobilisation mit den Patient\*innen behutsame Bewegungsfunktionen zu erarbeiten und ggf. zu erweitern, verbunden mit einer intensiven Lungenfunktionserhaltung. Abhängig vom Allgemeinzustand des Patient\*innen ist vorrangig, die respiratorische Insuffizienz zu vermeiden. Die Absprache mit den Therapeut\*innen zur Belastbarkeit und die entsprechende Stabilität der unteren

---

<sup>1</sup> Im Sinne dieser Leitlinie schließt ein erfahrenes Behandlungsteam einen Arzt oder eine Ärztin ein, die dem Facharztstandard entspricht.

Extremität muss unabdingbar frühzeitig erfolgen, um ein frühzeitiges und funktionsspezifisches Rehabilitationskonzept zu beginnen.

Die Beurteilung der Stabilität/Belastbarkeit muss bei der Lagerungsarbeit genauso berücksichtigt werden, wie bei einer physiotherapeutischen Behandlung.

Wir unterscheiden drei wesentliche und unabdingbare Belastungseinteilungen

**Lagerungsstabil** – es darf keine Beübung im traumatisierten Bereich durchgeführt werden. Die Mobilisation ist aktuell kontraindiziert, da das Risiko sekundärer Schäden, z.B. durch sekundäre Dislokation überwiegt

**Übungsstabil** – der Patient darf im traumatisierten Bereich Bewegungen durchführen. Dieses kann passiv – assistiv oder aktiv passieren – die Mobilisation findet ohne Belastung statt, u.U. mit dem Einsatz von weiteren Hilfsmitteln, z.B. einem Gehwagen oder Unterarmgehstützen

**Belastungsstabil** – die Belastung ist freigegeben, was bedeutet, es dürfen aktive Bewegungsfunktionen und Muskelfunktionen mit leichten Widerständen erarbeitet werden.

In der S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ (1) wird empfohlen, die Mobilisation von Intensivpatient\*innen innerhalb von 72 Stunden zu starten (starke Empfehlung LoE1). Zusätzlich wird empfohlen, eine medizinisch indizierte Immobilisation explizit anzuordnen (Expert\*innenmeinung).

Für die hier vorliegende Leitlinie wurde eine PICO-Frage formuliert, um für polytraumatisierte Patient\*innen evidenzbasierte Empfehlungen abzugeben, wann eine Immobilisation indiziert ist.

PICO-Frage
Führt eine Bettruhe/Immobilisation im Vergleich zur Standardtherapie (Mobilisation/Physiotherapie) bei Polytraumapatient*innen zu einer Verbesserung der klinischen Ergebnisse?

Es ist bisher ungeklärt, ob polytraumatisierte Patient\*innen mit nicht-operativ versorgten intraabdominellen Verletzungen, insbesondere Laceration von Leber oder Milz, Patient\*innen mit instabilen Wirbelsäulenfrakturen sowie Patient\*innen mit schwerem SHT von einer Immobilisation profitieren.

Innerhalb der Literaturrecherche konnten 247 Literaturstellen identifiziert werden, deren Abstracts gescreent wurden. Es konnte keine kontrolliert randomisierte Studie an Polytraumapatient\*innen zu diesem Thema identifiziert werden.

Im Expert\*innenkonsens wurde folgende Empfehlung zur Lagerung und Mobilisation abgestimmt:

9.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Lagerung, Mobilisation und Physiotherapie bei Polytraumapatient*innen sollte gemäß den Empfehlungen der aktuellen S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ durchgeführt werden (AWMF- Leitlinie 001-015).	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen (AWMF Registernummer 001-015), Version 3.0 (25.07.2023), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-015|\\_S3\\_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen\\_2023-07.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-015|_S3_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen_2023-07.pdf).
2. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V.: S1-Leitlinie Stützverbände bei Frakturen und Verletzungen (AWMF Registernummer 187-013), Version 2.0 (10.03.2019), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/012-009|\\_S1\\_Stuetzverbaende-Frakturen-Verletzungen\\_2019-03\\_01.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/012-009|_S1_Stuetzverbaende-Frakturen-Verletzungen_2019-03_01.pdf).

## 10. Multiorganversagen und Organersatztherapie

Polytraumapatient\*innen, besitzen ein stark erhöhtes Risiko, ein Multiorganversagen zu entwickeln. Das Multiorganversagen kennzeichnet einen akut lebensbedrohlichen Zustand, der durch die Fehlfunktion von zwei oder mehr Organen definiert ist, oft als Folge einer Sepsis oder einer anderen schweren traumatischen Gewebeschädigung. Eine rechtzeitige und angemessene Behandlung ist für die Prävention und das Management des Multiorganversagens bei Polytraumapatient\*innen entscheidend (1).

Zusammenfassend ist das Multiorganversagen das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels zwischen der/den ursprünglichen Verletzung/en, der systemischen Entzündungsreaktion und der nachfolgenden Organdysfunktion. Die ursprüngliche Verletzung oder Infektion löst eine systemische Entzündungsreaktion aus, die u.a. zu einer dysregulierten Wirtsreaktion, einer endothelialen Dysfunktion und einer Gewebhypoxie führen kann. Diese Kaskade von Ereignissen kann zu multiplen Organdysfunktionen führen, die schließlich in einem Multiorganversagen münden. Als weiterer Mechanismus wird eine bislang allerdings nur unzureichend untersuchte gestörte Inter-Organkommunikation diskutiert (2, 3)).

Bei der Sepsis handelt es sich um eine lebensbedrohliche Organfunktionsstörung, die durch eine Infektion verursacht wird, die mit einer Regulationsstörung des menschlichen Körpers einhergeht. Eine frühzeitige Erkennung und Behandlung der Sepsis können nachweislich die schweren Folgen der Infektion verhindern oder zumindest abmildern. Bei Polytraumapatient\*innen sind die frühzeitige Erkennung und Behandlung der Sepsis von entscheidender Bedeutung, um das Risiko eines Multiorganversagens zu verringern. Unter anderem die rasche Einleitung einer angemessenen antimikrobiellen Therapie, die Kontrolle der Infektionsquelle und unterstützende Pflegemaßnahmen sind entscheidende Bestandteile des Sepsismanagements.

Das Multiorganversagen, als bekannte und gefürchtete Komplikation, von Polytraumapatient\*innen ist von zentraler Bedeutung für die Intensivmedizin. Einzelne Organfunktionen können durch Organersatzverfahren wie z.B. eine Nierenersatztherapie, eine ECMO bzw. Unterstützungssystemen für die Leber vorübergehend- oder dauerhaft (teil-) kompensiert werden.

Dieses Kapitel fasst Empfehlungen zu den nachfolgenden Organersatzverfahren im Rahmen der Therapie von Polytraumapatient\*innen zusammen:

- a) Nierenersatztherapie (RRT)
- b) Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)

### **10.1 Nierenersatzverfahren**

Die RRT wird zur Behandlung der akuten Nierenschädigung (AKI) eingesetzt, einer häufigen Manifestation des Multiorganversagens. Zu den RRT-Modalitäten gehören die kontinuierliche Nierenersatztherapie (CRRT) und die intermittierende Hämodialyse (IHD). Die CRRT wird häufig bei instabilen Patienten bevorzugt, da sie kontinuierlich und schrittweise gelöste Stoffe entfernt und den Flüssigkeitshaushalt kontrolliert (4-6). Für den Einsatz von Nierenersatzverfahren im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung von Polytraumapatient\*innen existiert keine Evidenz aus prospektiv randomisierten Studien, so dass sich die Empfehlungen aus der klinischen Erfahrung ableiten müssen. Für den idealen Zeitpunkt des Beginns einer CRRT bestehen in der Literatur teils widersprüchliche Aussagen (7-10). Einen eindeutigen Vorteil eines frühen gegenüber eines späten Beginns einer CRRT in Bezug auf die Mortalität konnte nicht festgestellt werden (7-10).

### **10.2 Extrakorporale Membranoxygenierung**

Die ECMO wird bei schwerem Atemversagen eingesetzt, das auf die herkömmliche mechanische Beatmung nicht anspricht. Dabei wird dem Patienten Blut entnommen, diesem wird dann mit Hilfe einer künstlichen Membran Sauerstoff zugeführt und Kohlendioxid entzogen und danach Blut dem Patienten wieder zugeführt. Die ECMO kann venös-venös (VV-ECMO) erfolgen, wobei nur die Lunge unterstützt wird, oder venös-arteriell (VA-ECMO), wobei sowohl die Lunge als auch das Herz unterstützt werden. Die von der DIVI Sektion Hämodynamik vorgeschlagene Nomenklatur, bei der die VA-ECMO als ECLS bezeichnet wird (11), hat sich bislang außerhalb der herzchirurgischen oder kardioanästhesiologischen Literatur nicht durchsetzen können (12). Die ECMO kann bei ARDS oder kardiogenem Schock lebensrettend sein (13). Prospektiv-randomisierte Studien bei Polytraumapatient\*innen konnten nicht identifiziert werden und auch in größeren RCT konnten lediglich Einzelfälle von eingeschlossenen Patient\*innen gescreent werden, jedoch waren die Fallzahlen zur Datenextraktion zu gering (14). Aus diesem Grund basieren die nachfolgenden Aussagen auf

retrospektiven Single-Center- bzw. Registerstudien. In einer aktuellen retrospektiven Single-Center Studie konnte gezeigt werden, dass ein früher Beginn einer VV-ECMO bei Polytraumapatient\*innen mit ARDS zu einer raschen Stabilisierung der Oxygenierung und/oder Beatmungstherapie führt und somit die Voraussetzungen für weitere notwendige frühzeitige Operationen bietet. In dem Kollektiv von insgesamt 75 Patient\*innen konnten keine Mortalitätsunterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden (15). Die in der Regel notwendige Antikoagulation bei einer ECMO-Behandlung wird häufig als Kontraindikation zur Durchführung dieser Therapieoption bei Patient\*innen mit SHT angesehen. Zwei aktuelle retrospektive Registeranalysen aus den USA bzw. dem TraumaRegister DGU konnten zeigen, dass auch bei Patient\*innen mit SHT eine ECMO-Behandlung in 62 % bzw. 66 % überlebt wird, trotz der erwarteten höheren Mortalität im Vergleich zu Patient\*innen ohne begleitendes SHT, die eine Mortalität von 13 % bzw. 21.2 % aufweisen (16, 17). Insgesamt scheinen die Chancen einer ECMO-Behandlung bei Polytraumapatient\*innen die Risiken zu überwiegen, so dass bei entsprechender Indikation und fehlenden alternativen Therapieoptionen eine ECMO-Behandlung erfolgen sollte (18-22).

Für die hier vorliegende Leitlinie wurde eine PICO-Frage zur Anwendung einer extrakorporalen Membranoxygenierung formuliert:

PICO-Frage

Führt eine frühe ECMO bei Polytraumapatient\*innen mit ARDS, im Vergleich zu einer späten ECMO, zu einer Verbesserung der klinischen Behandlungsergebnisse?

Es wurden 91 Literaturstellen identifiziert und entsprechend ein Abstractscreening durchgeführt. 23 potenziell relevante Artikel wurden einer Volltextsuche unterzogen, welche keine Evidenz identifizieren konnte.

Im Expert\*innenkonsens wurde folgende Empfehlung abgestimmt:

10.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei der Anwendung der extrakorporalen Membranoxygenierung sollten die Empfehlungen der AWMF S3-Leitlinie „Extrakorporale Zirkulation (ECLS / ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen“ (AWMF-Nr. 011 – 021) sowie der „S3 Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ angewendet werden (AWMF-Nr. 001 - 021).	
	starker Konsens	

Des Weiteren wurde für die hier vorliegende Leitlinie eine PICO-Frage zur Definition, Diagnose und Behandlung von Multiorganversagen formuliert:

PICO-Frage
Wie wirkt sich die Definition, Diagnose und Behandlung von Multiorganversagen bei Polytraumapatient*innen auf die Verbesserung der Patientenergebnisse aus?

Es wurden 154 Literaturstellen identifiziert und entsprechend ein Abstractscreening durchgeführt. 16 potenziell relevante Artikel wurden einer Volltextsuche unterzogen, welche keine Evidenz identifizieren konnte.

Zuletzt wurde für die hier vorliegende Leitlinie eine PICO-Frage zur extrakorporalen Lebenserhaltung formuliert:

PICO-Frage
Welchen Einfluss hat der Einsatz von extrakorporaler Lebenserhaltung auf die Ergebnisse von Polytraumapatient*innen im Vergleich zu Patient*innen, die keine extrakorporale Lebenserhaltung erhalten?

Es wurden 123 Literaturstellen identifiziert und entsprechend ein Abstractscreening durchgeführt. Acht potenziell relevante Artikel wurden einer Volltextsuche unterzogen, welche keine Evidenz identifizieren konnte.

## Referenzen

1. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, Bellomo R, Bernard GR, Chiche JD, Coopersmith CM, Hotchkiss RS, Levy MM, Marshall JC, Martin GS, Opal SM, Rubenfeld GD, van der Poll T, Vincent JL, Angus DC. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016 Feb 23;315(8):801-10. doi: 10.1001/jama.2016.0287. PMID: 26903338; PMCID: PMC4968574.
2. Asada T, Aoki Y, Sugiyama T, Yamamoto M, Ishii T, Kitsuta Y, Nakajima S, Yahagi N, Doi K. Organ system network disruption in nonsurvivors of critically ill patients. *Crit Care Med*. 2016; 44: 83-90.
3. Asada T, Doi K, Inokuchi R, Hayase N, Yamamoto M, Morimura N. Organ system network analysis and biological stability in critically ill patients. *Crit Care* 2019; 23: 83-92.
4. Davenport A, Will EJ, Davidson AM. Improved cardiovascular stability during continuous modes of renal replacement therapy in critically ill patients with acute hepatic and renal failure. *Crit Care Med*. 1993 Mar;21(3):328-38. doi: 10.1097/00003246-199303000-00007. PMID: 8440100.
5. Wald R, Beaubien-Souligny W, Chanchlani R, Clark EG, Neyra JA, Ostermann M, Silver SA, Vaara S, Zarbock A, Bagshaw SM. Delivering optimal renal replacement therapy to critically ill patients with acute kidney injury. *Intensive Care Med*. 2022 Oct;48(10):1368-1381. doi: 10.1007/s00134-022-06851-6. Epub 2022 Sep 6. PMID: 36066597.
6. Truche AS, Darmon M, Bailly S, Clec'h C, Dupuis C, Misset B, Azoulay E, Schwebel C, Bouadma L, Kallel H, Adrie C, Dumenil AS, Argaud L, Marcotte G, Jamali S, Zaoui P, Laurent V, Goldgran-Toledano D, Sonnevile R, Souweine B, Timsit JF; OUTCOMEREA Study Group. Continuous renal replacement therapy versus intermittent hemodialysis in intensive care patients: impact on mortality and renal recovery. *Intensive Care Med*. 2016 Sep;42(9):1408-17. doi: 10.1007/s00134-016-4404-6. Epub 2016 Jun 3. Erratum in: *Intensive Care Med*. 2016 Sep;42(9):1523. PMID: 27260258.
7. Payen D, Mateo J, Cavaillon JM, Fraise F, Floriot C, Vicaut E; Hemofiltration and Sepsis Group of the Collège National de Réanimation et de Médecine d'Urgence des Hôpitaux extra-Universitaires. Impact of continuous venovenous hemofiltration on organ failure during the early phase of severe sepsis: a randomized controlled trial. *Crit Care Med*. 2009 Mar;37(3):803-10. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181962316. PMID: 19237881.
8. Gaudry S, Hajage D, Schortgen F, Martin-Lefevre L, Pons B, Boulet E, Boyer A, Chevrel G, Lerolle N, Carpentier D, de Prost N, Lautrette A, Bretagnol A, Mayaux J, Nseir S, Megarbane B, Thirion M, Forel JM, Maizel J, Yonis H, Markowicz P, Thierry G, Tubach F, Ricard JD, Dreyfuss D; AKIKI Study Group. Initiation Strategies for Renal-Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. *N*

- Engl J Med. 2016 Jul 14;375(2):122-33. doi: 10.1056/NEJMoa1603017. Epub 2016 May 15. PMID: 27181456.
9. STARRT-AKI Investigators; Canadian Critical Care Trials Group; Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group; United Kingdom Critical Care Research Group; Canadian Nephrology Trials Network; Irish Critical Care Trials Group; Bagshaw SM, Wald R, Adhikari NKJ, Bellomo R, da Costa BR, Dreyfuss D, Du B, Gallagher MP, Gaudry S, Hoste EA, Lamontagne F, Joannidis M, Landoni G, Liu KD, McAuley DF, McGuinness SP, Neyra JA, Nichol AD, Ostermann M, Palevsky PM, Pettilä V, Quenot JP, Qiu H, Rochweg B, Schneider AG, Smith OM, Thomé F, Thorpe KE, Vaara S, Weir M, Wang AY, Young P, Zarbock A. Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury. N Engl J Med. 2020 Jul 16;383(3):240-251. doi: 10.1056/NEJMoa2000741. Erratum in: N Engl J Med. 2020 Jul 15;: PMID: 32668114.
  10. Barbar SD, Clere-Jehl R, Bourredjem A, Hernu R, Montini F, Bruyère R, Lebert C, Bohé J, Badie J, Eraldi JP, Rigaud JP, Levy B, Siami S, Louis G, Bouadma L, Constantin JM, Mercier E, Klouche K, du Cheyron D, Piton G, Annane D, Jaber S, van der Linden T, Blasco G, Mira JP, Schwebel C, Chimot L, Guiot P, Nay MA, Meziani F, Helms J, Roger C, Louart B, Trusson R, Dargent A, Binquet C, Quenot JP; IDEAL-ICU Trial Investigators and the CRICS TRIGGERSEP Network. Timing of Renal-Replacement Therapy in Patients with Acute Kidney Injury and Sepsis. N Engl J Med. 2018 Oct 11;379(15):1431-1442. doi: 10.1056/NEJMoa1803213. PMID: 30304656.
  11. Trummer G, Bein B, Buerke M, Ebelt H, Groesdonk HV, Haake N, Habicher M, Heringlake M, Marggraf G, Stingle R, Sander M, Markewitz A. Standardized terminology of mechanical heart, lung and circulatory assist devices: A recommendation of the Section „Heart and Circulation“ of the German Interdisciplinary Association of Critical Care Medicine. ACP 2011; 15: 181-182
  12. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Extrakorporale Zirkulation (ECLS / ECMO), Einsatz bei Herz-und Kreislaufversagen (AWMF Registernummer 011-021), Version 1.0 (20.08.2020), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/011-021l\\_S3\\_Einsatz-der-extrakorporalen-Zirkulation-ECLS-ECMO-bei-Herz-Kreislaufversagen\\_2021-02.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/011-021l_S3_Einsatz-der-extrakorporalen-Zirkulation-ECLS-ECMO-bei-Herz-Kreislaufversagen_2021-02.pdf).
  13. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.: S3-Leitlinie Intravasale Volumentherapie beim Erwachsenen (AWMF Registernummer 001-020), Version 2.0 (21.07.2020), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l\\_S3\\_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene\\_2020-10.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-020l_S3_Intravasale-Volumentherapie-Erwachsene_2020-10.pdf).
  14. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, Hibbert CL, Truesdale A, Clemens F, Cooper N, Firmin RK, Elbourne D; CESAR trial collaboration. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation

- for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2009 Oct 17;374(9698):1351-63. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61069-2. Epub 2009 Sep 15. Erratum in: *Lancet*. 2009 Oct 17;374(9698):1330. PMID: 19762075.
15. Powell MEK, Reynolds TS, Webb JK, Kundi R, Cantu J, Keville M, O'Connor JV, Stein DM, Hanson MP, Taylor BS, Scalea TM, Galvagno SM Jr. Early Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation is an Effective Strategy for Traumatically Injured Patients Presenting with Refractory Respiratory Failure. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023 May 29. doi: 10.1097/TA.0000000000004057. Epub ahead of print. PMID: 37246288.
  16. Mader MM, Lefering R, Westphal M, Maegele M, Czorlich P. Extracorporeal membrane oxygenation in traumatic brain injury - A retrospective, multicenter cohort study. *Injury*. 2023 May;54(5):1271-1277. doi: 10.1016/j.injury.2023.01.002. Epub 2023 Jan 4. PMID: 36621363.
  17. Hatfield J, Ohnuma T, Soto AL, Komisarow JM, Vavilala MS, Laskowitz DT, James ML, Mathew JP, Hernandez AF, Goldstein BA, Treggiari M, Raghunathan K, Krishnamoorthy V. Utilization and Outcomes of Extracorporeal Membrane Oxygenation Following Traumatic Brain Injury in the United States. *J Intensive Care Med*. 2023 May;38(5):440-448. doi: 10.1177/08850666221139223. Epub 2022 Nov 29. PMID: 36445019.
  18. Bedeir K, Seethala R, Kelly E. Extracorporeal life support in trauma: Worth the risks? A systematic review of published series. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017 Feb;82(2):400-406. doi: 10.1097/TA.0000000000001292. PMID: 27779589.
  19. Robba C, Ortu A, Bilotta F, Lombardo A, Sekhon MS, Gallo F, Matta BF. Extracorporeal membrane oxygenation for adult respiratory distress syndrome in trauma patients: A case series and systematic literature review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017 Jan;82(1):165-173. doi: 10.1097/TA.0000000000001276. PMID: 27779577.
  20. Wang C, Zhang L, Qin T, Xi Z, Sun L, Wu H, Li D. Extracorporeal membrane oxygenation in trauma patients: a systematic review. *World J Emerg Surg*. 2020 Sep 11;15(1):51. doi: 10.1186/s13017-020-00331-2. PMID: 32912280; PMCID: PMC7488245.
  21. Ehrlich H, Bisbee C, Ali A, Fanfan D, Gill S, McKenney M, Elkbuli A. Extracorporeal Membrane Oxygenation Utilization in Blunt and Penetrating Traumatic Injuries: A Systematic Review. *Am Surg*. 2022 Nov;88(11):2670-2677. doi: 10.1177/00031348211011112. Epub 2021 Apr 18. PMID: 33870718.
  22. Henry R, Ghafil C, Piccinini A, Liasidis PK, Matsushima K, Golden A, Lewis M, Inaba K, Strumwasser A. Extracorporeal support for trauma: A trauma quality improvement project (TQIP) analysis in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Emerg Med*. 2021

Oct;48:170-176. doi: 10.1016/j.ajem.2021.04.083. Epub 2021 Apr 30. PMID: 33962131; PMCID: PMC9758480.

## 11. Wundmanagement

Falls im Schockraum oder im Rahmen der ersten operativen Versorgungsphase noch nicht erfolgt, wird der chirurgische Wundverschluss bettseitig auf der Intensivstation durchgeführt. Je nach Verletzungsmuster und Wundbeschaffenheit wird auch aus forensischen Gründen eine Fotodokumentation der Wunden empfohlen. Insbesondere bei chronischen Wunden und Dekubiti wird durch eine regelmäßige Wunddokumentation der Fortschritt der Wundheilung dokumentiert.

Vor jeder chirurgischen Wundversorgung wird grundsätzlich die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität überprüft und dokumentiert.

Die chirurgische Wundversorgung wird auch bettseitig unter streng aseptischen Bedingungen durchgeführt.

Eine chirurgische Wundversorgung wird in einem Zeitraum von sechs bis acht Stunden, an der Hand auch bis zu 12 bis 24 Stunden (1) durchgeführt.

Der Zeitpunkt des Wundverschlusses von primär entstandenen posttraumatischen Wunden bei offenen Unterschenkelfrakturen wurde unter anderem bei Chan et al. untersucht. Hierbei konnte gezeigt werden, dass in einer RCT von 458 untersuchten Personen mehr tiefer greifende Wundinfektionen bei sofortigem Wundverschluss entstanden sind, wohingegen eine verzögerte chirurgischer Wundversorgung von im Schnitt 5,9 Tagen mit einem erhöhten Risiko einer sekundären offenen Wundbehandlung assoziiert war (2). Hierbei wurden die Wunden bis zum definitiven Wundverschluss einer offenen Wundbehandlung mit Verbänden oder einer Vakuumtherapie zugezogen (eine Unterteilung der beiden Gruppen hat nicht stattgefunden).

Zu prüfen ist, ob bei der vorliegenden Wunde ein primärer Wundverschluss möglich ist, oder ob aufgrund der Entität und Beschaffenheit oder des Kontaminationsgrades der Wunde (z.B. bei Bissverletzungen) eine sekundär offene Wundbehandlung zu präferieren ist.

Frische Schnittwunden mit glatt begrenzten Wundrändern werden unter sterilen Bedingungen versorgt.

Zum Wundverschluss eignen sich unterschiedliche Fadenmaterialien bzw. Hautklammern, sowie unterschiedliche chirurgische Techniken (3).

Die Möglichkeit einer knotenfreien Technik mit Fadenmaterialien mit Widerhaken scheinen sich, wie bei Rubin et al erörtert wird (4) insbesondere hinsichtlich einer Zeitersparnis (12.0

vs. 19.2 Minuten;  $p < .001$ ) bei Hautnähten nach plastisch chirurgischen Eingriffen als sinnvoll zu erweisen. Auch die Anwendung einer Hautklammernaht ist ein zeitsparendes Verfahren. In Bezug auf elektive gastrointestinale Chirurgie konnte bei Maurer et al gezeigt werden, dass eine Klammernaht nicht häufiger zu Wundinfekten führt, jedoch tendenziell häufiger mit Wunddehiszenzen assoziiert zu sein scheinen. (5). Bei Patient\*innen mit vorangegangenen lateralen Hüftgelenksarthrotomie, wie bei Glennie et al untersucht, liegt bei durchgeführter Hautklammernaht eine Zeitersparnis von 8 Minuten vor ( $p < 0.001$ ). Hinsichtlich des Ergebnisses nach sechs und acht Wochen liegen hier keine Unterschiede zwischen Hautnaht und Hautklammern vor (6). Es existieren allerdings noch nicht genug Studien, die eine Klammernaht gegenüber einer Hautnaht präferieren, insbesondere im Kontext von Polytraumapatient\*innen.

Vor dem eigentlichen Wundverschluss wird eine geeignete Wundreinigung und Desinfektion durchgeführt. Die primäre Reinigung der Wunde erfolgt mit Polihexanid (Prontosan) oder Octenidindihydrochlorid (Octenisept). Hierbei müssen die Herstellerangaben und insbesondere die Einwirkzeiten beachtet werden. Im Anschluss erfolgt die Infiltrationsanästhesie der Wundränder in üblicher Technik mit einem geeigneten Lokalanästhetikum (z.B. mit Xylonest) (1) und die Inspektion und erneute Spülung der Wunde. Ziel der Wundnaht ist eine spannungsfreie Adaptation der Wundränder, hierfür kann eine Nachresektion der Wundränder notwendig werden. Der Wundverschluss muss weitestgehend spannungsfrei erfolgen. Nach Wundverschluss wird die Wunde in steriler Technik mit einem Verband verschlossen.

Der Zeitpunkt der Entfernung des Nahtmaterials richtet sich nach den Maßgaben des Operateurs, der Komplexität der Wunde und der Lokalisation. Hierbei sollte Nahtmaterial im Bereich des Kopfes innerhalb von 4-6 Tagen, im Bereich des Rumpfes nach 5 bis 10 Tagen (Wunden nach Laparoskopie eher nach 7, Wunden nach Laparotomien eher nach 10 Tagen), im Bereich der Extremitäten nach 10 bis 14 Tagen entfernt werden (3).

Hierzu sollten ebenfalls die geltenden internen SOPs (standard operating procedure) für den jeweiligen chirurgischen Eingriff beachtet werden.

Patient\*innen mit jeder Art von offenen Wunden erhalten gemäß der gültigen Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) (Impfschema bei Verletzungen) eine Tetanusimpfung.

Für die hier vorliegende Leitlinie wurde zu den folgenden PICO-Fragen eine Literaturrecherche durchgeführt:

PICO-Fragen
- Was ist der optimale Zeitpunkt für die chirurgische Therapie von Weichteilverletzungen bei kritisch kranken Polytraumapatient*innen?
- Wie kann die Antibiotikatherapie bei kritisch kranken Polytraumapatient*innen mit Weichteilverletzungen effektiv gesteuert werden?
- Welche Möglichkeiten gibt es für ein spezielles Wundmanagement bei kritisch kranken Polytraumapatient*innen mit Weichteilverletzungen?
- Wie kann das Management von Polytraumapatient*innen optimiert werden, um die Entwicklung von Druckgeschwüren (Dekubitus) zu verhindern?

Es wurden 50 Literaturstellen identifiziert und entsprechend ein Abstractscreening durchgeführt und 2 potenziell relevante Artikel einer Volltextsuche unterzogen. Es konnte keine Evidenz identifiziert werden.

Im Expert\*innenkonsens wurden folgende Empfehlung zur Wundversorgung abgestimmt:

11.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Falls eine primäre Wundversorgung bei Polytraumapatient*innen auf der Intensivstation notwendig wird, sollten die kritischen Zeitintervalle des Wundverschlusses beachtet werden.	
	starker Konsens	

### 11.1 Verbandwechsel und Wundkontrolle

Die Wahl des Wundverbandes richtet sich nach der Stärke der (postoperativen) Wundsekretion und dem Ausmaß der chirurgischen Intervention.

Es gilt insbesondere bei jedem Verbandwechsel und jeder chirurgischen Wundversorgung die aktuell gültigen Maßnahmen der Händehygiene zu beachten (7). Nach einer Primärnaht

empfiehlt sich zunächst ein steriler Kompressenverband zur Absorption von Blut und noch entstehender Wundflüssigkeit. Verbandswechsel erfolgen gemäß den Empfehlungen der KRINKO und der SOP postoperativer Verbandswechsel (Prävention postoperativer Wundinfektionen: Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut 2018) (7). Der erste postoperative Verbandswechsel erfolgt demnach „nicht eher als 48 Stunden nach dem primären Wundverschluss“. „Auch nach Ablauf der 48 Stunden muss der Verband nicht unmittelbar gewechselt werden, solange keine Komplikationen auftreten. Der Zustand der Wunde ist täglich zu kontrollieren und zu dokumentieren. Dies kann durch Palpation der Wundnaht durch den geschlossenen Verband erfolgen (mit desinfizierten Händen!) oder als Sichtkontrolle durch moderne transparente Wundverbände.“ Ein Verbandswechsel wird immer dann notwendig, wenn der Verband seine Schutzfunktion nicht mehr erfüllt, wie bei Durchnässung, Verschmutzung oder Ablösung. Zusätzlich wird eine Wundkontrolle bei Infektionszeichen und untypischen Wundschmerzen jederzeit durchgeführt.

Beim Verbandswechsel wird die Wunde mit NaCl oder Ringer getränkten sterilen Kompressen abgetupft. Eine Reinigung mit aseptischen Mitteln empfiehlt sich aufgrund einer möglichen Hautreizung und dadurch verzögerten Ausbildung von Granulationsgewebe nicht (1).

Bei komplikationsloser Wundheilung und trockenen Wundverhältnissen kann auf einen Verband mit einer semipermeablen Polyurethan Folie gewechselt werden. Dies ermöglicht zum einen den Erhalt eines wundheilungsfördernden Milieus und gleichzeitig eine visuelle Beurteilung der Wundränder ohne Wechsel des Verbandes. Zu beachten sind die herstellerepezifischen Angaben über die Dauer der Anwendung und die empfohlenen Wechselintervalle des Folienverbandes.

## **11.2 Offene Wundbehandlung und Wundauflagen**

Bei Wunden mit erhöhter Infektionsgefahr kann eine verzögerte Primärnaht (Adaptation der Wundränder im Anschluss an eine primär offene Wundbehandlung nach zwei bis sieben Tagen vor Ausbildung von Granulationsgewebe) oder eine Sekundärnaht (Adaptation der Wundränder frühestens nach acht Tagen bei Ausbildung von Granulationsgewebe am Wundgrund) sinnvoll sein.

Insbesondere in der Nachbehandlung von primär offen belassenen, komplexen kontaminierten oder chronischen Wunden ist die Wahl einer passenden Wundauflage entscheidend. Ziel ist es ein physiologisches Wundmilieu aufrecht zu erhalten. Sekundär, offene und chronische Wunden sollten regelmäßig gespült werden (steriles NaCl, Lavasept oder Ringer) (8). Die Art der Wundauflage richtet sich hierbei zunächst danach, ob es sich um eine infizierte Wunde handelt oder nicht und im zweiten Schritt nach der Exsudationsmenge. Nicht infektiöse Wunden mit geringer Exsudationsmenge können beispielsweise mit Silikon-, Hydrogel- oder Hydrocolloid-Folienverbänden versorgt werden. Bei stärkeren Exsudationsmengen werden Schaumverbände empfohlen.

Infizierte Wunden werden mindestens einmal täglich gespült. Bei Entwicklung von Nekrosen und festen Belägen erfolgt ein Wunddebridement bis ins gesunde Gewebe, dies kann auch ein chirurgisches Wunddebridement im OP unter Narkose erforderlich machen. Bei der Ausbildung von Wundtaschen wird mittels Einlage von sterilen Kompressen oder Laschen ein Abfluss gewährleistet.

Bei chronischen und komplexen Wunden empfiehlt sich ein interdisziplinäres Wundmanagement, wie es bereits in mehreren observativen Studien für das chronische Ulcus cruris als positiv bewertet wurde (9).

Folgende Empfehlung wurde im Expert\*innenkonsens abgestimmt:

11.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Bei Polytraumapatient*innen mit komplexen Wunden sollte frühzeitig eine interdisziplinäre Evaluation und ein interprofessionelles Wundmanagement erfolgen.	
	starker Konsens	

### 11.3 Vakuumverbände

Bei dem Vakuumverband handelt es sich um eine Sonderform des feuchten Wundverbandes mit luftdichter Abdeckung. Folgende Empfehlung wurde im Expert\*innenkonsens abgestimmt:

11.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Unterdruck-Therapie bei Polytraumapatient*innen sollte zum Einsatz kommen, wenn der primäre Wundverschluss bei komplexen Wunden nicht möglich ist.  Sobald der Wundzustand es zulässt, sollte die Unterdruck-Therapie frühestmöglich beendet und eine definitive Versorgung durchgeführt werden.	
	starker Konsens	

#### 11.4 Thermische Verletzungen

11.4	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Wundversorgung thermischer Verletzungen bei Polytraumapatient*innen sollte gemäß den Empfehlungen der „Leitlinie zur Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen“ erfolgen (AWMF-Leitlinie 044 - 001).	
	starker Konsens	

#### 11.5 Wundversorgung bei Patient\*innen mit anliegendem Fixateur externe oder Extensionsvorrichtungen

Patient\*innen mit externen Fixateuren und angelegten Extensionsvorrichtungen stellen insbesondere in Bezug auf das Risiko einer Entwicklung von sekundären Wunden durch lagerungsbedingte Druckstellen und Dekubiti eine Risikogruppe dar. Daher sollte insbesondere bei dieser Patient\*innengruppe die Empfehlungen zur Lagerung (vgl. Kapitel 13) beachtet werden.

Zur Vermeidung von tiefergehenden Infektionen bei anliegenden externen Fixateuren sollte eine regelmäßige Pin-Pflege und Pflege des externen Fixateurs durchgeführt werden. Hierbei empfiehlt sich eine mechanische Reinigung der Pin Stellen mit einem geeigneten Desinfektionsmittel unter Beachtung der Herstellerangaben und Einwirkzeiten. Insbesondere

bei Hinweisen auf das Vorliegen einer Pin-Infektion sollte eine chirurgische Konsultation erfolgen.

### **11.6 Patient\*innenindividuelle Einflussfaktoren**

Grundsätzlich sollten bei allen Wunden immunsuppressive Faktoren, die zu einer schlechten oder fehlenden Wundheilung führen können, bedacht und im Vorfeld optimiert werden. Hierzu zählen die Einnahme von immunsuppressiven Medikamenten.

Auch eine Fehl- oder Mangelernährung können die Wundheilung erschweren (vgl. hierzu Kapitel 8).

Patient\*innenbezogene Risikofaktoren, wie Nikotin- oder Alkoholabusus wirken sich, wie bei Saeedinia et al. gezeigt wurde negativ auf die Wundheilung aus (10).

Ein besonderes Augenmerk sollte auch auf die Durchblutungssituation gelegt werden. Bei Patient\*innen mit pAVK sollte bei Wunden und Verletzungen der unteren Extremität zeitnah eine gefäßchirurgische Konsultation erfolgen und eine interventionelle oder chirurgische Rekanalisation zur Verbesserung der Durchblutungssituation erwogen werden.

## Referenzen

1. Aymar M, Bernd L, Bickert B, Breusch S, Carstens C, Dittler S, et al. Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-95251>.
2. Chandler J CM, McKenzie J, Boutron I, Welch V Cochrane Methods. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2016.
3. Beidas OE, Gusenoff JA. Deep and Superficial Closure. Aesthetic surgery journal. 2019;39(Suppl\_2):S85-s93.
4. Rubin JP, Hunstad JP, Polynice A, Gusenoff JA, Schoeller T, Dunn R, et al. A multicenter randomized controlled trial comparing absorbable barbed sutures versus conventional absorbable sutures for dermal closure in open surgical procedures. Aesthetic surgery journal. 2014;34(2):272-83.
5. Maurer E, Reuss A, Maschuw K, Aminossadati B, Neubert T, Schade-Brittinger C, et al. Superficial Surgical Site Infection Following the Use of Intracutaneous Sutures Versus Staples. Dtsch Arztebl International. 2019;116(21):365-71.
6. Glennie RA, Korczak A, Naudie DD, Bryant DM, Howard JL. MONOCRYL and DERMABOND vs Staples in Total Hip Arthroplasty Performed Through a Lateral Skin Incision: A Randomized Controlled Trial Using a Patient-Centered Assessment Tool. The Journal of arthroplasty. 2017;32(8):2431-5.
7. Prävention postoperativer Wundinfektionen. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 2018;61(4):448-73.
8. Bode T, Horn T, Schüning A. Wundmanagement - Wundversorgung in der täglichen Praxis. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2022.
9. Wang C, Mai L, Yang C, Liu D, Sun K, Song W, et al. Reducing major lower extremity amputations after the introduction of a multidisciplinary team in patient with diabetes foot ulcer. BMC Endocrine Disorders. 2016;16(1):38.
10. Saeedinia S, Nouri M, Azarhomayoun A, Hanif H, Mortazavi A, Bahramian P et al. The incidence and risk factors for surgical site infection after clean spinal operations: A prospective cohort study and review of the literature. Surg Neurol Int 2015;6:154.

## 12. Antikoagulation und Thromboseprophylaxe

Zu den Themengebieten „Beginn einer Antikoagulationstherapie nach Polytrauma“, und „Beginn einer Thrombozytenaggregationshemmung nach Polytrauma“ konnte auf dem Niveau von Systematic Reviews oder Metaanalysen keine Arbeiten identifiziert werden, die explizit auf Polytraumapatient\*innen eingehen. Zur Fragestellung nach Kontraindikationen zur medikamentösen Thromboseprophylaxe konnten ebenfalls keine Arbeiten gefunden werden. Im Rahmen der Recherche wurde lediglich ein Cochrane Review identifiziert, der unter anderem die Auswirkung von Vena Cava Filtern und Antikoagulationstherapie vs. Antikoagulationstherapie allein untersucht (1). Für die Kohorte Polytrauma wurde in diesem Review lediglich eine Studie eingeschlossen. Für keines der Outcomes (Blutung, Mortalität, Thrombose, Lungenembolie) konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die zweite Aktualisierung der CHEST-Guideline (2) nimmt keinen Bezug zu Polytraumapatient\*innen. Die in dieser Leitlinie beschriebenen Kriterien zur Entscheidung für oder gegen eine Antikoagulation erscheinen für das Setting einer Intensivstation bzw. die kritische Erkrankungsphase nicht zielführend oder passend. Die S3-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE) (3) beschreibt verschiedene Risikogruppen für die Entstehung von VTE, wobei Patient\*innen mit Polytrauma der höchsten Risikogruppe zugeordnet werden. Maßnahmen zur VTE-Prophylaxe lassen sich in Basismaßnahmen, physikalische Maßnahmen und medikamentöse Maßnahmen unterteilen. Patient\*innen mit hohem VTE-Risiko sollen eine medikamentöse Therapie erhalten, die mit Basismaßnahmen (z.B. Frühmobilisation, Bewegungsübungen) ergänzt werden sollte und mit physikalischen Maßnahmen (z.B. intermittierende pneumatische Kompression) ergänzt werden kann. Bereits im Rahmen der Risikoabschätzung verweist die Leitlinie auf die Notwendigkeit einer individuellen Risikoabschätzung und der Berücksichtigung von Faktoren wie Art und Umfang von Trauma oder Eingriff sowie dispositionellen Faktoren. Gerade der Beginn einer antithrombotischen Therapie zeigt sich aufgrund eines einerseits hohen Thromboserisikos und eines z.T. erheblichen Blutungsrisikos von Polytraumapatient\*innen schwierig. Entsprechend empfiehlt die S3-Leitlinie Prophylaxe der VTE (3) für Polytraumapatient\*innen unter anderem eine medikamentöse Thromboseprophylaxe während des Intensivaufenthaltes, sobald keine akute Blutung oder ein akutes Blutungsrisiko mehr

vorliegen. Die Leitliniengruppe schließt sich den Empfehlungen der zitierten Leitlinie an und verweist an dieser Stelle explizit auf diese.

PICO-Frage

Führt eine frühe Einleitung einer Antikoagulantientherapie bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zu einer späten Einleitung zu einer Verbesserung der klinischen Behandlungsergebnisse?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 55 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 13 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

PICO-Frage

Führt der Verzicht einer (pharmakologischen) antithrombotischen Therapie bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zur Standardbehandlung (pharmakologische antithrombotisch Therapie) zu einer Verbesserung der klinischen Behandlungsergebnisse?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 204 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 42 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

PICO-Frage

Führt eine frühe Einleitung einer Thrombozytenaggregationshemmungstherapie bei Polytraumapatient\*innen, im Vergleich zu einer späten Einleitung zu einer Verbesserung der klinischen Behandlungsergebnisse?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche mit 30 auf die Erfüllung der Einschlusskriterien gescreenten Abstracts und 5 gescreenten Volltexte konnte keine Evidenz für die o.g. Fragestellung identifiziert werden.

Zu keiner der o.g. genannten PICO-Fragen konnte Evidenz im Rahmen der Literaturrecherche identifiziert werden, die die Formulierung von evidenzbasierten Empfehlungen ermöglichen würde. Lediglich zur Thromboseprophylaxe wurde im Expert\*innenkonsens folgende Empfehlung formuliert:

12.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Die Thromboseprophylaxe soll sich an den Empfehlungen der aktuellen Fassung der S3-Leitlinie „Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE)“ orientieren (003-001).	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Young T, Sriram KB. Vena caval filters for the prevention of pulmonary embolism. The Cochrane database of systematic reviews. 2020;10:CD006212.
2. Stevens SM, Woller SC, Kreuziger LB, Bounameaux H, Doerschug K, Geersing G-J, et al. Antithrombotic Therapy for VTE Disease: Second Update of the CHEST Guideline and Expert Panel Report. Chest. 2021;160(6):e545-e608.
3. AWMF Arbeitsgem. der Wiss. Medizin. Fachgesellschaften e.V.: S3-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE) (AWMF Registernummer 003-001), Version 3.0 (15.10.2015), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/003-001l\\_S3\\_VTE-Prophylaxe\\_2015-10-abgelaufen\\_01.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/003-001l_S3_VTE-Prophylaxe_2015-10-abgelaufen_01.pdf).

### **13. Ethische Aspekte**

Während des gesamten Behandlungspfades nach Polytrauma ergeben sich in Abhängigkeit der individuellen Gegebenheiten regelmäßig ethische Fragestellungen. Die Inhalte dieses Kapitels reichen daher von der ethischen Betrachtung der frühen intensivmedizinischen Versorgung, insbesondere dahingehend, ob eine Situation existiert, in der keine Behandlung erfolgen soll oder die bestehende Behandlung gar abgebrochen werden sollte, bis hin zur Prognoseabschätzung, die im Rahmen der Beratung der Betroffenen bzw. deren Angehörigen eine wichtige Position einnimmt, und den Implikationen für die Organspende.

Da Evidenzsynthesen auf Grund von Meta-Analysen und randomisierten klinischen Studien mit einheitlicher Endpunktdefinition und auf das Polytrauma fokussierten Kollektiven nicht möglich sind, können Empfehlungen auf einem hohen Evidenzlevel hier nicht ausgesprochen werden. Insofern sollen die nachfolgenden Ausführungen gebietsbezogene Perspektiven von Expert\*innen wiedergeben sowie Auszüge aus der vorhandenen Literatur abbilden, um Hilfestellungen für den Behandlungsprozess zu geben und Impulse für eine speziell auf das Polytrauma zugeschnittenen Forschung zu liefern.

#### **13.1 Intensivmedizinische Versorgung von Polytraumapatient\*innen**

Die während der intensivmedizinischen Behandlung des Polytraumas sich ergebenden ethischen Fragestellungen reichen von der Einleitung einzelner Maßnahmen im oft vielschichtigen und interdisziplinär getragenen Behandlungsprozess bis hin zur generellen Entscheidungsfindung hinsichtlich der Aufrechterhaltung von kurativ ausgerichteten therapeutischen Maßnahmen oder einer Therapiezieländerung. Neben dem Kriterium der Indikation nimmt nicht nur im formal-juristischen Sinne der individuelle Wille von Patient\*innen eine zentrale Stelle bei der Behandlungssteuerung ein. Jedoch ist dieser in der Akutsituation zumeist nicht bekannt und in einem angemessenen Zeitrahmen meist auch nicht eingrenzbar.

Mithin sollen die nachfolgenden allgemeinen Betrachtungen im Sinne einer medizinisch-ethischen und juristischen Perspektive eine Hilfestellung während der mitunter erschwerten Entscheidungsprozesse auf individueller Ebene bieten. Der Versuch einer Operationalisierung spiegelt sich dabei in der Anwendung einer PICO-Frage wider.

## PICO-Frage

Existiert im Rahmen der intensivmedizinischen Versorgung von Polytraumapatient\*innen eine Situation, in der die Behandlung nicht erfolgen oder begrenzt/beendet werden sollte?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche, die 299 gescreente Abstracts und 55 gescreente Volltexte beinhaltete, konnte keine ausreichende Evidenz für die Beantwortung der o.g. Fragestellung identifiziert werden.

### **13.1.1 Perspektive der Sektion Ethik der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)**

#### *Vorbemerkung*

Der Behandlung des schweren Traumas kommt sowohl medizinisch als auch wirtschaftlich eine immer größere Bedeutung zu. Dies wird dadurch unterstrichen, dass das durchschnittliche Alter von Schwerverletzten bei 35-40 Jahren (1, 2) liegt und dementsprechend die häufigste Todesursache bei jungen Patient\*innen bis zum 45. Lebensjahr darstellt (2). In Deutschland verschiebt sich das Durchschnittsalter entsprechend des "TraumaRegisters" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (3) jedoch nach oben, sodass der Kreis der Betroffenen weiter zuzunehmen scheint. Prinzipiell werden Polytraumapatient\*innen auf eine Intensivstation mit einem kurativen Therapieansatz aufgenommen. Die Intensivtherapie stellt medizinische, pflegerische sowie medizintechnische Verfahren, fachliches Wissen und eine hohe Personaldichte zur Verfügung, um Zeit für das Wiedererlangen gestörter oder verlorener Körper- und Organfunktionen zu gewinnen. Ziel ist es, dass die betroffenen Patient\*innen, möglicherweise mit verbleibenden Defekten, ein Leben unabhängig von der Intensivstation führen können. Somit ermöglicht die Intensivmedizin im Erfolgsfall das Überleben und die Rückkehr des Patient\*innen in ein möglichst unabhängiges und selbstbestimmtes Leben (4). Es kommt jedoch immer wieder zu einer kompletten, teilweise irreversiblen Abhängigkeit des/der Patient\*innen von lebensunterstützenden Apparaturen. In anderen Fällen wird die intensivmedizinische Behandlung nur mit schweren seelischen und körperlichen Defiziten überlebt, die für den/die

Patient\*innen nach Entlassung eine erhebliche Einschränkung der Lebensqualität und für die Angehörigen eine große und anhaltende Belastung bedeuten können (4-6). Hieraus ergibt sich zwangsläufig auch die Frage nach ethischen Grenzen der Behandlung. Grundlage derartiger Betrachtungen ist jedoch eine genaue Kenntnis der Verletzungsbedingungen, aber auch der durch vorbestehende Erkrankungen bzw. Behinderungen bewirkten patient\*innenbezogenen Prognose nach schwerem Trauma (2). So kann der Tod bei schwersten Verlaufsformen in 3 zeitlichen Phasen innerhalb der ersten 1–2 sowie der folgenden 24 Stunden und schließlich nach Tagen bis Wochen infolge der primären Schäden des traumatisch-hämorrhagischen Schockgeschehens eintreten (2, 7).

### *Kriterien der Entscheidungsfindung*

Zu den wesentlichen ethischen Prinzipien, die zu beachten sind, zählen Menschenwürde, Autonomie, Fürsorge, Nicht-Schaden und Gerechtigkeit (8).

Eine zulässige Behandlungsmaßnahme muss zwei Voraussetzungen erfüllen (9):

1. Für den Beginn oder die Fortführung besteht nach Einschätzung der behandelnden Ärzt\*innen eine medizinische Indikation.
2. Die Durchführung entspricht dem Patient\*innenwillen

Indikation: Die medizinische Indikation stellt eine fachlich begründete Einschätzung dar, dass eine Therapiemaßnahme geeignet ist, um ein bestimmtes Therapieziel mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Unabdingbare Voraussetzung ist es daher, dass zuvor ein Therapieziel definiert wurde (9). Zunächst wird geprüft, ob die geplante Maßnahme prinzipiell geeignet ist, das angestrebte Therapieziel zu erreichen. Anschließend wird geprüft, ob die geplante Maßnahme geeignet ist, dem individuellen Patient\*innen in seiner konkreten Situation zu helfen. Als Ergebnis dieser Bewertung können Therapiemaßnahmen indiziert, zweifelhaft indiziert, nicht geeignet oder sogar kontraindiziert sein. Indizierte Therapiemaßnahmen werden den Patient\*innen angeboten. Bei zweifelhafter bzw. unsicherer Indikation kann ein zeitlich begrenzter Therapieversuch nach kritischer und

ergebnisoffener Diskussion mit den Patient\*innen bzw. den juristischen Stellvertreter\*innen<sup>2</sup> angeboten werden. Nicht indizierte oder kontraindizierte Maßnahmen dürfen weder angeboten noch durchgeführt werden (9).

Patient\*innenwille: Die bzw. der einwilligungsfähige Patientin bzw. Patient entscheidet selbst über Zustimmung zur oder Ablehnung der Behandlung nach einem ergebnisoffenen ärztlichen Aufklärungsgespräch über Wesen, Bedeutung und Tragweite der angebotenen Behandlungsoptionen.

Bei aktuell nicht einwilligungsfähigen Patient\*innen kommt einer Patient\*innenverfügung die Bedeutung des im Voraus geäußerten Patient\*innenwillens zu. Dieser ist für alle Beteiligten verbindlich (9). Die Wirksamkeit dieser Verfügung muss durch den juristischen Stellvertreter (Vorsorgebevollmächtigte\*r oder Betreuer\*in) überprüft werden. Ist dieser nicht vorhanden oder rechtzeitig erreichbar, erfolgt die Überprüfung zunächst durch das Behandlungsteam. Eine Patient\*innenverfügung ist dann wirksam,

- wenn sie nicht zwischenzeitlich widerrufen wurde,
- sich auf den aktuell eingetretenen Gesundheitszustand hinsichtlich Diagnose und Prognose bezieht,
- Art und Umfang der gewünschten bzw. nicht gewünschten Behandlung für die eingetretene Situation konkret benennt.

Wenn die Patientin bzw. der Patient aktuell nicht einwilligungsfähig ist und keine oder keine wirksame Patient\*innenverfügung vorliegt, muss eine Stellvertreterentscheidung herbeigeführt werden. Stellvertreter\*innen im juristischen Sinne sind Bevollmächtigte und Betreuer\*innen (9). Seit 01.01.2023 gilt für Patient\*innen mit Ehepartner\*innen bzw. eingetragener Lebenspartnerschaft die Regelung, dass der jeweilige Partner bzw. die Partnerin ohne richterlichen Beschluss für 6 Monate die gesetzliche Betreuung für Gesundheitsfragen übernehmen kann, wenn der/die Patient\*in dies nicht ablehnt oder Versagungsgründe im Sinne des § 1358 Abs. 3 BGB vorliegen. Wenn der/die Patient\*in nicht einwilligungsfähig ist, keine wirksame Patient\*innenverfügung vorliegt und keine

---

<sup>2</sup> seit dem 01.01.2023 schließt dies Betreuer und Vorsorgebevollmächtigte sowie Ehegatten/Partner mit Ehegattennotvertretungsrecht ein.

Stellvertreterlösung bekannt bzw. möglich ist, muss umgehend eine Betreuung beantragt werden. In der Notfallsituation und bis zum Vorliegen einer Stellvertreterlösung treffen Ärzt\*innen stellvertretend die Entscheidung im Sinne des Patient\*innen. In diesem Fall sind – soweit möglich – Behandlungswünsche oder der mutmaßliche Patient\*innenwille (z.B. durch Angehörige) zu ermitteln.

Sinnhaftigkeit / Sinnlosigkeit: Im Rahmen von Behandlungsprozessen muss immer wieder die Frage nach dem Sinn der Behandlung gestellt werden. Dies bezieht sich auf den Sinn eines Therapieziels und die davon abhängenden diagnostischen, therapeutischen oder pflegerischen Maßnahmen. Die Frage nach der Sinnhaftigkeit ist nicht immer zweifelsfrei objektiv zu klären. Sie enthält immer zwei Komponenten: Die Zweckrationalität und die Wertrationalität (4). Deshalb enthält die Behauptung, dass eine Maßnahme sinnvoll sei, sowohl eine Bewertung ihrer Zweckrationalität (es ist fachlich sinnvoll) als auch ihrer Wertrationalität (es ist menschlich angemessen). Zur Prüfung der Sinnlosigkeit von Behandlungskonzepten oder Behandlungsmaßnahmen ist zu klären:

- Kann das angestrebte Therapieziel nach professioneller Einschätzung erreicht werden?
- Wird dieses Therapieziel vom/von Patient\*innen gewünscht?
- Sind die Belastungen während der Behandlung durch die erreichbare Lebensqualität/Lebensperspektive aus Patient\*innensicht gerechtfertigt?

Behandlungskonzepte oder Behandlungsmaßnahmen sind sinnlos (4), wenn

- das angestrebte Therapieziel nicht erreicht werden kann, oder
- dieses Therapieziel vom Patient\*innenwillen nicht gedeckt ist, oder
- die dadurch erreichbare Lebensqualität/Lebensperspektive die Belastungen während der Behandlung aus Patient\*innensicht nicht rechtfertigt.

### *Therapiebegrenzung*

Das Verlassen der kurativen Zielsetzung führt zwingend zu einer Überprüfung sämtlicher diagnostischer, therapeutischer und pflegerischer Maßnahmen. Eine zusätzliche Belastung Sterbender, die sich durch eine unbegründete Durchführung oder den Verzicht auf Maßnahmen ergeben, muss vermieden werden. Dabei sind Maßnahmen sogar unzulässig,

wenn diese ausschließlich zu einer Verlängerung des Sterbeprozesses führen. Unter Therapiebegrenzung können folgende Vorgehensweisen fallen (9):

- Vorenthalten (zusätzlicher) kurativer Maßnahmen
- Verzicht auf Ausweitung bestehender kurativer Maßnahmen
- Reduktion bestehender kurativer Maßnahmen
- Absetzen (aktives Beenden) bestehender kurativer Maßnahmen

Eine Therapiebegrenzung darf nicht ohne eine zielgerichtete Optimierung der lindernden (palliativen) Therapie erfolgen. Hierzu gehören zunächst Maßnahmen der Basisbetreuung (10) wie

- Menschenwürdige Unterbringung
- Menschliche Zuwendung
- Körperpflege
- Lindern von Schmerzen, Luftnot, Übelkeit und anderen subjektiv belastenden Symptomen
- Stillen von subjektiv vorhandenem Hunger und Durst
- Immer ist eine sorgfältige Dokumentation vorzunehmen.

#### *Entscheidungen in der Unsicherheit*

Erfolgswahrscheinlichkeit gering: Wenn nicht einschätzbar ist, ob das (bisherige) Therapieziel mit intensivmedizinischen Maßnahmen erreichbar ist, aber wegen hoher Dringlichkeit keine Zeit für eine gemeinsame Entscheidungsfindung bleibt, dann erscheint ein zeitlich begrenzter Behandlungsversuch („time limited trial“) gerechtfertigt (11). Ausdrücklich soll eine Reevaluierung nach einem zuvor vereinbarten Intervall erfolgen. Dazu sind regelmäßige und offene Gespräche zwischen dem Patient\*innen (und/oder dem/der gesetzlichen Vertreter\*in), den Angehörigen und dem Behandlungsteam erforderlich (12).

Überleben nahezu ausgeschlossen: Ist ein Überleben mit vertretbarer Restunsicherheit ausgeschlossen, muss das Therapieziel hin zur palliativmedizinischen Versorgung geändert werden (13). Diese Entscheidung sollte einfühlsam und transparent mit dem Patient\*innen und den Angehörigen bzw. dem Patient\*innenvertreter besprochen werden, um möglichst ein Einverständnis und Einvernehmen herbeizuführen. Eine Zustimmung des Patient\*innen oder seines/seiner Stellvertreters/Stellvertreterin ist hingegen in diesen Situationen juristisch nicht

erforderlich. Ist eine ärztliche Behandlung sinnlos oder unmöglich (geworden), bleibt für das Selbstbestimmungsrecht von vornherein kein Raum (BGHZ 154, 205, 224 f.).

In Einzelfällen gibt es jedoch durchaus Gründe, eine für das Überleben des Patient\*innen sinnlose intensivmedizinische Behandlung begrenzt weiterzuführen. Hierzu zählt

- die Aufrechterhaltung der Organfunktionen bei einer vorgesehenen Organspende (14) oder
- eine zeitliche Überbrückung, um Angehörigen den Abschied zu ermöglichen, solange dies nicht dem erklärten Patient\*innenwillen widerspricht.

Therapieziel aus Sicht des Patient\*innen sinnlos: Es kommt vor, dass aus ärztlicher Sicht erreichbare Therapieziele vom Patient\*innen nicht mitgetragen werden, da sie seiner Vorstellung von einem guten Leben nicht entsprechen. Es kann auch sein, dass ein Therapieziel vom Patient\*innen deshalb nicht angestrebt wird, da er/sie die Belastungen durch die notwendige Behandlung nicht auf sich nehmen möchte. In beiden Fällen erscheint die Behandlung aus Sicht des Patient\*innen als sinnlos und ist daher nicht durchzuführen.

#### *Vorgehen in Konfliktsituationen*

Differenzen über die Erreichbarkeit von Therapiezielen und den Sinn von Behandlungsmaßnahmen können grundsätzlich zwischen allen Beteiligten entstehen und die notwendige Klärung des Therapieziels verzögern oder vereiteln. Innerhalb des Behandlungsteams können Unterschiede in der professionellen Einschätzung der erreichbaren Therapieziele zu Konflikten auf verschiedenen Hierarchieebenen sowie zwischen und innerhalb der beteiligten Fachdisziplinen und Berufsgruppen führen. Auch sollte selbstkritisch geprüft werden, ob sachfremde Motive oder sekundäre Interessen in die Bewertung einfließen (15). Es kann auch Konflikte zwischen Angehörigen und Behandlungsteam oder unter den Angehörigen geben.

Persönliche Betroffenheit, emotionale Belastungen und die (empfundene) Abhängigkeit vom Behandlungsteam können es für Patient\*innen und ihre Angehörigen schwer machen, ihre Empfindungen zu ordnen und zielführende Fragen zu formulieren und vorzubringen. Die Sinnhaftigkeit von Therapiezielen und -maßnahmen kann aber nachhaltig nur unter Einbeziehung aller Betroffenen bewertet werden. Es ist – bei aller Belastung – Aufgabe des Behandlungsteams, eine dafür angemessene Atmosphäre zu schaffen (4). Insgesamt ist eine adäquate interdisziplinäre und interprofessionelle Kommunikation im Sinne einer offenen und auf Leitungsebene auch vorgelebten Gesprächskultur eine wesentliche Voraussetzung zur

Vermeidung oder Lösung von Konflikten. Dazu gehören regelmäßige Teambesprechungen, die ggf. auch Behandelnde anderer Abteilungen einschließen, sowie strukturierte Angehörigengespräche (4, 16). Zusätzliche Möglichkeiten bestehen in der Beratung von externen Expert\*innen, wie z. B. im Rahmen einer Ethik-Fallberatung durch ein klinisches Ethikkomitee (17) oder einer palliativmedizinischen Konsultation (18).

### **13.1.2 Juristische Perspektive**

#### *Bewertung*

1. Eine Behandlung muss nicht erfolgen und darf beendet werden, wenn es für die Behandlung keine medizinische Indikation mehr gibt. Es ist dann in die palliative Betreuung überzugehen. Es gelten hier die von der BÄK entwickelten Überlegungen, dass bei Patient\*innen mit infauster Prognose, die in absehbarer Zeit sterben werden, eine Änderung des Behandlungsziels dann geboten ist, wenn lebenserhaltende Maßnahmen Leiden nur verlängern würden. In diesem Fall wie bei fehlender Indikation entfällt auch eine Garantenpflicht des Arztes, eine Haftung durch Unterlassen scheidet dann aus – in gleicher Weise die gegenüber der Garantenhaftung nachrangige unterlassene Hilfeleistung.

2. Die Frage der medizinischen Indikation ist eine medizinische Frage, die die betroffenen Mediziner\*innen zu treffen haben. Diese müssen also entscheiden, ob eine Versorgung des Polytraumas medizinisch angezeigt ist. Dabei wird zunehmend vertreten, dass auch die Vorstellungen des/der Patient\*innen in die Indikationsstellung einfließen können, wenn etwa eine kurzfristige Heilungschance gegenüber einem längeren Leben unter Einschränkungen abzuwägen ist. Im konkreten Fall dürfte das nur relevant sein, wenn der/die Patient\*in schon zuvor bei den behandelnden Ärzt\*innen in Behandlung gewesen ist. Der Einfluss des/der Patient\*innen geht aber nicht soweit, dass medizinisch nicht mehr gebotene Maßnahmen durchgeführt werden müssen.

3. Besteht eine Indikation, besteht zunächst auch bei Versorgung des Polytraumas eine Behandlungspflicht. Diese endet allerdings dann, wenn der/die Patient\*in ausdrücklich erklärt hat (was wohl weniger relevant sein dürfte) oder im Rahmen einer Patient\*innenverfügung verfügt hat, dass er/sie eine Behandlung nicht mehr wünscht. Neben der Patient\*innenverfügung ist in gleicher Weise der Wunsch von Patient\*innen oder deren mutmaßlicher Wille relevant, so § 1827 Abs. 2 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB). Der/die Betreuer\*in sowie Vorsorgebevollmächtigte/r oder Ehegatte bzw. Partner/in hat der

Patient\*innenverfügung wie dem Patient\*innenwunsch oder dem mutmaßlichen Willen Geltung zu verschaffen. Es ist also zu ermitteln, ob sich entsprechende Willensäußerungen finden lassen. Dann ist im Einvernehmen mit dem/der juristischen Vertreter\*in auch eine indizierte Behandlung eines Polytraumas zu beenden bzw. zu begrenzen. Dabei ist die Regelung des § 1829 Abs. 4 BGB zu beachten. Kann ein Einvernehmen zwischen Ärzt\*in und dem/der juristischen Vertreter\*in nicht hergestellt werden, entscheidet – und nur dann – das Betreuungsgericht, was dem Willen des/der Patient\*innen entspricht.

4. Besteht eine Indikation und lässt sich ein Wille oder Wunsch des/der Patient\*innen, der auf Beendigung/Begrenzung (etwa in Form einer indirekten Sterbehilfe) der Behandlung gerichtet wäre nicht ermitteln, ist die Behandlung durchzuführen. Das Recht geht davon aus, dass im Zweifel der Lebenserhaltung der Vorrang zukommt. Damit ist die medizinische Indikation – neben dem Willen des/der betroffenen Patient\*innen – das maßgebliche Kriterium, welches die Entscheidung im Polytrauma bestimmt.

### **13.2 Prognoseabschätzung**

Eine möglichst detaillierte und hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit ausreichend sichere Prognoseabschätzung stellt eine wichtige Voraussetzung für die individuelle Therapiesteuerung dar. Prognostische Bewertungen bilden dabei die Grundlage für die Initiierung einzelner Therapieelemente und sind somit für das behandelnde Team von entscheidender Bedeutung. Hinzu kommt die entscheidende Bedeutung der Prognoseabschätzung für den Austausch mit Patient\*innen und Angehörigen, vor allem im Zuge der Exploration von individuellen Wertevorstellungen als Grundlage für die Identifikation von Therapiezielen.

Der Versuch einer Operationalisierung soll sich in der nachfolgenden PICO-Frage widerspiegeln, wenngleich die Vielfalt individueller Merkmale und die facettenreiche klinische Präsentation des Polytraumas einer Generalisierbarkeit entgegenstehen.

PICO-Frage
Wie ist die Langzeitprognose von Polytraumapatient*innen und welche klinischen und paraklinischen Scores stehen für die Prädiktion zur Verfügung?

Bei der ausführlichen Literaturrecherche, die 299 gescreente Abstracts und 55 gescreente Volltexte beinhaltete, konnte keine ausreichende Evidenz für die Beantwortung der o.g. Fragestellung identifiziert werden.

### **13.2.1 Langzeitprognose**

Betrachtungen zur Sterblichkeit nach Polytrauma fokussieren zumeist auf den Zeitraum während der stationären Behandlung und den darauffolgenden 30 Tagen, in denen große Variationen von 0,6 bis 35 % beschrieben worden sind (19). Oft beziehen sich die Angaben dabei streng genommen auf Subpopulationen des Polytraumas, wie z.B. Betroffene jenseits des 65. Lebensjahres (20) oder das SHT (21). Daten zur langfristigen Prognose sind dagegen rar und oft nur für Teilaspekte des Polytraumas vorhanden.

Neben der reinen Sterblichkeit ist jedoch vor allem eine qualitative Betrachtung des längerfristig erzielten Zustands von Interesse. Erfreulich ist daher das in den vergangenen Jahren zunehmend erkennbare Interesse an einer Untersuchung der Lebensqualität. Wenngleich vor allem Patient\*innen mit SHT Beachtung finden, wird durch den differenzierten Einsatz psychometrischer Instrumente (z.B. EQ-5D, SF-36) und Beobachtungszeiträumen bis 24 Monate (22) bzw. sogar 15 Jahren (23) nach dem Indexereignis erkennbar, dass Betroffene im Langzeitverlauf eine relevante Beeinträchtigung aufweisen.

Eine Ausweitung derartiger Initiativen auf das Gesamtkollektiv polytraumatisierter Patient\*innen unter Nutzung längerer Beobachtungszeiträume und mit einer multidimensionalen Charakterisierung inklusive der Betrachtung und Quantifizierung von Lebensqualität und körperlichen Beeinträchtigungen erscheint daher zielführend und notwendig. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Einbeziehung der Patient\*innenperspektive, da diese gegenüber einer externen Beurteilung wohl die beste Grundlage für Abgleiche zwischen den individuellen Wertevorstellungen und realistischen Therapieergebnissen in der frühen Behandlungsphase darstellt. Wie in anderen Bereichen der operativen und konservativen Medizin teils bereits praktiziert, könnten hierfür sogenannte „Patient-Reported Outcomes Measures“ zum Einsatz kommen. Eine diesbezüglich Initiative stellt das vom Gemeinsamen Bundesausschuss/Innovationsausschuss finanzierte Projekt

“LeAF Trauma” dar, das den Langzeitverlauf nach erlittenem Trauma unter anderem unter Einbeziehung der Lebensqualität untersucht (24).

13.1	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Eine ausreichend sichere Aussage zur Langzeitprognose des Polytraumas im engeren Sinne ist auf Grund der vorhandenen Datenlage nicht möglich. Daher ist weitere Forschung notwendig, um den Langzeitverlauf nach stattgehabtem Polytrauma besser zu charakterisieren. Hierbei sollten neben der Sterblichkeit vor allem Faktoren wie die Lebensqualität der Betroffenen berücksichtigt werden und der Schwerpunkt der Erfassung auf der Perspektive der Betroffenen liegen.	
	Starker Konsens	

### 13.2.2 Klinische und paraklinische Scores der Prädiktion

Für die Anwendung prognostischer Scores existieren naturgemäß keine RCTs. Die verfügbaren Metaanalysen beziehen zumeist Kohortenstudien mit allgemeinen traumatologischen Krankheitsbildern oder – im intensivmedizinischen Kontext – gemischte Kollektive mit z.B. im Vordergrund stehender Sepsis oder einem kardiogenen Schock ein. Auch verhindert die oft vorhandene Fokussierung auf pädiatrische oder geriatrische Patient\*innen eine Verallgemeinerung.

#### *Trauma-assoziierte Scores und physiologische Parameter*

Zur Beurteilung des Ausmaßes von Traumata wurden zahlreich Scores entwickelt (25, 26). Darunter existieren komplexere Scores wie der „revidierte Polytraumaschlüssel“ (25), der Verletzungen in einer anatomisch ausgerichteten Bewertungsmatrix, aber ebenso das Alter der Patient\*innen, die „Glasgow Coma Scale“ (GCS) sowie die Parameter Basendefizit und Oxygenierungsindex berücksichtigt und eine gute Vorhersagekraft der Sterblichkeit besitzt. Weit verbreitet sind der „Injury Severity Score“ (ISS; (27)), der „New Injury Severity Score“ (NISS; (28)), der „Trauma and Injury Severity Score“ (TRISS; (29, 30)) und der „BIG score“ (31), die ebenso wie zahlreiche andere Scores bei unterschiedlichen Subpopulationen und klinischen Konstellationen Stärken und Schwächen aufweisen (32-36). Zudem existieren

Bestrebungen, vorhandene Scores in der Anwendung zu vereinfachen, wie dies für die GCS durch eine alleinige Betrachtung des motorischen Teils gegenüber dem gesamten Score zumindest graduell gelang (37).

Mit dem Ziel der vermehrten Einbeziehung vor allem physiologischer Parameter wurde die Anwendbarkeit des „Simplified Acute Physiology Score“ (SAPS; (38, 39)) und der „Acute Physiology and Chronic Health Evaluation“ (APACHE; (40)) auch bei Trauma-Patient\*innen zur Vorhersage der Sterblichkeit untersucht, was eine Sensitivität von bis zu 91,3 (SAPS (III)) und Spezifität von bis 91,04 (APACHE (IV)) ergab (41).

Bei der Anwendung von Scoringssystemen ist deren Schwerpunkt zu beachten: So besitzt beispielsweise der APACHE einen starken physiologischen und der ISS einen starken anatomischen Schwerpunkt, wohingegen der TRISS und der Polytraumaschlüssel gemischte Modelle beinhalten (32), was Implikationen sowohl für die Auswahl des Scores als auch für die Therapiesteuerung haben kann.

Hinsichtlich der Evidenzsynthese problematisch ist der Umstand, dass dieselben Scoringssysteme – national und international – nicht flächendeckend eingesetzt werden. Eine Möglichkeit der Vereinheitlichung wäre die feste Implementierung in existierenden Trauma-Registern. Das Trauma-Register der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. nutzt beispielsweise bereits die ISS, um innerhalb des Basiskollektives diejenigen Patient\*innen zu identifizieren, die anhand der Schwere der Beeinträchtigung die Kriterien für ein Polytrauma aufweisen (3).

### *Weitere Faktoren*

Hinsichtlich der Faktoren Alter und Geschlecht kommen zwei Metaanalysen zu dem Ergebnis, dass polytraumatisierte Patient\*innen mit einem Lebensalter von 75 Jahren und mehr gegenüber einem Kollektiv mit 65 bis 74 Lebensjahren eine höhere Sterblichkeit aufweisen und hierbei Männer stärker betroffen sind (20, 42); in den einzelnen eingeschlossenen Studien war das Sterblichkeitsrisiko vor allem ab dem 85. Lebensjahr noch einmal relevant gegenüber der 75-84 Jährigen erhöht, was jedoch nicht in allen Patient\*innenkollektiven der Fall war. Außerdem zeigte sich, dass Faktoren wie Gebrechlichkeit (im Englischen Frailty), der Allgemeinzustand vor Trauma bzw. Vorerkrankungen und die Einnahme eines Vitamin-K-Antagonisten unabhängig vom kalendarischen Alter mit einer erhöhten Sterblichkeit

einhergehen (20). Eine weitere Metaanalyse fokussierte auf prähospitalen Einflussfaktoren bei älteren Patient\*innen mit einem Polytrauma und identifizierte hierbei u.a. den systolischen Blutdruck, die Atemfrequenz sowie Begleiterkrankungen als relevante Faktoren für eine erhöhte Sterblichkeit (43).

In den letzten Jahren konnte in unterschiedlichen Patient\*innenkollektiven (elektive orthopädische und unfallchirurgische Eingriffe, Extremitätenverletzungen, aber auch im Rahmen von [Poly]Traumata) nachgewiesen werden, dass der körperliche Gesamtzustand bzw. die präoperativen/prätraumatische Gebrechlichkeit (Frailty) in deutlichem Zusammenhang mit dem Behandlungsergebnis steht (44). Eine Metaanalyse kommt unter Berücksichtigung gemischter Trauma-Kollektive zu dem Ergebnis, dass Frailty signifikant mit der Sterblichkeit assoziiert ist (45). Erfasst und quantifiziert wurde Frailty dabei im Wesentlichen mit der „Clinical Frailty Scale“ (46) und dem „Trauma-Specific Frailty Index“ (46). In einer prospektiven Kohortenstudie wurde Frailty als unabhängiger und gegenüber dem alleinigen (chronologischen) Alter sogar besserer Prädiktor für Komplikationen während des stationären Aufenthalts und den Entlassungszustand identifiziert (48). Eine weitere Übersichtsarbeit lieferte darüber hinaus Hinweise darauf, dass sich der statistische Zusammenhang zwischen Frailty und Sterblichkeit sowohl auf die Akutphase (Intrahospitalsterblichkeit) als auch den längerfristigen Verlauf bezieht (49). Letztlich bleibt jedoch noch ungeklärt, welches Messinstrument zur Bestimmung der Frailty am angemessensten ist; außerdem ist der optimale Zeitpunkt der Erhebung des Frailty-Status offen (49).

Als ein weiterer möglicherweise relevanter Einflussfaktor für die Prognose nach Polytrauma wird eine Adipositas genannt. Eine Metaanalyse kommt unter Nutzung der Body-Mass-Index (BMI)-Grenzen  $<$  bzw.  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$  zu dem Ergebnis, dass eine Adipositas mit einer erhöhten Sterblichkeit und einer erhöhten Rate an Komplikationen assoziiert ist (50).

Ein weiterer Ansatz in der Prognoseabschätzung besteht in der Erhebung laborchemischer Parameter, sogenannter Biomarker, die in Zusammenhang mit der Sterblichkeit, akuten Komplikationen im Behandlungsverlauf und dem neurologischen und funktionellen Outcome gesetzt werden. Diese Assoziationen werden, vor allem beim SHT (51, 52) und im Rahmen von Polytraumata unterschiedlicher Schweregrade untersucht. Umfangreichere Erfahrungen gibt es zum (arteriell bestimmten) Basendefizit, die in einer systematischen Übersichtsarbeit

zusammengefasst werden: Dabei zeigte sich eine bis zu 20 % erhöhte Sterblichkeit bei Patient\*innen mit einem Basendefizit von 6 mmol/l und mehr (53). Unter den Biomarkern, die mit einer Inflammation assoziiert sind, wurden vor allem Procalcitonin und Interleukin-6 (52, 54) sowie neutrophile Granulozyten (55) untersucht und zumindest graduell Assoziationen zum klinischen Verlauf und teilweise auch zur Sterblichkeit, insbesondere bei verkomplizierenden Faktoren wie Sepsis und Multiorganversagen, gefunden. Hinsichtlich der pathophysiologischen Einordnung noch unsicherer, jedoch für die Prädiktion eines Lungenversagens bei Traumapatient\*innen möglicherweise sinnvoll, ist das lösliche Adhäsionsmolekül L-Selectin (sCD62L), das in die Interaktion zwischen Leukozyten und dem Endothel maßgeblich einbezogen ist (56).

Hinsichtlich der Prädiktion erscheint somit ein multiparametrischer Ansatz sinnvoll, der neben klinischen und anamnestischen noch weitere, v.a. physiologische Parameter und Biomarker beinhalten kann und sollte. Wenn auch nicht vergleichbar, da primär auf eine Hirnschädigung mit abweichendem Pathomechanismus ausgerichtet, so bieten die bei der hypoxischen Enzephalopathie bereits vorhandenen Algorithmen zur Prognoseabschätzung unter Einbeziehung klinischer, bildgebender und elektrophysiologischer Parameter sowie eines Serum-Biomarkers (57, 58) möglicherweise eine Inspiration für Entwicklungen im Bereich des Polytraumas. Neben medizinischen, im Rahmen eines Polytraumas synthetisierten Biomarkern erscheint auch die Berücksichtigung individueller Merkmale wie Alter, Gebrechlichkeit (Frailty) und etwaiger Begleiterkrankungen und Vormedikationen sinnvoll.

13.2	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Klinisch und paraklinische Scores mit ausreichend sicherer Vorhersagekraft hinsichtlich des Langzeitverlaufs nach Polytrauma im engeren Sinne existieren bislang nicht. Daher ist weitere Forschung notwendig zur Präzisierung, Validierung oder auch Neuentwicklung von Scores, die für die Prädiktion des Langzeitverlaufs nach Polytrauma und damit für die Beratung Betroffener sowie deren Angehöriger herangezogen werden können.	
	Starker Konsens	

### **13.3 Implikationen für die organprotektive Therapie und Organspende**

Das „Gesetz über die Spende, Entnahme und Übertragung von Organen“ („Transplantationsgesetz“, TPG 2007) erklärt die Organspende zur Gemeinschaftsaufgabe aller Krankenhäuser und verpflichtet diese zur engen, vertrauensvollen Zusammenarbeit mit der Koordinierungsstelle Deutsche Stiftung Organtransplantation (DSO) und den Transplantationszentren. Auch in der Situation polytraumatisierter Patient\*innen ist die Einhaltung des Transplantationsgesetzes bei Betroffenen mit irreversiblen Hirnfunktionsausfall unter maximal möglicher medizinischer Qualität und Berücksichtigung der Kriterien zur Feststellung des irreversiblen Hirnfunktionsausfalls umzusetzen. Dabei sind ethische Grundsätze unter Berücksichtigung organisatorischer Erfordernisse einzuhalten sowie eine geregelte interne und externe Kommunikation (DSO, Angehörige) wesentlich.

Wichtige, mitgeltende Dokumente sind die im Jahr 2022 veröffentlichte Fortschreibung der Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 TPG für die Regeln zur Feststellung des Todes nach § 3 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 TPG sowie die Verfahrensregeln zur Feststellung des endgültigen, nicht behebbaren Ausfalls der Gesamtfunktion des Großhirns, des Kleinhirns und des Hirnstamms nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 TPG (59) und die Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 TPG zur ärztlichen Beurteilung nach § 9a Abs. 2 Nr. 1 TPG (60). Darüber hinaus sollen die Verfahrensanweisungen der DSO gemäß §11 des Transplantationsgesetzes berücksichtigt werden.

Gerade bei Polytraumapatient\*innen kommt auf Grund der oft vorhandenen Hirnschädigung mit in der Folge drohendem oder bereits bestehendem, aber noch nicht festgestelltem irreversiblen Hirnfunktionsausfall der Umsetzung der Richtlinie BÄK Spendererkennung aus dem Jahr 2020 eine besondere Bedeutung zu (60). Ein Organspendewunsch der Patient\*innen muss demnach frühzeitig erkundet werden, spätestens vor Einleitung therapiebegrenzender Maßnahmen. Bei nach ärztlicher Beurteilung unmittelbar bevorstehendem oder vermutetem irreversiblen Hirnfunktionsausfall ist somit die Aufrechterhaltung der Organfunktionen bis zur Feststellung des bekundeten oder mutmaßlichen Willens notwendig, um eine gewollte Organspende ermöglichen zu können. Solange der irreversible Hirnfunktionsausfall noch nicht festgestellt ist, sollte mit dem Patient\*innenvertreter geklärt werden, ob intensivmedizinische Maßnahmen inkl. der Aufrechterhaltung der Herz-Kreislauffunktion dem Patient\*innenwillen entsprechen. Dabei muss zwischen einem Organspendewunsch, dessen Realisierung an intensivmedizinische Maßnahmen gebunden ist, und einem ggf. vorhandenem Willen zur

Therapiebegrenzung abgewogen werden, was in einem Konsens zwischen dem Behandlersteam und dem Patient\*innenvertreter hinsichtlich des Therapieumfangs münden sollte. Vorgaben zum Zeitrahmen der Aufrechterhaltung intensivmedizinischer Maßnahmen sind im TPG (TPG 2007) bzw. der Richtlinie Spendererkennung (60) nicht festgelegt, sodass der Zeitrahmen ebenfalls Bestandteil der Konsensfindung zwischen dem Behandlersteam und dem Patient\*innenvertreter sein und sich am ggf. auch nur mutmaßlichen Patient\*innenwillen orientieren sollte.

Eine besondere Situation entsteht, wenn akute Probleme (z.B. Blutung, sowohl in der Aufnahmesituation als auch im Verlauf) auftreten und die neurologische Prognose infaust ist bei noch nicht eingetretenem irreversiblen Hirnfunktionsausfall. Ähnliche Überlegungen müssen vor Einleitung erweiterter Maßnahmen (z.B. kardiopulmonale Reanimation, Einleitung extrakorporaler Organersatzverfahren oder Operation) getroffen werden, wenn eine Organspende auf Grund der medizinischen Beurteilung in Betracht kommt. Wurde in einer Patient\*innenverfügung oder gemäß dem mutmaßlichen Willen eine Reanimation bei infauster neurologischer Prognose abgelehnt, wäre zumindest die Reanimation unter diesen Umständen auch bei grundsätzlicher Bereitschaft zur Organspende rechtlich unzulässig und ethisch nicht vertretbar. „Ein solches Vorgehen wäre ein erheblicher Eingriff, der nicht von der Organspendeerklärung gedeckt ist, da ungewiss ist, ob der irreversible Hirnfunktionsausfall als Voraussetzung für die vom Patient\*innen gewünschte Organspende eintreten wird“ (61). Hingegen sind solche Maßnahmen bei bereits festgestelltem irreversiblen Hirnfunktionsausfall und Zustimmung zur Organspende zulässig, um dem Patient\*innenwillen zur postmortalen Organspende zu entsprechen (60).

Eine wertvolle Hilfestellung bei der Evaluation des Vorgehens ist die 2019 veröffentlichte „Entscheidungshilfe bei erweitertem intensivmedizinischem Behandlungsbedarf auf dem Weg zur Organspende“ der DIVI. Verschiedene Faktoren (irreversibler Hirnfunktionsausfall, Organspendewunsch, Wille zur Therapiebegrenzung, Eingriffsintensität der erweiterten Maßnahmen und Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Therapie) können innerhalb eines Netzdiagramms optisch verdeutlicht und im Behandlungsteam diskutiert werden. Je nach Ausprägung der Faktoren ergeben sich therapeutische Pfade, die entweder die Erweiterung der intensivmedizinischen Therapie ausschließen bzw. fragwürdig erscheinen lassen oder aber

im Interesse einer Organspende rechtfertigen bzw. sogar geboten sind (62). Die Entscheidung bleibt dennoch individuell abzuwägen.

Die intensivmedizinischen Inhalte der organprotektiven Therapie bei noch nicht eingetretenem oder bereits festgestelltem irreversiblen Hirnfunktionsausfall sollen hier nicht ausgeführt werden; hinsichtlich dieser wird auf entsprechende Übersichtsarbeiten verwiesen (14, 63).

13.3	Konsensbasierte Empfehlung	Neu (2023)
<b>GPP</b>	Vor der Entscheidung zur Therapiebegrenzung muss in Anlehnung an nationale Richtlinien der Wille zur Organspende erkundet werden. Bei unmittelbar bevorstehendem oder vermutetem irreversiblen Hirnfunktionsausfall sollen bei Zustimmung oder bei noch nicht gelungener Erkundung des Spendewunsches die intensivmedizinischen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Organfunktionen fortgeführt werden.	
	Starker Konsens	

## Referenzen

1. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. [Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical and clinical management. AG Polytrauma of DGU]. Unfallchirurg. 2000;103(5):355-63.
2. Nast-Kolb D. Grenzen der Behandlung Schwerstverletzter. Der Anaesthesist. 2000;49(1):51-7.
3. Höfer C, Lefering R. Jahresbericht 2022 TraumaRegister DGU [Available from: [www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user\\_upload/TR-DGU-Jahresbericht\\_2022.pdf](http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU-Jahresbericht_2022.pdf)].
4. Neitzke G BH, Duttge G et al. Grenzen der Sinnhaftigkeit von Intensivmedizin. Med Klin Intensivmed Notfmed 2016.
5. DeVita MA, Groeger J, Truog R. Current controversies in critical care ethics: not just end of life. Crit Care Med. 2003;31(5 Suppl):S343.
6. Janssens U. Ethik. In: Welte T (Hrsg) Handbuch Intensiv Update 2010. Med Publico, Wiesbaden. 2010. S 16\11–16\44.
7. Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. Sci Am. 1983;249(2):28-35.
8. Beauchamp TL. Methods and principles in biomedical ethics. J Med Ethics. 2003;29(5):269-74.
9. Janssens U BN, Duttge G et al. Therapiezieländerung und Therapiebegrenzung in der Intensivmedizin. DIVI. 2012.
10. Bundesärztekammer (BÄK). Grundsätze der Bundesärztekammer zur Sterbebegleitung. Dtsch Ärztebl 2011.
11. Vink EE, Azoulay E, Caplan A, Kompanje EJO, Bakker J. Time-limited trial of intensive care treatment: an overview of current literature. Intensive Care Med. 2018;44(9):1369-77.
12. Borasio GD JR, Meier C. Das Patientenverfügungsgesetz und die medizinische Praxis. 2012.
13. Nauck F JB. Praxisbuch Ethik in der Intensivmedizin. MWV - Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 2012.

14. Hahnenkamp K BM, Burchardi H et al. Entscheidungen bei potentiellen Organspendern. Gemeinsames Positionspapier der Sektion Ethik und Sektion Organspende und -transplantation der DIVI. 2016.
15. Schildmann J, Sandow V, Vollmann J. Interessenkonflikte in der Medizin: Ein Beitrag aus medizinethischer Perspektive. 2011. p. 47-60.
16. Hartog CS. Shared decision making - gemeinsame Entscheidungsfindung. End-of-life Care in der Intensivmedizin. Berlin: Springer; 2013. p. 121-6.
17. Dörries A NG, Simon A et al. Klinische Ethikberatung. Ein Praxisbuch für Krankenhäuser und Einrichtungen der Altenpflege. 2010.
18. Marckmann G, Michalsen A. Entscheidungsunterstützung durch klinische Ethikberatung. In: Hartog CS, Michalsen A (Hrsg.) End-of-Life Care in der Intensivmedizin. Springer, Berlin, 2013;69-72.
19. de Munter L, Polinder S, Lansink KW, Cnossen MC, Steyerberg EW, de Jongh MA. Mortality prediction models in the general trauma population: A systematic review. *Injury*. 2017;48(2):221-9.
20. Sammy I, Lecky F, Sutton A, Leaviss J, O'Cathain A. Factors affecting mortality in older trauma patients-A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2016;47(6):1170-83.
21. Javeed F, Rehman L, Afzal A, Abbas A. Outcome of diffuse axonal injury in moderate and severe traumatic brain injury. *Surg Neurol Int*. 2021;12:384.
22. Kiwanuka O, Lassarén P, Thelin EP, Hånell A, Sandblom G, Fagerdahl A, et al. Long-term health-related quality of life after trauma with and without traumatic brain injury: a prospective cohort study. *Sci Rep*. 2023;13(1):2986.
23. Jacobsson LJ, Westerberg M, Lexell J. Health-related quality-of-life and life satisfaction 6-15 years after traumatic brain injuries in northern Sweden. *Brain Inj*. 2010;24(9):1075-86.
24. LeAf Trauma – Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit nach schwerem Trauma: Gemeinsamer Bundesausschuss; [Available from: <https://innovationsfonds.g-ba.de/projekte/versorgungsforschung/leaf-trauma-lebensqualitaet-und-arbeitsfaehigkeit-nach-schwerem-trauma>.451.
25. Oestern HJ KK. Oestern HJ, Kabus K. Vergleich verschiedener Traumascoresysteme. Eine Übersicht. *Der Unfallchirurg* 1994.

26. Kulla M, Fischer S, Helm M, Lampl L. Traumascores für den Schockraum - eine kritische Übersicht. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2005;40(12):726-36.
27. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma.* 1974;14(3):187-96.
28. Osler T, Baker SP, Long W. A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J Trauma.* 1997;43(6):922-5; discussion 5-6.
29. Champion HR, Sacco WJ, Hunt TK. Trauma severity scoring to predict mortality. *World J Surg.* 1983;7(1):4-11.
30. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma.* 1987;27(4):370-8.
31. Borgman MA, Maegele M, Wade CE, Blackburne LH, Spinella PC. Pediatric trauma BIG score: predicting mortality in children after military and civilian trauma. *Pediatrics.* 2011;127(4):e892-7.
32. Chawda MN, Hildebrand F, Pape HC, Giannoudis PV. Predicting outcome after multiple trauma: which scoring system? *Injury.* 2004;35(4):347-58.
33. Tohira H, Jacobs I, Mountain D, Gibson N, Yeo A. Systematic review of predictive performance of injury severity scoring tools. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2012;20:63.
34. Brockamp T, Maegele M, Gaarder C, Goslings JC, Cohen MJ, Lefering R, et al. Comparison of the predictive performance of the BIG, TRISS, and PS09 score in an adult trauma population derived from multiple international trauma registries. *Crit Care.* 2013.
35. Stoica B, Paun S, Tanase I, Negoii I, Chiotoroiu A, Beuran M. Probability of Survival Scores in Different Trauma Registries: A Systematic Review. *Chirurgia (Bucur).* 2016;111(2):115-9.
36. Mohammed Z, Saleh Y, AbdelSalam EM, Mohammed NBB, El-Bana E, Hirshon JM. Evaluation of the Revised Trauma Score, MGAP, and GAP scoring systems in predicting mortality of adult trauma patients in a low-resource setting. *BMC Emergency Medicine.* 2022;22(1):90.
37. Chou R, Totten AM, Carney N, Dandy S, Fu R, Grusing S, et al. Predictive Utility of the Total Glasgow Coma Scale Versus the Motor Component of the Glasgow Coma Scale for

- Identification of Patients With Serious Traumatic Injuries. *Ann Emerg Med*. 2017;70(2):143-57.e6.
38. Le Gall JR, Loirat P, Alperovitch A, Glaser P, Granthil C, Mathieu D, et al. A simplified acute physiology score for ICU patients. *Crit Care Med*. 1984;12(11):975-7.
  39. Vincent JL, Moreno R. Clinical review: scoring systems in the critically ill. *Crit Care*. 2010;14(2):207.
  40. Zimmerman JE, Kramer AA, McNair DS, Malila FM. Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) IV: hospital mortality assessment for today's critically ill patients. *Crit Care Med*. 2006;34(5):1297-310.
  41. Korkmaz Toker M, Gülleroğlu A, Karabay AG, Biçer İ G, Demiraran Y. SAPS III or APACHE IV: Which score to choose for acute trauma patients in intensive care unit? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2019;25(3):247-52.
  42. Hashmi A, Ibrahim-Zada I, Rhee P, Aziz H, Fain MJ, Friese RS, et al. Predictors of mortality in geriatric trauma patients: a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76(3):894-901.
  43. Pandor A, Fuller G, Essat M, Sabir L, Holt C, Buckley Woods H, et al. Individual risk factors predictive of major trauma in pre-hospital injured older patients: a systematic review. *Br Paramed J*. 2022;6(4):26-40.
  44. McDonald VS, Thompson KA, Lewis PR, Sise CB, Sise MJ, Shackford SR. Frailty in trauma: A systematic review of the surgical literature for clinical assessment tools. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;80(5):824-34.
  45. Poulton A, Shaw JF, Nguyen F, Wong C, Lampron J, Tran A, et al. The Association of Frailty With Adverse Outcomes After Multisystem Trauma: A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesth Analg*. 2020;130(6):1482-92.
  46. Rockwood K, Song X, MacKnight C, Bergman H, Hogan DB, McDowell I, et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *Cmaj*. 2005;173(5):489-95.
  47. Joseph B, Pandit V, Zangbar B, Kulvatunyou N, Tang A, O'Keeffe T, et al. Validating trauma-specific frailty index for geriatric trauma patients: a prospective analysis. *J Am Coll Surg*. 2014;219(1):10-7.e1.

48. Joseph B, Pandit V, Zangbar B, Kulvatunyou N, Hashmi A, Green DJ, et al. Superiority of frailty over age in predicting outcomes among geriatric trauma patients: a prospective analysis. *JAMA Surg.* 2014;149(8):766-72.
49. Cubitt M, Downie E, Shakerian R, Lange PW, Cole E. Timing and methods of frailty assessments in geriatric trauma patients: A systematic review. *Injury.* 2019;50(11):1795-808.
50. Liu T, Chen JJ, Bai XJ, Zheng GS, Gao W. The effect of obesity on outcomes in trauma patients: a meta-analysis. *Injury.* 2013;44(9):1145-52.
51. Hvingelby VS, Bjarkam CR, Mathiesen TI, Poulsen FR, Bøtker MT, Husted A, et al. The prognostic significance of biomarkers in cerebrospinal fluid following severe traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2022;45(4):2547-64.
52. Al-Adli N, Akbik OS, Rail B, Montgomery E, Caldwell C, Barrie U, et al. The Clinical Use of Serum Biomarkers in Traumatic Brain Injury: A Systematic Review Stratified by Injury Severity. *World Neurosurg.* 2021;155:e418-e38.
53. Ibrahim I, Chor WP, Chue KM, Tan CS, Tan HL, Siddiqui FJ, et al. Is arterial base deficit still a useful prognostic marker in trauma? A systematic review. *Am J Emerg Med.* 2016;34(3):626-35.
54. AlRawahi AN, AlHinai FA, Doig CJ, Ball CG, Dixon E, Xiao Z, et al. The prognostic value of serum procalcitonin measurements in critically injured patients: a systematic review. *Crit Care.* 2019;23(1):390.
55. Finlay LD, Conway Morris A, Deane AM, Wood AJ. Neutrophil kinetics and function after major trauma: A systematic review. *World J Crit Care Med.* 2021;10(5):260-77.
56. Stengel D, Bauwens K, Keh D, Gerlach H, Ekkernkamp A, Tauber R, et al. Prognostic value of an early soluble L-selectin (sCD62L) assay for risk assessment in blunt multiple trauma: a metaanalysis. *Clin Chem.* 2005;51(1):16-24.
57. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moulaert VR, Deakin CD, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine Guidelines for Post-resuscitation Care 2015: Section 5 of the European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation.* 2015;95:202-22.

58. Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V.: S1-Leitlinie Hypoxisch-ischämische Enzephalopathie (HIE) im Erwachsenenalter (AWMF Registernummer 030-119), Version 3.0 (17.09.2017), verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-119\\_S1\\_Hypoxisch-ischaemische-Enzephalopathie-HIE\\_2018-03-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/030-119_S1_Hypoxisch-ischaemische-Enzephalopathie-HIE_2018-03-abgelaufen.pdf).
59. Bundesärztekammer (BÄK). Richtlinie BÄK zur Feststellung des irreversiblen Hirnfunktionsausfalls. Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 TPG für die Regeln zur Feststellung des Todes nach § 3 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 TPG und die Verfahrensregeln zur Feststellung des endgültigen, nicht behebbaren Ausfalls der Gesamtfunktion des Großhirns, des Kleinhirns und des Hirnstamms nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 TPG, Fünfte Fortschreibung. Deutsches Ärzteblatt. 2022.
60. Bundesärztekammer (BÄK). Richtlinie BÄK Spendererkennung. Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 TPG zur ärztlichen Beurteilung nach § 9a Abs. 2 Nr. 1 TPG. Richtlinie BÄK Spendererkennung. Deutsches Ärzteblatt 2020.
61. Bundesärztekammer (BÄK). Arbeitspapier zum Verhältnis von Patientenverfügung und Organspendeerklärung. Dtsch Ärztebl 2013. 2013.
62. DIVI. DIVI-Positionspapier. Entscheidungshilfe bei erweitertem intensivmedizinischem Behandlungsbedarf auf dem Weg zur Organspende. 2019.
63. Englbrecht JS, Lanckohr C, Ertmer C, Zarbock A. Perioperatives Management der postmortalen Organspende: Anästhesie zwischen Ethik und Evidenz. Anaesthesist. 2022;71(5):384-91.

### III. Wichtige Forschungsfragen

Eine Auflistung der Forschungsfragen der 13 Kapitel finden sie in “Appendix II: Definitionen, Schlüsselfragen, Endpunkte” des Leitlinienreports.

### IV. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

#### a. Leitlinienkoordinator\*in/Ansprechpartner\*in

##### Leitlinienkoordinator\*in:

Univ.-Prof. Dr. med Gernot Marx, FRCA

Univ.-Prof. Dr. med Frank Hildebrand

##### Leitliniensekretariat:

Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.

Volker Parvu

Luisenstraße 45

10117 Berlin

volker.parvu@divi.de

#### b. Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Tabelle 5. Mitglieder der Leitliniengruppe

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
PD Dr. Sebastian Daniel Reinartz	Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimal-invasive Therapie (DeGIR)	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Univ.- Prof. Dr. Frank Hildebrand	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)	29.09.2021 bis Fertigstellung
PD Dr. Thomas Breuer	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Kathrin Fischer	Deutsche Gesellschaft für Angiologie (DGA)	29.09.2021 bis Fertigstellung; keine Beteiligung an Abstimmungen, keine Übernahme relevanter Funktionen
PD Dr. Johann Lock	Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Uwe Hamsen	Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Gunnar Elke	Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Florian Bäumel	Deutsche Gesellschaft für	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
	Fachkrankenpflege und Funktionsdienste (DGF)	
Dr. Oliver Kögler	Deutsche Gesellschaft für Geriatric (DGG)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Hans-Jörg Busch	Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensiv- und Notfallmedizin (DGIIN)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Univ. - Prof. Dr. Dr. Christian Jung	Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Tobias Graf	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung (DGK)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Ingo Ahrens	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung (DGK)	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
PD Dr. Dr. Rüdiger Zimmerer	Deutsche Gesellschaft für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Julia Hoppe	Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Dominik Michalski	Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Patrick Czorlich	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Nicole Terpolilli	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Thomas Westermaier	Deutsche Gesellschaft für Neurointensiv- und Notfallmedizin (DGNI)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Sylvia Bele	Deutsche Gesellschaft für Neurointensiv- und	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
	Notfallmedizin (DGNI)	
Prof. Dr. Ulrich Kneser	Deutsche Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie (DGPRÄC)	29.09.2021 bis 02.05.2023
Dr. Simon Kuepper	Deutsche Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie (DGPRÄC)	02.05.2023 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Thomas Kremer	Deutsche Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie (DGPRÄC)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Andreas Markewitz	Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Jan Volmerig	Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT)	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Dr. Katrin Welcker	Deutsche Gesellschaft für Thoraxchirurgie (DGT)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Dr. Lisa Zipfel	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)	16.06.2022 bis Fertigstellung
Dr. Leonie Gölz	Deutsche Röntgengesellschaft (DRG)	29.09.2021 bis Fertigstellung
PD. Dr. Jochen Gille	Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmediz in (DGV)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Prof. Dr. Paul Fuchs	Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmediz in (DGV)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Andreas Schäfer	Deutsche Gesellschaft für Pflegerwissenschaften (DGP)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Hilmar Habermehl	Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP)	29.09.2021 bis Fertigstellung

Mandatstragende und Stellvertreter*innen	Fachgesellschaft/ Organisation	Zeitraum
Prof. Dr. Philipp Lepper	Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP)	29.09.2021 bis Fertigstellung
Silke Klarmann	Deutscher Verband für Physiotherapie (ZVK)	29.11.2022 bis Fertigstellung
Carl Christopher Büttner	Deutscher Verband für Physiotherapie (ZVK)	29.11.2022 bis Fertigstellung

Name	Organisation	Aufgaben
<b>Univ.-Prof. Dr. Carina Benstöm</b>	<b>Uniklinik RWTH Aachen</b>	<b>Koordination Methodenteam</b>
Julia Dormann	Methodenteam, Uniklinik RWTH Aachen	Methodik, Autorin Kapitel 1, 2, 5, & 6
Eva Steinfeld	Methodenteam, Uniklinik RWTH Aachen	Methodik, Autorin Kapitel 1, 2, 5 & 6
Kelly Ansems	Methodenteam, Uniklinik RWTH Aachen	Methodik
Karolina Dahms	Methodenteam, Uniklinik RWTH Aachen	Methodik, Autorin Kapitel 1, 2, 5 & 6

Name	Organisation	Aufgaben
Dr. Nils Becker	Klinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen	Screening Literatur, Autor Kapitel 7
Dr. Eftychios Bolierakis	Klinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen	Screening Literatur, Autor Kapitel 7
PD Dr. Klemens Horst	Klinik für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Uniklinik RWTH Aachen	Autor und Verantwortlicher Kapitel 7
PD Dr. Björn Hußmann	Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Alfried Krupp Krankenhaus Essen  Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Düsseldorf  Alfried Krupp Krankenhaus Essen	Screening Literatur

Name	Organisation	Aufgaben
PD Dr. Christoph Wölfel	Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Sporttraumatologie - Hand- und Plastische Chirurgie Klinikum Bendorf – Neuwied – Waldbreitbach Akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes Gutenberg- Universität Mainz, der Universität Maastricht und der EDU/Malta St. Elisabeth Neuwied	Screening Literatur
Dr. Paula Beck, MSc	Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Abteilung Unfallchirurgie, Schwarzwald-Baar- Klinikum Villingen- Schwenningen	Screening Literatur

Name	Organisation	Aufgaben
Dr. Anke Wanger	Orthopädie und Unfallchirurgie, Ilmtalklinik Pfaffenhofen,	Screening Literatur
Dr. Pascal Gräff	Klinik für Unfallchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover	Screening Literatur
Dr. Aileen Spieckermann	Chirurgische Klinik, Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil	Screening Literatur, Autorin Kapitel 9
Dr. Jennifer Sauvigny	Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Universitäts-Klinikum Hamburg-Eppendorf	Screening Literatur
Prof. Dr. Uwe Janssens	Leiter der Sektion Ethik der DIVI	Autor Kapitel 13
Prof. Dr. Henning Rosenau	Arbeitskreis Ärzte und Juristen der AWMF	Autor Kapitel 13
Prof. Dr. Hans-Detlev Saeger	Arbeitskreis Ärzte und Juristen der AWMF	Autor Kapitel 13

Wissenschaftliche Sachverständige	Organisation	Aufgabe
Maria-Inti Metzendorf	Institut für Allgemeinmedizin (ifam) Universitätsklinikum Düsseldorf	Search Specialist: Planung, Entwicklung und Durchführung von systematischen Literatursuchen
Heidrun Janka	Institut für Allgemeinmedizin (ifam) Universitätsklinikum Düsseldorf	Search Specialist: Planung, Entwicklung und Durchführung von systematischen Literatursuchen

An der Leitlinienerstellung haben die Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie und Gefäßmedizin Gesellschaft für operative, endovaskuläre und präventive Gefäßmedizin e.V., Deutsche Gesellschaft für Physiotherapiewissenschaft e.V. und die Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie e.V. nicht teilgenommen. Diese wurden zu Beginn der Leitlinienerstellung angefragt, konnten aber keine Mandatsträger\*innen zur Leitlinienerstellung entsenden.

### c. Patient\*innen/Bürger\*innenbeteiligung

Patient\*innen wurden an der Erstellung der Leitlinie nicht beteiligt, da:

- Fachwissen und technische Kenntnisse: An der Entwicklung der Leitlinie ist ein multidisziplinäres Gremium von Fachleuten des Gesundheitswesens beteiligt, die über spezielle Kenntnisse und Fachwissen auf dem betreffenden Gebiet verfügen. Patient\*innenvertreter\*innen können zwar wertvolle Einblicke aus der Patient\*innenperspektive liefern, verfügen aber möglicherweise nicht über das gleiche Fachwissen wie die Fachkräfte im Gesundheitswesen, vor allem bei einem solch komplexen Behandlungsfall wie dem Polytrauma.
- Herausforderungen bei der Auswahl eines Vertreters/einer Vertreterin: Patient\*innen zu finden, die eine solche Versorgung erfahren haben, zur Teilnahme bereit sind und die

Fähigkeit besitzen, seine/ihre Erfahrungen und Perspektiven effektiv zu vermitteln, ist kaum möglich.

Der Ausschluss eines Patient\*innenvertreters bei der Entwicklung der Leitlinie zur Polytraumaversorgung auf Intensivstationen war in erster Linie auf den begrenzten Anwendungsbereich der Leitlinie zurückzuführen, die sich ausschließlich auf die Versorgung auf der Intensivstation konzentrierte. Es ist jedoch wichtig, die Bedeutung der Patient\*innenbeteiligung in anderen Phasen der Leitlinienentwicklung anzuerkennen, um einen umfassenden und patientenzentrierten Ansatz für die Entscheidungsfindung im Gesundheitswesen zu gewährleisten.

#### **d. Methodische Begleitung**

Bei der Erstellung wurde die Leitlinie durch Univ.-Prof. Dr. Carina Benstöm methodisch begleitet. Durch ihre langjährige Erfahrung im Bereich der evidenzbasierten Gesundheitsforschung und der Mitwirkung an der Erstellung anderer Leitlinien war die methodische Beratung durch die AWMF nicht erforderlich.

## **V. Informationen zu dieser Leitlinie**

#### **a. Methodische Grundlagen**

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 2.0 vom 19.11.2020).

#### **b. Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz**

Eine ausführliche Beschreibung zur Literaturrecherche finden sie im Leitlinienreport dieser Leitlinie.

Die systematische Recherche wurde durch Informationsspezialistinnen durchgeführt.

- Im ersten Schritt wurde eine globale Literatursuche nach internationalen Leitlinien zum Thema „Intensivmedizin nach Polytrauma“ durchgeführt.
- Im zweiten Schritt wurden spezielle Literatursuchen zu den durch die Kleingruppen formulierten PICO-Fragen durchgeführt.

Alle Treffer wurden auf Titel/Abstract Ebene geprüft. Die potenziell relevanten Studien wurden auf Volltext-Ebene geprüft; in diesem Schritt wurde für jede Studie eine endgültige Entscheidung bezüglich Ein- bzw. Ausschluss getroffen. Für die Beantwortung der Schlüsselfragen wurden, sofern keine *randomisierten-kontrollierten Studien* identifiziert werden konnten, nach Möglichkeit aktuelle, qualitativ hochwertige systematische Übersichtsarbeiten herangezogen.

### c. Kritische Bewertung der Evidenz

Die Qualitätsbewertung der identifizierten systematischen Übersichtsarbeiten erfolgte mit dem Bewertungsinstrument AMSTAR. Für die Bewertung der Qualität randomisiert kontrollierter Studien wurde zunächst das Risk of Bias Assessment Tool2 (Rob2) genutzt und anschließend die Evidenz mittels GRADE bewertet. Ausführliche Informationen zur kritischen Bewertung der Evidenz finden sie im Leitlinienreport.

### d. Strukturierte Konsensfindung

Die strukturierte Konsensfindung erfolgte im Rahmen einer strukturierten Konsenskonferenz. Eine ausführliche Beschreibung der strukturierten Konsensfindung finden Sie im Leitlinienreport dieser Leitlinie.

### e. Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

#### Festlegung des Empfehlungsgrades

In der folgenden Tabelle ist die verwendete Empfehlungsgraduierung dargestellt.

Tabelle 6. Dreistufiges Schema zur Graduierung von Empfehlungen

Empfehlungsgrad	Beschreibung	Ausdrucksweise	Symbol (fakultativ)
A	Starke Empfehlung	Soll /Soll nicht	↑↑ / ↓↓
B	Schwache Empfehlung	Sollte /sollte nicht	↑ / ↓
0	Empfehlung offen	Kann	↔

		erwogen/verzichtet werden	
--	--	---------------------------	--

## **Feststellung der Konsensstärke**

Die Konsensstärke wurde gemäß der folgenden Tabelle klassifiziert.

Tabelle 7. Feststellung der Konsensstärke

Klassifikation der Konsensstärke	
Starker Konsens	> 95% der Stimmberechtigten
Konsens	>75-95% der Stimmberechtigten
Mehrheitliche Zustimmung	>50-75% der Stimmberechtigten
Keine mehrheitliche Zustimmung	<50% der Stimmberechtigten

## **VI. Redaktionelle Unabhängigkeit**

### **a. Finanzierung der Leitlinie**

Mittel für die methodische Unterstützung, die Literaturbeschaffung, die Organisation der Konsensuskonferenzen sowie für Sachkosten wurden von der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensivmedizin und Notfallmedizin (DIVI) zur Verfügung gestellt. Reisekosten der Teilnehmer\*innen wurden von den entsendenden Fachgesellschaften oder den Teilnehmer\*innen selbst getragen.

### **b. Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten**

Von allen Mitgliedern der Leitliniengruppe wurden die Interessenerklärungen nach dem aktuellen Formblatt der AWMF (2018) elektronisch erhoben. Die Interessenskonflikte wurden erneut von der Arbeitsgruppe Interessenkonflikte, bestehend aus Prof. Carina Benstöm, Prof. Frank Hildebrand und Prof. Gernot Marx, bewertet. Es lagen keine relevanten Interessenskonflikte bei den Mandatsträger\*innen vor, die Einfluss auf die Leitlinienarbeit hatten.

## **VII. Externe Begutachtung und Verabschiedung**

Die Leitlinie wurde im Zeitraum von November 2023 bis Mai 2024 von den Vorständen der beteiligten Fachgesellschaften verabschiedet.

## **VIII. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren**

Die Leitlinie ist 30.01.2024 bis zur nächsten Aktualisierung gültig. Die Gültigkeitsdauer wird auf fünf Jahre geschätzt. Vorgesehen sind regelmäßige Aktualisierungen; bei dringendem Änderungsbedarf werden diese gesondert publiziert. Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an das Leitliniensekretariat gesendet werden.

30.01.2024

## IX. Verwendete Abkürzungen

A.S.P.E.N	Amerikanischen Fachgesellschaft für parenterale und enterale Ernährung
Abs.	Absatz
ACRM	Anesthesia Crisis Resource Management
AEP	akustisch evozierte Potenziale
AF	Atemfrequenz
AIS	Abbreviated Injury Scale
AKI	akuten Nierenschädigung
ALT	Alanin-Aminotransferase
APACHE	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
AST	Aspartat-Aminotransferase
BÄK	Bundesärztekammer
BE	Base Excess
BGA	Blutgasanalyse
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGHZ	Entscheidungen des Bundesgerichtshofs in Zivilsachen
BMI	Body mass index
BPS	Behavioural pain scale
BPSni	Behavioural pain scale – not intubated
Bzw.	Beziehungsweise
cCT	craniale Computertomographie
CT	Computertomographie
Ch	Charrière
Cm	Zentimeter
CO	Cardiac output
CPP	Cerebral perfusion pressure/cerebraler Perfusionsdruck
CRM	Crew Resource Management
CRP	C-reaktives Protein

CRRT	Kontinuierliche Nierenersatztherapie
CT	Computertomographie
CVP	central venous pressure/Zentralvenöser Druck
d.h.	das heißt
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
DCO	Damage Control Orthopaedics
DO <sub>2</sub>	Oxygen Delivery/Sauerstoffangebot
DSO	Deutsche Stiftung Organtransplantation
e.V.	Eingetragener Verein
ECLS	Extrakorporale Zirkulation
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EEG	Elektroenzephalografie
EF	Externer Fixateur
EIT	Elektrischen Impedanztomographie
EKG	Elektrokardiografie
Etc.	et cetera
f.	folgend
FAST	Fokussierte Ultraschalluntersuchung bei Trauma
FIO <sub>2</sub>	Inspiratorische Sauerstoffkonzentration
FKDS	Farbkodierte Duplexsonographie
G-BA	Gemeinsame Bundesausschuss
GCS	Glasgow Coma Scale
GEDV	Global enddiastolisches Blutvolumen
GFR	Glomerulären Filtrationsrate
Ggf.	Gegebenenfalls
GoR	Empfehlungsgrad
GPP	Good (clinical) practice point
H <sub>2</sub> O	Wasser
Hb	Hämoglobinkonzentration
HF	Herzfrequenz
HR	Hazard Ratio

HWS	Halswirbelsäule
HZV	Herzzeitvolumen
IABP	Intraaortale Ballonpumpe
ICP	Intrakranieller Druck
ICU	Intensive care unit
IHD	Intermittierende Hämodialyse
IL-6	Interleukin 6
IMC	Intermediate Care
IMN	Intramedullären Nagel
INR	International Normalized Ratio/International normalisiertes Verhältnis
IPC	Interprofessional collaboration
IQR	Interquartile ratio
ISS	Injury Severity Score
ITBV	Intrathorakales Blutvolumen
ITS	Intensivstation
IVC	Vena cava inferior
Kg/m <sup>2</sup>	Kilogramm pro Quadratmeter
KI	Konfidenzintervall
KLRT	Kontinuierlichen lateralen Rotationstherapie
KRINKO	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
LoE	Level of evidence
LFT	Leberfunktionstest
MD	Mean difference
Mg/dl	Milligramm pro Deziliter
ml/h	Milliliter pro Stunde
ml/kg	Milliliter pro Kilogramm
ml/kgKG	Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht
mmHg =	Millimeter-Quecksilbersäule
mmol/l	Millimol pro Liter
MRT	Magnetresonanztomographie
MTR	Medizinische Technolog*innen der Radiologie

MS-CT	Multisplince-Computertomographie
NaCL	Natriumchlorid
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
NISS	New Injury Severity Score
NIV	Nichtinvasiven Beatmung
NRS	Numerische Rating-Skala
o.g.	oben genannte
OP	Operation
OR	Odds Ratio
PaO <sub>2</sub>	Sauerstoffpartialdruck
PAOP	Pulmonary artery occlusion pressure
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCT	Procalcitonin
PEEP	Positive EndExpiratory Pressure
Pg/dl	Pikogramm pro Deziliter
PICO	Population - Intervention - Comparison - Outcome
POCUS	Point-of-care-ultrasonography
PP	Pulse pressure
PT	Prothrombinzeit
PtiO <sub>2</sub>	Tissue oxygen pressure
RASS	Richmond Agitation-Sedation-Scale
RCT	Randomized controlled trial
Ref.	Referenz
ROTEM	Thrombelastometrie
RR	Riva Rocci
RRT	Nierenersatztherapie
s.u.	siehe unten
SAPS	Simplified Acute Physiology Score
SBAR	Situation, Background, Assessment and Recommendation-Schema
SBT	Spontaneous breathing trial
ScvO <sub>2</sub>	Zentralvenöse Sauerstoffsättigung

SEP	Somatosensibel evozierte Potenziale
SGB	Sozialgesetzbuch
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
SOP	Standard Operating Procedure
SRMA <sub>s</sub>	Systematic reviews and meta-analysis
STIKO	Ständige Impfkommission
SvO <sub>2</sub>	Gemischtvenöse Sauerstoffsättigung
SVV	Systolic pressure variation
SV	Schlagvolumen
TEE	Transösophageale echokardiographische Untersuchung
TEG	Thrombelastometrie
TNF	Tumornekrosefaktor
TPG	Transplantationsgesetz
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
TTE	Transthorakale echokardiographische Untersuchung
TTS	Tthoracic trauma score
u.g.	unten genannte
usw.	und so weiter
v.a.	vor allem
Vgl.	vergleiche
vKOF	Verbrannte Körperoberfläche
VTE	Venösen Thrombembolie
WSASC	World Society of the Abdominal Compartment Syndrome
WSES	World Society for Emergency Surgery
z.B.	Zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZOPA	Zurich Observation Pain Assessment
ZVD	Zentraler Venendruck



**Versionsnummer:** 1.0  
**Erstveröffentlichung:** 01/2024  
**Überarbeitung von:**  
**Nächste Überprüfung geplant:** 01/2029

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online