

Med Klin Intensivmed Notfmed 2025 · 120 (Suppl 2):
S163–S231

<https://doi.org/10.1007/s00063-025-01317-1>

Angenommen: 26. Juli 2025

Online publiziert: 18. August 2025

© The Author(s) 2025, korrigierte Publikation 2025



S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge – Update 2025

Frank M. Brunkhorst¹ · Michael Adamzik² · Hubertus Axer³ · Michael Bauer¹ · Christian Bode⁴ · Hans-Georg Bone⁵ · Thorsten Brenner⁶ · Michael Bucher⁷ · Sascha David⁸ · Maximilian Dietrich⁹ · Christian Eckmann¹⁰ · Gunnar Elke¹¹ · Torben Esser¹² · Thomas Felbinger¹³ · Christine Geffers¹⁴ · Herwig Gerlach¹⁵ · Béatrice Grabein¹⁶ · Matthias Gründling¹⁷ · Ulf Günther¹⁸ · Stefan Hagel¹⁹ · Andreas Hecker²⁰ · Stefan Henkel²¹ · Babila Janusan¹⁵ · Stefan John²² · Achim Jörres²³ · Achim Kaasch¹² · Stefan Kluge²⁴ · Matthias Kochanek²⁵ · Agnieszka Lajca¹⁵ · Gernot Marx²⁶ · Konstantin Mayer²⁷ · Patrick Meybohm²⁸ · Onnen Mörer²⁹ · Michael Oppert³⁰ · Vladimir Patchev¹⁵ · Mathias Pletz¹⁹ · Christian Putensen⁴ · Tim Rahmel² · Jenny Rosendahl³¹ · Rolf Rossaint³² · Bernd Salzberger³³ · Michael Sander³⁴ · Stefan Schaller³⁵ · Christina Scharf-Janssen³⁶ · Felix Schmitt⁹ · Matthias Unterberg² · Markus Weigand⁹ · Arved Weimann³⁷ · Sebastian Weis³⁸ · Björn Weiß³⁹ · Alexander Wolf² · Alexander Zarbock⁴⁰

Was gibt es Neues?

Bei der vorliegenden Leitlinie der Klassifikation S3 handelt es sich um ein Update der S3-Leitlinie „Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge“ [1] (AMWF-Register-Nr.: 079–001) der Deutschen Sepsis-Gesellschaft (DSG) vom 31.12.2018. Dabei wurde das Update der „*Surviving sepsis campaign (SSC): international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021*“ [2] vom 04.10.2021 als Referenzleitlinie zugrunde gelegt. Die DSG-Leitlinienkommission verglich jede Empfehlung zu den zugrunde liegenden PICO-Fragen der DSG-Leitlinie 2018 (Literaturrecherche bis Dezember 2018) mit denen der SSC-Leitlinie 2021 (Literaturrecherche bis Juli 2019) und bewertete gegebenenfalls die in der Zwischenzeit neu verfügbare publizierte Datenlage mittels systematischer Aktualisierungsrecherchen und Literaturbewertungen unter Befolgung des Regelwerkes des GRADE-Systems [3]. Außerdem fanden aktuelle deutsche Leitlinien besondere Berücksichtigung, u. a. die S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] (AMWF-Reg.-Nr.: 001–021), die S3-Leitlinie „Nie-

renersatztherapie in der Intensiv- und Notfallmedizin“ [5] (AMWF-Reg.-Nr.: 040–017), sowie der S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] (AMWF-Reg.-Nr.: 001–015).

In der Leitlinie wird mit aufgeführt, ob die jeweilige Kernaussage eine Adoption bzw. Adaptation der Empfehlungen der SSC-Leitlinie bzw. anderer Leitlinien darstellt, eine Änderung des Empfehlungsgrades, des Empfehlungstextes oder eine Aktualisierung der Evidenz im Vergleich zur SSC-Empfehlung bzw. anderer Leitlinien vorliegt oder eine zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung erstellt wurde. Die Kernaussagen der einzelnen Kapitel sind als Empfehlungen oder als Stellungnahme aufgezeigt.

Die Erweiterung des Kapitels „Nachsorge“ adressiert Aspekte der Langzeitfolgen nach überlebter Sepsis, welche als Teil des sogenannten PICS (Post Intensive Care Syndrome) zusammengefasst werden.

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

Die folgenden Schwerpunkte (Kap. 2–10 dieser Leitlinien-Langfassung) wurden sys-

Weitere Informationen zu den Affiliationen der Autoren befinden sich auf der letzten Artikelseite.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

tematisch behandelt: (Kap. 2) Screening und Erstmaßnahmen, (Kap. 3) Infektion und antimikrobielle Therapie, (Kap. 4) Kreislauftherapie, (Kap. 5) Beatmungstherapie, (Kap. 6) Nierenersatzverfahren, (Kap. 7) Ernährungstherapie, (Kap. 8) Weitere Maßnahmen, (Kap. 9) Behandlungsziele und Spätfolgen, (Kap. 10) Präventionsmaßnahmen und Impfungen. Insgesamt wurden 88 PICO-Fragen adressiert. Davon wurden 2 als Statements, 29 als Expertenkonsens und 57 als evidenzbasierte Empfehlungen (27 mit starkem und 30 mit schwachem Empfehlungsgrad) konsentiert. *Neue* (insgesamt 29) oder *geänderte* (insgesamt 16) Empfehlungen sind unten stehend aufgeführt und sind den Empfehlungen der DSG-2018-Leitlinie gegenübergestellt.

Screening und Erstmaßnahmen

Screening

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen Krankenhäusern ein Qualitätssicherungsprogramm zum Thema Sepsis, einschließlich eines Sepsis-Screenings für akut erkrankte Hochrisikopatienten und Standardarbeitsanweisungen (SOPs) für die Behandlung (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir empfehlen Krankenhäusern, Programme zur Implementierung der Leitlinie zu initiieren und umzusetzen, einschließlich eines Screenings für Risikopatienten (*Expertenkonsens*).

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen bei Patienten außerhalb der Intensivstation, bei denen der Verdacht auf eine Infektion besteht, regelmäßig ein geeignetes Screeninginstrument anzuwenden, um eine Sepsis frühzeitig zu erkennen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir empfehlen, bei Patienten außerhalb von Intensivstationen, bei denen der Verdacht auf eine Infektion besteht, den Quick-Sequential-Organ-Failure-Assessment(qSOFA)-Score regelmäßig zu bestimmen, um Risikopatienten mit vitaler Bedrohung frühzeitig zu erkennen (*Expertenkonsens*).

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen bei Erwachsenen mit Verdacht auf Sepsis, eine Messung des Laktats im Blut durchzuführen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Hintergrund: Sepsis ist eine akut lebensbedrohliche multiple Organdysfunktion, ausgelöst durch eine Infektion.

Methodik: Bei der vorliegenden Leitlinie handelt es sich um ein Update der S3-Leitlinie „Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge“ (AMWF-Register-Nr.: 079–001) der Deutschen Sepsis-Gesellschaft (DSG) vom 31.12.2018. Dabei wurde das Update der „Surviving sepsis campaign (SSC): international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021“ vom 04.10.2021 als Referenzleitlinie zugrunde gelegt. Die DSG-Leitlinienkommission verglich jede Empfehlung zu den zugrunde liegenden PICO-Fragen der DSG-Leitlinie 2018 (Literaturrecherche bis 12/2018) mit denen der SSC-Leitlinie 2021 (Literaturrecherche bis 07/2019) und bewertete die in der Zwischenzeit neu verfügbare publizierte Datenlage (Literaturrecherche bis 12/2024) mittels systematischer Aktualisierungsrecherchen und Literaturbewertungen unter Befolgung des Regelwerkes des GRADE-Systems und der AWMF.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 88 PICO-Fragen u. a. zur Diagnose und Therapie der Infektion und des Organversagens adressiert. Davon wurden 2 als Statements, 29 als Expertenkonsens und 57 als evidenzbasierte Empfehlungen (26 mit starkem und 31 mit schwachem Empfehlungsgrad) konsentiert. Im Vergleich zur Vorgänger-Leitlinie 2018 wurden 43 Empfehlungen überprüft, aber beibehalten. 16 Empfehlungen wurden geändert, und 29 Empfehlungen wurden neu ausgesprochen.

Schlussfolgerung: Angesichts fehlender Evidenz für zahlreiche Maßnahmen zur stationären Versorgung von Patienten mit Sepsis oder septischem Schock wurden alte und neue Wissenslücken offenbart. Bei den evidenzbasierten Empfehlungen war die zugrunde liegende Evidenzqualität nach GRADE nur bei 5 Empfehlungen hoch, bei 18 Empfehlungen moderat, bei 17 Empfehlungen niedrig und bei 16 sehr niedrig. Diese Evidenzlücken können nur durch zukünftige multizentrische, nichtkommerzielle klinische Prüfungen geschlossen werden. Das Update der S3-Leitlinie Sepsis beinhaltet einige Aktualisierungen zu Empfehlungen der Vorgängerleitlinie. Diese Aktualisierungen werden in einige der fall- und einrichtungsbezogenen QS-Indikatoren des QS-Verfahrens 2025 einfließen müssen. Beeinträchtigungen in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität müssen bei Überlebenden mehr in den Fokus der ambulanten Versorgung gerückt werden.

Schlüsselwörter

Sepsis · Septischer Schock · Diagnose · Therapie · Nachsorge

Initiale hämodynamische Stabilisierung

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, Vasopressoren auch periphervenös zu applizieren, um den MAP auf > 65 mm Hg anzuheben und nicht auf die Anlage eines ZVK zu warten (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Flüssigkeitstherapie

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock die Rekapillarierungszeit zur Beurteilung der Gewebepfusion zu nutzen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung

Infektion und antimikrobielle Therapie

Beginn der antimikrobiellen Therapie

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis, dass die Verabreichung von intravenösen Antiinfektiva so schnell wie möglich, bei Patienten mit einem septischen Schock idealerweise innerhalb einer Stunde erfolgt (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir empfehlen, dass die Verabreichung von intravenösen Antiinfektiva so schnell wie möglich, idealerweise innerhalb einer Stunde, nach der Diagnose einer Sepsis oder eines septischen Schocks erfolgt (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei einem Verdacht auf eine Sepsis ohne

Abkürzungen	
<i>ABS</i>	Antibiotic Stewardship
<i>ADH</i>	Antidiuretisches Hormon
<i>ADM</i>	Adrenomedullin
<i>AKI</i>	Acute Kidney Injury, akute Nierenschädigung
<i>AMS</i>	Antimicrobial Stewardship
<i>AMSTAR</i>	Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews
<i>APACHE-II-SCORE</i>	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation
<i>APRV</i>	Airway Pressure Release Ventilation
<i>aPTT</i>	Aktivierter partieller Thromboplastinzeit
<i>ARDS</i>	Acute Respiratory Distress Syndrome, akutes Atemnotsyndrom
<i>ART</i>	Kommission Antiinfektiva, Resistenz und Therapie
<i>ASPEN</i>	American Society of Parenteral and Enteral Nutrition
<i>AUROC</i>	Area Under the Receiver Operating Characteristic
<i>AWMF</i>	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
<i>BÄK</i>	Bundesärztekammer
<i>BfARM</i>	Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte
<i>CI</i>	Confidence Interval, Konfidenzintervall
<i>CIM</i>	Critical Illness Myopathy
<i>CIP</i>	Critical Illness Polyneuropathy
<i>CPAP</i>	Continuous Positive Airway Pressure
<i>CPFA</i>	Coupled Plasma Filtration Adsorption
<i>CRP</i>	C-Reactive Protein, C-reaktives Protein
<i>CRRT</i>	Continuous Renal Replacement Therapy, kontinuierliche Nierenersatzverfahren
<i>CRS</i>	Compliance des respiratorischen Systems
<i>CVP</i>	Central Venous Pressure, zentraler Venendruck
<i>CVVH</i>	Kontinuierliche venovenöse Hämofiltration
<i>CVVHD</i>	Kontinuierliche venovenöse Hämodialyse
<i>CVVHDF</i>	Kontinuierliche venovenöse Hämodiafiltration
<i>DGAI</i>	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
<i>DGHO</i>	Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie
<i>DIVI</i>	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv und Notfallmedizin
<i>DSG</i>	Deutsche Sepsis-Gesellschaft
<i>DSH</i>	Deutsche Sepsis-Hilfe
<i>DTP</i>	Differential Time to Positivity
<i>DVT</i>	Deep Vein Thrombosis, tiefe Venenthrombose
<i>EAA</i>	Endotoxin Activity Assay, Endotoxinaktivität
<i>ECMO</i>	Extracorporeal Membrane Oxygenation, extrakorporale Membranoxygenierung

Abkürzungen	
<i>EGDT</i>	Early Goal-Directed Therapy
<i>EIT</i>	Elektrische Impedanztomographie
<i>ENG/EMG</i>	Elektro-neurographie/Elektromyographie
<i>ESCMID</i>	European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases
<i>ESICM</i>	European Society of Intensive Care Medicine
<i>GFP</i>	Gefrorenes Frischplasma
<i>GFR</i>	Glomeruläre Filtrationsrate
<i>GI</i>	Gastrointestinal
<i>GRADE</i>	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation
<i>HA</i>	Humanalbumin
<i>HAT</i>	Hydrocortison, Ascorbinsäure und Thiamin
<i>HES</i>	Hydroxyethylstärke
<i>HFNO</i>	High-Flow Nasal Oxygen
<i>HIT</i>	Heparin-induzierte Thrombozytopenie
<i>HZV</i>	Herzminutenvolumen
<i>IBW</i>	Ideal Body Weight, ideales Körpergewicht
<i>ICD</i>	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
<i>ICU-AW</i>	ICU-Acquired Weakness
<i>IHD</i>	Intermittierende Hämodialyse
<i>IgM</i>	Immunglobulin M
<i>IPC</i>	Intermittent Pneumatic Compression, intermittierende pneumatische Kompression
<i>ITS</i>	Intensivstation
<i>IVIG</i>	Intravenöse Immunglobuline
<i>KDIGO</i>	Kidney Disease: Improving Global Outcomes
<i>KI</i>	Künstliche Intelligenz
<i>KRINKO</i>	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut
<i>LAE</i>	Lungenarterienembolie
<i>MAP</i>	Mean Arterial Pressure, mittlerer arterieller Blutdruck
<i>MEWS</i>	Modified Early Warning Score
<i>MHK</i>	Minimale Hemmkonzentration
<i>MIQ</i>	Mikrobiologisch-infektiologische Qualitätsstandards
<i>MLP</i>	Methylenblau-Licht-behandeltes Plasma
<i>MODS</i>	Multiorganversagen
<i>MRE</i>	Multiresistente Erreger
<i>MGRN</i>	Multiresistente gramnegative Bakterien
<i>MRSA</i>	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
<i>NaCl</i>	Natriumchlorid
<i>NET</i>	Nierenersatztherapie
<i>NEWS</i>	National Early Warning Score
<i>NIV</i>	Nichtinvasive Beatmung
<i>NMH</i>	Niedermolekulares Heparin
<i>OPSI</i>	Overwhelming Post-Splenectomy Infection
<i>OR</i>	Odds Ratio
<i>PCR</i>	Polymerase Chain Reaction
<i>PCT</i>	Procalcitonin
<i>PEEP</i>	Positiver endexpiratorischer Druck

Abkürzungen	
<i>PEG</i>	Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Infektionstherapie
<i>PICS</i>	Post-Intensive-Care-Syndrom
<i>PIRRT</i>	Prolonged Intermittent Renal Replacement Therapy
<i>PPV</i>	Pulsdruckkurvenvariation
<i>PTBS</i>	Posttraumatische Belastungsstörung
<i>PTPe</i>	Endexpiratorischer transpulmonaler Druck
<i>RAAS</i>	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System
<i>RASS</i>	Richmond Agitation-Sedation Scale
<i>RCT</i>	Randomized Controlled Trial
<i>RR</i>	Relatives Risiko
<i>RRT</i>	Renal Replacement Therapy
<i>RVS</i>	Humanes respiratorisches Synzytial-Virus
<i>SAE</i>	Serious Adverse Event
<i>SCCM</i>	Society of Critical Care Medicine
<i>SCD</i>	Sequential Compression Devices, sequenzielle Kompressionsgeräte
<i>ScvO₂</i>	Central Venous Oxygen Saturation
<i>SDP</i>	Solvent-Detergent-behandeltes Plasma
<i>sGC</i>	Guanylatzyklase
<i>SIRS</i>	Systemic Inflammatory Response Syndrome
<i>SLEDD</i>	Sustained Low Efficient Daily Dialysis
<i>SOFA</i>	Sequential Organ Failure Assessment Score
<i>SOP</i>	Standard Operating Procedure, Standardarbeitsanweisungen
<i>SSC</i>	Surviving Sepsis Campaign
<i>STIKO</i>	Ständige Impfkommision
<i>SVV</i>	Schlagvolumenvariation
<i>TDM</i>	Therapeutisches Drugmonitoring
<i>TEE</i>	Transösophageale Echokardiographie
<i>TTE</i>	Transthorakale Echokardiographie
<i>TVT</i>	Tiefe Venenthrombose
<i>UFH</i>	Unfraktioniertes Heparin
<i>URR</i>	Urea Reduction Rate
<i>VRE</i>	Vancomycin-resistente Enterokokken
<i>VV-ECMO</i>	Venovenöse extrakorporale Membranoxygenierung
<i>WHO</i>	World Health Organisation
<i>ZVK</i>	Zentraler Venenkatheter

Schocksymptomatik zunächst eine zeitnahe weitere Diagnostik durchzuführen. Falls der Verdacht auf eine zugrunde liegende Infektion weiterbesteht, sollte die Verabreichung der antiinfektiven Therapie innerhalb von drei Stunden erfolgen (**Expertenkonsens**).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Wahl der antimikrobiellen Therapie

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Beta-Laktam-Antibiotika als prolongierte

Infobox 1

Beteiligte Fachgesellschaften

- **Federführend:** Deutsche Sepsis-Gesellschaft e.V. (DSG)
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI)
- Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (DGCH)
- Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin (DGIIN)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin e.V. (DGEM)
- Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)
- Deutsche Gesellschaft für Infektiologie (DGI)
- Deutsche Gesellschaft für Nephrologie e.V. (DGfN)
- Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)
- Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP)
- Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM)
- Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie e.V. (DGHO)
- Deutsche Gesellschaft für Medizinische Psychologie (DGMP)
- Deutsche Sepsis-Hilfe e.V. (DSH)
- Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ)
- Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Infektionstherapie e.V. (PEG)

oder kontinuierliche Infusion (nach initialem Bolus) zu verabreichen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ohne erhöhtes Risiko für multi-resistente Erreger KEINE routinemäßige, initiale Therapie mit zwei verschiedenen gegen gramnegative Erreger wirksamen Substanzen („double gram-negative coverage“) durchzuführen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2028: keine Empfehlung.

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit einem niedrigen Risiko für eine Pilzinfektion KEINE antimykotische Therapie durchzuführen. Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit einem hohen Risiko für eine Pilzinfektion eine empirische antimykotische Therapie durchzuführen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Infobox 2

Leitlinienkoordinator

Prof. Dr. med. Frank M. Brunkhorst
Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie
Universitätsklinikum Jena
07740 Jena
Deutsche Sepsis-Gesellschaft e.V. (DSG)
Waldenserstr. 2–4
10551 Berlin
Email: frank.brunkhorst@med.uni-jena.de
Leitliniensekretariat.
Stefanie Truschzinski
Deutsche Sepsis-Gesellschaft e.V. (DSG)

DSG 2018: Wir empfehlen, die Indikation einer zusätzlichen kalkulierten antimykotischen oder antiviralen Therapie bei Risikopatienten entsprechend der fokusbezogenen Leitlinie zu überprüfen (*Expertenkonsens*).

Kreislauftherapie

Flüssigkeitstherapie

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock Gelatine NICHT anzuwenden.¹ (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Albumin additiv zu balancierten Kristalloiden zu verabreichen, wenn große Mengen an Flüssigkeit benötigt werden, um eine hämodynamische Stabilität zu erreichen.¹ (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: Wir schlagen vor, dass von einer Verwendung von Albumin oder Gelatine bei der Behandlung von Patienten mit septischem Schock abgesehen wird, sofern eine adäquate Flüssigkeitstherapie mit Kristalloiden in der Lage ist, die hämodynamische Stabilität zu erreichen. Für den Fall, dass dies nicht möglich sein sollte, schlagen wir den ergänzenden Einsatz

¹ Die Empfehlung wurde bei Vorlage der Konsultationsfassung durch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) abgelehnt. Eine wissenschaftlich-fachliche Begründung befindet sich im Leitlinienreport (Kap. 5, Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen).

von Albumin oder Gelatine vor (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Vasoaktive Substanzen

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Vasopressin zu ergänzen, wenn mit Noradrenalin alleine kein ausreichender Blutdruck erzielt werden kann (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: Wir schlagen vor, dass entweder Vasopressin oder Epinephrin zu Noradrenalin ergänzt wird, wenn mit Noradrenalin alleine kein ausreichender Blutdruck erzielt werden kann (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2025 (NEU): Aufgrund der aktuellen Datenlage kann bei Patienten mit septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz von Methylenblau eine Empfehlung ausgesprochen werden (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Terlipressin NICHT anzuwenden (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Venoarterielle ECMO

DSG 2025 (NEU): Der Einsatz einer venoarteriellen ECMO bei Patienten mit einem therapierefraktären septischen Schock ohne einen zusätzlichen kardiogenen Schock kann NICHT empfohlen werden (*Expertenkonsens*).

Aufgrund der aktuellen Datenlage kann weder für noch gegen den Einsatz einer venoarteriellen ECMO bei Patienten mit einem therapierefraktären septischen und einem zusätzlichen kardiogenen Schock eine Empfehlung ausgesprochen werden (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Beatmungstherapie

Beatmungseinstellungen

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen, Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ARDS mit einem Tidalvolumen um 6 ml/kg IBW (4–8 ml/kg IBW) zu beatmen (*Empfehlungsgrad: stark*).

Infobox 3

Geschäftsstelle

c/o Conventus Geschäftsstellenmanagement
Carl-Pulfrich-Str. 1
07745 Jena
Telefon: +493641-3116444
Email: geschaeftsstelle@sepsis-gesellschaft.de

DSG 2018: Wir empfehlen die Beatmung von Patienten mit ARDS mit einem VT ≤ 6 ml/kg Standard-Körpergewicht (KG) (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei der invasiven Beatmung von Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ARDS eine inspiratorische Druckdifferenz von ≤ 14 cmH₂O anzustreben (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: Wir empfehlen, bei der invasiven Beatmung von Patienten mit ARDS den endinspiratorischen Atemwegsdruck (PEI) ≤ 30 cmH₂O zu halten (*Empfehlungsgrad: stark*).

PEEP-Einstellung

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und moderatem oder schwerem ARDS die Einstellung des PEEP mit Hilfe einer in der Tabelle vorgeschlagenen bettseitigen Methoden zu individualisieren (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Inspiratorische Sauerstoffkonzentration

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei invasiv beatmeten Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine SaO₂ bzw. SpO₂ von 92–96 % bzw. eine paO₂ zwischen 70–90 mm Hg (9,3–12 kPa) anzustreben (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Rekrutierungsmanöver

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock KEINE Durchführung von prolongierten (>60 s) Rekrutierungsmanövern (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock KEINE routinemäßige Durchführung von kurzen (<60 s) Rekrutierungsmanövern durchzuführen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Infobox 4

Prof. Dr. Frank M. Brunkhorst:

E-Mail: Frank.Brunckhorst@med.uni-jena.de; Deutsche Sepsis-Gesellschaft e. V., Waldenserstr. 2–4, 10551 Berlin.

DSG 2018: Wir schlagen vor, bei invasiv beatmeten Patienten mit ARDS keine Rekrutierungsmanöver durchzuführen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: Wir empfehlen bei invasiv beatmeten Patienten mit ARDS keine Durchführung von Rekrutierungsmanövern mit endinspiratorischen Drücken über 50 cmH₂O (*Empfehlungsgrad: stark*).

Nichtinvasive Atmungsunterstützung

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und milder bis moderater akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz (PaO₂/FiO₂: 100–300) primär eine nichtinvasive Atmungsunterstützung (NIV, CPAP oder HFNO) anzuwenden (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: Wir sprechen keine Empfehlung hinsichtlich der Verwendung einer nichtinvasiven Beatmung bei Patienten mit Sepsis-induziertem ARDS aus (Statement).

Bauchlagerung

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine Bauchlagerung über mindestens 12 h, vorzugsweise 16 h durchzuführen. Wir empfehlen, die Bauchlagerung frühzeitig zu erwägen und nach Indikationsstellung unverzüglich umzusetzen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir schlagen vor, dass ein Bauchlagerungsintervall von mindestens 16 h angestrebt werden soll. Die Bauchlagerung sollte frühzeitig erwogen und nach Indikationsstellung unverzüglich umgesetzt werden (*Empfehlungsgrad: schwach*).

ECMO

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, den Einsatz einer venovenösen ECMO bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und schwerem ARDS nur nach Ausschöpfen der konservativen Therapiemaßnahmen, einschließlich der Durchführung einer Bauchlagerung, und fortbestehender schwerer Gasaustauschstörung zu erwägen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Nierenersatztherapie

Indizierung und Durchführung

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, dass extrakorporale Nierenersatzverfahren auf Intensivstationen ausschließlich durch Fachärzte mit der Zusatzbezeichnung „Intensivmedizin“ und/oder Nephrologen indiziert und durchgeführt werden (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Start der Nierenersatztherapie

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und lebensbedrohlichen Veränderungen des Flüssigkeits-, Säure-Basen- oder Elektrolythaushaltes unverzüglich mit einer Nierenersatztherapie zu beginnen (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei nichtlebensbedrohlichen Veränderungen und Unklarheit, ob eine Nierenersatztherapie zu erwarten ist, konservative Maßnahmen zur Vermeidung eines Nierenersatzverfahrens unter regelmäßiger Reevaluation durchzuführen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Diffusion versus Konvektion

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit einer Sepsis und Indikation zur Nierenersatztherapie diffusive Nierenersatzverfahren oder konvektive Verfahren bzw. eine Kombination aus diffusiven und konvektiven Verfahren gleichwertig einzusetzen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Regionale und systemische Antikoagulation

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine regionale Citrat-Antikoagulation oder eine systemische Heparin-Antikoagulation des extrakorporalen Blutkreislaufs gleichwertig einzusetzen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Adäquate Dosis

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock für ein kontinuierliches Nierenersatzverfahren eine mittlere Dosis von 20–25 ml/kg/h über die geplante Behandlungsdauer zu verabreichen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine kontinuierliche hochvolumige („high-volume“) Hämofiltration NICHT anzuwenden (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Weitere Maßnahmen

Kortikosteroide

DSG 2025 (Änderung): Wir schlagen vor, Hydrocortison mit oder ohne Fludrocortison bei Patienten mit septischem Schock mit anhaltendem Vasopressorbedarf trotz ausreichender Volumengabe einzusetzen (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Bemerkungen: Die empfohlene Dosierung für Hydrocortison beträgt 200 mg/Tag i.v., für Fludrocortison 1 × 50 µg/Tag enteral. Als „anhaltender Vasopressorbedarf“ wird die Gabe von Noradrenalin $\geq 0,25 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ über mindestens vier Stunden bezeichnet.

DSG 2018: Wir schlagen vor, dass von einer Verwendung von intravenösem Hydrocortison bei der Behandlung von Patienten mit septischem Schock abgesehen wird, sofern eine adäquate Flüssigkeitstherapie und hoch dosierte Vasopressortherapie in der Lage sind, die hämodynamische Stabilität wiederherzustellen. Für den Fall, dass dies nicht erreichbar sein sollte, schlagen wir den Einsatz von intravenösem Hydrocortison bei einer Dosis

von 200 mg pro Tag vor (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Blutreinigung – unselektive Adsorptionsverfahren

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, dass bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock unselektive Adsorptionsverfahren NICHT eingesetzt werden (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Blutreinigung – Polymyxin-B-Hämoperfusion

DSG 2025 (NEU): Wir können bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz einer Polymyxin-B-Hämoperfusion eine Empfehlung aussprechen (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Blutreinigung – Plasmapherese

DSG 2025 (NEU): Wir können bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz einer Plasmapherese eine Empfehlung aussprechen (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: Wir empfehlen, dass von Blutreinigungstechniken außerhalb von klinischen Studien abgesehen wird (*Expertenkonsens*).

Antikoagulation und Thromboseprophylaxe

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine pharmakologische Prophylaxe einer venösen Thromboembolie (VTE) mittels niedermolekularen Heparins (NMH) (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir empfehlen eine pharmakologische Prophylaxe einer venösen Thromboembolie (VTE) mittels unfraktionierte Heparin (UFH) oder niedermolekularem Heparin (NMH), sofern keine Kontraindikationen in Bezug auf die Verwendung dieser Wirkstoffe vorliegen (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir geben keine Empfehlung für die Bevorzugung von NMH gegenüber UFH zur VTE-Prophylaxe ab (*Statement*).

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion und/oder septischem Schock mit hohem Vasopressorbedarf entweder niedermolekulares Heparin (NMH) unter engmaschigen Anti-Xa-Kontrollen oder unfraktionierte Heparin (UFH) einzusetzen (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Glukosemanagement

DSG 2025 (Änderung): Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock den Beginn einer Insulintherapie bei einem oberen Blutzuckerspiegel von $\geq 180 \text{ mg/dl}$ ($\geq 10 \text{ mmol/l}$) (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir empfehlen einen protokollierten Ansatz für das Blutzuckermanagement bei ITS-Patienten mit Sepsis, bei denen die Insulindosisgabe beginnt, wenn zwei aufeinanderfolgende Messungen einen Blutzuckerspiegel von $> 180 \text{ mg/dl}$ ergeben. Bei diesem Ansatz sollte bevorzugt ein oberer Blutzuckerspiegel von $\leq 180 \text{ mg/dl}$ statt eines oberen Zielblutzuckerspiegels von $\leq 110 \text{ mg/dl}$ angestrebt werden (*Empfehlungsgrad: stark*).

Stressulkusprophylaxe

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, dass Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit vorliegenden Risikofaktoren für gastrointestinale (GI-)Blutungen eine Stressulkusprophylaxe mit Protonenpumpeninhibitoren erhalten (*Empfehlungsgrad: stark*).

DSG 2018: Wir schlagen vor, dass entweder Protonenpumpenhemmer oder Histamin-2-Rezeptor-Antagonisten verwendet werden, wenn eine Indikation für eine Stressulkusprophylaxe vorliegt (*Empfehlungsgrad: schwach*).

Vitamine

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock hochdosiertes Vitamin C – weder als Monotherapie noch als Kombinationstherapie mit Hydrocortison und hochdosiertem Vitamin B1 (Thiamin) – NICHT zu verwenden (*Empfehlungsgrad: schwach*).

DSG 2018: keine Empfehlung
Behandlungsziele und Spätfolgen
Behandlungsziele und Palliativversorgung

DSG 2025 (NEU): Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, die Behandlungsziele möglichst früh (innerhalb von 72 h) festzulegen (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

Entlassmanagement

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, dass Sepsis-Überlebende und deren Angehörige über das Beratungsangebot von Selbsthilfe-Gruppen informiert werden (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

DSG 2025 (NEU): Wir empfehlen, dass bei Sepsis-Überlebenden im Entlassbericht auf die Möglichkeit der Entwicklung eines Post-Intensive-Care-Syndroms (PICS) hingewiesen wird (*Expertenkonsens*).

DSG 2018: keine Empfehlung.

1. Geltungsbereich und Zweck

1.1 Zielsetzung und Fragestellung

Das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) hat im Rahmen der Erstellung einer Konzeptstudie zu einem Qualitätssicherungsverfahren Sepsis umfangreiche empirische Prüfungen anhand von Sozialdaten der Krankenkassen (gemäß § 299 Abs. 1a SGB V) durchgeführt und 2020 publiziert [7]. Danach werden jährlich derzeit in Deutschland 91.000 Patienten mit Sepsis oder septischem Schock stationär behandelt, die mittlere Verweildauer beträgt im Mittel 25 (median 17 Tage), und die Krankenhaussterblichkeit 38,4% (55,1% bei septischem Schock). Aufgrund der demografischen Entwicklung und der zunehmenden Fortschritte der Hochleistungsmedizin ist von einer Zunahme der Sepsisfälle auszugehen. Im Rahmen des Innovationsfonds-geförderten Projektes OPTIMISE wurde zudem festgestellt, dass Sepsis nicht korrekt über ICD-Codes in Abrechnungsdaten abgebildet wird [8]. Insbesondere unterscheiden sich Krankenhäuser deutlich in der Validität der Sepsiskodierung. Hierdurch kommt es zu

starken Verzerrungen bei der Berechnung von Qualitätsindikatoren der Sepsisversorgung auf Basis von Abrechnungsdaten. Um diesem Problem zu begegnen, wurde durch eine Expertengruppe des Deutschen Qualitätsbündnisses Sepsis (DQS) in Zusammenarbeit mit der Deutschen Sepsis-Gesellschaft ein umfänglicher Kodierleitfaden für die Sepsis entwickelt, welcher die aktuellen klinischen Definitionen, ICD-Codes sowie Kodierrichtlinien berücksichtigt [9].

Wie kaum eine andere Erkrankung stellt die Sepsis eine interdisziplinäre Herausforderung dar, da sie in allen Fachdisziplinen der Medizin – wenn auch mit unterschiedlicher Häufigkeit – prävalent ist und eine anhaltend hohe Sterblichkeit und Morbidität hat. Kenntnisse in der evidenzbasierten Diagnostik und Therapie der zugrunde liegenden Infektion und des Sepsis-assoziierten Organversagens sind elementarer Wissensbestandteil von Medizinerinnen und Pflegepersonal. Die S3-Leitlinie Sepsis wird daher von Rezipienten fast aller medizinischen Fachbereiche mit hohem Interesse aufgenommen. Aufgrund von Erfahrungen der Vergangenheit ist davon auszugehen, dass das Update dieser Leitlinie auf Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen fast aller Fachdisziplinen in Deutschland weite Verbreitung findet und Gegenstand zahlreicher Publikationen in den Organen der einzelnen wissenschaftlich-medizinischen Fachgesellschaften, aber auch in den Pflegewissenschaften sein wird.

Auch für das vom G-BA beauftragte Qualitätssicherungsverfahren (QS-Verfahren) zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der Sepsis wird die Leitlinie wichtige Handlungsempfehlungen zur Verfügung stellen können. Sie liefert auch die Grundlage für die Lehre an deutschen Universitätskliniken und wird diesbezüglich in den Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog NKLM einfließen.

Die Leitlinie bezieht sich auf erwachsene (> 18 Jahre) Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Sie bietet eine Informationsgrundlage zu angemessenen, wissenschaftlich begründeten und aktuellen Verfahren für Diagnostik, Therapie und Nachsorge und beinhaltet Empfehlungen zur Prävention der Sepsis.

1.2 Versorgungsbereich

Diese Leitlinie gilt für alle Versorgungsbereiche. Aspekte der Prävention, Früherkennung, Diagnostik und Nachsorge sind insbesondere für die Primärversorgung und Rehabilitation relevant. Aspekte der Therapie insbesondere für die Akutversorgung.

1.3 Patient*innenzielgruppe

Diese Leitlinie bezieht sich auf erwachsene Patientinnen und Patienten mit Sepsis oder septischem Schock.

1.4 Adressaten

Die interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge der Sepsis richtet sich mit Fokus auf die Intensivmedizin und Infektiologie an Anästhesisten, Intensivmediziner, Notfallmediziner, Ernährungsmediziner, Neurologen, Kardiologen, Internisten, Infektiologen, Nephrologen, Pneumologen, Chirurgen, Hygieniker und Mikrobiologen sowie Patienten und Selbsthilfegruppen. Sie dient auch zur Information für die Pflegeberufe und übergeordnete Organisationen (z. B. Krankenkassen und Einrichtungen der ärztlichen Selbstverwaltung) und die interessierte Fachöffentlichkeit.

1.5 Weitere Dokumente zu dieser Leitlinie

Weitere Dokumente zur Langfassung der Leitlinie sind auf der Website der AWMF: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/079-001> frei verfügbar:

- Kurzfassung – eine Übersicht aller abgestimmten Empfehlungen und Statements sowie der wesentlichen Tabellen der Langfassung,
- Update 2025: was ist neu? – eine verkürzte übersichtliche Darstellung aller Empfehlungsänderungen gegenüber der Vorgänger-Version der Leitlinie DSG 2018,
- Leitlinienreport – detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens bei der Aktualisierung der Leitlinie, die Beschreibung des Umgangs mit Interessenkonflikten und Tabelle der Interessenerklärungen der Leitlinien-Gruppe, Evidenzprofile (GRADE) zu

allen evidenzbasierten Empfehlungen sowie Ergebnisse und Dokumentation der systematischen Recherche und methodischen Bewertung der Literatur.

2. Screening und Erstmaßnahmen

2.1 Einleitung

Bei einer Sepsis handelt es sich um eine lebensbedrohliche Organdysfunktion, ausgelöst durch eine Infektion, welche mit einer Regulationsstörung beim Wirt einhergeht [10]. Somit wird für die Diagnose einer Sepsis dezidiert das Vorliegen einer oder mehrerer Organdysfunktion(en) gefordert. Die Kodierung einer Sepsis im ICD-10 GM 2023 erfolgt mittels eines Codes für die Sepsis, z. B. A 41.– („Sonstige Sepsis“). Für die Kodierung der Organkomplikation(en) können z. B. eine oder mehrere der unten aufgeführten Schlüsselnummern verwendet werden [9]:

- R 57.2 – septischer Schock
- N 17. – akutes Nierenversagen
- J 96.0 – akutes respiratorisches Versagen
- D 65 – disseminierte intravasale Gerinnungsstörung
- G 93.4 – Enzephalopathie, nicht näher bezeichnet
- K 72.0 – Leberversagen

Das frühzeitige Erkennen einer Sepsis und eine frühzeitige evidenzbasierte Behandlung tragen entscheidend dazu bei, die Erkrankungsschwere und das Überleben zu verbessern.

Die Leitlinie fasst angemessene, wissenschaftlich begründete und aktuelle Verfahren für Diagnostik, Therapie und Nachsorge zusammen und ergänzt diese um Maßnahmen der Sepsis-Prävention. Die Empfehlungen der Leitlinie sollen als unterstützende Informations- und Entscheidungsgrundlage für den Kliniker zur Behandlung von erwachsenen Patienten mit Sepsis oder septischem Schock dienen. Sie ersetzen nicht die Fähigkeiten des Arztes, eine angemessene Entscheidung bei der individuellen Behandlung eines Patienten nach Maßgabe der verfügbaren klinischen Parameter zu treffen.

Die vorliegende interdisziplinäre Leitlinie der Klassifikation S3 ist ein evidenz- und

konsensbasiertes Instrument zur Verbesserung und Qualitätssicherung von Prävention, Diagnostik, Therapie und Nachsorge der Sepsis. Sie richtet sich mit dem Fokus auf die Querschnittsfächer Intensiv- und Infektionsmedizin an Mitglieder unterschiedlicher Fachgesellschaften.

2.2 Definition der Sepsis

Die dieser Leitlinie zugrunde liegende Definition der Sepsis basiert auf den von der Sepsis-3-Task-Force veröffentlichten Definitionen [10]. Sie wird in der vorliegenden Leitlinie nicht als Empfehlung, sondern als Statement (Stellungnahme) beschrieben. Studien, die als Evidenz für die SSC-Leitlinie und die vorliegende Leitlinie herangezogen wurden, beziehen sich allerdings zu einem großen Teil auf Patientenpopulationen, die anhand überholter Definitionen der Sepsis, schweren Sepsis und des septischen Schocks identifiziert wurden.

Definition 1/Statement/Bestätigt (Stand 2025)

- Eine Sepsis ist eine akut lebensbedrohliche Organdysfunktion, hervorgerufen durch eine inadäquate Wirtsantwort auf eine Infektion. Für die Diagnose einer Sepsis-assoziierten Organdysfunktion ist ein Anstieg des Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score um ≥ 2 Punkte zu verwenden.
- Zusätzliches DSG-Leitlinienstatement
- Literatur: [11]
- Konsensstärke: 100 %

Die überholten Sepsis-Definitionen (Sepsis-1 von 1992 und Sepsis-2 von 2001) beruhten auf dem SIRS-Konzept (Systemisches inflammatorisches Response-Syndrom) [12, 13]. Die SIRS-Kriterien, die eine Hypo- ($\leq 36^\circ\text{C}$) oder Hyperthermie ($\geq 38^\circ\text{C}$), Tachykardie ($\geq 90/\text{min}$), Tachypnoe ($\geq 20/\text{min}$) sowie eine Leukozytose $\geq 12.000/\mu\text{l}$ oder Leukopenie $\leq 4000/\mu\text{l}$ und/oder Linksverschiebung $> 10\%$ umfassen, sind weder spezifisch noch besonders sensitiv für Infektionen. So berichteten Churpek et al. [14], dass 50 % der Krankenhauspatienten SIRS mindestens einmal während ihres Krankenhausaufenthaltes aufwiesen, auch wenn viele dieser Patienten keine Infektion hatten und keine antiinfektive Therapie benötigten [14]. Kaukonen et al. [15] haben

gezeigt, dass einer von acht Intensivpatienten mit Infektionsverdacht und neu aufgetretenem Organversagen weniger als zwei SIRS-Kriterien erfüllt [15]. Diese Patientengruppe wurde gleichwohl als „septisch“ eingestuft und entsprechend behandelt. Epidemiologische Analysen von Krankenhausdaten, welche bei der Erfüllung von nur zwei SIRS-Kriterien bereits eine Kodierung als Sepsis gestatteten, haben somit zu einer „Verwässerung“ der realen Häufigkeit von und der Sterblichkeit durch Sepsis geführt. So konnten Gaieski et al. [16] für die USA zeigen, dass die relative Krankenhaussterblichkeit in den Jahren 2004–2009 zwar zurückging, die absolute Sterblichkeit aber kontinuierlich stieg [16].

Als Reaktion auf diese Inkonsistenzen erarbeitete die Sepsis-3-Task-Force, eine internationale Arbeitsgruppe der European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) und der Society of Critical Care Medicine (SCCM), im Februar 2016 eine Neudefinition der Sepsis [10, 11].

Erstmals wurde die Sepsis im gesamten Krankenhaus, also auch auf Normalstationen und in Notaufnahmen, berücksichtigt. Sepsis wird demnach immer durch eine akut lebensbedrohliche, weil dysregulierte Wirtsreaktion (Organdysfunktion) auf eine Infektion verursacht. Der Begriff der „schweren“ Sepsis entfällt, weil es eine „leichte“ Sepsis in dem neuen Konzept nicht gibt. Die Autoren schlugen vor, stattdessen folgerichtig von einer „Infektion“ zu sprechen. Basierend auf routinemäßig erhobenen klinischen Daten identifizierten die Autoren robuste Risikofaktoren, welche über das Risiko zur Baseline hinaus den Übergang von einer lokal begrenzten Infektion mit geringem Sterberisiko zu einer Sepsis mit hohem Sterberisiko anzeigen. Hierzu waren geeignete statistische Verfahren erforderlich, da es gegenwärtig keinen Goldstandard für die Diagnose einer Sepsis gibt. Nur wenn ein Goldstandard existiert, ist die Berechnung von Sensitivität und Spezifität auf Grundlage folgender Zuordnungen möglich: richtig-positive (Fälle mit Sepsis), richtig-negative (Kontrollen ohne Sepsis) bzw. falsch-positive und falsch-negative. Stattdessen musste die Aussagekraft eines Tests unter verschiedenen Aspekten der Validität,

Reliabilität und Nützlichkeit beurteilt werden.

Für die Feststellung der Sepsis-assoziierten Organdysfunktion wird eine Veränderung des SOFA-Scores um ≥ 2 Punkte vorgeschlagen. Ein SOFA-Score von ≥ 2 entspricht einem Mortalitätsrisiko von über 10 % bei stationären Patienten außerhalb der Intensivstation (ITS), die eine Infektion haben. Der SOFA-Score, der sechs Organsysteme nach vier Schweregraden der Organdysfunktion einstuft und 0 bis 24 Punkte umfasst, ist jedoch aufwendig zu ermitteln und daher in der klinischen Routine außerhalb der ITS zum bettseitigen Screening ungeeignet. Daher hat die Sepsis-3-Arbeitsgruppe den qSOFA entwickelt, um Patienten mit hohem Sepsis-Risiko schneller zu identifizieren.

Definition 2/Statement/Bestätigt (Stand 2025)

- Ein septischer Schock ist definiert als eine trotz adäquater Volumentherapie persistierende arterielle Hypotension mit der Notwendigkeit einer Therapie mit Vasopressoren, um einen mittleren arteriellen Blutdruck von ≥ 65 mm Hg zu erreichen. Gleichzeitig muss der Laktatwert im Blut > 2 mmol/l betragen.
- Zusätzliches DSG-Leitlinienstatement
- Literatur: [11]
- Konsensstärke: 100 %

Ein systematisches Review, das die Operationalisierung von gegenwärtigen Definitionen des septischen Schocks untersuchte, zeigte eine erhebliche Heterogenität der berichteten Sterblichkeitsraten auf [17]. Diese Heterogenität resultierte u. a. aus Unterschieden in den ausgewählten klinischen Variablen (unterschiedliche Cutoffs für den systolischen oder mittleren Blutdruck, unterschiedliche Level von Hyperlaktatämie und Vasopressor-Dosis). Unter Verwendung der o. g. Definition (mittlerer arterieller Blutdruck von ≥ 65 mm Hg UND Laktatwert > 2 mmol/l) wurden in großen klinischen Kohorten, Notaufnahmen und Normalstationen Krankenhaussterblichkeitsraten von mehr als 40 % festgestellt. Durch die Laktatmessung mittels Point-of-Care-Geräten kann Zeit eingespart werden, die Werte im Vollblut korrelieren sehr gut mit dem Serumlaktat [18].

2.3 Screening

2.1/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen Krankenhäusern ein Qualitätssicherungsprogramm zum Thema Sepsis, einschließlich eines Sepsis-Screenings für akut erkrankte Hochrisikopatienten und Standardarbeitsanweisungen (SOPs) für die Behandlung.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Sepsis-Screening: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **SOP: Sehr niedrig** ⊕⊖⊖⊖
- **Literatur: [19, 20]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Qualitätssicherungsprogramme können die Einhaltung von Sepsis-Protokollen optimieren und damit zu verbesserten Behandlungsergebnissen führen [21]. Diese Programme sollten Screening-Tools, Standardarbeitsanweisungen (SOPs) und Aufklärungsprogramme zur Sensibilisierung der Sepsis-Behandlung beinhalten. Die frühzeitige Identifizierung von Patienten mit Sepsis ist von hoher Bedeutung, da eine unverzügliche Therapie die Überlebenschancen wesentlich verbessern und Folgeschäden reduzieren kann [19, 22]. Strategien zur Qualitätssicherung fußen im Idealfall auf einer interdisziplinären Kooperation zwischen allen Fachgebieten.

Eine Metaanalyse von 50 Observationsstudien hat gezeigt, dass Programme zur Qualitätssicherung in der Versorgung von Sepsis-Patienten mit einer signifikant verbesserten Compliance mit den Leitlinienempfehlungen der SSC und einer geringeren Krankenhausmortalität verbunden waren (OR 0,66; 95 % CI 0,61 bis 0,72) [20].

Im Rahmen einer retrospektiven Kohortenstudie von 1.012.410 Sepsis-Aufnahmen in 509 US-Krankenhäusern wurde die Sterblichkeit, vor und nach Einführung der Sepsis-Vorschriften des Bundesstaates New York, mit einer Kontrollpopulation aus anderen Bundesstaaten untersucht [23]. Die Einführung von Sepsis-Vorschriften war dabei mit einem stärkeren Rückgang der Sepsis-Sterblichkeit assoziiert.

Die bisher größte Studie, welche die Beziehung zwischen der Compliance mit den SSC-Leitlinien und der Krankenhausmortalität untersuchte, beinhaltete 29.470 Patienten in 218 Krankenhäusern in den USA, Europa und Südamerika über einen

Zeitraum von 7,5 Jahren [24]. Die Krankenhausmortalität verringerte sich um 0,7 % für alle 3 Monate, in denen ein Krankenhaus die SSC-Leitlinien umsetzte, was mit einem Rückgang der Aufenthaltsdauer auf der ITS um 4 % für jede 10 %ige Verbesserung der Compliance in Bezug auf die Empfehlungen verbunden war. Dieser Nutzen wurde zudem in einem breiten geografischen Spektrum nachgewiesen. Eine Studie an 1794 Patienten aus 62 Ländern mit Sepsis bzw. septischem Schock zeigte eine Reduzierung der Wahrscheinlichkeit, im Krankenhaus zu versterben, in Höhe von 36 % bis 40 % im Falle einer Compliance mit den SSC-Leitlinien auf [25].

Die spezifischen einzelnen Maßnahmen, die zu dieser Verbesserung beitrugen, variierten allerdings signifikant zwischen den verschiedenen Studien. Somit kann keine einzelne Maßnahme explizit empfohlen werden.

2.2/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten außerhalb der Intensivstation, bei denen der Verdacht auf eine Infektion besteht, regelmäßig ein geeignetes Screeninginstrument anzuwenden, um eine Sepsis frühzeitig zu erkennen.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung/Aktualisierung der Evidenz**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Sehr niedrig** ⊕⊖⊖⊖
- **Literatur: [22]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die frühzeitige Identifizierung von Patienten mit Sepsis ist von hoher Bedeutung, da eine frühzeitige Therapie das Überleben wesentlich verbessern kann. Allerdings ist die Symptomatik oft sehr unspezifisch und heterogen. Patienten haben oft allgemeine Anzeichen und Symptome einer Infektion (z. B. Fieber oder Hypothermie) und Symptome, die spezifisch für den Ort der Infektion sind (z. B. Husten, Dysurie oder Erythem), sowie Symptome einer akuten Organdysfunktion (z. B. Verwirrheitszustände, Oligurie oder Dyspnoe) [26]. Im Gegensatz zu anderen akut lebensbedrohlichen Erkrankungen (wie z. B. dem Herzinfarkt) stehen jedoch derzeit keine diagnostischen bettseitigen Kriterien zur Verfügung, um Patienten mit Sepsis bzw. solche mit hohem Risiko für die Entwicklung

Tab. 1 Häufig verwendete Sepsis-Screening-Tools				
	qSOFA	SIRS	MEWS	NEWS/NEWS2
Temperatur	–	✓	✓	✓
Herzfrequenz	–	✓	✓	✓
Blutdruck	✓	–	✓	✓
Atemfrequenz	✓	✓	✓	✓
GCS	✓	–	✓	✓
SpO ₂	–	–	–	✓
O ₂ -Zufuhr	–	–	–	✓
Leukozyten	–	✓	–	–
qSOFA quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA), SIRS Systemic Inflammatory Response Syndrome, MEWS Modified Early Warning Score, NEWS National Early Warning Score				

einer Sepsis zuverlässig zu identifizieren. Sepsis-Screening-Tools dienen der Früherkennung einer Sepsis und der Identifikation von Patienten mit einem hohen Risiko, an einer Sepsis zu sterben.

In einer aktuellen Metaanalyse, die 22 Studien mit 19.580 Patienten analysierte, waren Sepsis-Screening-Tools in der Notaufnahme mit einer besseren Einhaltung der Sepsis-Bündel, einer geringeren Sterblichkeit und einem kürzeren Krankenhausaufenthalt verbunden [22]. Die bislang größte Studie zum Sepsis-Screening zeigte bei Krankenhauspatienten auf Normalstation eine signifikant reduzierte 90-Tage-Sterblichkeit durch ein regelmäßiges elektronisches Sepsis-Screening [27].

Es existieren verschiedene Instrumente, die bezüglich ihrer Eignung zum Erkennen einer Sepsis oder zur Vorhersage der Prognose untersucht wurden. Beispiele sind: die Systemic-Inflammatory-Response-Syndrome(SIRS)-Kriterien, der quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA) Score, der Modified Early Warning Score (MEWS) oder der National Early Warning Score (NEWS). In Großbritannien wird aktuell schon der überarbeitete NEWS2 eingesetzt, welcher u. a. auch über einen eigenen Abschnitt (SpO₂-Skala 2) für die Anwendung bei Patienten mit gesichertem hyperkapnischem Versagen mit entsprechend adaptierten SpO₂-Werten verfügt (■ Tab. 1).

Der SOFA-Score wird verwendet, um die für die Sepsis-Definition erforderliche Organdysfunktion (erforderlich ≥ 2 Punkte) zu quantifizieren. Der SOFA-Score, der sechs Organsysteme nach vier Schweregraden der Organdysfunktion einstuft, ist jedoch aufwendig zu ermitteln und daher

in der klinischen Routine außerhalb der Intensivstation zum bettseitigen Screening ungeeignet. Daher wurde der qSOFA (eine „schnelle Version“ des SOFA-Scores) entwickelt und in der Vorversion dieser Leitlinie empfohlen, um Patienten mit hohem Sepsis-Risiko außerhalb der Intensivstation frühzeitig zu identifizieren [28]. Der qSOFA mit den drei Variablen veränderter mentaler Status, systolischer RR ≤ 100 mm Hg und Atemfrequenz ≥ 22 /min (2 Kriterien = qSOFA positiv) ist einfach anzuwenden und erfordert keine Labortests. Nachfolgende Studien zeigten, dass der qSOFA eine höhere Spezifität zur frühzeitigen Diagnose einer infektionsbedingten Organdysfunktion hat als die früher verwendeten (zwei der vier) SIRS Kriterien [29, 30]. So war in einer Metaanalyse der qSOFA spezifischer (Spezifität 74,58%; 95% CI 73,55% bis 75,61%) als die SIRS-Kriterien (Spezifität 35,24%; 95%-KI 22,80% bis 47,69%), aber weniger sensitiv (56,39%; 95% CI 50,52% bis 62,27%) vs. (78,84%; 95% CI 74,48% bis 83,19%) [30]. In einer großen Validierungsstudie hatten nur 24% der infizierten Patienten einen qSOFA-Wert von ≥ 2 , allerdings machte diese Gruppe 70% aller Todesfälle aus [10]. Ist der qSOFA-Score positiv (≥ 2), ist eine Sepsis wahrscheinlich – ein negativer qSOFA-Score schließt eine Sepsis jedoch nicht aus. Aufgrund der geringen Sensitivität wurde von der Surviving Sepsis Campaign zuletzt empfohlen, den qSOFA nicht mehr als alleinigen Screeningtest einzusetzen [2].

Early Warning Scores (NEWS, NEWS 2, MEWS) zeigen eine bessere Sensitivität beim Screening auf Sepsis, sind aufgrund der Vielzahl an Parametern allerdings auch etwas aufwendiger zu erheben [31–33].

Insgesamt unterscheiden sich die verfügbaren Screening-Tools durch eine unterschiedliche Sensitivität und Spezifität. Aktuell gibt es keine ausreichende Evidenz, ein einzelnes Screening-Tool aufgrund seiner Überlegenheit zu empfehlen.

Daher erscheint eine Kombination von mehreren Sepsis-Screening-Tools geeignet, um möglichst viele Patienten zu identifizieren [2]. Vorgeschlagen wurde beispielsweise für die Notaufnahme eine Kombination der sensitiven SIRS-Kriterien mit dem spezifischeren qSOFA [34]. Auch die Kombination von qSOFA mit verschiedenen Biomarkern, wie dem Laktatwert, Procalcitonin oder Adrenomedullin (ADM) kann die diagnostische Güte verbessern [35, 36]. Die zusätzliche Anwendung von Laborwerten verkompliziert allerdings den Screeningprozess, die klinischen Vorteile sind bisher nicht ausreichend belegt [37].

Wir schlagen vor, ein Screeninginstrument anzuwenden, dessen Limitationen (hinsichtlich Sensitivität und Spezifität) bekannt sind. Die Kombination von mehreren Sepsis-Screening-Tools oder die Ergänzung mit Laborwerten erscheint vorteilhaft.

Computer-basierte Entscheidungshilfen für frühe Sepsis-Erkennung und KI-Anwendungen scheinen in der diagnostischen Güte (AUROC) den traditionellen Prädiktionstools überlegen zu sein. Aktuell existieren allerdings nur sehr inhomogene Daten, und die klinische Verfügbarkeit der Anwendungen ist sehr gering [38–40].

2.3/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Erwachsenen mit Verdacht auf Sepsis eine Messung des Laktats im Blut durchzuführen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Diagnostische Genauigkeit: Sehr niedrig**
⊕⊕⊕⊕
- **Literatur: [41–43]**
- **Konsensstärke: 100%**

Der Zusammenhang zwischen dem Laktatspiegel und der Sterblichkeit bei Patienten mit Verdacht auf Infektion und Sepsis ist gut bekannt [44, 45]. Seine Verwendung wird derzeit als Teil des von der SSC als Teil des 1-Stunden-Bündels für

Patienten mit Sepsis empfohlen [46]; ein erhöhter Laktatwert gehört zudem zur Definition des septischen Schocks [17]. Zur Frage, ob Laktatbestimmungen im Blut auch zum Screening auf das Vorliegen einer Sepsis bei erwachsenen Patienten mit klinisch vermuteter (aber nicht bestätigter) Sepsis verwendet werden können, liegen mehrere Studien vor [41–43].

Die Laktat-Grenzwerte für erhöhte Werte lagen zwischen 1,6 und 2,5 mmol/l, obwohl die diagnostischen Merkmale unabhängig vom Grenzwert ähnlich waren. Die Sensitivität liegt zwischen 66 % und 83 %, die Spezifität zwischen 80 % und 85 %. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Vorliegen eines erhöhten oder normalen Laktatspiegels die Wahrscheinlichkeit einer endgültigen Sepsis-Diagnose bei Patienten mit Sepsis-Verdacht deutlich erhöht bzw. verringert. Allerdings ist Laktat allein weder sensitiv noch spezifisch genug, um die Diagnose allein zu stellen bzw. auszuschließen. Durch die Laktatmessung mittels Point-of-Care-Geräten kann Zeit eingespart werden, die Werte korrelieren sehr gut mit dem Serumlaktat [18].

2.4 Initiale hämodynamische Stabilisierung

2.4/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

EK

- Sepsis und septischer Schock sind medizinische Notfälle. Wir empfehlen, dass mit der Behandlung und der hämodynamischen Stabilisierung unverzüglich begonnen wird.
- SSC-Leitlinienadoption
- Konsensstärke: 100 %

Sepsis und septischer Schock sind mit einer hohen Sterblichkeit assoziiert. Neben der frühzeitigen antiinfektiven Therapie und möglichen Fokussanierung ist eine frühzeitige hämodynamische Stabilisierung bei Vorliegen einer Sepsis-induzierten Gewebhypoperfusion oder eines septischen Schocks entscheidend. Eine Sepsis-induzierte Hypoperfusion kann sich durch eine akute Organdysfunktion und/oder eine Verringerung des Blutdrucks sowie eine Erhöhung des Serumlaktats manifestieren. Klinische Hinweise für eine Hypoperfusion können u. a. eine Marmorierung der Extremitäten, Rückgang der Diurese oder eine

verlängerte Rekapillarisierungszeit (> 3 s) sein [47, 48].

2.5/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis-induzierter Hypoperfusion oder septischem Schock innerhalb der ersten 3 h als Richtwert 30 mL/kg intravenöse kristalloide Lösung zu verabreichen.
- SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades
- Weiterführende Literatur: [49–51]
- Konsensstärke: 100 %

Als Teil dieser Notfallbehandlung empfehlen wir, bei der initialen Flüssigkeitstherapie mit 30 ml/kg (Standardkörpergewicht) kristalloider Lösung innerhalb der ersten 3 h zu beginnen. Am stärksten scheinen hiervon Patienten mit Hypotonie zu profitieren [52]. Dieses festgelegte Flüssigkeitsvolumen ermöglicht dem Kliniker, die Flüssigkeitstherapie zu initiieren, während er genauere Informationen über den Patienten einholt und auf präzisere Messergebnisse des hämodynamischen Status wartet. Auch bei bestehenden Komorbiditäten wie chronischer Herz- oder terminaler Niereninsuffizienz führte die empfohlene initiale Flüssigkeitsgabe nicht zu vermehrten Komplikationen [53, 54].

Allerdings zeigen Studien, dass die empfohlenen Maßnahmen in Notaufnahmen nur unzureichend erfolgen [55], daher sollten die erforderlichen Maßnahmen, unabhängig vom Behandlungsort, immer kritisch überprüft werden.

Obwohl es in der vorhandenen Literatur nur wenige kontrollierte Daten gibt, welche dieses Flüssigkeitsvolumen unterstützen, haben aktuelle interventionelle Studien dies als die übliche Praxis in den frühen Stadien der Flüssigkeitstherapie beschrieben. Die Evidenz aus Beobachtungsstudien unterstützt diese Praxis [56]. Das durchschnittliche Flüssigkeitsvolumen vor der Randomisierung, welches in der PROCESS-Studie [49], der ARISE-Studie [50] und der PROMISE-Studie [51] verabreicht wurde, lag ebenfalls im Bereich von 30 ml/kg.

Aktuelle RCTs und Metaanalysen weisen darauf hin, dass eine restriktive Flüssigkeitstherapie bei septischem Schock keine Nachteile mit sich bringt [57–59]. Allerdings ist zu beachten, dass dieses Konzept erst nach der initialen Stabilisierungspha-

se erfolgte. Gleichzeitig war der restriktive Ansatz auch nicht mit Vorteilen bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit assoziiert. Einige Patienten werden im Verlauf mehr Flüssigkeit benötigen. Diese Flüssigkeitsgabe muss aber immer gegen das Risiko der Flüssigkeitsüberladung abgewogen werden. Eine nicht indizierte liberale Flüssigkeitstherapie kann zu verlängerter Beatmung, Fortschreiten einer akuten Nierenschädigung (AKI) und einer erhöhten Sterblichkeit führen [60]. Daher ist es von zentraler Bedeutung, den Zustand der Patienten mittels sorgfältiger Beurteilung des intravaskulären Volumenstatus und der Organperfusion kontinuierlich neu zu bewerten, um eine Unter- oder Übertherapie mit Flüssigkeit zu vermeiden.

2.6/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Stark
- Wir empfehlen bei Patienten mit septischem Schock, die Vasopressoren benötigen, für den mittleren arteriellen Druck (MAP) einen anfänglichen Zielwert in Höhe von 65 mm Hg (im Vergleich zu höheren Werten).
- SSC-Leitlinienadoption
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Moderat ⊕⊕⊕⊖
- Literatur: [61]
- Konsensstärke: 100 %

Mittlerer arterieller Druck (Mean Arterial Pressure, MAP) ist der Druck, der die Gewebepfusion steuert. Obwohl die Perfusion der wichtigsten Organe wie des Gehirns oder der Niere vor einer systemischen Hypotonie durch eine Autoregulation der regionalen Perfusion aufrechterhalten werden kann, wird die Gewebepfusion unterhalb eines MAP-Schwellenwerts linear von dem arteriellen Druck abhängig.

Eine multizentrische Studie verglich eine Noradrenalin-Dosistitration zum Erreichen eines MAP von 65–70 mm Hg versus 80–85 mm Hg bei Patienten mit septischem Schock [62]. Es lag kein signifikanter Unterschied bezüglich der Mortalität nach Ablauf von 28 Tagen (36,6 % in der Gruppe mit hohem Zielwert und 34,0 % in der Gruppe mit niedrigem Zielwert) oder 90 Tagen (43,8 % in der Gruppe mit hohem Zielwert und 42,3 % in der Gruppe mit niedrigem Zielwert) vor. Die Anvisierung eines MAP von 85 mm Hg führte zu einem signifikant erhöhten Risiko für Ar-

rhythmien, wobei in einer Untergruppe von Patienten mit vorbestehender arterieller Hypertonie ein reduzierter Bedarf für eine Nierenersatztherapie (Renal Replacement Therapy, RRT) bei diesem höheren MAP bestand. Ein kürzlich durchgeführtes RCT verglich bei 2600 Patienten (Alter ≥ 65 Jahre) mit vasodilatorischem Schock eine Gruppe mit „permissiver Hypotonie“ (MAP 60–65 mm Hg) versus Standardtherapie. Die Interventionsgruppe in dieser Studie erreichte einen mittleren MAP von 66,7 mm Hg, verglichen mit 72,6 mm Hg in der Gruppe mit Standardtherapie. In der Interventionsgruppe wurden signifikant weniger Vasopressoren eingesetzt. Die 90-Tage-Mortalität in der Gruppe mit permissiver Hypotonie und der Gruppe mit Standardtherapie war ähnlich (41,0 % versus 43,8 %) [63].

Auch in anderen RCTs wurden die angestrebten Zielblutdruckwerte nicht immer erreicht. So zielte die multizentrische Studie von Asfar et al. [62] darauf ab, Zielblutdruckwerte von 65–70 mm Hg bzw. 80–85 mm Hg zu vergleichen [62]. Tatsächlich verglich die Studie Zielblutdruckwerte von 75 mm Hg bzw. 85 mm Hg.

Eine aktuelle Metaanalyse schloss acht RCTs mit 4561 Patienten ein, in denen bei kritisch kranken Patienten ein hochnormaler oder niedrignormaler MAP-Schwellenwert verglichen wurde [64]. Es fanden sich keine Unterschiede in Bezug auf die Sterblichkeit, günstige neurologische Behandlungsergebnisse oder die Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie bei kritisch kranken Patienten, die einem hochnormalen gegenüber einem niedrignormalen MAP-Zielwert zugeordnet wurden.

In Anbetracht der aktuellen Daten wird ein mittlerer arterieller Druck (MAP) von 65 mm Hg bei Patienten mit septischem Schock, die Vasopressoren benötigen, empfohlen. Für höhere MAP-Zielwerte ergeben sich keine klaren Vorteile.

2.7/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Vasopressoren auch periphervenös zu applizieren, um den MAP auf ≥ 65 mm Hg anzuheben und nicht auf die Anlage eines ZVK zu warten.

- SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades und des Empfehlungstextes
- Konsensstärke: 100 %

Die unverzügliche Verabreichung von Vasopressoren zur Wiederherstellung des Blutdrucks ist ein wesentlicher Bestandteil der Behandlung eines septischen Schocks. Vasopressoren werden traditionell über einen zentralvenösen Zugang verabreicht, da bei einer peripheren Verabreichung Paravasate oder eine lokale Ischämie auftreten können. Allerdings kann die Anlage eines zentralvenösen Zugangs zeitaufwendig sein, was zu einer verzögerten Gabe von Vasopressoren führen kann [65]. Große randomisierte Studien, die zentrale und periphere Katheter für die Erstinfusion von Vasopressoren vergleichen, fehlen.

Die Zeit bis zur Einleitung der Vasopressorentherapie kann kürzer sein, wenn ein peripherer Zugang verwendet wird. Eine Post-hoc-Analyse der ARISE-Studie zeigte, dass 42 % der Patienten Vasopressoren über einen peripheren Katheter bekommen hatten. Die Zeit bis zur Gabe der Vasopressoren war in dieser Gruppe signifikant kürzer (2,4 vs. 4,9 h) [65]. Die meisten Patienten, bei denen die Vasopressoren peripher gegeben wurden, hatten innerhalb von einer Stunde einen MAP > 65 mm Hg. Dabei ist eine Verzögerung der Einleitung einer Vasopressorentherapie und des Erreichens eines MAP von 65 mm Hg mit einer erhöhten Sterblichkeit verbunden [66].

Die periphervenöse Vasopressortherapie ist im Allgemeinen sicher. In einem systematischen Review lag die Inzidenz von Paravasaten bei 3,4 % (95 % CI 2,5 % bis 4,7 %), ohne dass Episoden von Gewebnekrosen oder Extremitätenischämien berichtet wurden [67].

Allerdings sollte die periphervenöse Vasopressortherapie nur für einen kurzen Zeitraum erfolgen, da mit längerer Infusionsdauer Komplikationen zunehmen. Es wird ein Zugang der Größe 20 G oder größer empfohlen, zudem sollte der periphere Venenzugang so proximal wie möglich platziert werden [68].

Zusammenfassend sollte der Ziel-MAP von 65 mm Hg nur so kurz wie möglich unterschritten werden. Daher sollte eine möglichst frühzeitige Gabe von Noradre-

nalinen auch außerhalb der Intensivstation angestrebt werden, um den angestrebten Mitteldruck zu erzielen. Noradrenalin kann in dieser Notfallsituation auch über einen periphervenösen Zugang appliziert werden. Eine invasive Blutdruckmessung sollte im septischen Schock frühzeitig etabliert werden.

2.5 Flüssigkeitstherapie

2.8/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Flüssigkeitsgaben nach dem initialen Bolus durch wiederholte Kontrollen des hämodynamischen Status zu begleiten und nur fortzusetzen, wenn weiterhin Zeichen einer Hypoperfusion vorliegen.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Konsensstärke: 100 %

2.9/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock die Flüssigkeitstherapie mit dem Ziel zu steuern, eine erhöhte Laktatkonzentration im Blut zu senken.
- SSC-Leitlinienadoption
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Niedrig $\oplus\oplus\oplus\oplus$
- Literatur: [69, 70]
- Konsensstärke: 100 %

2.10/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock die Rekapillarisierungszeit zur Beurteilung der Gewebepерfusion zu nutzen.
- SSC-Leitlinienadoption
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Sehr niedrig $\oplus\oplus\oplus\oplus$
- Literatur: [70]
- Konsensstärke: 100 %

Die intravenöse Flüssigkeitstherapie ist ein Eckpfeiler der Therapie des septischen Schocks. Eine Minderperfusion der Organe ist eine der pathophysiologischen Ursachen der septischen Organdysfunktion [71–73]. Ziel ist daher, eine Euvolämie mit intravenösen Flüssigkeiten wiederherzustellen, um die Gewebepерfusion in den Organen zu optimieren. Dies

sollte in der Initialphase der Versorgung möglichst rasch und anschließend zurückhaltend erfolgen, sobald sich der Patient stabilisiert.

Nach der initialen Volumentherapie sollte die intravenöse Flüssigkeitsgabe nur weiter fortgeführt werden, wenn der Patient Zeichen einer Gewebeminderperfusion zeigt und davon auszugehen ist, dass der Patient von einer weiteren Volumengabe profitieren wird.

Das Serumlaktat ist ein wichtiger Marker für eine Gewebshypoxie, aber kein direkter Maßstab für die Gewebepерfusion. Da es sich bei Laktat um einen Standardlabortest bzw. sogar um einen im Rahmen der Point-of-Care-Blutgasanalyse verfügbaren Wert handelt, kann es als objektiveres Surrogat für die Gewebepерfusion im Vergleich zur körperlichen Untersuchung oder der Urinausscheidung dienen. Erhöhungen der Serumlaktatwerte können durch eine Gewebshypoxie, eine beschleunigte aerobe Glykolyse durch übermäßige betaadrenerge Stimulation oder andere Ursachen bedingt sein (z.B. Leberversagen). Der Serumlaktatspiegel sollte daher im klinischen Kontext und unter Berücksichtigung anderer Ursachen für ein erhöhtes Laktat berücksichtigt werden. Unabhängig von der Ursache sind jedoch erhöhte Laktatwerte mit einem schlechteren Outcome verbunden. Bei Patienten, bei denen erhöhte Laktatwerte infolge einer Gewebshypoperfusion vorliegen, sollte eine Normalisierung der Laktatwerte angestrebt werden [69].

Eine aktuelle Metaanalyse von Yumoto et al. [74] untersuchte verschiedene Perfusionsparameter bei septischem Schock. Dabei waren eine laktatgesteuerte Therapie und die Rekapillarisierungszeit – im Vergleich zur Standardtherapie und zur Therapiesteuerung mittels zentralvenöser Sauerstoffsättigung – signifikant mit einer niedrigeren Kurzzeitmortalität verbunden. Auch in anderen Analysen zeigte sich durch eine Laktat-gesteuerte Therapie eine Senkung der Mortalität und Verkürzung der Beatmungs- und Hospitalisierungsdauer [75, 76].

In der SSC-2021-Leitlinie [2] wurde neu vorgeschlagen, zur ergänzenden Beurteilung der Gewebepерfusion die Rekapillarisierungszeit heranzuziehen (schwache Empfehlung, Evidenz von geringer Quali-

tät) [2]. Diese Empfehlung basiert auf den Ergebnissen einer multizentrischen randomisierten Studie von Hernández et al. 2019 [70], in der 424 Patienten mit septischem Schock mittels Laktatsteuerung oder Rekapillarisierungszeit therapiert wurden [70]. Bis zum Tag 28 starben 34,9% in der peripheren Perfusionsgruppe und 43,4% in der Laktatgruppe (Hazard Ratio 0,75; 95% CI 0,55 bis 1,02; $P=0,06$; Risikodifferenz $-8,5\%$; 95% CI $-18,2\%$ bis $1,2\%$). Damit war das Ergebnis nicht statistisch signifikant. Allerdings gab es in der Gruppe mit Steuerung anhand der Rekapillarisierungszeit nach 72 h bessere Werte im SOFA-Score. Trotz fehlender Reduktion der Sterblichkeit wird die Messung der Rekapillarisierungszeit während der initialen Stabilisierung propagiert, da diese leicht durchführbar, nichtinvasiv und kostenfrei ist [70].

2.11/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock bevorzugt dynamische gegenüber statischen Variablen zu verwenden, um eine Flüssigkeitstherapie zu steuern.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕**
- **Literatur: [70]**
- **Konsensstärke: 100%**

Eines der wichtigsten Prinzipien, das in Bezug auf die komplexe Behandlungsplanung dieser Patienten berücksichtigt werden muss, ist die Notwendigkeit einer detaillierten Beurteilung des intravasalen Flüssigkeitsstatus und der Organperfusion mit kontinuierlich zu wiederholenden Kontrollen hinsichtlich des Ansprechens auf die Behandlung.

Eine wiederholte Beurteilung sollte eine gründliche klinische Untersuchung und Bewertung der verfügbaren physiologischen Variablen (Herzfrequenz, Blutdruck, arterielle und zentralvenöse Sauerstoffsättigung, Atemfrequenz, Pulskonturanalyse, Temperatur, Urinausscheidung, Rekapillarisierungszeit und sonstige Variablen je nach Verfügbarkeit) beinhalten sowie weitere nichtinvasive und invasive Überwachungsmaßnahmen, sofern derartige Maßnahmen zur Verfügung stehen.

Frühere Versionen der DSG-Leitlinie enthielten die Empfehlung einer protokollbasierten quantitativen Flüssigkeitstherapie, die auch unter der Bezeichnung „frühzeitige zielgerichtete Therapie (Early Goal-Directed Therapy, EGDT)“ bekannt ist, basierend auf dem von Rivers et al. 2001 [77] publizierten Protokoll. Diese Empfehlung beschrieb die Nutzung einer Reihe von „Zielen“, zu denen u.a. der zentralvenöse Druck (Central Venous Pressure, CVP) und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (Central Venous Oxygen Saturation, ScvO₂) gehörten. Nachfolgende große multizentrische randomisierte kontrollierte Studien konnten allerdings die positiven Ergebnisse nicht bestätigen [49, 50, 57, 78]. Daher wurden die Empfehlungen zur initialen Stabilisierung revidiert. Der zentrale Venendruck als statischer Vorlastparameter zur Steuerung der Flüssigkeitstherapie wurde aufgegeben, weil die Fähigkeit zur Prognose der Volumenreagibilität limitiert ist, wenn der zentrale Venendruck innerhalb eines relativ normalen Wertebereichs (8–12 mm Hg) liegt.

Dynamische Messungen haben im Vergleich zu statischen Techniken eine bessere diagnostische Genauigkeit bei der Vorhersage der Volumenreagibilität. Diese Techniken umfassen die Schlagvolumenvariation (SVV) oder die Pulsdruckkurvenvariation (PPV) in Reaktion auf Flüssigkeitsbolusgaben oder den passiven Beinhebeversuch (Passive Leg Raising; PLR). Bezüglich einer Reduktion der Mortalität durch dynamische Messungen gab es divergente Ergebnisse [79, 80]. Eine aktuelle Metaanalyse von 7 RCTs, zwei prospektiven und einer retrospektiven Observationsstudie mit insgesamt über 700 Patienten legt einen positiven Effekt des Monitorings der arteriellen Pulskonturanalyse auf Intensivauenthalt ($-3,04$ Tage; CI $-4,74$ bis $-1,34$), Beatmungsdauer ($-1,84$ Tage; CI $-2,80$ bis $-0,74$) und 28-Tage-Mortalität (RR 0,67; CI 0,48 bis 0,94) nahe [81].

2.12/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine Echokardiographie zur Beurteilung der Herzfunktion und des Volumenstatus durchzuführen.**

- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

Ergänzend zur SSC-Leitlinie wird (in Übereinstimmung mit der „S3-Leitlinie zur intravasalen Volumentherapie beim Erwachsenen“ [82]) die Echokardiographie als Methode zur Beurteilung der Herzfunktion explizit aufgeführt. Mittels der Echokardiographie kann beim Patienten mit unklarer hämodynamischer Instabilität eine Vielzahl von relevanten Differenzialdiagnosen (Perikarderguss und -tamponade, akute Rechtsherzbelastung als Hinweis für eine Lungenarterienembolie [LAE], eingeschränkte Pumpfunktion, Klappenvitium etc.) ausgeschlossen werden. Insbesondere bei kardialer Dysfunktion im septischen Schock sind transthorakale Echokardiographie (TTE) und transösophageale Echokardiographie (TEE) essenzieller Bestandteil der Diagnostik. Im Rahmen der Echokardiographie ist für entsprechend erfahrene Untersucher eine Beurteilung des Durchmessers und der Atemvariabilität der V. cava inferior geeignet, zusätzliche Hinweise auf einen Volumenmangel zu liefern [83]. Einschränkung ist darauf hinzuweisen, dass aufgrund der komplexen Kopplung von Makro- und Mikrozirkulation im septischen Schock [70] eine Verbesserung der nutritiven Perfusion klinisch hauptsächlich an der Laktatclearance abgeschätzt wird. Eine „Maximierung“ des Herzzeitvolumens anhand der Frank-Starling-Kurve als Variable (klassische „goal-directed therapy“) führt nicht notwendigerweise zur Normalisierung der Mikrozirkulation und kann zur Volumenüberladung beitragen [84]. Aktuell wird vor diesem Hintergrund eine kombinierte Betrachtung makrohämodynamischer Größen mit klinischen und laborchemischen Zeichen der Verbesserung der mikrovaskulären Perfusion favorisiert [85].

3. Infektion und antimikrobielle Therapie

3.1 Diagnose der Infektion

3.1/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock vor Beginn der Antibiotikatherapie mindestens 2 Blutkultur-Sets zu entnehmen. Dies gilt auch für Patienten, die bereits eine antibiotische Vorbehandlung erhalten haben.**
- **Wie empfehlen die Gewinnung von weiteren Probenmaterialien von möglichen Infektionsfoci (Abstrich, Punktat, Biopsie etc.). Diese darf zu keiner wesentlichen zeitlichen Verzögerung der antiinfektiven Therapie führen.**
- **Zusätzliche DGS-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

Mikrobiologische Untersuchungen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ermöglichen den Nachweis von ursächlichen Infektionserregern und deren Resistenztestung. Die Probenentnahme orientiert sich am vermuteten Infektionsherd. Bei allen Patienten mit Verdacht auf Sepsis werden vor Beginn der antiinfektiven Therapie Blutkulturen zum Nachweis von Bakterien oder Hefepilzen entnommen, da diese Substanzen das Wachstum von Mikroorganismen verlangsamen oder verhindern können [86].

Bei Patienten mit Verdacht auf Sepsis oder septischen Schock erhöht die Entnahme anderer Proben, neben den Blutkulturen, die Wahrscheinlichkeit, den ursächlichen Erreger zu detektieren. Die Entnahme dieser Proben soll ebenfalls vor Beginn der antiinfektiven Therapie erfolgen, sofern dies ohne wesentliche zeitliche Verzögerung möglich ist. Geeignetes Probenmaterial umfasst Urin, Atemwegssekret, Wundsekret, Eiter, Liquor und andere Körperflüssigkeiten. Wenn die Anamnese oder klinische Untersuchung eindeutig auf eine spezifische anatomische Lokalisation des Infektionsherdes hindeutet, sind Materialien von anderen Lokalisationen (mit Ausnahme der Blutkulturen) im Allgemeinen nicht notwendig [87].

Die Nachweisrate bei Blutkulturen steigt mit dem abgenommenen Blutvolumen [88, 89]. Um ein ausreichend großes Blutvolumen zu gewinnen, werden min-

destens zwei Blutkultur-Sets benötigt (40–60 ml Blut).

Alle erforderlichen Blutkulturen können zeitgleich aus derselben Punktionsstelle entnommen werden [90–92]. Dies senkt die Kontaminationsgefahr [91]. Eine sequenzielle Abnahme, mehrfache Punktion oder die Abnahme im Temperaturanstieg führen nicht zu einer höheren Nachweisrate [93, 94].

Weitere Empfehlungen zur Präanalytik (Abnahmetechnik, Transportzeit, Lagerung etc.) finden sich in den Mikrobiologisch-Infektiologischen Qualitätsstandards (MIQ) [86].

Bei septischen Patienten mit Verdacht auf eine Katheter-assoziierte Infektion wird mindestens eines der Blutkultur-Sets aus dem Katheter und mindestens eines der Sets aus der peripheren Vene entnommen. Zur weiteren mikrobiologischen Untersuchung wird der Katheter entfernt und die Katheterspitze mikrobiologisch untersucht [95]. Die Abnahme der Blutkulturen aus Katheter und einer peripheren Vene erlaubt die Bestimmung der „Differential Time to Positivity“ (DTP). Diese kann die Diagnose einer Katheter-assoziierten Blutstrom-Infektion stützen, jedoch sind die Daten inkonsistent bezüglich der Vorhersage einer Katheter-assoziierten Infektion [96].

Die Kontamination von Blutkulturen bei der Abnahme ist häufig. Der Zielbereich für die Kontaminationsrate (über alle abgenommenen Blutkulturen hinweg) liegt bei < 3 % [97]. Die Kontaminationsrate sinkt, wenn das Blut bei einer einzelnen Punktion anstatt bei mehrfachen Punktionen entnommen wird [91]. In Studien zur Gewinnung von Blutkulturen konnte zudem gezeigt werden, dass unter Verwendung einer Vorrichtung zur Abzweigung und Verwerfen der ersten Blutportion das Kontaminationsrisiko signifikant reduziert werden konnte [98, 99]. Es ist zu erwarten, dass derselbe Effekt durch Abnahme der ersten Portion in ein anderes Blutröhrchen erzielt werden kann.

Molekularbiologische Nachweisverfahren (z. B. Multiplex-PCR, Next-Generation Sequencing) können die kulturelle Erregerdiagnostik (aus Blut und anderen Probenmaterialien) ergänzen. Der Stellenwert dieser Verfahren ist unklar, da bisher nur begrenzt Daten bezüglich des Einflusses auf das Überleben und die Morbidität vorlie-

gen. Ein Ersatz der kulturellen Erregerdiagnostik durch molekularbiologische Nachweisverfahren ist derzeit nicht sinnvoll, da dadurch auf die Möglichkeit der Erreger-Anzucht und phänotypischer Resistenztestung verzichtet wird.

3.2 Beginn der antimikrobiellen Therapie

3.2/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis, dass die Verabreichung von intravenösen Antinfektiva so schnell wie möglich, bei Patienten mit einem septischen Schock idealerweise innerhalb einer Stunde erfolgt.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Septischer Schock: Niedrig** ⊕⊕⊖⊖
- **Sepsis ohne Schock: Sehr niedrig** ⊕⊖⊖⊖
- **Literatur: [100–102]**
- **Konsensstärke: 100 %**

3.3/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir schlagen vor, bei einem Verdacht auf eine Sepsis ohne Schocksymptomatik zunächst eine zeitnahe weitere Diagnostik durchzuführen. Falls der Verdacht auf eine zugrunde liegende Infektion weiter besteht, sollte die Verabreichung der antiinfektiven Therapie innerhalb von drei Stunden erfolgen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die frühzeitige Verabreichung geeigneter antiinfektiven Substanzen ist eine der wirksamsten Maßnahmen zur Senkung der Sterblichkeit bei Patienten mit Sepsis [103–105]. Der septische Schock und die Sepsis sind als Notfall einzuschätzen, und die antiinfektive Therapie ist schnellstmöglich zu beginnen (idealerweise innerhalb einer Stunde).

Die Notwendigkeit, eine antiinfektive Therapie so früh wie möglich bereitzustellen, muss jedoch gegen die potenziellen Schäden abgewogen werden, die mit der Verabreichung von unnötigen Antibiotika bei Patienten ohne Infektion verbunden sind [106, 107]. Dazu gehören eine Reihe von unerwünschten Ereignissen

wie Allergien oder Überempfindlichkeitsreaktionen, Nierenschäden, Thrombozytopenie, *Clostridioides-difficile*-Infektionen und das Auftreten antimikrobieller Resistenzen [108–113].

Die mit einer frühzeitigen antiinfektiven Behandlung verbundene Senkung der Sterblichkeitsrate scheint bei Patienten mit septischem Schock am ausgeprägtesten zu sein. In einer Reihe von Studien wurde ein starker Zusammenhang zwischen der Zeit bis zum Einsetzen der Antibiotikatherapie und dem Tod bei Patienten mit septischem Schock gefunden, aber ein schwächerer Zusammenhang bei Patienten ohne septischen Schock [100, 101, 114].

In einer Studie mit 49.331 Patienten, die in 149 New Yorker Krankenhäusern behandelt wurden, war jede zusätzliche Stunde, die vom Eintreffen in der Notaufnahme bis zur Verabreichung von Antibiotika verging, mit einer um 4 % erhöhten Wahrscheinlichkeit, im Krankenhaus zu versterben, verbunden (OR 1,04; 95 % CI 1,03 bis 1,06); bei Patienten, die Vasopressoren erhielten, lag die risikoadjustierte OR bei 1,07 (95 % CI 1,05 bis 1,09), bei Patienten, die keine Vasopressoren erhielten bei 1,01 (95 % CI 0,99 bis 1,04) [100].

Eine weitere Studie mit 35.000 Patienten zeigte, dass jede zusätzliche Stunde zwischen dem Eintreffen in der Notaufnahme und der Verabreichung der antiinfektiven Therapie mit einer um 9 % erhöhten Wahrscheinlichkeit, im Krankenhaus zu versterben, verbunden war. Bei Patienten mit „schwerer“ Sepsis (Laktat ≥ 2 , mindestens eine Episode von Hypotonie, erforderliche nichtinvasive oder invasive mechanische Beatmung oder Organfunktionsstörungen) lag die Odds Ratio bei 1,07 und bei Patienten mit septischem Schock bei 1,14. Dies entsprach einem absoluten Anstieg der Sterblichkeit um 0,4 % für „schwere“ Sepsis und einem absoluten Anstieg um 1,8 % für septischen Schock [101].

In einer Studie mit 10.811 Patienten aus vier Krankenhäusern in Utah war jede Stunde Verzögerung zwischen dem Eintreffen in der Notaufnahme und der Verabreichung einer antiinfektiven Therapie mit einer um 16 % erhöhten Wahrscheinlichkeit für die Krankenhaus-Sterblichkeit und einer um 10 % erhöhten Wahrscheinlichkeit für die 1-Jahres-Sterblichkeit verbunden [102]. In anderen Studien wur-

de jedoch kein Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Antiinfektiva-Gabe und der Sterblichkeit festgestellt [115–120].

Es ist zu beachten, dass die genannten Studien Beobachtungsstudien sind, die einem Risiko für Verzerrungen unterliegen. Hauptkritikpunkte sind die Fokussierung auf schwere Erkrankungen (septischer Schock oder intensivmedizinische Behandlung), eine unzureichende Risikoadjustierung bezüglich Komorbiditäten und der Schwere der Erkrankung sowie die unzureichend belegte Annahme, dass der Zusammenhang zwischen Verzögerung der antiinfektiven Therapie und Sterblichkeit linear verläuft und sich folglich eine stündliche Rate errechnen lässt [121]. Weiterhin ist bei Patienten mit Sepsis ohne Schock der Zusammenhang zwischen dem Beginn der antiinfektiven Behandlung innerhalb der ersten Stunden und der Sterblichkeit weniger konsistent [100, 101].

In einem cluster-randomisierten RCT zum Einfluss von Sepsis-Teams und Schulungen auf die Sterblichkeit zeigte sich kein Unterschied im Zeitpunkt der Initiierung der antiinfektiven Therapie zwischen den Studienarmen. Die Wahrscheinlichkeit, innerhalb von 28 Tagen zu versterben, stieg um 2 % je Stunde Zeitverzug in der Verabreichung der antiinfektiven Therapie [122]. Ein zweites RCT zur Gabe von Antibiotika im Rettungswagen ergab keinen signifikanten Unterschied in der Sterblichkeit, obwohl zwischen den Studienarmen ein deutlicher Unterschied von 90 min bei der medianen Zeit bis zur Verabreichung der antiinfektiven Therapie beobachtet wurde [123].

Beobachtungsstudien deuten jedoch darauf hin, dass die Sterblichkeit bei Verzögerung der antiinfektiven Therapie von mehr als 3–5 h nach dem Eintreffen im Krankenhaus und/oder dem Erkennen der Sepsis weiter steigt [100, 102]. In einer aktuellen Metaanalyse von Leung et al. [124] wurden 42 Studien mit 190.896 Sepsis-Patienten untersucht. Die gepoolten Daten zeigten, dass die Odds Ratio für Sterblichkeit von Patienten, die Antibiotika innerhalb von 1 h erhielten, bei 0,83 lag (95 % CI 0,67 bis 1,04) im Vergleich zu Patienten, die Antibiotika nach mehr als 1 h erhielten. Eine signifikante Verringerung des Sterberisikos bei Patienten mit

früherer Antibiotikagabe wurde bei den Patientengruppen ≤ 3 h gegenüber > 3 h (OR 0,80; 95 % CI 0,68 bis 0,94) und ≤ 6 h gegenüber > 6 h (OR 0,57; 95 % CI 0,39 bis 0,82) beobachtet. Diese Ergebnisse zeigen, dass Antibiotika spätestens innerhalb von 3 h nach Erkennen der Sepsis oder dem Eintreffen in der Notaufnahme verabreicht werden sollten, unabhängig davon, ob ein Schock vorliegt oder nicht [124].

Die Diagnose der Sepsis kann schwierig sein. Symptome, die zunächst wie eine Sepsis aussehen, können sich im weiteren Verlauf als nichtinfektiöse Erkrankungen herausstellen [125–127]. Bei systemischen entzündlichen Reaktionen ohne Infektion ist eine antiinfektive Therapie nicht indiziert. Dazu gehören z. B. eine schwere Pankreatitis oder großflächige Brandwunden. Obwohl die prophylaktische Verwendung systemischer Antibiotika bei einer schweren nekrotisierenden Pankreatitis in der Vergangenheit empfohlen wurde, spricht sich die aktuelle S3-Leitlinie Pankreatitis [128] gegen eine generelle prophylaktische Antibiotikatherapie aus. Bei einem septischen Krankheitsbild und Verdacht auf eine infizierte (peri)pankreatische Nekrose wird eine initiale antiinfektive Therapie mit einem Carbapenem empfohlen [128]. Bei Patienten mit schweren Verbrennungen wurde in der Vergangenheit ebenfalls eine längere systemische antimikrobielle Prophylaxe durchgeführt. Die aktuellen Leitlinien für die Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen [129] empfehlen jedoch keine antiinfektiven Prophylaxe bei Patienten mit Verbrennungstrauma, was durch ein Cochrane-Review [130] gestützt wird.

3.3 Wahl der antimikrobiellen Therapie

3.4/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine initiale antiinfektive Therapie mit einem Antibiotikum oder mehreren Antibiotika durchzuführen, um alle wesentlichen Bakterien zu erfassen.**
- **Bemerkung:** Die antiinfektive Therapie sollte nach dem vermuteten Infektionsfokus, MRE-Besiedlung und Anamnese ausgerichtet werden.

- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Niedrig** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [131]
- **Konsensstärke: 100 %**

3.5/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ohne erhöhtes Risiko für multiresistente Erreger KEINE routinemäßige, initiale Therapie mit zwei verschiedenen gegen gramnegative Erreger wirksamen Substanzen („double gram-negative coverage“) durchzuführen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Sehr niedrig** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [132]
- **Konsensstärke: 100 %**

Die Initiierung einer geeigneten antimikrobiellen Therapie, d. h. einer wirksamen Therapie gegen das bzw. die verursachende(n) Pathogen(e), ist einer der wichtigsten Aspekte des effektiven Managements von lebensbedrohlichen Infektionen. Eine unwirksame empirische Therapie bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock ist mit einer beträchtlichen Zunahme der Morbidität und Sterblichkeit verbunden [133–135]. Dementsprechend muss die initiale Auswahl einer antiinfektiven Therapie breit genug angelegt sein, um die wahrscheinlichen Pathogene zu erfassen. Im weiteren Verlauf ist anhand von mikrobiologischen Untersuchungsergebnissen eine Umstellung auf eine gezielte antiinfektive Therapie durchzuführen [136].

Die Auswahl der initialen antiinfektiven Therapie hängt von der medizinischen Vorgeschichte, dem klinischen Zustand und lokalen epidemiologischen Faktoren ab. Zu den wichtigsten patientenbezogenen Faktoren gehören: die Lokalisation der Infektion, die zugrunde liegenden Begleiterkrankungen, das Vorliegen einer Immunsuppression, eine kürzlich bekannt gewordene Infektion oder Kolonisierung mit spezifischen Pathogenen sowie eine Behandlung mit Antiinfektiva innerhalb der letzten drei Monate. Außerdem müssen Faktoren wie die Dauer der Hospitalisierung zum Zeitpunkt der Infektion (z. B. ambulant erworben versus nosokomial), die lokale Pathogenprävalenz und die Resistenzmuster

dieser Pathogene, sowohl auf regionaler Ebene als auch im Krankenhaus, berücksichtigt werden. Auch Medikamentenunverträglichkeiten, Interaktionen und Toxizität müssen berücksichtigt werden [137].

Die häufigsten Pathogene, die einen septischen Schock verursachen, sind gramnegative und grampositive Bakterien. Bei bestimmten klinischen Konstellationen sind eine invasive Candidiasis, ein toxisches Schocksyndrom und auch selten auftretende Pathogene in Betracht zu ziehen. Weiterhin sind bei Sepsis aufgrund einer ambulant erworbenen Pneumonie neben den typischen Erregern (z. B. Pneumokokken, *Haemophilus influenzae*, *S. aureus*, *Enterobacterales*) auch „atypische“ Erreger (Legionellen, Mykoplasmen, Chlamydien und Coxiellen) zu berücksichtigen [138]. Patienten mit Neutropenie haben ein Risiko für ein besonders breites Spektrum an potenziellen Pathogenen, zu denen auch resistente gramnegative Bakterien, Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE) und *Candida* spp. gehören.

Angesichts der vielen Faktoren, die bei der Wahl eines geeigneten Antiinfektivums zu berücksichtigen sind, ist die Empfehlung einer universellen antiinfektiven Therapie bei einer Sepsis nicht möglich. In **Tab. 2** sind Optionen für eine initiale antiinfektive Therapie aus der S2k-Leitlinie der Paul-Ehrlich-Gesellschaft (PEG) [139] dargestellt. Die vorgeschlagenen Antiinfektiva richten sich nach dem vermuteten Fokus, dem vermuteten Erregerspektrum, dem Ort des Erwerbs der Infektion und dem Schweregrad der Sepsis. Detaillierte Informationen zur Auswahl der Substanzen sowie Dosierungsempfehlungen sind in der Leitlinie der PEG [140] niedergelegt. Es ist zu beachten, dass diese Tabelle einen Expertenkonsens darstellt und nicht immer evidenzbasiert ist. Eine Anpassung an die lokalen Gegebenheiten (Erregerepidemiologie, Resistenzsituation, Medikamenten-Verfügbarkeit) ist notwendig.

Die Gabe eines zweiten Wirkstoff gegen gramnegative Erreger („double gram-negative coverage“) kann die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass zumindest ein aktiver Wirkstoff verabreicht wird [141]. Jedoch zeigte eine Metaanalyse von 10 RCTs keinen Unterschied in der Sterblichkeit zwischen einer Monotherapie und einer Kom-

Tab. 2 Empfehlungen zu Substanzen in der kalkulierten antimikrobiellen Initialtherapie der Sepsis				
Fokus	Nosokomial erworben		Ambulant erworben	
	Septischer Schock	Sepsis	Septischer Schock	Sepsis
Pulmonal	Meropenem oder PipTaz* oder Cefepim $\pm^1$ Ciprofloxacin oder Levofloxacin ⁹	PipTaz oder Cefepim	PipTaz oder Cefepim + Azithromycin oder Moxifloxacin oder Levofloxacin	Cefotaxim oder Ampicillin/Sulbactam + Azithromycin oder Moxifloxacin oder Levofloxacin
Urogenital	PipTaz oder Ciprofloxacin oder Meropenem oder Imipenem $\pm^1$ Levofloxacin	Cefotaxim oder Cefepim oder PipTaz	PipTaz oder Meropenem oder Imipenem	Cefotaxim oder Cefepim oder PipTaz
Abdominal	PipTaz oder Meropenem oder Imipenem + Linezolid	PipTaz $\pm^2$ Linezolid alternativ: Tigecyclin + Ceftazidim ⁸	PipTaz $\pm^{2,3}$ Linezolid	Cefotaxim + Metronidazol oder PipTaz
Haut/Weichgewebe ⁵	PipTaz oder Meropenem + Clindamycin ⁶ oder + Linezolid	PipTaz + Clindamycin ⁶ oder + Linezolid	PipTaz oder Meropenem + Clindamycin ⁶ oder + Linezolid	PipTaz + Clindamycin ⁶
Katheter-assoziiert	Daptomycin ⁷ + PipTaz oder + Cefepim oder + Meropenem	Daptomycin ⁷ $\pm^4$ Cefepim oder Pip/Taz	–	–
Unbekannt	PipTaz oder Cefepim oder Meropenem ¹⁰ + Linezolid oder + Daptomycin $\pm^1$ Ciprofloxacin oder Levofloxacin ⁹	PipTaz $\pm^2$ Linezolid	PipTaz oder Cefepim oder Meropenem ¹⁰ $\pm^2$ Linezolid $\pm^1$ Ciprofloxacin oder Levofloxacin ⁹	PipTaz oder Cefotaxim

¹: nur bei Risikofaktoren für MRGN addieren
²: nur bei Risikofaktoren für MRSA addieren
³: bei Risikofaktoren für VRE addieren
⁴: wenn gramnegative Erreger erfasst werden sollen
⁵: Kombinationstherapie insbesondere bei nekrotisierender Faszitis
⁶: Zur Hemmung der Proteinbiosynthese sollte Linezolid statt Clindamycin bei MRSA-Risiko oder hoher lokaler Clindamycin-Resistenzrate bei A-Streptokokken verwendet werden
⁷: Alternativ kann Vancomycin (mit Spiegelbestimmung) verwendet werden
⁸: Alternativ kann Eravacyclin + Ceftazidim verwendet werden
⁹: In Abhängigkeit von der lokalen epidemiologischen Situation kann Fosfomycin eine Alternative sein
¹⁰: Bei Risikofaktoren für 3 MRGN Meropenem bevorzugen
 *PipTaz: Piperacillin-Tazobactam
 Quelle: adaptiert aus der S2k Leitlinie „Kalkulierte parenterale Initialtherapie bakterieller Erkrankungen bei Erwachsenen“ AWMF Registernummer 082–006 [139] *
 *Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert

bination mit einem zweiten Wirkstoff [132]. Dies gilt allerdings nur bei einer niedrigen Prävalenz von multiresistenten Erregern.

Die Ergänzung eines pathogenspezifischen Wirkstoffs zur Erweiterung des Spektrums ist gerechtfertigt, wenn ein spezifisches Risiko besteht. Beispielsweise dient die Hinzugabe eines Makrolids bei Sepsis aufgrund einer ambulant erworbenen Pneumonie zur Erfassung atypischer Erre-

ger. Bei einer nosokomialen Pneumonie hingegen spielen atypische Erreger keine Rolle [142]. Bei bekannter MRSA-Besiedlung oder Risikofaktoren für eine MRSA-Besiedlung ist die antiinfektive Therapie um Daptomycin (nicht bei Pneumonie), Linezolid, Vancomycin, Teicoplanin oder einen anderen Wirkstoff mit Aktivität gegen MRSA zu ergänzen [140].

3.6/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit einem niedrigen Risiko für eine Pilzinfektion KEINE antimykotische Therapie durchzuführen.**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit einem hohen Risiko für eine Pilzinfektion eine empirische antimykotische Therapie durchzuführen.**

- SSC-Leitlinienadoption
- Qualität der Evidenz:
- Für empirische Therapie: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Für keine empirische Therapie: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [143–149]
- Konsensstärke: 100 %

Durch Pilzinfektionen verursachte Sepsis und septischer Schock sind mit einem schlechten Behandlungsergebnis verbunden [150–153]. Bis zu 7 % der beatmeten kritisch kranken Patienten erhalten eine empirische antimykotische Therapie [154], ohne dass der Nutzen einer empirischen antimykotischen Therapie belegt wurde. In einer randomisierten kontrollierten Studie (EMPIRICUS) [143] wurde die empirische Gabe von Micafungin mit einer Placebo-Gabe bei nichtneutropenischen Patienten mit Sepsis verglichen, und es wurde kein Unterschied bezüglich des ereignisfreien Überlebens festgestellt [143].

Während Patienten mit Sepsis oder septischem Schock im Allgemeinen nicht von einer empirischen antimykotischen Therapie profitieren, könnte dies bei Patienten mit einem hohen Risiko für eine Pilzinfektion der Fall sein (beispielsweise Patienten mit Fieber in Neutropenie und fehlendem Ansprechen auf eine mehrtägige Antibiotikatherapie). Mögliche Risikofaktoren für eine invasive Pilzinfektion sind in **Tab. 3** dargestellt, wobei es keinen Konsens gibt, bei welcher Kombination von Risikofaktoren ein hohes Risiko besteht [155]. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Eine von der European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) und der European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) gebildete Task-Force schlägt eine empirische Therapie ausschließlich bei septischem Schock vor, sofern ein Nachweis einer Candida-Kolonisation an mehr als einer Lokalisation außerhalb des Verdauungstrakts (Urin, Mund, Rachen, unterer und oberer Respirationstrakt, Hautfalten, Drainagen, Operationswunde) vorliegt [156].

Zur Indikation einer empirischen antimykotischen Therapie bei hämato-onkologischen Patienten verweisen wir auf die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie (DGHO) [157]. Bei diesen Patienten ist auch an die Möglichkeit einer Aspergillus-Infektion zu denken. Bei Patienten, die

aufgrund einer Influenza oder COVID-19 beatmet werden müssen, kann im Verlauf (auch bei fehlenden klassischen Kriterien für eine Immunsuppression) eine invasive pulmonale Schimmelpilzinfektion auftreten [158, 159].

Die Auswahl des spezifischen Wirkstoffs hat den Schweregrad der Erkrankung und eine eventuelle kürzliche Exposition gegenüber antimykotischen Medikamenten zu berücksichtigen. Bei der kalkulierten antimykotischen Therapie der Sepsis sind Echinocandine zu bevorzugen. Eine Ausnahme besteht bei einem pulmonalen Fokus, bei dem *Candida* spp. typischerweise keine Rolle spielen und Schimmelpilze vorherrschen. Bei Unverträglichkeit, bekannter Vorbesiedlung mit resistenten *Candida*-Spezies oder Verdacht auf eine pulmonale Infektion mit „Nicht-Aspergillus-Spezies“ wird dringend ein infektiologisches oder mikrobiologisches Konsil empfohlen [153].

Andere Pilzinfektionen, z. B. durch *Cryptococcus* spp. oder *Pneumocystis jirovecii*, und endemische Mykosen durch dimorphe Pilze (*Histoplasma* spp., *Blastomyces* spp., *Coccidioides* spp., *Paracoccidioides* spp.) spielen bei der Sepsis eine untergeordnete Rolle.

In einer großen Punktprävalenzstudie waren virale Infektionen in unter 4 % Ursache einer Sepsis oder eines septischen Schocks [160]. Eine empirische antivirale Therapie wird aktuell nur bei Verdacht auf eine Influenza-Pneumonie in einer Pandemie-Situation oder bei einer hohen Aktivität der saisonalen Influenza empfohlen [138]. Zur Therapie kritisch kranker Patienten mit SARS-CoV-2 oder mit Immunsuppression verweisen wir auf die entsprechenden Leitlinien [157, 161, 162].

3.7/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Beta-Laktam-Antibiotika als prolongierte oder kontinuierliche Infusion (nach initialem Bolus) zu verabreichen.**
- **Bemerkung:** Bei einer kontinuierlichen Infusion ist auf die physikalisch-chemische Stabilität des Wirkstoffs zu achten.
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Qualität der Evidenz:**
- **90-Tage Mortalität: Hoch ⊕⊕⊕⊕**

- **ICU Mortalität: Hoch ⊕⊕⊕⊕**
- **Literatur: [187]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Bei den zeitabhängig wirksamen Beta-Laktam-Antibiotika ist für den Therapieerfolg die Zeit entscheidend, in der die freie Konzentration des Antibiotikums (fT) oberhalb der minimalen Hemmkonzentration (MHK) eines Erregers liegt (fT > MHK). Für Penicilline, Cephalosporine und Carbapeneme wurden fT > MHK-Werte von mindestens 50 %, 60–70 % bzw. mindestens 40 % des Dosisintervalls ermittelt. Eine Möglichkeit, die Wirksamkeit von Beta-Laktam-Antibiotika zu verbessern, ist die Verlängerung der Infusionsdauer auf 3–4 h oder die kontinuierliche Infusion über 24 h [188].

Eine aktuelle internationale randomisierte multizentrische klinische Studie hat die Sterblichkeit innerhalb von 90 Tagen untersucht (BLING-III-Studie) [189]. Es wurden 7202 erwachsene Personen mit einer Sepsis unter einer Therapie mit Meropenem oder Piperacillin/Tazobactam in die Studie aufgenommen. Die Teilnehmenden erhielten die Antibiotika entweder als intermittierende Kurzinfusionen (30 min) oder als kontinuierliche Infusion. Der beobachtete Unterschied in der 90-Tage-Sterblichkeit der Patienten mit einer kontinuierlichen (24,9 %) und einer intermittierenden (26,8 %) Infusion der Beta-Laktam-Antibiotika erreichte in der primären Analyse keine statistische Signifikanz (absoluter Unterschied –1,9 %; 95 % CI –4,9 % bis 1,1 %; OR 0,91, 95 % CI 0,81 bis 1,01; P = 0,08). Die Rate der klinischen Heilung war bei Patienten mit kontinuierlicher Infusion signifikant besser (55,7 % vs. 50,0 %). Auch in der für Geschlecht und Schweregrad der Erkrankung adjustierten Analyse zeigte sich beim primären Endpunkt ein signifikanter Vorteil.

Eine begleitend publizierte aktualisierte Metaanalyse von 18 randomisierten kontrollierten Studien (17 Studien zu kontinuierlicher Infusion und 1 Studie zu prolongierter Gabe über 3–4 h) verglich eine verlängerte Infusion von Beta-Laktam-Antibiotika mit einer intermittierenden Gabe bei 9108 Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Die 90-Tage-Gesamtsterblichkeit in der Gruppe mit verlängerter Infusion war statistisch

Tab. 3 Risikofaktoren, die Pilzinfektion begünstigen	
Risikofaktoren für Candida-Sepsis	Risikofaktor für invasive Schimmelpilzinfektionen
Candida-Besiedlung an mehreren Stellen [163, 164]	Neutropenie [179, 180]
Surrogatmarker wie der Serum-Beta-D-Glucan-Assay [163]	Surrogatmarker wie Serum oder bronchoalveoläre Lavage: Galactomannan-Assay [181]
Neutropenie [165, 166]	Hämatopoetische Stammzelltransplantation [180]
Immunsuppression [167–169]	Organtransplantation [182, 183]
Schwere der Erkrankung (hoher APACHE-Score) [170, 171]	Hochdosierte Kortikosteroidtherapie [184]
Längere Verweildauer auf der Intensivstation [171]	Immun-Modifier [185, 186]
Zentrale Venenkatheter und andere intravasculäre Devices [171, 172]	Influenza [174]
Drogenabusus (Injektion) [173]	COVID-19 [174]
Vollständige parenterale Ernährung [174]	Moderate bis schwere HIV-Infektion mit CD4-Zellen < 200/μl [174]
Breitbandantibiotika [164, 174]	Solide Tumoren [174]
Perforationen des Gastrointestinaltrakts und Anastomosenlecks [174, 175]	
Gastrointestinale oder hepatobiliäre Notoperationen [175]	
Akutes Nierenversagen und Hämodialyse [175]	
Schwere thermische Verletzungen [176, 177]	
Vorausgegangene Operationen [178]	
Der Beginn einer empirischen Therapie hängt von der Anzahl der Risikofaktoren und der lokalen Epidemiologie ab. Die Gewichtung der Faktoren in Bezug auf das Sepsis-Risiko ist unklar [155]. Quelle: modifiziert nach Evans et al. [2]	

signifikant niedriger (RR 0,86; 95 % CI 0,72 bis 0,98 und die Heilungsrate erhöht) [187]. Eine weitere Metaanalyse bestätigte dieses Ergebnis [190].

Daher empfehlen wir, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine verlängerte Infusion von β -Laktam-Antibiotika bevorzugt durchzuführen. Die Gabe der ersten Dosis als Bolus („loading dose“) dient zum raschen Erreichen eines therapeutischen Wirkspiegels. Unmittelbar im Anschluss an diese Kurzinfusion kann dann eine prolongierte oder kontinuierliche Infusion über 3–4 bzw. 24 h durchgeführt werden. Eine kontinuierliche Applikation ohne regelmäßige und zeitnahe (d. h. Ergebnismitteilung ≤ 24 h) Kontrolle der Blutspiegel (TDM) ist vor allem bei hoher MHK des Erregers und/oder bei gesteigerter Antibiotika-Clearance („augmented renal clearance“ = GFR ≥ 130 ml/min) problematisch, da es eventuell zu einer Unterschreitung der PK/PD-Ziele führt. Inwiefern eine generelle indi-

viduelle Steuerung der Dosierung durch ein TDM einen Vorteil für Patienten mit Sepsis bringt, ist nicht geklärt [191]. Generell ist ein TDM jedoch für Substanzen mit einer geringen therapeutischen Breite (z. B. Vancomycin oder Aminoglykoside) und Voriconazol erforderlich.

3.4 Dauer der antimikrobiellen Therapie

3.8/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock die antiinfektive Therapie täglich zu evaluieren und die Therapie anzupassen, sobald ein plausibler Erregernachweis geführt werden konnte und die Antiinfektiva-Empfindlichkeit bekannt ist.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Konsensstärke: 100 %

Angesichts des potenziellen Schadens, der mit unnötig langen und breit

wirksamen antimikrobiellen Therapien verbunden sein kann [192], wird eine tägliche Beurteilung hinsichtlich einer Fokussierung bzw. Beendigung der antimikrobiellen Therapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock empfohlen.

Bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ist initial eine breite antiinfektive Therapie gerechtfertigt, bis der verursachende Erreger und dessen Antiinfektiva-Empfindlichkeit bekannt sind. Sobald ein plausibler Erregernachweis vorliegt, empfehlen wir eine Fokussierung der antiinfektiven Therapie. Dies beinhaltet, alle nichterforderlichen antimikrobiellen Wirkstoffe abzusetzen, Wirkstoffe mit breitem antimikrobiellem Spektrum durch spezifischere Wirkstoffe (Schmalspektrum) und Kombinationstherapien, wenn möglich, durch Monotherapie zu ersetzen [193]. Erregerspezifika wie z. B. für *Staphylococcus aureus*-Infektionen sind zu beachten [194, 195]. Falls die mikrobiologische Diagnostik keinen oder keinen plausiblen Erregernachweis erbringt, ist eine Fokussierung der Therapie auch basierend auf einem guten klinischen Ansprechen möglich. Grundsätzlich wird die Nutzung von Antimicrobial-Stewardship (AMS)-Programmen zur Optimierung der antiinfektiven Therapie befürwortet [136].

In 12 Beobachtungsstudien [196] und einem RCT [197] mit 1968 Patienten zeigte sich eine geringere Sterblichkeit bei Patienten mit Fokussierung der Therapie (RR 0,72; 95 % CI 0,57 bis 0,91) (eigene Metaanalyse der SSC-Leitlinie 2021 [2]). Es gab keinen Unterschied in Bezug auf das Langzeit-Überleben und die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation. Die Metaanalyse muss mit Vorsicht interpretiert werden, da vielfältige Verzerrungen möglich sind [2].

Bei 20–30 % der Patienten mit einer Sepsis kann kein verursachendes Pathogen identifiziert werden [133]. Das ist überwiegend dann der Fall, wenn die Materialien für die mikrobiologische Diagnostik unter bereits laufender antimikrobieller Therapie gewonnen wurden. Es kann aber auch darauf zurückzuführen sein, dass keine Infektion vorlag. Falls ein anderer, plausibler und nichtinfektionsbedingter Grund für den klinischen Zustand des Patienten vorhanden ist und hinreichend wahrscheinlich ist, dass keine Infektion vorliegt, besteht keine In-

dikation, die antiinfektive Therapie fortzusetzen [198].

Eine Fokussierung der antiinfektiven Therapie ist in der Regel sicher (keine erhöhte Sterblichkeit), preiswerter (durch Einsparung unnötiger Antiinfektiva) und führt zu weniger Toxizität [199, 200]. Eine Fokussierung verringert auch das Auftreten von neuen Antibiotikaresistenzen [201].

Eine Anpassung der Antiinfektivatherapie ist nicht automatisch bei jeglichem Nachweis von Mikroorganismen notwendig, sondern nur bei *plausiblen Erregernachweis*. Bei Blutkulturbefunden ist die Abgrenzung einer Infektion von einer Kontamination wichtig, insbesondere bei einmaligem Nachweis von typischen Mikroorganismen des Hautmikrobioms mit geringer Virulenz (z.B. Koagulase-negative Staphylokokken, *Corynebacterium* spp., *Cutibacterium* spp.). Andere Erreger, die auch zum Haut- und Schleimhautmikrobiom gehören (z.B. Enterokokken oder *Candida* spp.), sind hingegen als plausible Erreger zu betrachten, wenn sie aus Blutkulturen oder aus eigentlich sterilen Körperregionen isoliert werden. Ein Nachweis in respiratorischem Material ist hingegen am ehesten Ausdruck einer Kolonisation und nicht einer Infektion. Erreger, die bei Nachweis in der Blutkultur nahezu immer plausible Erreger sind, sind *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* und andere β -hämolisierende Streptokokken, *Streptococcus pneumoniae*, Enterokokken, *Listeria monocytogenes*, *Neisseria meningitidis*, *Haemophilus influenzae*, *Enterobacterales*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* und *Bacteroides fragilis* [202]. Diese Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und gibt lediglich eine Orientierung für besonders häufige Erreger.

3.9/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine Antibiotikatherapie in der Regel von 7 bis 10 Tagen durchzuführen. Bei nicht erfolgreicher Fokussanierung, bei bestimmten Erregern sowie speziellen Organinfektionen ist die Therapiedauer zu verlängern.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 94 %**

Eine Begrenzung der Therapie auf die kürzest mögliche Dauer ist ein wichtiger Teil des Antimikrobiellen Stewardship [203, 204]. Die optimale Therapiedauer für Patienten mit Sepsis oder septischem Schock hängt von vielen Faktoren ab, darunter Wirtsfaktoren, mikrobielle Faktoren, Eigenschaften der Antiinfektiva und anatomische Lokalisation.

In den letzten Jahren wurden RCTs bei spezifischen Infektionen durchgeführt, um kürzere Therapiedauern mit „traditionellen“ längeren Therapiedauern zu vergleichen, so bei Pneumonie [205], Pyelonephritis [206], Bakteriämie [207] und intraabdominellen Infektionen [208, 209]. In vielen Studien war die kürzere Therapiedauer genauso effektiv wie die längere Therapiedauer, aber mit weniger Nebenwirkungen und Komplikationen assoziiert [204]. Sehr wenige Studien haben sich jedoch ausschließlich auf Patienten mit Sepsis oder septischen Schock beschränkt.

Eine Behandlungsdauer von 7 bis 10 Tagen ist für die meisten schweren Infektionen angemessen. Die aktuelle S3-Leitlinie „Epidemiologie, Diagnostik und Therapie erwachsener Patienten mit nosokomialer Pneumonie“ [210] empfiehlt eine 7-tägige Behandlungsdauer bei nosokomialer Pneumonie (sowohl bei einer im Krankenhaus erworbenen als auch bei einer beatmungsassoziierten Pneumonie) [210].

Bei der schwersten Form der Peritonitis, der postoperativen Peritonitis kritisch kranker Patienten auf der Intensivstation, wurde in einer multizentrischen, randomisierten, prospektiven Studie die Effektivität und Sicherheit einer 8-tägigen Antibiotikatherapie mit einer 15-tägigen Therapie verglichen. 249 Patienten mit abgeschlossener Fokussanierung wurden an Tag 8 randomisiert, und es wurde entweder die Antibiotikatherapie beendet oder weitere 7 Tage Antibiotika verabreicht. Die Antibiotika-freien Tage (primärer Endpunkt) waren in der 8-Tage-Gruppe signifikant höher als in der 15-Tage-Gruppe: 15 (6–20) vs. 12 (6–13) Tage, $P < 0,0001$. Die Sterblichkeit, die Dauer des Intensivaufenthaltes, das Auftreten multiresistenter Erreger und die Rate an Re-Operationen zeigten keinen signifikanten Unterschied [209].

Die Behandlungsdauer bei Blutstrominfektionen durch Enterobacterales wurde in einer Metaanalyse untersucht. Eine

Therapiedauer von ≤ 10 Tagen zeigte keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu einer Therapiedauer von > 10 Tagen in Bezug auf 30- und 90-Tage-Sterblichkeit. Jedoch lagen vor allem Beobachtungsstudien zugrunde, mit dem entsprechenden Risiko für Verzerrungen [211].

Eine Metaanalyse von Kubo et al. [212] kommt zu dem Ergebnis, dass bei schweren Infektionen, insbesondere bei beatmungsassoziierten Pneumonie und intraabdomineller Infektion mit Sepsis, eine 7-tägige Antibiotikagabe ausreichend sein kann. Allerdings wurde die Qualität der Evidenz als niedrig beurteilt [212].

Eine weitere Metaanalyse bei Patienten mit gramnegativer Bakteriämie zeigt für hämodynamisch stabile Patienten, die 48 h vor Beendigung der antiinfektiven Therapie fieberfrei waren, keinen Unterschied bezüglich Sterblichkeit, Hospitalisierungsdauer und Komplikationen zwischen den Gruppen mit 7 Tagen und 14 Tagen Antibiotikatherapie [213].

Eine Behandlungsdauer von < 7 Tagen war ebenso wirksam wie eine längere Behandlungsdauer in Studien zur akuten Pyelonephritis [206] und bei Haut-Weichgewebe-Infektionen [214–217].

Eine längere antimikrobielle Therapie ist erforderlich bei einem langsamen klinischen Ansprechen, nicht sanierbaren Infektionsherden, einer Bakteriämie mit *Staphylococcus aureus* einschließlich MRSA [218], einer Candidämie bzw. einer invasiven Candidiasis [153] und anderen Pilzinfektionen, einigen Virusinfektionen (z.B. durch Herpesviren) und bei Immundefizienz einschließlich Neutropenie [219].

Die mit einer verlängerten Antibiotikatherapie assoziierte Schäden (z.B. Toxizität, Resistenzentwicklung, Infektionen mit *Clostridioides difficile*) wurden in einem Umbrella-Review genauer analysiert [220]. Bei insgesamt 23.174 Patienten wurden bei 19,9% unerwünschte Wirkungen, bei 4,8% Superinfektionen und bei 10,6% eine Resistenzentwicklung beobachtet. Jeder Tag einer Antibiotikatherapie war mit einem signifikanten Anstieg unerwünschter Wirkungen um 4% und schwerer unerwünschter Wirkungen um 9% assoziiert. Superinfektionen und antimikrobielle Resistenz waren nicht signifikant häufiger, wurden jedoch nur in wenigen Studien erfasst [220].

Daher sind Ärztinnen und Ärzte, auch bei schweren Infektionen, aufgefordert, täglich zu evaluieren, ob eine Fortführung, eine Änderung oder eine Beendigung einer antiinfektiven Therapie vorzunehmen ist. Für besondere Fragestellungen (z.B. *S.-aureus*-Bakteriämie) ist ein infektiologisches oder mikrobiologisches Konsil angeraten.

3.5 Deeskalation der antimikrobiellen Therapie

3.10/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock die Messung von Serum-Procalcitonin, um die Dauer der antiinfektiven Therapie zu begrenzen, sofern eine adäquate Fokuskontrolle erreicht wurde.
- **Bemerkung:** Ausgenommen davon sind Patienten mit Infektionen, die eine längere Therapie erfordern (z.B. *S. aureus*-Bakteriämie, Endokarditis, Candidämie).
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz, Änderung des Empfehlungstextes und Empfehlungsgrades**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Therapiedauer (Tage): Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [221]
- **Konsensstärke: 100 %**

Bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock wird die antiinfektive Therapie häufig länger durchgeführt als notwendig [222, 223]. Biomarker können neben der klinischen Bewertung zusätzliche Informationen zur Festlegung der Therapiedauer liefern. Procalcitonin wurde sowohl bei kritisch kranken Patienten als auch bei nichtkritisch kranken Patienten für den Therapiebeginn als auch für die Beendigung der Therapie am ausführlichsten untersucht [224].

In 12 RCTs wurde Procalcitonin zum Beenden der antiinfektiven Therapie bei Patienten mit Sepsis genutzt [225–236]. Eine Metaanalyse von Gutiérrez-Pizarra et al. [237] ergab, dass die Sterblichkeit im Procalcitonin-Arm im Vergleich zur Kontrollgruppe niedriger war (RR 0,89; 95 % CI 0,79 bis 0,99). Die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation war im Mittel um 1,21 Tage kürzer (95 % CI –4,16 bis 1,74), allerdings nicht signifikant. Die antiinfektive Therapie war bei den Patienten mit PCT-Steuerung um 1,98 Tage verkürzt

(95 % CI –2,76 bis –1,21) [237]. Die Qualität der Evidenz wurde insgesamt als niedrig eingestuft, da es deutliche Unterschiede zwischen den Studien gab. Dies betraf u.a. die Häufigkeit der Procalcitonin-Bestimmung und die verwendeten Schwellenwerte (bzw. prozentuale Veränderung der Procalcitonin-Werte) für das Absetzen der Therapie.

Eine andere Metaanalyse mit 18 Studien und 5023 Patienten zeigte auf, dass die antiinfektive Behandlungsdauer bei Procalcitonin-gesteuerten Strategien (–1,89 Tage, 95 % CI –2,30 bis –1,47) und bei CRP-gesteuerten Strategien (–2,56 Tage, 95 % CI –4,21 bis –0,91) verkürzt war. Bei den Procalcitonin-gesteuerten Strategien war dieser Nutzen auch in Untergruppen mit kürzerer antimikrobieller Ausgangsdauer (7 bis 10 Tage) nachweisbar. Procalcitonin-gesteuerte Strategien senkten die Sterblichkeit (–27 pro 1000 Teilnehmer; 95 % CI –45 bis –7). CRP-gesteuerte Strategien führten jedoch zu keinem Unterschied in der Sterblichkeit [221]. Eine weitere Metaanalyse zeigte auf, dass eine Verkürzung der antiinfektiven Therapie durch PCT-Steuerung bei Patienten mit abdominalem Fokus nicht zuverlässig war [238].

In einem weiteren systematischen Review wurden unterschiedliche Procalcitonin-Protokolle, die in randomisierten Studien zur Beendigung der Antibiotikatherapie im Vergleich zur Standardtherapie verwendet wurden, verglichen [239]. Die Beendigung der Antibiotikatherapie, wenn Procalcitonin um mehr als 80 % des Spitzenwertes abfällt oder der Wert < 0,5 ng/ml beträgt, führte zu einer kürzeren Therapiedauer und geringeren Sterblichkeit, im Vergleich zu anderen Schwellenwerten (Abfall um mehr als 90 %, Werte < 0,1–0,25 ng/ml oder Werte < 1 ng/ml über 3 Tage).

Die Metaanalysen belegen, dass eine verkürzte antiinfektive Therapie durch Therapiesteuerung mittels Procalcitonin erreicht wird und diese mit einer geringeren Sterblichkeit einhergeht. Somit überwiegt der potenzielle Nutzen durch verminderte Toxizität [192]. Zur Kosteneffektivität liegen nur begrenzte Daten vor. In einer monozentrischen Studie wurde über geringere Krankenhauskosten im Zusammenhang mit einer PCT-gesteuerten Antibiotikatherapie bei Patienten auf der Intensivstation berichtet [240].

Zur Vermeidung von Therapieversagen ist bei *S.-aureus*-Blutstrominfektionen [218], Endokarditis [241] und Candidämie [153] eine längere Therapiedauer notwendig, die nicht durch Procalcitonin-Messungen verkürzt werden kann [153, 218, 241].

4. Kreislauftherapie

4.1 Flüssigkeitstherapie

4.1/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock balancierte Kristalloide als Flüssigkeitstherapie der ersten Wahl.
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz**
- **Qualität der Evidenz:**
- **90-Tage-Mortalität: Hoch** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [242]
- **Konsensstärke: 100 %**

Aufgrund des Fehlens von eindeutigen Vorteilen einer Verabreichung von kolloidalen Volumenersatzlösungen im Vergleich zu kristalloiden Lösungen und in Anbetracht hoher Kosten für Albuminlösungen wird eine starke Empfehlung für die Verwendung von kristalloiden Volumenersatzlösungen, im Rahmen der initialen Flüssigkeitstherapie bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock, ausgesprochen. Zur Fragestellung, welche kristalloide Lösung zur Flüssigkeitstherapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock besser geeignet ist, wurden in den letzten Jahren mehrere RCTs durchgeführt.

Ein RCT zum Vergleich von balancierten Lösungen (Ringer-Lösung oder Plasma-Lyte-A-Lösung) und 0,9 % NaCl an insgesamt 15.802 kritisch kranken Patienten zeigte bezüglich eines kombinierten Endpunktes (Sterblichkeit, neue Nierenersatztherapie und anhaltende Nierenfunktionsstörung) signifikante Vorteile für die balancierten Lösungen. Dies traf in besonderem Maße auf die Subgruppe der Patienten mit Sepsis oder septischem Schock (ca. 15 % aller Patienten) zu (OR 0,8; CI 0,67 bis 0,94, *P* = 0,01) [243].

In einer weiteren Studie (SPLIT-Trial) mit 2278 Intensivpatienten konnten keine positiven Effekte einer balancierten Lösung im Vergleich zu einer 0,9 %-NaCl-Lö-

sung gefunden werden. Diese Studie ist bezüglich der Aussagefähigkeit bei Sepsis jedoch stark eingeschränkt, da lediglich 3,7 % ($n = 84$) der Patienten eine Sepsis aufwiesen [244]. In die abschließende Analyse des BaSICS-RCT wurden die Daten von 10.520 Intensivpatienten eingeschlossen. Der primäre Endpunkt, die Sterblichkeit nach 90 Tagen, unterschied sich nicht zwischen Patienten, die mit NaCl 0,9 % oder einer balancierten Vollelektrolytlösung behandelt wurden. Auch in der Subgruppe der Patienten mit Sepsis zeigte sich kein signifikanter Unterschied [245]. Das im Januar 2022 veröffentlichte PLUS-RCT verglich ebenfalls ein balanciertes Kristalloid mit einer 0,9 %igen NaCl-Lösung bei kritisch kranken Patienten, von denen ca. 43 % an einer Sepsis litten. Auch in dieser Studie zeigte sich weder im Gesamtkollektiv noch in den Subgruppen ein signifikanter Unterschied bezüglich der 90-Tage-Sterblichkeit [246].

Eine diese Studien einschließende Metaanalyse zeigte anhand der Daten von 34.450 kritisch kranken Patienten ein Relatives Risiko für die 90-Tage-Sterblichkeit von 0,96 mit einem 95 %-Konfidenzintervall von 0,91 bis 1,01 bei Verwendung balancierter Kristalloide im Vergleich zu NaCl 0,9 %. Eine Bayes'sche Analyse dieser Daten ergab eine Wahrscheinlichkeit von 89,5 %, dass der Einsatz von balancierten Kristalloiden bei kritisch kranken Patienten mit einer Reduktion der Sterblichkeit verbunden ist. Ein ähnlicher Trend zeigte sich in der Subgruppe der septischen Patienten mit einem Relativen Risiko von 0,93 (95 % CI 0,86 bis 1,01) [242].

Der Empfehlungsgrad „starke Empfehlung“ für balancierte Lösungen trägt dem Umstand Rechnung, dass im Hinblick auf den isolierten Endpunkt Sterblichkeit für Patienten mit Sepsis und septischem Schock zwar kein signifikanter positiver Effekt gezeigt werden konnte, jedoch eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine geringere Sterblichkeit besteht. Zusätzlich zeigten sich im Hinblick auf kombinierte Studienendpunkte und die Vermeidung oder Verminderung von Organdysfunktionen (Niere) positive Effekte durch Anwendung balancierter kristalloider Lösungen.

4.2/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Albumin additiv zu balancierten Kristalloiden zu verabreichen, wenn große Mengen an Flüssigkeit benötigt werden, um eine hämodynamische Stabilität zu erreichen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **28-Tage-Sterblichkeit: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [247]
- **Konsensstärke: 89 %**

Zu der Fragestellung, ob kolloidale Lösungen in Kombination mit einer kristalloiden Lösung als Flüssigkeitstherapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock vorteilhaft sind, liegen nur wenige Daten aus klinischen Studien vor. Ein Cochrane-Review mit 12.492 kritisch kranken Patienten, in dem Albumin mit Kristalloiden verglichen wurde, zeigte keinen Unterschied in der 30-Tage-Sterblichkeit (RR 0,98; 95 % CI 0,92 bis 1,04), der 90-Tage-Sterblichkeit (RR 0,98; 95 % CI 0,92 bis 1,04) oder der Notwendigkeit für eine Nierenersatztherapie (RR 1,11; 95 % CI 0,96 bis 1,27) [248].

Die größte klinische Studie zur Sepsis, die ALBIOS-Studie, in der bei 1818 Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine Kombination von Albumin 20 % und Kristalloiden (Behandlungsziel: Serumalbuminkonzentration von 30 g/L) mit alleinigen Kristalloiden verglichen wurde, zeigte keinen Unterschied in der 28-Tage- (RR 1,0; 95 % CI 0,87 bis 1,14) oder der 90-Tage-Sterblichkeit (RR 0,94; 95 % CI 0,85 bis 1,05) [249]. Nur bei Patienten mit septischen Schock ließ sich in einer Post-hoc-Subgruppenanalyse für Albumin ein leichter Vorteil zeigen (RR 0,87; 95 % CI 0,77 bis 0,99). Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2023 von Geng et al. [247], die die Daten für Subgruppen getrennt darstellte, ergab ebenfalls, dass Albumininfusionen das Mortalitätsrisiko bei Patienten mit septischem Schock signifikant reduzieren (OR 0,85; CI 0,74 bis 0,99). Dabei schien der Einsatz von 20 % Albumin (OR 0,81 [0,67, 0,98]; $P = 0,03$) einen größeren Effekt zu haben als eine Konzentration von 4 % oder 5 % (OR 0,89 [0,68, 1,08]; $P = 0,15$) [247].

Die Empfehlung, bei Patienten, die große Mengen an Kristalloiden für die hämodynamische Stabilisierung erhalten haben, Albumin in Betracht zu ziehen, stützt sich ebenso auf den in Studien beobachteten höheren Blutdruck und die geringere Nettoflüssigkeitsbilanz bei Albuminanwendung (kumulativ minus 900 ml in den ersten 7 Tagen) [2, 249, 250]. Aufgrund der begrenzten Datenlage kann kein Grenzwert für die kristalloide Infusion festgelegt werden, ab dem die additive Albumingabe in Betracht gezogen werden sollte. Auch ein erniedrigter Plasmaalbuminspiegel ohne anhaltenden Flüssigkeitsbedarf soll nicht als alleinige Indikation für die Albumingabe verwendet werden. Jedoch ist anzunehmen, dass Patienten mit niedrigen Plasmaalbuminspiegeln (<30 g/l) mehr von einer Albumingabe profitieren als Patienten mit normwertigen Plasmaalbuminspiegeln. Zusätzlich wurde in der Studie von Caironi et al. [249] der Grenzwert von 30 g/l in der Interventionsgruppe angestrebt, weswegen der Plasmaalbuminspiegel bei der Therapieentscheidung berücksichtigt werden sollte [249].

Die Empfehlung wurde bei Vorlage der Konsultationsfassung durch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) abgelehnt. Eine wissenschaftlich-fachliche Begründung befindet sich im Leitlinienreport (Kap. 5, Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen).

4.3/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Hydroxyethylstärke zur Flüssigkeitstherapie NICHT anzuwenden.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität (> 28 Tage): Hoch** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [251]
- **Konsensstärke: 100 %**

Hydroxyethylstärke-Lösungen (HES) sind Kolloide, bei denen Sicherheitsbedenken bei Patienten mit Sepsis bestehen [252]. Eine Metaanalyse von randomisierten kontrollierten Studien mit geringem Verzerrungspotenzial zeigte, dass die Nutzung von HES zu einem höheren

Sterberisiko im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten (RR 1,11; 95 % CI 1,01 bis 1,22; hohe Evidenzqualität) führte [251]. Dies entspricht 34 zusätzlichen Todesfällen pro 1000 Patienten. Des Weiteren führte die HES-Nutzung zu einem höheren Risiko für die Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie (RR 1,36; 95 % CI 1,08 bis 1,72; hohe Evidenzqualität).

Eine anschließende Metaanalyse konzentrierte sich auf die akute Flüssigkeitstherapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ergab, dass HES zu einem höheren Sterberisiko (10 RCTs; OR 1,13; CrI 0,99–1,30; hohe Evidenzqualität) und einem höheren Bedarf einer Nierenersatztherapie (7 RCTs; OR 1,39; CrI 1,17–1,66; hohe Evidenzqualität) im Vergleich zu Kristalloiden führt. Beim Vergleich von Albumin mit HES führte Albumin zu einem geringeren Sterberisiko (OR 0,73; CrI 0,56–0,93; mittlere Evidenzqualität) und zeigte eine Tendenz zu einem geringeren Bedarf an Nierenersatztherapien (OR 0,74; CrI 0,53–1,04; geringe Evidenzqualität) [253]. Die unerwünschten Folgen der Verwendung von HES (erhöhtes Sterberisiko und vermehrter Bedarf für eine Nierenersatztherapie) und die mittlere bis hohe Qualität der entsprechenden Evidenz begründen die starke Empfehlung gegen die Nutzung von HES im Rahmen der Flüssigkeitstherapie von Patienten mit Sepsis oder septischem Schock.

4.4/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock Gelatine NICHT anzuwenden.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Anaphylaxie:** Moderat ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [253–256]
- **Konsensstärke:** 100 %

Es ist kaum Evidenz für den Einsatz von Gelatine als synthetisches Kolloid für die Volumentherapie von Patienten mit Sepsis und septischem Schock vorhanden. Eine Metaanalyse bei Patienten mit Sepsis ergab keinen eindeutigen Effekt auf die Mortalität im Vergleich zu Kristalloiden (OR 1,24; 95 % CI 0,61 bis 2,55) [253]. Eine Metaanalyse deutete auf ein höheres, jedoch nicht signifikantes Risiko für die Notwendigkeit einer Nierenersatzthe-

rapie bei Gelatine im Vergleich zu NaCl 0,9 % (OR 1,27; 95 % CI 0,44 bis 3,64) und balancierten Kristalloiden (OR 1,50; 95 % CI 0,56 bis 3,96) hin, sodass die Frage eines tatsächlichen Risikos offen bleibt [255]. Eine weitere Metaanalyse, die die Anwendung von Gelatinelösungen bei Patienten im Rahmen einer Anästhesieeinleitung untersuchte, zeigte ein signifikant erhöhtes Risiko für anaphylaktische Reaktionen (RR 3,01; 95 % CI 1,27 bis 7,14) [256]. Einschränkung muss aber erwähnt werden, dass diese Aussage allein auf einer 30 Jahre alten Originalpublikation von Lorenz et al. [257] basiert, in der Patienten mit Haemacel in 32 % und Patienten mit Placebo in 8 % eine anaphylaktische Reaktionen erlitten [257]. In Anbetracht der fehlenden Evidenz aus randomisierten kontrollierten Studien, nicht auszuschließenden Sicherheitsbedenken aus den bestehenden Metaanalysen und häufiger untersuchten Alternativen, wie Albumin, schlagen wir vor, von der Verwendung von Gelatine bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock abzuweichen.

Die Empfehlung wurde bei Vorlage der Konsultationsfassung durch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) abgelehnt. Eine wissenschaftlich-fachliche Begründung befindet sich im Leitlinienreport (Kap. 5, Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen).

4.2 Vasoaktive Substanzen

4.5/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Stark
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock Noradrenalin als Vasopressor erster Wahl.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Im Vergleich mit folgenden Vasopressoren:**
- **Dopamin:** Hoch ⊕⊕⊕⊕
- **Vasopressin:** Moderat ⊕⊕⊕⊕
- **Epinephrin:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Selepressin:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Angiotensin II:** Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [258, 259]
- **Konsensstärke:** 100 %

4.6/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Vasopressin zu ergänzen, wenn mit Noradrenalin alleine kein ausreichender Blutdruck erzielt werden kann.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität:** Moderat ⊕⊕⊕⊕
- **Neuaufgetretene Organdysfunktion:** Moderat ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [260–262]
- **Konsensstärke:** 100 %

Die physiologischen Effekte von Vasopressoren und einer Kombination von inotropen Medikamenten und Vasopressoren bei septischem Schock wurden in mehreren Reviews beschrieben [263–271].

Noradrenalin erhöht den MAP aufgrund seiner vasokonstriktiven Wirkungen, bei geringen Veränderungen der Herzfrequenz und einer geringeren Zunahme des Schlagvolumens im Vergleich zu Dopamin.

Ein aktuelles systematisches Review mit Metaanalyse, die 11 randomisierte Studien umfasste ($n = 1710$) und einen Vergleich von Noradrenalin mit Dopamin beinhaltete, befürwortete die Verwendung von Noradrenalin wegen verringerter Mortalität (RR 0,89; 95 % CI 0,81 bis 0,98, hohe Evidenzqualität) und eines geringeren Risikos für Arrhythmien (RR 0,48; 95 % CI 0,40 bis 0,58; hohe Evidenzqualität) [258]. Studien deuten darauf hin, dass eine Epinephrinapplikation schädliche Auswirkungen auf die Durchblutung des Splanchnicusgebietes hat und eine Hyperlaktatämie verursachen könnte.

Ein RCT, in dem Noradrenalin mit Epinephrin verglichen wurde, ergab keinen Unterschied bei der Mortalität, wies aber eine Zunahme der medikamentenbezogenen Nebenwirkungen bei der Nutzung von Epinephrin nach [259]. Auch eine Metaanalyse von vier randomisierten Studien ($n = 540$), in der Noradrenalin mit Epinephrin verglichen wurde, wies keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Mortalität nach (RR 0,96; CI 0,77–1,21; niedrige Evidenzqualität) [258]. Epinephrin kann die aerobe Laktatproduktion erhöhen, indem es die adrenergen Skelettmuskel-Beta-2-Rezeptoren stimuliert, und könnte auf die-

se Weise die Nutzung der Laktat-Clearance beeinträchtigen, was die Steuerung der Flüssigkeitstherapie betrifft [272].

Studien zeigten, dass die Vasopressin-Plasmakonzentrationen im frühen septischen Schock erhöht sind, aber bei der Mehrheit der Patienten nach 24 bis 48 h in den normalen Wertebereich zurückgehen, während der Schockzustand andauert [273]. Dieses Ergebnis wird als relative Vasopressin-Defizienz bezeichnet, da bei Vorliegen einer Hypotonie eine erhöhte Vasopressin-Konzentration zu erwarten wäre. Niedrige Dosen Vasopressin können daher bei Patienten, welche einen refraktären Schock unter Nutzung anderer Vasopressoren aufweisen, den Blutdruck steigern.

In der VASST-Studie wurde Noradrenalin als Monosubstanz mit Noradrenalin plus Vasopressin in einer Dosierung von 0,03 U/min verglichen. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die 28-Tage-Sterblichkeit in der Intent-to-treat-Population [262]. Eine geplante A-priori-Subgruppenanalyse zeigte eine Verbesserung der Überlebensrate bei jenen Patienten, die bei Randomisierung mit Noradrenalin in einer Dosierung von $< 15 \mu\text{g}/\text{min}$ zusätzlich Vasopressin erhielten. Die Rationale für diese Stratifizierung bei Studienplanung war jedoch auf einen potenziellen Nutzen bei denjenigen Patienten ausgelegt, die $\geq 15 \mu\text{g}/\text{min}$ Noradrenalin benötigten. Höhere Dosen von Vasopressin sind mit einem erhöhten Risiko für kardiale und Splanchnikus-Ischämien verbunden und sind daher Situationen vorbehalten, in denen alternative Vasopressoren versagt haben [260].

In der VANISH-Studie [261] wurden 409 Patienten mit septischem Schock im Rahmen eines 2×2 -faktoriellen Designs randomisiert: der Behandlung mit Vasopressin in Kombination mit Placebo, oder Hydrocortison, oder der Behandlung mit Noradrenalin mit Placebo, oder Hydrocortison zugewiesen. Es wurde kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Tage ohne Nierenversagen oder Tod festgestellt. Allerdings wurde in der Vasopressin-Gruppe seltener eine Nierenersatztherapie durchgeführt [261].

In eine Metaanalyse, in die die Ergebnisse der VANISH-Studie mit einbezogen

wurden, wurden Daten aus insgesamt neun Studien ($n = 1324$ Patienten mit septischem Schock) eingeschlossen, in denen Noradrenalin mit Vasopressin (oder Terlipressin) verglichen wurden. Diese demonstrierte keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Mortalität (RR 0,89; 95 % CI 0,79 bis 1,00; mittlere Evidenzqualität). Die Ergebnisse fielen ähnlich aus, nachdem Studien ausgeschlossen wurden, die eine Kombination aus Noradrenalin und Vasopressin im Interventionsarm verwendet hatten (RR 0,89; 95 % CI 0,77 bis 1,02) [260, 274–278].

Es mangelt an großen Studien, in denen Vasopressin mit anderen Vasopressoren bei septischem Schock verglichen wurde. Die zu Vasopressin publizierten Daten unterstützen mehrheitlich einen Einspar-effekt in Bezug auf die Noradrenalin-Dosis. Im Hinblick auf den Effekt von Vasopressin auf die Mortalität besteht allerdings Unsicherheit. Noradrenalin bleibt daher der Vasopressor der ersten Wahl bei der Behandlung von Patienten mit septischem Schock.

Wir empfehlen nicht die Nutzung von Vasopressin als Erstlinien-Vasopressor für die Unterstützung des MAP und würden zur Vorsicht raten, wenn es bei Patienten genutzt wird, die nicht eurolämisch sind oder höhere Dosen als 0,03 U/min erhalten. Aufgrund der oben beschriebenen Verbesserung der Überlebensrate, besonders bei Patienten, die einen geringeren Noradrenalin-Bedarf hatten, erachtet es die Leitliniengruppe als sinnvoll, ab einem Dosisbereich von 0,25–0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ für die Noradrenalinlauftrate Vasopressin zu ergänzen. Dieser entspricht den Empfehlungen der SSC-Leitlinie und entspricht der derzeitigen klinischen Praxis der Autoren [2]; belastbare Studiendaten dazu liegen bisher nicht vor.

Angiotensin II ist ein körpereigenes Hormon des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems (RAAS) und führt vorwiegend über Stimulation von AT1-Rezeptoren direkt zu einer Vasokonstriktion sowie über Stimulation der Aldosteron- und ADH-Freisetzung zu einer Natrium- und Wasserretention. Als weiterer nicht katecholaminerger Vasopressor, neben Vasopressin und Methylenblau, stellt Angiotensin II damit einen vielversprechenden Therapieansatz des distributiven Schocks dar.

Die 2017 publizierte ATHOS-III-Studie [279] ist das bisher einzige größere RCT, die dessen Anwendung im septischen Schock an 321 Patienten untersucht hat. Im Vergleich zu Placebo konnte die Wirksamkeit im Sinne einer Steigerung des mittleren arteriellen Blutdrucks gezeigt werden. Eine statistisch signifikante Verbesserung der Sterblichkeit konnte als sekundärer Endpunkt nicht gezeigt werden [279]. Weitere Studien zur Nutzung von Angiotensin II sind notwendig, sodass auf Basis der aktuellen Studienlage die Verwendung außerhalb von Studien nicht empfohlen werden kann.

Anmerkung: Alle Patienten, die eine Vasopressor-Therapie benötigen, sollten einen arteriellen Katheter erhalten, sobald dies praktisch umsetzbar ist und die personellen Ressourcen vorhanden sind. In Schockzuständen kann die Abschätzung des Blutdrucks unter Verwendung einer konventionellen Blutdruckmanschette, insbesondere bei automatisierten Messsystemen, ungenau ausfallen. Die Nutzung eines arteriellen Zugangs ermöglicht eine genauere und besser reproduzierbare Messung des arteriellen Drucks und eine Schlag-zu-Schlag-Analyse, sodass Entscheidungen bezüglich der Therapie auf Grundlage von sofort verfügbaren und reproduzierbaren Blutdruckinformationen getroffen werden können [280, 281]. Die Nutzung von radial-arteriellen Kathetern ist im Allgemeinen sicher.

Eine systematische Überprüfung von Beobachtungsstudien ergab, dass die Inzidenz von Ischämien der Gliedmaßen und Blutungen bei weniger als 1 % liegt, wobei es sich bei der häufigsten Komplikation um lokalisierte Hämatome handelt (14 %) [282]. Die Komplikationsraten können geringer ausfallen, wenn eine ultraschallgesteuerte Punktionstechnik genutzt wird [283].

Ein systematisches Review zeigte im Vergleich zu radial-arteriellen Kathetern ein höheres Infektionsrisiko, wenn femoral-arterielle Katheter genutzt wurden (RR 1,93; 95 % CI 1,32 bis 2,84). Die gepoolte Gesamtinzidenz von Blutkreislaufinfektionen betrug 3,4 pro 1000 Kathetern [284]. Die arteriellen Katheter sollten entfernt werden, sobald keine hämodynamische Überwachung mehr benötigt wird, um das Komplikationsrisiko zu minimieren.

4.7/Empfehlung/NEU, Stand:2025

- EK
- Aufgrund der aktuellen Datenlage kann bei Patienten mit septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz von Methylenblau eine Empfehlung ausgesprochen werden.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Konsensstärke: 100 %

Im septischen Schock ist die Aktivität der löslichen Guanylatzyklase (sGC) gesteigert, was zu einem Tonusverlust der Gefäßwandmuskulatur führt. Methylenblau bewirkt eine Hemmung der löslichen Guanylatzyklase und vermittelt dadurch seine Vasopressorwirkung [285].

Die 2023 veröffentlichte Studie von Ibarra-Estrada et al. [286] untersuchte die Gabe von Methylenblau in einer randomisierten, placebokontrollierten, doppelt verblindeten Studie bei 91 Patienten mit septischem Schock. Die Behandlung mit Methylenblau reduzierte die Zeit bis zur Beendigung der Vasopressor-Therapie und erhöhte die Anzahl der Tage ohne Vasopressoren über einen Zeitraum von 28 Tagen. Zudem verringerte sie die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus, ohne dass unerwünschte Wirkungen auftraten [286]. Die Sterblichkeit lag in der Methylenblau-Gruppe bei 33 % verglichen mit 46 % in der Kontrollgruppe (RR 0,76; 95 % CI 0,55 bis 1,05; $P=0,23$).

Eine Metaanalyse zu Methylenblau bei septischem Schock von Fernando et al. [287] zeigte eine Reduktion der Sterblichkeit, eine kürzere Dauer des Krankenhausaufenthalts und der Vasopressor-Therapie ohne Auftreten von unerwünschten Wirkungen [287].

Da die meisten der in die Metaanalyse eingeschlossenen Studien eine geringe Fallzahl aufwiesen und bisher nur ein größeres RCT zur Anwendung von Methylenblau im septischen Schock publiziert wurde, kann bis zur Überprüfung der Ergebnisse durch größere RCTs keine Empfehlung für oder gegen den Einsatz von Methylenblau bei Patienten mit septischem Schock gegeben werden.

4.8/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Terlipressin NICHT anzuwenden.
- SSC-Leitlinienadoption
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [274, 277, 288–294]
- Konsensstärke: 100 %

Terlipressin ist ein synthetisches Analogon von Vasopressin, das durch enzymatische Spaltung zu einer prolongierten Freisetzung von Vasopressin und damit zu einer Verlängerung der Wirkdauer führt.

In einem RCT mit 617 Patienten wurde die Anwendung von Terlipressin als Vasopressor bei Patienten mit septischem Kreislaufversagen im Vergleich zu Noradrenalin untersucht. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied bezüglich des primären Endpunkts der 28-Tage-Sterblichkeit oder der Veränderung des SOFA-Scores im Verlauf. Jedoch war die Rate schwerer unerwünschter Ereignisse (zumeist digitale Ischämien) in der mit Terlipressin behandelten Gruppe erhöht [288]. Zusätzlich gibt es einen Rote-Hand-Brief zu Terlipressin, welcher bei Patienten mit hepatorenalem Syndrom Typ 1 auf ein erhöhtes Risiko für eine schwere oder tödliche Ateminsuffizienz sowie ein erhöhtes Risiko für Sepsis hinweist [295, 296].

4.3 Inotropika

4.9/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, bei denen Hinweise für eine kardiale Dysfunktion mit persistierender Hypoperfusion trotz angemessenem Flüssigkeitsstatus und arteriellem Blutdruck bestehen, Dobutamin zu verwenden.
- SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [297]
- Konsensstärke: 100 %

Eine myokardiale Dysfunktion kann bei einigen Patienten mit septischem Schock auftreten, wobei das HZV üblicherweise durch eine ventrikuläre Dilatation, Tachykardie und einen reduzierten vaskulären

Widerstand aufrechterhalten wird [298]. Ein gewisser Anteil dieser Patienten kann allerdings über eine verringerte kardiale Reserve verfügen und daher nicht in der Lage sein, ein adäquates HZV zu erreichen, um ein angemessenes Sauerstoffangebot sicherzustellen. Die Erkennung einer derart reduzierten kardialen Reserve kann eine Herausforderung darstellen. Bildgebende Verfahren, die eine verringerte Ejektionsfraktion zeigen, müssen nicht notwendigerweise auch ein unzureichendes HZV bedeuten. Andererseits ist besonders im distributiven Schock mit geringer Nachlast die Ejektionsfraktion kein verlässlicher Marker, um eine eingeschränkte kardiale Funktion zu detektieren. Eine frühe und wiederholte echokardiographische Beurteilung von Patienten mit septischem Schock erscheint daher sinnvoll. Begleitende Messungen des HZV in Kombination mit der parallelen Beurteilung von Perfusionsparametern sind zu bevorzugen [299, 300].

Eine routinemäßige Erhöhung des Herzzeitvolumens auf im Vorfeld festgelegte „supranormale“ Werte führt eindeutig nicht zu einer Verbesserung der Behandlungsergebnisse, wie in zwei großen prospektiven klinischen Studien bei kritisch kranken Patienten mit Sepsis unter Behandlung mit Dobutamin gezeigt wurde [280, 301, 302]. Einige Patienten könnten jedoch von einer verbesserten Gewebepерfusion infolge einer inotropen Therapie, die auf eine Erhöhung des Sauerstoffangebots ausgerichtet ist, profitieren. In dieser Situation stellt Dobutamin für Patienten mit einem bestätigten oder vermuteten niedrigen HZV, bei denen ein angemessener linksventrikulärer Füllungsdruck (oder die klinische Beurteilung einer angemessenen Flüssigkeitstherapie) sowie ein angemessener MAP vorliegt, die inotrope Therapie der ersten Wahl dar. Die beste Möglichkeit, diese Art von Therapie zu steuern, besteht darin, die Reaktion von Perfusionsindizes auf den (gemessenen) Anstieg des HZV zu monitorisieren [280].

Die Daten, welche die Nutzung von Dobutamin unterstützen, sind hauptsächlich physiologischer Art und zeigen eine verbesserte Hämodynamik und einige Verbesserungen bei den Perfusionsindizes, welche eine klinische Verbesserung, abneh-

mende Laktatspiegel und eine ScvO₂-Verbesserung umfassen können.

RCTs, die die Effekte von Dobutamin gegenüber einem Placebo im Hinblick auf die klinischen Behandlungsergebnisse verglichen haben, sind allerdings nicht bekannt. Die Mortalität von Patienten, die randomisiert einer Therapie mit Dobutamin zusätzlich zu Noradrenalin zugewiesen worden waren, wies keinen Unterschied im Vergleich zu einer Therapie mit Epinephrin auf, wobei diese Studie aufgrund einer unzureichenden Patientenzahl nicht über genügend Aussagekraft verfügt [280].

Dobutamin wurde ferner als inotrope Erstlinientherapie im Rahmen der Standardbehandlung in klinischen Early-Goal-Directed-Therapy-Studien verwendet, und negative Auswirkungen auf die Mortalität wurden bei dessen Verwendung nicht festgestellt [49–51, 77]. In einer 2019 publizierten Metaanalyse von insgesamt 43 RCTs zeigte sich die Kombination von Noradrenalin und Dobutamin mit einer reduzierten Sterblichkeit assoziiert [303].

Abweichend von den aktuellen SSC-Empfehlungen wird die alternative Anwendung von Epinephrin nicht empfohlen. Dies begründet sich darin, dass in Zusammenhang mit der Verwendung von Epinephrin eine erhöhte Sterblichkeit im kardiogenen Schock, ein vermehrtes Auftreten von Arrhythmien sowie eine gesteigerte Laktatbildung beschrieben worden ist und damit die Nutzbarkeit von Laktat zur Steuerung der hämodynamischen Therapie beeinträchtigt werden könnte [304–306].

4.10/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Levosimendan NICHT einzusetzen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [307, 308]
- **Konsensstärke:** 95 %

Metaanalysen, die Levosimendan mit Dobutamin bei Patienten mit Sepsis und septischem Schock verglichen, zeigten keinen signifikanten Effekt auf die Mortalität [307, 309].

In einem RCT, in dem 516 Patienten mit septischem Schock randomisiert entweder der Behandlung mit Levosimendan oder einem Placebo zugeordnet wurden, zeigte sich kein Unterschied in Bezug auf die Mortalität. Levosimendan führte jedoch zu einem signifikant erhöhten Risiko einer supraventrikulären Tachyarrhythmie im Vergleich zum Placebo (absoluter Unterschied 2,7 %; 95 % CI 0,1 %–5,3 %). Zusätzlich war die Wahrscheinlichkeit, innerhalb von 28 Tagen erfolgreich von der Beatmung entwöhnt zu werden, in der Levosimendan-Gruppe geringer als in der Placebo-Gruppe (Hazard Ratio 0,77; 95 % CI 0,60 bis 0,97; $P = 0,03$) [308]. Die Ergebnisse dieser Studie stellen die routinemäßige Verwendung von Levosimendan bei Patienten mit septischem Schock in Frage. Zu beachten ist, dass myokardiale Funktionsparameter in dieser Studie nicht erhoben wurden und somit auch nicht die Frage beantwortet wurde, inwiefern Patienten mit einer Sepsis-bedingten Erniedrigung des HZV von der inotropen Stimulation profitieren könnten. Es bleibt somit unklar, ob Levosimendan bei Patienten mit septischer Kardiomyopathie vorteilhaft ist.

Die aktuell publizierten Metaanalysen zu dieser Fragestellung liefern aufgrund ihrer unzureichenden Qualität keine neuen Erkenntnisse, sodass bei fehlendem Nachweiszennachweis in großen RCTs, den in der LeoPARDS-Studie [308] beobachteten negativen Effekten und den höheren Kosten die Empfehlung gegen den Einsatz bei septischen Patienten bestehen bleibt.

4.4 Venoarterielle ECMO

4.11/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **EK**
- **Der Einsatz einer venoarteriellen ECMO bei Patienten mit einem therapierefraktären septischen Schock ohne einen zusätzlichen kardiogenen Schock kann NICHT empfohlen werden.**
- **Aufgrund der aktuellen Datenlage kann weder für noch gegen den Einsatz einer venoarteriellen ECMO bei Patienten mit einem therapierefraktären septischen und einem zusätzlichen kardiogenen Schock eine Empfehlung ausgesprochen werden.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke:** 100 %

Patienten, die an einer septischen Kardiomyopathie leiden und dadurch ein kombiniertes Schocksyndrom mit distributiver und kardiogener Komponente entwickeln, haben häufig eine sehr ausgeprägte Gewebeminderperfusion und weisen eine hohe Sterblichkeit auf [310]. Der Einsatz einer extrakorporalen Kreislaufunterstützung in Form einer venoarteriellen ECMO könnte bei diesen Patienten theoretisch eine sinnvolle Therapieoption darstellen. Jedoch liegen dazu bisher keine randomisierten kontrollierten Studienergebnisse vor. In einer retrospektiven, Propensity-Score-gewichteten Analyse von 82 Patienten mit kardialer Dysfunktion und septischem Schock führte die Anwendung einer venoarteriellen ECMO zu einer signifikanten Verbesserung des Überlebens [311].

Zusätzlich untersuchten mehrere randomisierte kontrollierte Studien die Anwendung einer venoarteriellen ECMO zur hämodynamischen Stabilisierung bei Patienten mit kardiogenem Schock (zumeist im Rahmen eines Myokardinfarktes). Keine dieser Studien vermochte einen Überlebensvorteil für die venoarteriellen ECMO bei kardiogenem Schock zu zeigen [312, 313].

Eine aktuelle Metaanalyse von Beobachtungsstudien zeigte, dass bei Behandlung mit venoarterieller ECMO die meisten Patienten mit septischem Schock oder Sepsis-induzierter kardialer Dysfunktion überleben. Dagegen wurde bei Erwachsenen mit septischem Schock ohne schwere linksventrikuläre Funktionsstörung unter Behandlung mit venoarterieller ECMO eine hohe Sterblichkeit beobachtet [314].

Zusammenfassend ist die aktuelle Datenlage unzureichend, um eine Empfehlung zum Einsatz der venoarteriellen ECMO zur hämodynamischen Stabilisierung von Patienten mit therapierefraktärem septischem Schock und kardialer Dysfunktion abzugeben, sodass der Einsatz, auch unter Berücksichtigung der vorhandenen Erfahrung und Ressourcen, individuell abgewogen werden sollte.

4.12/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit septischem Schock β -Blocker zur Herzfre-**

- quenzsenkung NICHT routinemäßig anzuwenden.
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
 - **Konsensstärke: 100%**

Sepsis und septischer Schock sind unter anderem durch eine exzessive adrenerge Stimulation charakterisiert, die zu Tachykardie, Rhythmusstörungen sowie zu systolischen und diastolischen Funktionsstörungen des Myokards führen kann und mit einer erhöhten Mortalität assoziiert ist [315, 316].

Eine Applikation von β -Blockern könnte theoretisch der adrenergen Stimulation entgegenwirken und die Herzfunktion optimieren (Senkung des myokardialen Sauerstoffbedarfs, Reduktion der Tachykardie, verbesserte diastolische Füllung/Relaxation, Rhythmusstabilisierung). Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass β -Blocker als Modulatoren des Immunsystems eine wichtige Rolle spielen könnten [317].

β -Blocker werden bei Patienten mit Herzinsuffizienz und koronarer Herzkrankheit zur Verbesserung der myokardialen Funktion und zur Senkung des Reinfarkttrisikos erfolgreich eingesetzt. Darüber hinaus können β -Blocker über eine Senkung der Herzfrequenz den myokardialen Sauerstoffbedarf senken. Aus diesen Überlegungen heraus könnte der Einsatz von β -1-selektiven Betablockern bei tachykarden Rhythmusstörungen auch in der Sepsis von Vorteil sein. Deshalb wurden insbesondere kurzwirksame β -1-selektive Betablocker bisher für die Anwendung bei tachykarden Patienten mit septischem Schock in randomisierten kontrollierten Studien untersucht [318, 319].

Morelli et al. [318] konnten in einem RCT bei 77 Patienten mit septischem Schock durch eine kontinuierliche Esmololinfusion eine Reduktion der Herzfrequenz ohne negative Effekte auf die Hämodynamik zeigen. Als sekundärer Endpunkt ergab sich eine reduzierte Sterblichkeit in der mit Esmolol therapierten Patientengruppe [318]. Diese Studie ist jedoch mit erheblichen Einschränkungen assoziiert, sodass sie lediglich ein „Proof-of-Principle“ einer sicheren Herzfrequenzreduktion durch Esmolol darstellt.

Das 2023 publizierte STRESS-L-RCT bei 126 Patienten untersuchte die Anwendung von Landiolol bei Patienten mit septischem

Schock und Tachykardie. Nur bei ca. 12% der eingeschlossenen Patienten lag bei Randomisierung ein Vorhofflimmern vor, sodass davon auszugehen ist, dass die Mehrheit der Patienten eine Sinustachykardie zeigte. Die Studie wurde wegen einer möglichen Schädigung der Patienten durch die Intervention ohne signifikanten Benefit vorzeitig gestoppt [319]. Die mit Landiolol behandelte Gruppe zeigte im Durchschnitt einen höheren Noradrenalinbedarf, einen niedrigeren Blutdruck und ein höheres Laktat.

Rehberg et al. [320] untersuchten in einer randomisierten kontrollierten Studie an insgesamt 196 Patienten mit septischem Schock und persistierender Tachykardie den Einfluss einer Landiolol-Therapie auf das Erreichen einer Zielherzfrequenz von 80–94/min und deren Aufrechterhaltung ohne Erhöhung des Vasopressorbedarfs in den ersten 24 h nach Behandlungsbeginn. Sekundäre Endpunkte waren unter anderem die Sterblichkeit auf Intensivstation sowie nach 28 Tagen. Circa ein Viertel der randomisierten Patienten zeigte ein Vorhofflimmern als mögliche Ursache der Tachykardie. Ein signifikant größerer Anteil der Patienten erreichte den kombinierten primären Endpunkt aus Herzfrequenzkontrolle ohne Anstieg des Vasopressorbedarfs. Jedoch führte die Gabe des kurzwirksamen Betablockers nicht zu positiven Effekten auf die Mortalität oder sonstige sekundäre Endpunkte [320]. Eine Betablocker-Therapie bei Patienten mit septischem Schock scheint sowohl negative als auch positive hämodynamische Effekte haben zu können.

Aufgrund der negativen Ergebnisse im Hinblick auf relevante klinische Endpunkte, insbesondere der STRESS-L-Studie, bleibt die Empfehlung gegen einen routinemäßigen Einsatz von β -Blockern zur Herzfrequenzkontrolle im Rahmen der hämodynamischen Stabilisierung septischer Patienten bestehen. Die Anwendung kurzwirksamer Betablocker zur Therapie von Tachyarrhythmien z. B. im Rahmen von Vorhofflimmern bei septischen Patienten sollte davon gesondert betrachtet werden. Zur Therapie von supraventrikulären Arrhythmien ist die Gabe kurzwirksamer Betablocker weiterhin eine Option.

Vor Einleitung einer Therapie mit β -1-selektiven Betablockern bei tachykarden

Herzrhythmusstörungen sollte jedoch ein adäquater Volumenstatus hergestellt und eine Blutdruckstabilisierung durch Vasopressoren erfolgt sein. Die Anwendung sollte unter entsprechendem hämodynamischem Monitoring titriert erfolgen und auf eine Verbesserung der hämodynamischen Situation und Gewebepfusion abzielen [321, 322].

5. Beatmungstherapie

Das folgende Kapitel ist eine Adoption der aktuellen S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] (AWMF-Reg.-Nr.: 001–021) sowie der S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] (AWMF-Reg.-Nr.: 001–015, Stand 25.07.2023).

Die in der S3-Leitlinie abgegebenen Empfehlungen zu Patienten mit ARDS umfassen in der Mehrheit Patienten mit Sepsis, septischem Schock und/oder einer Pneumonie und erfüllen somit die Kriterien der Sepsis-3-Definition. Allerdings ist in diesem Kontext keine Studie bekannt, die sich spezifisch mit septischen Patienten befasst hat.

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen Empfehlungen der Leitlinienkommission zu den genannten Leitlinien zusammengefasst. Für eine detaillierte Bewertung der zugrunde liegenden Evidenz wird auf die Langfassungen der S3-Leitlinien verwiesen (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021>).

5.1 Beatmungseinstellungen

5.1/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ARDS mit einem Tidalvolumen um 6 ml/kg IBW (4–8 ml/kg IBW) zu beatmen.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur: [323, 324]**
- **Konsensstärke: 100%**
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Aktuelle Arbeiten untersuchten Tidalvolumen von 4–8 ml/kg IBW, dies spie-

gelt sich ebenfalls in anderen Leitlinien wider. Sowohl in der ESICM als auch der „ARDS Clinical Practice Guideline“ [325] wird eine Beatmung mit Tidalvolumen von 4–8 ml/kg IBW empfohlen, daher haben sich die Autoren entschlossen, bei gleicher zugrunde liegender Evidenz sich diesen Empfehlungen anzuschließen.

5.2/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ohne ARDS mit einem mit VT von 6–8 ml/kg IBW zu beatmen.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [323, 324]
- **Konsensstärke: 100 %**
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Für Patienten ohne ARDS wird die Empfehlung aus 2018 unverändert beibehalten. Einzig eine Arbeit von Simonis et al. [326] hat nachfolgend zur alten Leitlinienempfehlung explizit Patienten ohne ARDS mit invasiver Beatmung für mehr als 24 h untersucht. Hier konnte kein Unterschied in beatmungsfreien Tagen an Tag 21 ($P=0,71$), Intensiv-/Krankenhausverweildauer oder 28- und 90-Tage-Mortalität gezeigt werden [326].

5.3/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei der invasiven Beatmung von Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und akuter respiratorischer Insuffizienz den Plateaudruck (P_{plat}) ≤ 30 cmH₂O zu halten.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [327–329]
- **Konsensstärke: 100 %**

5.4/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei der invasiven Beatmung von Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ARDS eine inspiratorische Druckdifferenz von ≤ 14 cmH₂O anzustreben.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [327–329]

- **Konsensstärke: 100 %**
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Die überwiegende untersuchte Literatur beschreibt einen „driving pressure“ von ≤ 14 cmH₂O bzw. < 15 cmH₂O, dementsprechend wurde die Formulierung angepasst.

Amato et al. [329] konnte in einer Metaanalyse von 9 RCTs mit 3562 Patienten zeigen, dass die Einhaltung des „driving pressure“ von ≤ 14 mit signifikant mehr Überleben assoziiert war (1-SD Anstieg ΔP : RR 1,41; 95 % CI 1,31 bis 1,51; $P < 0,001$) [329].

5.2 PEEP-Einstellung

5.5/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und mildem ARDS eine orientierende Einstellung des PEEP mit Hilfe der FiO₂/Niedrig-PEEP-Tabelle des ARDS-Netzwerks zu erwägen (Tab. 4).**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [330]
- **Konsensstärke: 100 %**

Die Niedrig-PEEP-FiO₂-Tabelle führt bei Patienten mit mildem ARDS (P/F -Ratio 201–300) typischerweise zu PEEP-Werten zwischen 5 und 8 cmH₂O, sofern ein PaO₂ zwischen 60 und 90 mmHg angestrebt wird. Im Vergleich zu einem höheren PEEP gab es nichtsignifikante Trends zu geringerer Mortalität (Relatives Risiko mit höherem PEEP 1,37; 95 % CI 0,98 bis 1,92). Der Nutzen einer Beatmung mit niedrigerem PEEP scheint also in dieser Patientengruppe gegenüber dem möglichen Schaden zu überwiegen.

5.6/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und moderatem oder schwerem ARDS die Anwendung eines höheren PEEP.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Hoch** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [331–333]
- **Konsensstärke: 100 %**

- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Hoher PEEP kann dazu beitragen, Atemwege offenzuhalten, Atelektasen wiederzueröffnen und dadurch Oxygenierung und Compliance zu verbessern, was potenziell eine bessere Lungenprotektion ermöglicht. Dem stehen Nebenwirkungen wie Kreislaufdepression, insbesondere bei Hypovolämie, und pulmonale Überdehnung gegenüber. Während die Anwendung eines höheren PEEP für Patienten mit mildem ARDS vermutlich nicht vorteilhaft ist (siehe vorherige Empfehlung), zeigt die Metaanalyse von Dianti et al. [331] für Patienten mit moderatem bis schwerem ARDS ($P/F < 201$ mmHg) mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass die Anwendung eines höheren PEEP ohne Rekrutierungsmanöver mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit einhergeht (Relatives Risiko für Mortalität mit höherem PEEP: 0,77; 95 % CI 0,60 bis 0,96). In der klinischen Praxis wird diese Erkenntnis aber oft nicht umgesetzt, was zu vermeidbarer Übersterblichkeit durch zu niedrig eingestellten PEEP führt [334]. Daher sprechen wir eine starke Empfehlung für Anwendung eines höheren PEEP bei moderatem bis schwerem ARDS aus.

5.7/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und moderatem oder schwerem ARDS die Einstellung des PEEP mit Hilfe einer der in Tab. 5 vorgeschlagenen bettseitigen Methoden zu individualisieren.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Sehr niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [330, 331, 335–348]
- **Konsensstärke: 100 %**
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Eine Individualisierung der PEEP-Einstellungen wird sowohl von der französischen [349] als auch von der britischen Leitlinie [350] empfohlen, die Leitlinie der Europäischen Gesellschaft für Intensivmedizin (ESICM) [323] äußert sich nicht zur Individualisierung des PEEP. Die aktualisierten Leitlinien der American Thoracic Society [351] geben zwar keine Empfeh-

Tab. 4 ARDS-Netzwerk-Tabelle „lower PEEP/higher FiO ₂ “													
FiO ₂	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1
PEEP	5	5	8	8	10	10	10	12	14	14	14	16	18–24

Quelle: DGA et al. [4]

lung zur Individualisierung ab, betonen aber, dass die Einstellung von einer kontinuierlichen Überwachung der Atemmechanik und Hämodynamik und der Beurteilung der physiologischen Reaktion des Patienten auf PEEP begleitet und ggf. angepasst werden sollte. Ziel einer PEEP-Individualisierung ist es, eine Verbesserung des pulmonalen Gasaustausches und Vermeidung von Derekrutierung und Atелеktrauma zu erreichen ohne ein Trauma durch Überdehnung von Lungenarealen und hämodynamische Kompromittierung. Es gibt zwar kein Verfahren zur PEEP-Einstellung, welches eine klare Überlegenheit hinsichtlich relevanter Outcomes gezeigt hat, allerdings konnten für die in der Tabelle vorgeschlagenen Methoden positive Effekte aufgezeigt werden, weshalb deren Anwendung mit einem schwachen Empfehlungsgrad vorgeschlagen wird.

5.3 Inspiratorische Sauerstoffkonzentration, FiO₂

5.8/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei invasiv beatmeten Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine SaO₂ bzw. SpO₂ von 92–96 % bzw. eine paO₂ zwischen 70–90 mm Hg (9,3–12 kPa) anzustreben.
- Adoption der S3-Leitlinie Beatmung*
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [352, 353]
- Konsensstärke: 100 %
- *Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

Wir übernehmen die Empfehlung der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] mit geändertem Wortlaut und abgeschwächtem Empfehlungsgrad: Hypoxie und Hyperoxie wurden durch Hypoxämie und Hyperoxämie ersetzt. Eine Hypoxämie ist aus rein physiologischen Gründen mit konsekutiver Sauerstoffminderversorgung der Körpergewebe mit Ischämie zu vermeiden.

Hyperoxämie kann u.a. zur Bildung freier Sauerstoffradikale mit nachfolgender Zellschädigung beitragen.

Ein 2023 aktualisiertes Cochrane-Review [352] konnte keinen Unterschied bei der Mortalität zwischen einer hohen und niedrigen Oxygenierungsstrategie feststellen. Ebenso gibt es keinen Unterschied hinsichtlich schwerer unerwünschter Ereignisse oder der Lebensqualität. Lediglich bei der kumulierten Anzahl der schweren unerwünschten Ereignisse zeigt sich ein Vorteil für die restriktive Oxygenierung, allerdings mit einem klinisch sehr geringen Effekt (RR 1,04; 95 % CI 1,02 bis 1,07). Es gibt hierbei eine niedrige bzw. sehr niedrige Sicherheit, dass der wahre Effekt mit dem errechneten Effekt übereinstimmt [352].

5.4 Rekrutierungsmanöver

5.9/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Stark
- Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock KEINE Durchführung von prolongierten (> 60 s) Rekrutierungsmanövern.
- Adoption der S3-Leitlinie Beatmung*
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Moderat ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [331, 354–361]
- Konsensstärke: 100 %
- *Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

In der aktuellen S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] wird eine starke Empfehlung gegen die Durchführung eines prolongierten Rekrutierungsmanövers ausgesprochen. Diese basiert auf mehreren Metaanalysen. Die Rekrutierung vermag zwar kurzfristig die Oxygenierung zu verbessern, jedoch ohne Reduktion von Mortalität, Intensiv- oder Krankenhausverweildauer. Durch Rekrutierungsmanöver besteht zudem die Gefahr einer akuten hämodynamischen Beeinträchtigung [331].

5.10/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock KEINE routinemäßige Durchführung von kurzen (< 60 s) Rekrutierungsmanövern durchzuführen.
- Adoption der S3-Leitlinie Beatmung*
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [331, 354–361]
- Konsensstärke: 100 %
- *Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

Wir schließen uns der Empfehlung der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] an und empfehlen keine regelmäßige Durchführung von kurzen Rekrutierungsmanövern aus oben genannten Gründen. Dennoch kann in Einzelfällen unter individueller Nutzen-Risiko-Abwägung ein solches Manöver durchgeführt werden. Beispielhaft ist hier ein akuter Druckverlust durch akzidentielle Diskonnektion von Tubus und Respirator bei entsprechend hohem positivem endexpiratorischem Druck zu nennen, bei der der Patient eine akute und lebensbedrohliche Hypoxämie entwickelt. In diesen Fällen könnte durch ein kurzes Rekrutierungsmanöver (unter 60 s Dauer) der Gasaustausch zumindest kurzfristig verbessert werden.

5.5 Spontanatmung

5.11/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock frühzeitig (innerhalb der ersten 48 h nach Intubation) eine unterstützende Beatmung zur Ermöglichung von Spontanatmung unabhängig von Ursache und Art der zugrunde liegenden respiratorischen Insuffizienz einzusetzen.
- Adoption der S3-Leitlinie Beatmung*
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [6, 362–367]
- Konsensstärke: 100 %
- *Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

Wir schließen uns der Empfehlung der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter

Tab. 5 Individualisierte Einstellung des PEEP mit bettseitigen Methoden			
Verfahren zur PEEP-Einstellung	Zielparame-ter	Empfohlenes Vorgehen zur PEEP-Einstellung	Literatur
PEEP/FiO ₂ -Tabelle	Oxygenierung (PaO ₂ /FiO ₂ -Verhältnis/ersatzweise SpO ₂ /FiO ₂)	Ersteinstellung nach Niedrig-PEEP/FiO ₂ -Tabelle, bei PaO ₂ /FiO ₂ -Verhältnis < 200 Wechsel auf Hoch-PEEP/FiO ₂ -Tabelle. Bei klinischer Verbesserung (z. B. PaO ₂ /FiO ₂ -Anstieg > 25 mm Hg) Hoch-PEEP-Strategie beibehalten, andernfalls PEEP-Absenkung erwägen	Goligher et al. 2014 [335] Dianti et al. 2022 [331] Briel et al. 2010 [330]
Quasistatische Druck-Volumen-Kurve	Globale Compliance	Bestimmung der volumenabhängigen Compliance mittels quasistatischer Druck-Volumen-Kurve („Low-Flow-Kurve“); Beatmung im Bereich der besten Compliance (PEEP 2 mbar oberhalb des „unteren Inflektionspunktes“ des inspiratorischen Teils der Low-Flow-Kurve einstellen)	Amato et al. 1998 [336] Villar et al. 2006 [337] Ranieri et al. 1999 [345]
Dekrementelles PEEP-Trial	Globale Compliance	Schrittweise Absenkung des PEEP (dekrementelles PEEP-Trial) beginnend bei 24 mbar (soweit hämodynamisch toleriert) bis ca. 5 mbar unter Messung der globalen Compliance des respiratorischen Systems (CRS). Absenkungsschritte von 2–3 mbar, kleines VT und DeltaP, PEEP-Einstellung im Bereich der besten Compliance (niedrigster PEEP, der einen Abfall der CRS verhindert)	Kacmarek et al. 2016 [338] Gernoth et al. 2009 [339]
Dekrementelles PEEP-Trial	Regionale Complianceänderungen, ermittelt mit elektrischer Impedanztomographie (EIT): Überdehnung (regionaler Complianceverlust bei höherem PEEP) vs. Alveolarkollaps (regionaler Complianceverlust bei niedrigerem PEEP)	Dekrementelles PEEP-Trial unter druckkontrollierter Beatmung mit konstant niedrigem DeltaP (z. B. 10–12 mbar) unter Monitoring mit EIT, PEEP-Absenkungsschritte von 2–3 mbar; Auswertung von regionaler Überdehnung und Alveolarkollaps anhand regionaler Complianceänderungen. PEEP-Einstellung so, dass sowohl Überdehnung als auch Alveolarkollaps minimiert, z. B. auf den Kreuzungspunkt von Überdehnung und Kollaps	Zhao et al. 2019 [346] Hsu et al. 2021 ³⁴⁷ He et al. 2021 [340]
Inkrementelles PEEP-Trial	Globale Compliance	PEEP ausgehend von 5 mbar in Schritten von 2 mbar erhöhen, solange die Compliance zunimmt. PEEP-Einstellung auf den Wert mit der höchsten globalen Compliance	Pintado et al. 2013 [341]
Ösophagusdruckmessung	Endexpiratorischer transpulmonaler Druck	Bei negativen endexpiratorischen transpulmonalen Drücken (PTPe) PEEP-Erhöhung, bei positiven PTPe PEEP-Senkung, Ziel: PTPe = 0 (± 2)	Talmor et al. 2008 [342] Beitler et al. 2019 [343] Sarge et al. 2021 [344]
Lungen-Ultraschall	Reaeration Score	Summations-Score aus 12 Regionen der Lungen (6 pro Thoraxhälfte). Score: normaler Ultraschall-Muster = 0, gut abtrennbarer B-Linien = 1, zusammenfließende B-Linien = 2, Konsolidierungsmuster = 3	Salem et al. 2020 [348]

Quelle: DGA et al. [4]*

*Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

respiratorischer Insuffizienz“ [4] an und schlagen eine unterstützende Beatmung zur Ermöglichung von Spontanatmung vor. Bisher wurde das schwere ARDS von dieser Empfehlung ausgenommen. Neuere Studien, wie das ROSE-Trial [363], relativierten die strikte Vermeidung von Spontanatmung durch Relaxierung und tiefe Sedierung in der frühen Phase des ARDS. Es existieren mehrere Metaanalysen [364–367] zu Studien, welche Beatmungsmodi, die eine Spontanatmung in In- und Expiration zulassen (vornehmlich APRV – Airway Pressure Release Ventilation). Diese zeigen für das ARDS, dass diese Form der Beatmung im Vergleich zu einer mandatorischen Beatmung die Mortalität um 5–15 % statistisch signifikant senken kann.

5.6 Nichtinvasive Atmungsunterstützung

5.12/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und milder bis moderater akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz (PaO₂/FiO₂: 100–300) primär eine nichtinvasive Atmungsunterstützung (NIV, CPAP oder HFNO) anzuwenden.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Intensiv-Liegedauer:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [325, 368–371]
- **Konsensstärke:** 100 %
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Wir schließen uns der Empfehlung der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] an. Das systematische Review mit Netzwerk-Metaanalyse von Pitre und Kollegen [368] ist hier eine zentrale Arbeit. Es wurde die nichtinvasive Beatmung mit Helm, nichtinvasive Beatmung mit Maske und HFNO-Therapie im Vergleich zur Standard-Sauerstofftherapie untersucht. CPAP-Therapie mit Helm, Bilevel-Therapie mit Helm und HFNO reduzieren das absolute Mortalitätsrisiko jeweils um 23,1 % (hohe Sicherheit, dass der wahre Effekt mit dem errechneten Effekt übereinstimmt), 12,9 % (moderate Sicherheit) und 6,3 % (moderate Sicherheit). Das absolute Risiko für eine invasive Beatmung sinkt unter HFNO um 10,3 % (hohe Sicherheit), unter Masken-Bilevel-Therapie um

9,9 % (hohe Sicherheit) und unter Helm-CPAP bzw. Helm-Bilevel um jeweils 30,6 % und 35,1 % bei moderater Sicherheit für den wahren Behandlungseffekt [368]. Diese Empfehlung ist in Übereinstimmung mit der japanischen ARDS-Leitlinie [325] und der deutschen S2k-Leitlinie „Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ [371].

5.7 Weaning

5.13/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, die länger als 24 h invasiv beatmet wurden, ein Protokoll zur Entwöhnung von der invasiven Beatmung (Weaning-Protokoll) anzuwenden, um standardisiert die Bewertung der Entwöhnungsbereitschaft (Readiness to Wean) zu evaluieren, die Spontanattempts (Spontaneous Breathing Trial) durchzuführen und die Kriterien zur Beendigung der invasiven Beatmung bzw. Extubation/Dekanülierung zu überprüfen.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung***
- **Qualität der Evidenz:**
- **Beatmungsdauer: Moderat ⊕⊕⊕⊖**
- **Literatur: [325]**
- **Konsensstärke: 100 %**
- ***Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.**

Diese Empfehlung wurde sowohl von uns als auch von der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] nicht abgeändert, da es keine neuen hochwertigen Studien gibt. Die japanische Leitlinie „ARDS Clinical Practice Guideline 2021“ [325] hat diesbezüglich die vorliegende Evidenz in einer Metaanalyse untersucht. Die Krankenhaussterblichkeit und die Krankenhausmortalität bleiben von einem Weaning-Protokoll unbeeinflusst. Allerdings verkürzt ein Weaning-Protokoll die Beatmungsdauer um mehr als einen Tag im Mittel (MD –29,33; CI –47,98 bis –10,69) und zeigt einen Trend ohne statistische Signifikanz für ein vermindertes Mortalitätsrisiko (RR 0,73; CI 0,54 bis 1,01) [325].

5.8 Bauchlagerung

5.14/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei invasiv beatmeten Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und ARDS sowie Einschränkung der arteriellen Oxygenierung ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150 \text{ mm Hg}$) eine Bauchlagerung durchzuführen.**
- **Adoption der S3-Lagerung und Mobilisation von kritisch Erkrankter auf Intensivstation**
- **Evidenzgrad: 1**
- **Literatur: [372–374]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Analog zur S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] schließen wir uns der Empfehlung der aktuellen S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] an. Bei der Bauchlage wird der Patient um 180° in seiner Längsachse gedreht. Ziel der Bauchlagerung ist es, das Ventilations-Perfusions-Verhältnis zu verbessern und somit den Gasaustausch. Eine der zentralen Arbeiten ist die PROSEVA-Studie [375], die bei einem Oxygenierungs- bzw. Horowitz-Index von kleiner 150 mm Hg durch die Bauchlage eine Halbierung der Mortalität beim schweren ARDS erreichen konnte. Die Evidenz der S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] wird durch eine aktuelle Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien gestützt, die eine statistisch signifikante Mortalitätsreduktion für die Bauchlage zeigen, bei allerdings erhöhtem Risiko für Druckulzerationen [376].

5.15/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine Bauchlagerung über mindestens 12 h, vorzugsweise 16 h durchzuführen. Wir empfehlen, die Bauchlagerung frühzeitig zu erwägen und nach Indikationsstellung unverzüglich umzusetzen.**
- **Adoption der S3-Lagerung und Mobilisation von kritisch Erkrankter auf Intensivstation**
- **Evidenzgrad: 1**
- **Literatur: [374]**

– **Konsensstärke: 100 %**

Analog zur S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] schließen wir uns der Empfehlung der aktuellen S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] an. Die Dauer der Maßnahme beeinflusst maßgeblich deren Effektivität. Die Metaanalyse von Moran and Graham 2021 [374] arbeitet dies mittels Metaregression heraus. Die Arbeit zeigt einen Überlebensvorteil ab 12 h kontinuierlicher Bauchlagerung mit einer 2–4 % relativen Risikoreduktion der Mortalität für jede zusätzliche kontinuierliche Stunde in Bauchlage [374].

5.9 ECMO

5.16/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, den Einsatz einer venovenösen ECMO bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und schwerem ARDS nur nach Ausschöpfen der konservativen Therapiemaßnahmen, einschließlich der Durchführung einer Bauchlagerung, und fortbestehender schwerer Gasaustauschstörung zu erwägen.**
- **Adoption der S3-Leitlinie Beatmung²**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊖⊖⊖⊖**
- **Literatur: [323, 351, 377–382]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Wir schließen uns der Empfehlung der S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ [4] und der klinischen Praxisleitlinie der American Thoracic Society [351] an. Die VV-ECMO-Therapie ist eine Ressourcen-intensive Therapie. Für die Analyse von Nutzen und Schaden stehen nur das EOLIA-Trial [378] und das CESAR-Trial [381] zur Verfügung, aufgrund der vorhandenen, aber nicht sicher abschätzbaren Heterogenität [380] wurde auf die Nutzung von Metaanalysen verzichtet und nur die einzelnen Studien bewertet. Der differenzierte Einsatz im schweren ARDS kann die Mortalität senken, jedoch bleibt bisher unklar, bei welcher Subgrup-

² Die Leitlinie war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht publiziert.

pe der Patienten mit schwerem ARDS der positive Effekt auftritt. In der EOLIA-Studie wies die ECMO-Kohorte ein höheres Risiko für Blutungen, Transfusionsbedarf und Thrombozytopenie auf [381, 382].

6. Nierenersatztherapie

Das folgende Kapitel ist eine Adoption der aktuellen S3-Leitlinie „Nierenersatztherapie in der Intensiv- und Notfallmedizin“ (AWMF-Reg.-Nr.: 040–017) [5].

Die in der S3-Leitlinie abgegebenen Empfehlungen zu Patienten in der Intensivmedizin betreffen erwachsene Patienten mit AKI mit und ohne Nierenersatztherapie (NET). Patienten mit akuter Nierenschädigung (Acute Kidney Injury – AKI) umfassen häufig auch Patienten mit Sepsis, septischem Schock und damit einem septischem AKI. Häufig befassen sich Studien auch ausschließlich mit septischem AKI als häufigster Ursache eines AKI.

Im folgenden Abschnitt werden einige wesentlichen Empfehlungen der Leitlinienkommission, die v.a. für Patienten mit Sepsis oder septischem Schock wichtig erscheinen, zusammengefasst. Für eine detaillierte Bewertung der zugrunde liegenden Evidenz sowie weitere Empfehlungen wird auf die Langfassung der S3-Leitlinie „Nierenersatztherapie in der Intensiv- und Notfallmedizin“ (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/040-017>) verwiesen.

6.1 Indizierung und Durchführung einer extrakorporalen Nierenersatztherapie bei Intensivpatienten

Die Indizierung und Durchführung einer extrakorporalen Nierenersatztherapie bei Intensivpatienten ist eine aufwendige und invasive Prozedur in einem komplexen Behandlungsumfeld. Aufgrund der großen Zahl an betroffenen Patienten ist sie eine der Kernaufgaben moderner Intensivmedizin. Zusätzlich zur extrakorporalen Nierenersatztherapie sind regelhaft weitere apparative und/oder medikamentöse Verfahren zur Unterstützung anderer Organsysteme notwendig, da eine AKI bei Intensivpatienten meist durch andere Erkrankungen hervorgerufen wird und häufig Bestandteil eines Mehrorganversagens ist. Daher muss die Nierenersatztherapie

in das ganzheitliche Behandlungskonzept der Intensivpatienten integriert werden. Hierbei ist auch darauf zu achten, dass die Nierenersatztherapie kompatibel zu anderen apparativen Organunterstützungssystemen angewendet wird. Basierend auf den oben aufgeführten Punkten und der Musterweiterbildungsordnung können daher Intensivmediziner und/oder Nephrologen ein extrakorporales Nierenersatzverfahren bei Intensivpatienten indizieren und durchführen. Es gibt keine Studien, die untersucht haben, ob eine fachspezifische Indizierung und Durchführung eines extrakorporalen Nierenersatzverfahrens bei Intensivpatienten das Outcome beeinflusst.

6.1/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, dass extrakorporale Nierenersatzverfahren auf Intensivstationen ausschließlich durch Fachärzte mit der Zusatzbezeichnung „Intensivmedizin“ und/oder Nephrologen indiziert und durchgeführt werden.
- Konsensstärke: 100 %

6.2 Start der Nierenersatztherapie bei AKI in der Intensivmedizin

Der Beginn einer Nierenersatztherapie bei lebensbedrohlichen Komplikationen ist unumstritten. Unklar ist, ob durch frühen Behandlungsbeginn – mit dem Ziel einer Vermeidung von lebensbedrohlichen Komplikationen und der Gewährleistung einer stabileren metabolischen Stoffwechsellaage – eine Reduktion der Sterblichkeit erreicht werden kann.

Absolute Indikationen: In der **Tab. 6** werden lebensbedrohliche Veränderungen als absolute Indikationen für eine Nierenersatztherapie (NET) aufgeführt, die auf klinischem Konsens basieren.

6.2/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock und lebensbedrohlichen Veränderungen des Flüssigkeits-, Säure-Basen- oder Elektrolythaushaltes unverzüglich mit einer Nierenersatztherapie zu beginnen.

- Adoption der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie
- Konsensstärke: 100 %

6.3/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ein Nierenersatzverfahren ohne weiteres Zuwarten zu beginnen, wenn aufgrund der klinischen Situation, des Krankheitsverlaufes und/oder der Vorerkrankungen eine Nierenersatztherapie bei AKI zu erwarten ist.
- Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität (nach 30 Tagen): Moderat ⊕⊕⊕⊕
- Renale Erholung: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: Fayad et al. 2022 [383]
- Konsensstärke: 100 %

6.4/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei nichtlebensbedrohlichen Veränderungen und Unklarheit, ob eine Nierenersatztherapie zu erwarten ist, konservative Maßnahmen zur Vermeidung eines Nierenersatzverfahrens unter regelmäßiger Reevaluation durchzuführen.
- Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Abweichung des Empfehlungsgrades und Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Moderat ⊕⊕⊕⊕
- Renale Erholung: Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: Fayad et al. 2022 [1]
- Konsensstärke: 100 %

Zum Thema Start eines Nierenersatzes wurden 22 systematische Übersichtsarbeiten (Systematic Reviews, davon 2 Cochrane-Reviews), 19 randomisierte klinische Studien (Randomized Controlled Trials – RCTs) sowie 63 Observations- und retrospektive Studien identifiziert (s. Evidenzreport der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie). In allen großen RCTs der letzten Jahre waren Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, in allerdings unterschiedlichem Ausmaß, eingeschlossen (Gaudry et al. 2016 [384] 80 %, Barbar et al. 2018 [385] 100 %, Bagshaw et al. 2020 [386] 58 %). Die Ergebnisse erscheinen damit gut

Tab. 6 Lebensbedrohliche Veränderungen als absolute Indikationen für eine Nierenersatztherapie (NET)		
Absolute Indikationen	Richtwerte	Anmerkungen
Hyperkaliämie	> 6,0 mmol/l	Therapieresistent (ohne NET)
Azidose	pH < 7,2	Therapieresistent (ohne NET) und durch AKI bedingt
Volumenüberladung	Ödeme, pulmonalvenöse Stauung	Therapieresistent (ohne NET)
Urämie	Klinik	u. a. Bewusstseinsstörungen

auf Patienten mit septischem AKI und Nierenersatzpflichtigkeit übertragbar zu sein. Ein direkter Vergleich dieser Studien, insbesondere der randomisierten kontrollierten Studien, ist vor allem wegen der uneinheitlichen Definition von „früh“ und „spät“ erschwert.

Definition von früh und spät: Bei den seit 2012 durchgeführten RCTs wurden vornehmlich die KDIGO-Kriterien für die Einteilung von früh und spät verwendet, dies jedoch sehr unterschiedlich. Die Definition von „früh“ umfasste das KDIGO-Stadium 2 oder 3. Im engeren Sinne wurde damit aber primär nicht die Frage beantwortet, wann in der zeitlichen Dynamik einer schweren Intensivkrankung bzw. Sepsis, sondern ab welchem Grad der Nierenfunktionseinschränkung ein Nierenersatzverfahren gestartet werden sollte.

Sterblichkeit und Verfahrenswahl: Aktuell ist noch nicht sicher bekannt, ob die unterschiedlichen Nierenersatzverfahren (CRRT, SLEDD, IHD) einen Einfluss auf die Sterblichkeit der Patienten haben. Insbesondere in den großen RCTs (Bagshaw et al. 2020 [386]; Barbar et al. 2018 [385]; Gaudry et al. 2021 [387]; Gaudry et al. 2016 [384]) wurden unterschiedliche Nierenersatzverfahren durchgeführt. Eine erst kürzlich publizierte Sekundäranalyse der STARRT-AKI-Studie (Wald et al. 2023 [388]) zeigte, dass die IHD mit einer höheren Mortalität assoziiert war.

KDIGO-Stadium: Das KDIGO-Stadium (Kreatinin, Diuresemenge) allein scheint keine valide Entscheidungsgrundlage für den Beginn eines Nierenersatzverfahrens zu sein. Aus diesem Grunde haben die aktuellen großen RCTs neben dem KDIGO-Stadium weitere klinische Faktoren hinzugezogen, um die Entscheidung für den Beginn eines Nierenersatzverfahrens zu treffen. Dies gilt umso mehr, da weitere klinische Kontextfaktoren das Behand-

lungsergebnis der Patienten beeinträchtigen können. So war der sehr frühe Beginn eines Nierenersatzverfahrens bei Patienten mit hohem Schweregrad der Erkrankung von Überlebensvorteil (Zarbock et al. 2016 [389]), während ein sehr später Beginn mit einer Übersterblichkeit einherging (Hazard Ratio, 1,65; 95 % CI 1,09 bis 2,50; $P = 0,0018$) (Gaudry et al. 2021 [387]).

Systematic Review: Ein Vergleich der Sterblichkeit zwischen frühem und spätem Beginn der Nierenersatztherapie erfolgte in einer Cochrane-Analyse (Fayad et al. 2022 [383]). Das RCT von Gaudry et al. 2021 [387] wurde nicht in die letzte Cochrane-Analyse eingeschlossen, da sich die Zeitpunkte der Randomisierung erheblich von den anderen RCTs unterschieden. Es wurde dort ein später mit einem sehr späten Zeitpunkt verglichen.

Neben der Cochrane-Analyse wurden zusätzlich 16 systematische Übersichtsarbeiten und 4 Metaanalysen betrachtet. Davon zeigten die systematischen Übersichtsarbeiten (Karvellas et al. 2011 [390]; Liu et al. 2014 [391] und eingeschränkt auch Besen et al. 2019 [392]) einen Überlebensvorteil bei frühem Einsatz einer Nierenersatztherapie. Diese Schlussfolgerung beruhte vornehmlich auf den Ergebnissen von Observations- und retrospektiven Studien (AMSTAR-Qualitätsbewertung: „critically low“). Im Gegensatz dazu zeigen alle anderen systematischen Übersichtsarbeiten keinen Überlebensvorteil: Risiko, zu versterben an Tag 30: RR 0,97; 95 % CI 0,87 bis 1,09, $I^2 = 29$ %, geringe Evidenz (Fayad et al. 2022 [383]); Risiko, zu versterben nach Tag 30: RR 0,99, 95 % CI 0,92 bis 1,07, $I^2 = 6$ %, moderate Evidenz (Fayad et al. 2022 [383]). Jedoch ist die Aussagekraft der Studien eingeschränkt, da die Heterogenität sehr hoch ist. Lediglich zwei systematische Übersichtsarbeiten (Gaudry et al. 2020 [393]; Zhang et al. 2020 [394]) be-

saßen eine Heterogenität von nur 0–2 %, diese sind jedoch als AMSTAR „critically low“ (3 systematische Übersichtsarbeiten) oder „low“ (1 systematische Übersichtsarbeit) bewertet.

Bei der Bewertung der neueren systematischen Übersichtsarbeiten, welche die RCTs inkludierten, ist zudem kritisch anzumerken, dass viele Patienten der Spätgruppe gar keine Nierenersatztherapie erhielten. Insbesondere in dem RCT von Bagshaw et al. 2020 [386] haben nur 61,8 % der Patienten in der Spätgruppe ein Nierenersatzverfahren erhalten. Ein direkter Vergleich zu Patienten mit durchgeführter Nierenersatztherapie ist methodisch zwar zulässig, beantwortet jedoch nicht die eigentliche Fragestellung.

Weitere Studien und offene Fragen: Es kann zusammengefasst werden, dass die KDIGO-Kriterien allein nicht für die Indikationsstellung einer Nierenersatztherapie geeignet sind.

In weiteren Studien sind deshalb folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie können aus der Gruppe aller AKI-Patienten diejenigen identifiziert werden, die im Verlauf tatsächlich eine Nierenersatztherapie (mit absoluter Indikation) benötigen?
2. Profitieren die Patienten, die eine absolute Indikation im Verlauf entwickeln werden, von einem frühzeitigen Beginn einer Nierenersatztherapie?

Zur Beantwortung der o.g. Fragen gibt es bereits Studien, die sich mit der Etablierung neuer strategischer Konzepte beschäftigen. So wurden zum Beispiel unterschiedliche Biomarker und deren Nutzen für die Indikationsstellung für den Beginn einer Nierenersatztherapie oder die Kombination eines Biomarkers mit einem funktionellen Test (Furosemid-Stresstest) untersucht (siehe Tab. 1.16 des Evidenzreportes der S3-Leitlinie „Nierenersatz in der Intensiv- und Notfallmedizin“). Praxisrelevante Ergebnisse liegen jedoch aufgrund bisher geringer Evidenz noch nicht vor.

6.3 Diffusion versus Konvektion

Prinzipiell sind Dialyseverfahren von Filtrationsverfahren zu unterscheiden. Verwenden Dialyseverfahren die Diffusion als treibende Kraft zur Entfernung von Stoffen

aus dem Blut, kommt bei Filtrationsverfahren der Konvektion die entscheidende Bedeutung zu. Dieses Kapitel beschränkt sich auf den Vergleich der Diffusion und Konvektion. Das Thema der „Adsorption“ von Stoffen an spezielle extrakorporale Oberflächen und spezieller Membranen wird nicht behandelt, da es sich nicht um ein primäres Nierenersatzverfahren handelt.

6.5/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit einer Sepsis und Indikation zur Nierenersatztherapie diffusive Nierenersatzverfahren oder konvektive Verfahren bzw. eine Kombination aus diffusiven und konvektiven Verfahren gleichwertig einzusetzen.**
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität:** Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Renale Erholung:** Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **SAE:** Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** Côté et al. 2022 [395]
- **Konsensstärke:** 100 %

Die vorliegende Literatur erlaubt es nicht, Diffusion oder Konvektion als ein überlegenes Verfahren auf der Intensivstation einzuordnen. Alle Verfahren ermöglichen eine adäquate metabolische Kontrolle. Die meisten Studien untersuchten hierbei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Nur für den Outcome-Parameter „Filterstandzeiten“ konnten zwei kleinere RCTs (Xu et al. 2022 [396], $n=60$; und Mann et al. 2023 [397], $n=161$) einen signifikanten Vorteil für die Diffusion gegenüber reiner Konvektion mit entsprechend längeren Filterstandzeiten aufzeigen.

Systematic Review: Die systematische Übersichtsarbeit von Côté et al. 2022 [395] mit insgesamt 615 AKI-Patienten, die ausschließlich mit intermittierenden Verfahren behandelt wurden, konnte keinen Unterschied zwischen diffusiven und konvektiven intermittierenden Verfahren für die Endpunkte Mortalität, renale Erholung oder hämodynamische Instabilität nachweisen.

Anmerkungen: Rein konvektive Verfahren können aufgrund einer Hämokonzentration im Filter zu einer höheren Rate an Filterclotting und damit zu kürzeren Filterstandzeiten führen.

Sepsis und Clearance von Mittelmolekülen: Bei Patienten mit einer Sepsis haben konvektive Verfahren theoretisch Vorteile durch eine höhere Mittelmolekülclearance, die zur Elimination proinflammatorischer Mediatoren beitragen könnte. In mehreren Studien wurde jedoch gezeigt, dass die Mittelmolekülclearance für die konventionelle Hämofiltration, die „High-Volume-“ und „High-Cut-off-Hämofiltration“ bei Patienten mit Sepsis bzw. kritisch Kranken mit AKI gleich ist.

6.4 Kontinuierliche versus intermittierende Nierenersatzverfahren

Eine Nierenersatztherapie kann bei kritisch kranken Patienten als kontinuierliche Nierenersatztherapie (CRRT), intermittierende Nierenersatztherapie/Hämodialyse (IHD) oder als prolongierte intermittierende Nierenersatztherapie (Prolonged Intermittent Renal Replacement Therapy, PIRRT) durchgeführt werden. Hinsichtlich des prolongierten Verfahrens ist in Deutschland der Begriff Sustained Low Efficient Daily Dialysis (SLEDD) anstelle PIRRT gebräuchlicher und wird daher in dieser Leitlinie verwendet. Die Verfahren unterscheiden sich durch die Dauer der Behandlung pro Tag und die Intensität der Blutreinigung pro Zeiteinheit. Eine CRRT soll unter idealen Bedingungen 24 h pro Tag unterbrechungsfrei laufen. Eine IHD wird in der Regel für 4–6 h pro Tag durchgeführt. Die Durchführung von SLEDD-Verfahren zeigt in Studien eine erhebliche Variabilität. Es wurden Behandlungszeiten von 6 bis 12 h – in einigen Fällen auch darüber hinaus – beschrieben.

6.6/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, dass zur Nierensatztherapie der AKI bei Patienten mit Sepsis kontinuierliche oder intermittierende Verfahren gleichwertig eingesetzt werden können.**
- **Bemerkung:** Bei der Auswahl des Verfahrens soll jedoch die individuelle klinische Situation des Patienten berücksichtigt werden, die zu einer Bevorzugung eines kontinuierlichen oder intermittierenden Verfahrens führen kann.
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**

- **CRRT vs. IHD**
- **Mortalität:** Niedrig ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** Ye et al. 2021 [398]
- **Konsensstärke:** 100 %
- **a Bei den individuellen klinischen Situationen sind insbesondere klinische Besonderheiten, wie Hirndruck, Leberversagen, Flüssigkeitsüberschuss, Thrombopenie und die hämodynamische Stabilität zu berücksichtigen.**

Der Zeitpunkt der Erhebung der Mortalität variierte zwischen den Studien. Der kürzeste Erfassungszeitraum enthielt nur die Intensivstationsmortalität, in der Mehrzahl der Studien wird die Krankenhaussterblichkeit erfasst, der längste Erfassungszeitraum betrug 90 Tage. In der Cochrane-Analyse (Rabindranath et al. 2007 [399]) von 15 RCTs mit 1550 Patienten fand sich beim Vergleich CRRT zu IHD eine RR von 1,01 (95 % CI 0,92 bis 1,12), in der letzten publizierten systematischen Übersichtsarbeit (Ye et al. 2021 [398]) von 30 RCTs mit 3774 Patienten fand sich eine RR von 1,04 (95 % CI 0,93 bis 1,18). Die systematischen Übersichtsarbeiten, die sich auf die *Auswertung von RCTs* beschränkten, konnten keinen Unterschied in der Mortalität zwischen CRRT und IHD nachweisen. Nur in der Analyse retrospektiver und observationaler Studien zeigte sich ein moderater Mortalitätsvorteil für die CRRT.

Sechs systematische Übersichtsarbeiten untersuchten die Mortalität unter Verwendung von einer SLEDD im Vergleich zu einer CRRT. Hier ergibt sich ein heterogenes Bild. Vier systematische Übersichtsarbeiten zeigten keine Unterschiede, hingegen zeigten zwei systematische Übersichtsarbeiten einen leichten Überlebensvorteil für die SLEDD (Ye et al. 2021 [398]: RR 1,06; 95 % CI 0,85 bis 1,33; Zhang et al. 2015 [400]: RR 0,86; 95 % CI 0,74 bis 1,00; Kovacs et al. 2017 [401]: RR 1,21; 95 % CI 1,02 bis 1,43; I^2 47 %, $p=0,03$). Die Datenlage kann insgesamt als nicht hinreichend und so heterogen eingeschätzt werden, dass eine sichere Schlussfolgerung nicht möglich ist.

6.7/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei hämodynamisch instabilen Patienten mit Sepsis und Nierenersatztherapie bei AKI ein kontinuier-**

- oder verlängert intermittierendes Verfahren einzusetzen.
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Hämodynamische Instabilität: Sehr niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Hypotonie: Niedrig** ⊕⊕⊖⊖
- **Literatur:** Rabindranath et al. 2007 [399]
- **Konsensstärke: 100 %**

In den systematischen Übersichtsarbeiten wurde die Frage einer hämodynamischen Instabilität unter der jeweiligen Nierenersatzmodalität untersucht (hämodynamische Instabilität als SAE/Outcome Parameter). In einer Cochrane-Analyse von Rabindranath et al. 2007 [399] wurden 15 RCTs mit 1550 Patienten analysiert. Es konnte kein Unterschied in der Anzahl der Patienten mit (allerdings schlecht definierter) hämodynamischer Instabilität (RR 0,48; 95 % CI 0,10 bis 2,28; $n=205$) oder mit (variabel definierter) Hypotonie (RR 0,92; 95 % CI 0,72 bis 1,16; $n=514$) zwischen CRRT und IHD gefunden werden. Allerdings war der mittlere arterielle Blutdruck am Ende der Behandlung unter CRRT signifikant höher als unter IHD. Die Anzahl der Patienten, die eine Eskalation der Vasopressor-Therapie benötigten, war bei der CRRT im Vergleich zur IHD niedriger. Von den 15 eingeschlossenen Studien lieferten nur zwei Daten zur hämodynamischen Instabilität ($n=205$), drei Studien Daten zur Häufigkeit von Hypotension ($n=514$) und drei Studien Daten zur Eskalation einer Vasopressor-Therapie ($n=149$). Unterschiede in der Noradrenalin-Dosierung fanden sich nicht (2 Studien, $n=69$).

Aktuelle Evidenzen deuten darauf hin, dass eine IHD im individuellen Falle mit mehr Hypotonien und mehr Vasopressor-Einsatz verbunden sein kann (hämodynamische Instabilität als SAE). Eine hämodynamische Instabilität war entsprechend retrospektiven Untersuchungen der häufigste Grund für das Scheitern eines intermittierenden Verfahrens. Aus Gründen der einfacheren Steuerbarkeit, der höheren Gefahr eines Disäquilibriums eines hocheffizienten intermittierenden Verfahrens und tradierter klinischer Erfahrung empfehlen wir trotz geringer Evidenz in der Subgruppe der hämodynamisch deutlich instabilen Patienten die Durchführung

eines verlängerten oder kontinuierlichen Verfahrens (hämodynamische Instabilität als Indikationskriterium für eine CRRT).

6.5 Regionale und systemische Antikoagulation

Bei einer extrakorporalen Nierenersatztherapie wird das Patientenblut einer Vielzahl von Fremdoberflächen (Schlauchsystem, Luftkontakte, Kapillaren) ausgesetzt mit der Konsequenz, dass die Hämostase aktiviert sowie eine Inflammation induziert wird. Voraussetzung für eine erfolgreiche extrakorporale Nierenersatztherapie ohne frühzeitige und vor allem ungeplante Therapieunterbrechung ist daher eine effektive Antikoagulation des extrakorporalen Kreislaufes.

Grundsätzlich unterscheidet man eine systemische von einer regionalen Antikoagulation. Die systemische Antikoagulation wird in der Regel durch unfractioniertes Heparin (aktueller Standard bei der intermittierenden Hämodialyse) oder fraktioniertes Heparin erzielt, alternativ – bei Vorliegen einer Heparin-induzierten Thrombozytopenie Typ II – durch den direkten Thrombin-Inhibitor Argatroban oder das Heparinoid Danaparoid.

Eine regionale Antikoagulation wird aktuell im Wesentlichen durch Citrat, dem Salz der Zitronensäure, erreicht. Ziel der regionalen Antikoagulation ist eine erfolgreiche extrakorporale Therapie, ohne die systemische Hämostase des Patienten zu beeinflussen.

Beim Vergleich systemische versus regionale Antikoagulation sind wichtige Outcome-Parameter neben den Filterstandzeiten die Mortalität der Patienten, die Blutungsraten sowie die Transfusionsfrequenz.

6.8/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine regionale Citrat-Antikoagulation oder eine systemische Heparin-Antikoagulation des extrakorporalen Blutkreislaufs gleichwertig einzusetzen.**
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität [402]: Moderat** ⊕⊕⊕⊖

- **Filterstandzeiten [402]: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Blutungsrate [403]: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Transfusionen [403]: Niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** Jacobs et al. 2023 [403], Tsujimoto et al. 2020 [402]
- **Konsensstärke: 100 %**

Eine Reduktion der Mortalität konnte in den einzelnen RCTs nicht nachgewiesen werden. Eine Ausnahme stellte die Untersuchung von (Oudemans-van Straaten et al. 2009 [404]) dar, in welcher unter Citrat im Vergleich zu Nadroparin eine reduzierte Mortalität gefunden wurde (45 % vs. 62 %; $p=0,03$). Abweichend von anderen RCTs unterschied sich in dieser Studie die Filterlaufzeit nicht signifikant. Einschränkend ist zu sagen, dass die Mortalität kein primärer Endpunkt dieser Studie war.

Systematic-Review-Analyse: Sieben systematischen Übersichtsarbeiten seit 2015 wurden ausgewertet, darunter ein Cochrane-Report (Tsujimoto et al. 2020 [402]) sowie eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit von Jacobs et al. 2023 [403]. Übereinstimmend kamen aktuelle systematische Übersichtsarbeiten (Bai et al. 2015 [405]; Liu et al. 2016 [406]; Jacobs et al. 2023 [403]; Qi et al. 2023 [407]) und der Cochrane-Report (Tsujimoto et al. 2020 [402]) zum Ergebnis, dass unter regionaler Citrat-Antikoagulation kein Mortalitätsvorteil festzustellen ist. Tsujimoto et al. 2020 [402] und Jacobs et al. 2023 [403] sahen in ihren Auswertungen ebenfalls keinen signifikanten Effekt auf die Erholung der Nierenfunktion unter regionaler Citrat-Antikoagulation.

Die Filterlaufzeiten sind in allen aktuellen systematischen Übersichtsarbeiten mit regionaler Citrat-Antikoagulation signifikant verlängert, daher ist eine gute Evidenz für höhere Filterlaufzeiten unter regionaler Citrat-Antikoagulation im Vergleich zu systemischer Heparinisierung anzunehmen.

In den aktuellen systematischen Übersichtsarbeiten traten konsistent unter regionaler Citrat-Antikoagulation signifikant weniger Blutungskomplikationen auf (siehe Evidenzreport). Nur in der systematischen Übersichtsarbeit von Jacobs et al. 2023 [403] wurde neben der Blutungs- auch die Transfusionshäufigkeit ausgewertet, die sich zwischen regionaler Citrat-Antikoagulation und systemischer Heparin-Gabe nicht unterschied (RR 1,02; 95 % CI 0,93 bis 1,12; $p=0,644$). Warum der

eindeutige Vorteil hinsichtlich Blutungen nicht auch in einer verminderten Transfusionshäufigkeit resultiert, ist nicht klar.

Der Einsatz von regionaler Citrat-Antikoagulation ist bei Patienten, bei denen der Einsatz von Heparin aufgrund von Kontraindikationen (z.B. HIT) nicht in Frage kommt, und bei Patienten mit erhöhtem Blutungsrisiko anzuwenden.

Durchgeführte Studien konnten zeigen, dass es trotz einer eingeschränkten hepatischen Citrat-Metabolisierung nicht signifikant häufiger zu einer toxischen Citrat-Akkumulation und einer begleitenden Azidose kam. Sehr hohe Laktatspiegel ($>4\text{ mmol/l}$) zu Beginn einer CRRT oder eine verzögerte Laktatclearance bei Leberversagen wurden jedoch als Variablen beschrieben, die mit einer höheren Citrat-Akkumulation einhergingen (Khadzhynov et al. 2017 [408]). Damit spricht die aktuelle Studienlage nicht dafür, dass eine regionale Citrat-Antikoagulation unter Leberversagen oder Schock mit Laktatazidose als Kontraindikation per se zu betrachten ist. Jedoch sollte bei einer ausgeprägten, progredienten Laktatazidose im Rahmen eines Schocks oder schwerem Leberversagen, aufgrund einer möglichen Citrat-Akkumulation, keine regionale Citrat-Antikoagulation angewendet werden. Aufgrund der komplexen metabolischen Situation wird ein enges Monitoring der Citrat-Akkumulation und eine enggefassete Indikationsstellung empfohlen (nicht graduiert).

6.6 Adäquate Dosis eines Nierenersatzverfahrens

Die Intensität eines Nierenersatzverfahrens wird über die applizierte Dialyse- oder Filtrations-Dosis gesteuert.

Dosisbegriff bei kontinuierlichen Nierenersatzverfahren: Bei dem Dosisbegriff für *kontinuierliche Verfahren* wird die Dosis primär über die Menge des Effluats definiert. Hier müssen die unterschiedlichen Möglichkeiten der CRRT differenziert betrachtet werden.

1. *Kontinuierliche venovenöse Hämodilution (CVVH):* Hier ist die Konvektion der zugrunde liegende Mechanismus für die Elimination der gelösten Substanzen. Es wird eine Substituatlösung verwendet, um das filtrierte Volumen

zu ersetzen. Das Substitutat kann vor dem Filter (*Prädilution*) sowie nach dem Filter (*Postdilution*) gegeben werden.

$Dosis\ (ml/kg/h) = (Substituatmenge + ggf.\ Citratflüssigkeit) + Volumenentzug/kgKG$

2. *Kontinuierliche venovenöse Hämodialyse (CVVHD):* Hier ist die Diffusion der zugrunde liegende Mechanismus. Hier wird keine Substituat-Lösung verwendet.

$Dosis\ (ml/kg/h) = (Dialysatfluss + Volumenentzug)/kgKG$

3. *Kontinuierliche venovenöse Hämodiafiltration (CVVHDF):* Hier besteht der zugrunde liegende Mechanismus sowohl aus Konvektion als auch aus Diffusion, sodass sich die Dosis folgendermaßen berechnet.

$Dosis\ (ml/kg/h) = (Substituatmenge + ggf.\ Citratflüssigkeit + Dialysatfluss + Volumenentzug)/kgKG$

Zu unterscheiden ist jedoch die *verordnete und tatsächliche Behandlungszeit*, die aufgrund von Unterbrechungen oder Fortsetzungen der Behandlungen sich unterscheiden können. Für den Dosisbegriff bei kontinuierlichen Verfahren wird üblicherweise verwendet:

- *Standarddosis:* 20–30 ml/kg/h Filtrat/Dialysatmenge plus Ultrafiltratmenge
- *Hohe Dosis:* 30–50 ml/kg/h Filtrat/Dialysatmenge plus Ultrafiltratmenge
- *Hochvolumen-Dosis* (in der Literatur als High-Volume-CRRT beschrieben): $>50\text{ ml/kg/h}$ Filtratmenge/Dialysatmenge plus Ultrafiltratmenge.

Dosisbegriff bei intermittierenden Nierenersatzverfahren: Zur Definition einer Dosissteigerung bei den intermittierenden Verfahren in der Intensivmedizin wird in den RCTs meist primär durch eine höhere, kumulative Dialysezeit angegeben. Dies kann durch eine verlängerte Dialysezeit eines einzelnen Verfahrens oder durch eine erhöhte Dialysefrequenz erreicht werden. In den intensivmedizinischen RCTs wurde meist die Frequenz der Dialysen erhöht, um eine höhere Dosis zu erreichen.

Physikalisch betrachtet führt auch ein erhöhter Dialysat- oder Blutfluss zu einer erhöhten Clearance der einzelnen Substanzen. Durchschnittliche Werte

bei den intermittierenden Verfahren in der Intensivmedizin sind Blutflüsse von 200–300 ml/min und Dialysatflüsse von ca. 300–500 ml/min. Diese sind damit bereits so hoch, dass eine weitere Steigerung nur geringfügig zu einer höheren Clearance kleinmolekularer Substanzen beiträgt. Entsprechend sind folgende Dosisbegriffe zu unterscheiden:

- *Dialysen/Woche:* täglich, 3 Dialysen/Woche
- *Kt/V:* Harnstoffclearance (K) * Behandlungzeit (t)/Verteilungsvolumen Harnstoff (V)
- *Urea Reduction Rate (URR):* Abnahme des Harnstoffs über die Dialysesitzung

Im intensivmedizinischen Setting wird eine intensive Dosis meist als tägliche Dialysen im Vergleich zu 3 Dialysen/Woche definiert. Im Vergleich hierzu werden bei chronisch dialysepflichtigen Patienten primär die Harnstoffclearance, das Kt/V und die Urea Reduction Rate (URR) zur Messung der Effektivität eines Dialyseverfahrens und als Qualitätsmerkmal verwendet. Diese Parameter können rechnerisch prinzipiell auch für AKI-Patienten verwendet werden, sind jedoch primär für klinisch stabile Patienten mit gleichbleibender Organfunktion evaluiert. Bei den sich rasch verändernden Organfunktionen des kritisch kranken Patienten mit der erhöhten Gefahr eines Disäquilibriums und unterschiedlichen Anteilen einer endogenen und maschinellen Clearance empfehlen wir daher die Adäquatheit der Dialysedosis mittels labordiagnostischer Parameter (Kreatinin, Harnstoff, Phosphat, Säure-Basen-Status u. a. m.) zu überprüfen.

6.9/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock für ein kontinuierliches Nierenersatzverfahren eine mittlere Dosis von 20–25 ml/kg/h über die geplante Behandlungsdauer zu verabreichen.**
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität (30 Tage): Niedrig** ⊕⊕⊕⊕
- **Renale Erholung: Moderat** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur: Fayad et al. 2016 [409]**
- **Konsensstärke: 100%**

Die hier empfohlene Dosis richtet sich nach aktueller bester Evidenz. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die verschriebene Dosis („*prescribed dose*“) zumeist nicht der tatsächlich erzielten Dosis („*delivered dose*“) entspricht, da die Dosis von der effektiven Laufzeit abhängig ist und dementsprechend durch Unterbrechungen der Verfahren (z.B. durch Transport, Clotting, Rüstzeiten usw.) beeinflusst wird. Im klinischen Alltag wird daher die verschriebene Dosis etwas höher gewählt (z.B. 25–30 ml/h/kg), um eine bestimmte Zieldosis (z.B. 20–25 ml/h/kg) zu erreichen.

Systematic-Review-Analyse: Insgesamt wurden 7 systematische Übersichtsarbeiten identifiziert, von denen 6 in der AMSTAR-Bewertung als kritisch niedrig und ein Cochrane-Review als hoch graduiert wurden. Die Cochrane-Analyse von Fayad et al. 2016 [409] sowie alle systematischen Übersichtsarbeiten kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass eine höhere Dialysedosis (35 ml/kg/h) im Vergleich zu einer niedrigeren Dosis (20 ml/kg/h) die 30-Tage-Mortalität nicht verbesserte. Alle systematischen Übersichtsarbeiten zeigten eine hohe Gewichtung durch den Einschluss der ATN (Palevsky et al. 2008 [410]) und RENAL (Bellomo et al. 2009 [411]) Studien mit hoher Patientenzahl. Die Evidenz kann dennoch aufgrund der beiden aufwendigen hochqualitativen Studien, die beide zum gleichen Ergebnis kamen, als gut gelten: Mortalität 30 Tage nach Randomisierung: OR 0,92 (95 % CI 0,80 bis 1,06; $P=0,26$).

6.10/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine kontinuierliche hochvolumige („high-volume“) Hämofiltration NICHT anzuwenden.**
- **Adaptation der S3-Leitlinie Nierenersatztherapie/Erstellung von Evidenzprofilen (GRADE)**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität (ICU): Niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Mortalität (28-Tage): Niedrig** ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** Borthwick et al. 2017 [412]
- **Konsensstärke:** 100 %

Die Literaturrecherche zum Thema hochvolumige Hämofiltration bei septi-

schen Patienten ergab 6 systematische Übersichtsarbeiten, 7 RCTs und 11 sonstige Studien. Die Leitliniengruppe hat dabei entschieden, die Grenze für hochvolumige Hämofiltration bei einer Dosis von ≥ 50 ml/kg/h zu setzen.

Systematic-Review-Analyse: Von den fünf identifizierten systematischen Übersichtsarbeiten wurden drei mit AMSTAR als kritisch niedrig, eine niedrig und eine als hoch bewertet (Cochrane-Analyse: Borthwick et al. 2017 [412]). Die vorliegenden systematischen Übersichtsarbeiten boten kein einheitliches Bild. Einerseits kamen Junhai et al. 2019 [413] und Huang et al. 2021 [414] zu dem Ergebnis, dass die Mortalität mit einer RR von 0,88 (95 % CI 0,81 bis 0,96; $P=0,004$) sank (Junhai et al. 2019 [413]) bzw. sich das Überleben durch Anwendung einer hochvolumigen Hämofiltration in der Sepsis mit einer OR 1,66 (95 % CI 1,36 bis 2,01; $p<0,001$) verbesserte (Huang et al. 2021 [414]). In beiden systematischen Übersichtsarbeiten waren jedoch keine Effekte auf die Multiorganversagen-Scores wie MODS und APACHE-II festzustellen. Alle anderen systematischen Übersichtsarbeiten zeigten keinen Überlebensvorteil für eine hochvolumige Therapie bei Sepsis-Patienten.

Die Angaben zu SAEs waren in den einzelnen Studien heterogen und unvollständig. Huang et al. 2021 [414] berechnete zwar einen Trend zu mehr Nebenwirkungen unter hochvolumigen Verfahren, das Ergebnis war jedoch mit einer OR 1,62 (95 % CI 1,2 bis 2,11; $P=0,24$) nicht signifikant.

Die vorliegende Evidenz macht angesichts der heterogenen, eher kleinen Studien mit regionalem Bias eine fundierte Einordnung einer hochvolumigen Hämofiltration unmöglich. Dass eine erhöhte Elimination von Zytokinen und anderen Mittelmolekülen erfolgt, ist physikalisch plausibel und wird durch die Datenlage gestützt. Eine klinische Outcome-Verbesserung konnte für keine der untersuchten Populationen eindeutig nachgewiesen werden.

7. Ernährungstherapie

7.1/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad:** Schwach
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock nach hämodynamischer Stabilisierung eine frühe enterale oder parenterale Ernährung unter Monitoring der gastrointestinalen und metabolischen Toleranz durchzuführen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität:** Niedrig ⊕⊕⊕⊖
- **Literatur:** [415]
- **Konsensstärke:** 100 %

Insgesamt lagen der Arbeitsgruppe im betrachteten Recherche-Zeitraum nur 2 Metaanalysen zur PICO-Frage vor. Grillo-Ardila et al. [415] aggregierten 5 RCTs mit 442 Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Der Effekt von früher enteraler Ernährung (definiert als Beginn innerhalb der ersten 48 h) verglichen mit keiner oder verzögerter enteraler Ernährung war unsicher und von sehr niedriger Evidenzqualität. Eine frühe enterale Ernährung war lediglich mit einem Trend zu geringerer Beatmungsdauer, bei gleichzeitig höherer Rate an gastrointestinalen Komplikationen (Diarrhö). Keiner der untersuchten Endpunkte wie Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie im Krankenhaus oder Mortalität zeigten signifikante Unterschiede.

In der Metaanalyse von Moon et al. [416] wurden 11 Studien (3 RCTs, 3 Kohorten und 5 Fall-Kontroll-Studien) mit 3820 Patienten zum Einfluss einer frühen vs. verzögerten enteralen Ernährung bei Sepsis untersucht. Dabei hatte der Beginn einer enteralen Ernährung innerhalb von 24–96 h nach Aufnahme auf die Intensivstation (mit oder ohne begleitende parenterale Ernährung) keine Vorteile im Hinblick auf die definierten klinischen Endpunkte (Kurz- und Langzeit-Mortalität, Verweildauer und beatmungsfreie Tage). In einer der 11 inkludierten randomisierten kontrollierten Studien [417] mit der höchsten Fallzahl von 2410 Patienten (58 % mit Sepsis als Ursache für den Schock, definiert als Noradrenalindosis $>0,5$ µg/kg/min und/oder Laktatkonzentration $>3,8$ mmol/l), zeigte sich bei früher enteraler verglichen mit parentera-

ler Ernährung und vergleichbarer Kalorien- und Proteinzufuhr eine signifikant höhere Rate an Erbrechen, Diarrhö und intestinaler Ischämie. Allerdings blieb die gepoolte Risikobewertung für gastrointestinale Nebenwirkungen inkonklusiv [416].

Die einzige aktuell gültige Leitlinie zum Thema Ernährungstherapie in der Intensivmedizin liegt von der „American Society of Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN)“ vor [418]. Die Zielpopulation dieser Leitlinie ist definiert als kritisch kranke Patienten, die in chirurgischen oder internistischen Intensivstationen behandelt werden und bei denen eine orale Ernährung nicht möglich bzw. unzureichend ist. Die ASPEN-Leitlinie geht somit nicht speziell auf Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ein. Die ASPEN-Leitlinienautoren fassen zusammen, dass eine enterale einer parenteralen Ernährung innerhalb der ersten Woche nach Beginn der kritischen Erkrankung bei vergleichbarer Makronährstoffzufuhr nicht überlegen ist und keine Unterschiede in Bezug auf adverse Effekte festgestellt wurden. Die ASPEN empfiehlt daher, dass sowohl der enterale als auch parenterale Zufuhrweg akzeptabel sind, sofern keine allgemeinen Kontraindikationen für den enteralen Zugangsweg vorliegen wie unkontrollierte gastrointestinale Blutung oder mechanischer Ileus [418]. Wesentlich für die Wahl zwischen früher enteraler oder parenteraler Ernährung ist hier aus Sicht der Leitliniengruppe auch die hämodynamische Stabilisierung (s. Abschn. 4.1 und 2.2) und die daraus resultierende metabolische und gastrointestinale Toleranz. Die metabolische Toleranz wird dabei insbesondere über die Glukosekonzentration und den resultierenden Insulinbedarf definiert [419] (s. auch Empfehlung 8.13), die gastrointestinale Toleranz u. a. anhand von klinisch-abdomineller und/oder bildgebender Diagnostik [420]. Anhand des Monitorings der metabolischen und gastrointestinalen Toleranz wird die enterale und/oder parenterale Kalorien- und Proteinzufuhr im weiteren Verlauf gesteuert.

8. Weitere Maßnahmen

8.1 Kortikosteroide

8.1/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, Hydrocortison mit oder ohne Fludrocortison bei Patienten mit septischem Schock mit anhaltendem Vasopressorbedarf trotz ausreichender Volumengabe einzusetzen.**
- **Bemerkungen:**
- **Die empfohlene Dosierung für Hydrocortison beträgt 200 mg/Tag i.v., für Fludrocortison 1 × 50 µg/Tag enteral.**
- **Als „anhaltender Vasopressorbedarf“ wird die Gabe von Noradrenalin $\geq 0,25 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ über mindestens vier Stunden bezeichnet.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Kurzzeit-Mortalität (28–30 Tage): Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **Langzeit-Mortalität (90–180 Tage): Niedrig** ⊕⊕⊖⊖
- **Literatur: [421]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die SSC-Leitlinie 2021 [2] schlägt die Verwendung von Hydrocortison vor, falls sich die Hämodynamik nicht innerhalb von 4 h durch Noradrenalin in einer Dosis von $> 0,25 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ stabilisieren lässt. Der Einsatz von Fludrocortison ist in der SSC-Leitlinie bisher nicht berücksichtigt. Auch die S3-Sepsis-Leitlinie 2018 [1] schlug bisher eine Gabe von Hydrocortison für den Fall vor, dass eine adäquate Flüssigkeits- und hochdosierte Vasopressor-Therapie nicht in der Lage sind, eine hämodynamische Stabilität wiederherzustellen. Das „2024 Focused Update: Guidelines on Use of Corticosteroids in Sepsis (...)“ [422] schlägt ebenfalls die Gabe von Kortikosteroiden bei erwachsenen Patienten mit septischem Schock vor. Die Dosierungsempfehlungen sind hier Hydrocortison 200 mg i.v. pro Tag (kontinuierlich oder alle 6 h) mit oder ohne eine Kombination mit Fludrocortison (50 µg enteral täglich) für 7 Tage bzw. bis zu Entlassung von der Intensivstation [422].

Die Qualität der Evidenz, insbesondere was die Kombination mit Fludrocortison betrifft, ist jedoch mäßig bis gering, sodass weitere randomisierte Studien erforderlich sind.

Aktuell publizierte Metaanalysen legen einen potenziellen Vorteil einer Kombination von Hydrocortison mit Fludrocortison nahe. Kürzlich wurde eine hochwertige, auf den Daten von 8528 individuellen Patienten beruhende Metanalyse (Individual Patient Level-Meta-Analysis – IPMA) aus 24 randomisierten placebokontrollierten Studien publiziert [423]. Diese zeigte auf, dass die Kombination von Fludrocortison mit Hydrocortison im Vergleich zu einer Behandlung mit Hydrocortison alleine mit einer Reduktion der 90-Tage-Mortalität assoziiert ist (RR 0,86; 95 % CI 0,79 bis 0,92 für Hydrocortison plus Fludrocortison und RR 0,96; 95 % CI 0,82 bis 1,12 ohne Fludrocortison) [423]. Allerdings sind bisher nur zwei randomisierte Studien der gleichen französischen Studiengruppe bei Patienten mit sehr hoher 90-Tage-Sterblichkeit in der Placebogruppe (308/627 bzw. 49,1 % und 73/149 bzw. 63 %) publiziert, die dieses nachgewiesen haben [424, 425].

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2024, die auf den gepoolten Studienergebnissen von 9563 Patienten aus 45 randomisierten placebokontrollierten Studien beruhte, kam zu dem Ergebnis, dass Kortikosteroide unabhängig von deren Stoffklasse wahrscheinlich die Kurzzeit-Mortalität reduzieren (RR 0,93; 95 % CI 0,88 bis 0,99). Kortikosteroide haben mit hoher Sicherheit günstige Effekte auf die Verbesserung der Hämodynamik („shock reversal“) innerhalb der ersten 7 Tage (RR 1,24; 95 % CI 1,11 bis 1,38). Die Studie berechnete eine optimale Hydrocortison-Äquivalenz-Dosis, welche bei 260 mg/Tag lag, d. h., bei höheren Dosierungen sind keine verbesserten Effekte zu erwarten [421].

In einer retrospektiven Analyse von administrativen Daten eines US-amerikanischen Krankenhausunternehmens aus den Jahren 2016–2020 war die Krankenhaussterblichkeit von Patienten mit septischem Schock, welche Hydrocortison erhielten, höher als bei Patienten, die mit einer Kombination aus Hydrocortison/Fludrocortison behandelt wurden (43.669/85.995 bzw. 50,8 % vs. 1076/2280 bzw. 47,2 %). Diese Observationsstudie ist limitiert durch den retrospektiven Ansatz und das Fehlen einer Kontrollgruppe [426].

Die in den beiden französischen Studien verwendete Fludrocortison-Dosierung

betrug 50 µg täglich über 7 Tage, verabreicht über die Magensonde [424, 425].

In einer aktuellen Arbeit wurden 153 Patienten mit septischem Schock unterschiedliche Tagesdosierungen von Fludrocortison ($1 \times 50 \mu\text{g}$, $2 \times 50 \mu\text{g}$ und $4 \times 50 \mu\text{g}$) enteral verabreicht. Bei 97 % der Patienten fanden sich nachweisbare Plasma-Konzentrationen von Fludrocortison, die sich zwischen den einzelnen Gruppen nicht signifikant unterschieden [427].

Hinsichtlich der Dauer und des Ausschleichens der Kortikosteroide gibt es unterschiedliche Konzepte. Laut einer Expertenkommission verwendeten die meisten Studien eine Infusionsdauer von 5 bis 7 Tagen [422]. Nicht in allen Studien wurden Ausschleichschemata verwendet. Beispielsweise wurde in der VANISH-Studie [261] Hydrocortison (HC) $4 \times 50 \text{ mg}$ i.v. für 5 Tage gegeben, dann HC $2 \times 50 \text{ mg}$ für 3 Tage und HC $1 \times 50 \text{ mg}$ für 3 weitere Tage [261]. In der HYPRESS-Studie [428] wurde HC 200 mg/Tag i.v. in den ersten fünf Tagen verabreicht, danach HC 100 mg/Tag an den Tagen 6 und 7, HC 50 mg/Tag an den Tagen 8 und 9 und schließlich 25 mg/Tag an den Tagen 10 und 11 [428]. Für Fludrocortison finden sich bisher keine Ausschleichschemata in der Literatur. Ein narratives Review rät von einem Ausschleichen („tapering“) von Fludrocortison aus biochemischer Perspektive vorläufig ab [429].

8.2 Blutprodukte

8.2.1 Erythrozyten

8.2/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock die Indikation zur Gabe von Erythrozytenkonzentraten bei einem Hb-Wert von $< 4,34 \text{ mmol/L}$ ($< 7,0 \text{ g/dl}$) oder beim Vorliegen physiologischer Transfusionskriterien zu stellen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Mortalität (30 Tage): Moderat** ⊕⊕⊕⊕
- **Mortalität (90 Tage): Niedrig** ⊕⊕⊕⊕
- **Literatur: [430]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Grundlage für diese Empfehlung ist eine Metaanalyse [430] der drei RCT-Studien [431–433]. Die Metaanalyse zeigt keinen Unterschied in der 28-Tage-Sterblichkeit

(OR 0,99; 95 % CI 0,67 bis 1,46, moderate Qualität der Evidenz) in den beiden Vergleichsgruppen zwischen einer liberalen (Hämoglobinschwelle $< 9 \text{ g/dl}$) oder restriktiven Strategie (Hämoglobinschwelle $< 7 \text{ g/dl}$) der Erythrozytentransfusion [2]. Seit der S3-Sepsis-Leitlinie 2018 [1] und der SSC-Leitlinie 2021 [2] wurden zwei relevante neue Studien identifiziert.

In einer prospektiven, nichtrandomisierten Studie von Mustahsin et al. [434] wurden die Ergebnisse des systematischen Reviews mit Metanalyse von Hirano et al. [430] bezüglich der 28-Tage-Mortalität bestätigt. Allerdings zeigte sich eine bessere 90-Tage-Überlebensrate, wenn die Patienten oberhalb des Transfusions-Triggers ($6,9 \text{ g/dl}$) transfundiert wurden. Nachteil dieser prospektiven Studie ist eine fehlende Randomisierung, die geringe PatientInnen-Zahl und der Einschluss der PatientInnen bei schon erniedrigtem Hb-Wert (Median $9,5 \text{ g/dl}$) [434].

In einer weiteren retrospektiv angelegten Studie wurden PatientInnen mit einer Sepsis untersucht, die ≥ 65 Jahre waren. Grundlage waren die Daten des MIMIC-IV-Datensets. Insgesamt wiesen 5390 Patienten einen Hb-Wert zwischen $7\text{--}11 \text{ g/dl}$ auf. Davon wurden 1206 Patienten transfundiert und 4184 Patienten nicht. Die Sterblichkeitsrate der Patienten in der transfundierten Gruppe war niedriger als die der nicht transfundierten Gruppe ($10,61 \%$ gegenüber $16,92 \%$, $p < 0,001$). Die 28-Tage-Sterblichkeitsrate der Patienten in der transfundierten Gruppe mit $7\text{--}8 \text{ g/dl}$ ($10,81 \%$ vs. $16,69 \%$, $p = 0,004$) und $8\text{--}9 \text{ g/dl}$ ($9,34 \%$ vs. $19,32 \%$, $p < 0,001$) war signifikant niedriger als in der nicht transfundierten Gruppe. Gleichzeitig kann eine Bluttransfusion das Sterberisiko erhöhen, wenn der Hb-Wert über 10 g/dl liegt [435]. Das retrospektive Studiendesign und die fehlende Unterscheidung einer chronischen Anämie von einer akuten Anämie limitieren eine Bewertung in diesem speziellen Kollektiv von Patienten ≥ 65 Jahre. Zusammenfassend ist die Qualität der Evidenz zu der Fragestellung einer restriktiven versus einer liberalen Transfusionsstrategie bei Patienten mit Sepsis niedrig, eine restriktive Transfusionsstrategie ist jedoch ressourcenschonend und kosteneffektiv.

8.2.2 Erythropoetin

Es gibt bisher keine Studien zur Erythropoetin-Nutzung speziell bei septischen Patienten. Eine Metaanalyse von randomisierten Studien bei kritisch erkrankten Patienten untersuchte als primärem Outcome die Sterblichkeit, unabhängig von den primären Endpunkten der einbezogenen Studien. Zu den sekundären Endpunkten gehörten die Dauer des Krankenhausaufenthalts sowie der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation, die Dauer der mechanischen Beatmung und unerwünschte Ereignisse im Zusammenhang mit der Verwendung von Erythropoetin-Rezeptor-Agonisten, wie arterielle und venöse Thrombosen sowie Bluthochdruck. Zusätzlich wurden transfusionsbezogene Ergebnisse, einschließlich der Transfusionsunabhängigkeit – also der Fähigkeit der Erythropoetin-Rezeptor-Agonisten, die Notwendigkeit für Bluttransfusionen zu reduzieren –, die Anzahl der pro Patient transfundierten Bluteinheiten und Ereignisse, die im Zusammenhang mit Transfusionen auftraten, erfasst [436]. Die Auswertungen zeigen zwar einen geringen Rückgang des Bedarfs an Erythrozyten-Transfusionen, jedoch ohne Einfluss auf die Mortalität. Ein Vorteil bei Sepsis und septischem Schock ist daher unwahrscheinlich. Erythropoetin könnte zudem das Risiko für thrombotische Ereignisse erhöhen [437–440].

8.2.3 Plasmapräparate

8.3/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock therapeutisches Plasma NICHT zur Behandlung eines Volumenmangels, sondern ausschließlich entsprechend den Indikationen der „Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“ der BÄK [441] einzusetzen.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

In Deutschland sind vier Arten therapeutischen Plasmas verfügbar: gefrorenes Frischplasma (GFP), Solvent-Detergent-behandeltes Plasma (SDP), Methylenblau-Licht-behandeltes Plasma (MLP) und lyophilisiertes Humanplasma (LHP). Es gibt keine randomisierten Studien zu verschiedenen Plasmasubstitutionsregi-

men oder Präparaten bei kritisch kranken Patienten. Empfehlungen basieren auf Expertenmeinungen und besagen, dass Plasma bei dokumentierter Gerinnungsstörung (Quick < 50 %, APTT > 45 s und/oder Fibrinogen < 1 g/l) sowie aktiver Blutung oder geplanten Eingriffen gegeben werden kann. 1 ml Plasma/kg Körpergewicht erhöht dabei die Spiegel der Gerinnungsfaktoren und Inhibitoren oder den Quickwert um 1 IE/dl bzw. um 1 % bei fehlender Umsatzsteigerung bzw. um 0,5 bis 1,0 IE/dl oder um 0,5 bis 1,0 % bei Umsatzsteigerung (Fibrinogenspiegel: um 0,02 bis 0,03 g/l bzw. 2 bis 3 mg/dl) [441].

8.2.4 Thrombozyten

8.4/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock KEINE Thrombozytentransfusion durchzuführen, es sei denn, es liegt eine relevante Blutung oder eine schwere Thrombozytopenie vor (< 10.000/μl). Vor operativen Eingriffen, zentralvenösen Punktionen bzw. Zugängen oder Liquorpunktion soll die Gabe nach Vorgaben der „Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“ der BÄK [441] erfolgen.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Konsensstärke: 100 %

Es gibt keine RCTs zur prophylaktischen Thrombozytentransfusion bei septischen oder kritisch erkrankten Patienten. Eine neuere Propensity-Score-Matching-Analyse von Wu et al. [442] zeigte, dass die Thrombozytentransfusion bei septischen Patienten mit schwerer Thrombozytopenie (Thrombozytenzahl ≤ 50/nl) mit einer erhöhten Sterblichkeit im Krankenhaus verbunden war (OR-Bereich 1,340 bis 1,525; $p < 0,05$). Sie war jedoch nicht mit der 90-Tage-Mortalität oder der Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation verbunden [442]. Eine sehr ähnliche Arbeit von He et al. [443] der gleichen Datenbasis (MIMIC) untersuchte eine Thrombozytentransfusion bei einer Schwelle von < 150.000/μl. In dieser Studie wurde die Thrombozytentransfusion mit einer höheren 28- (36,9 % vs. 30,4 %; OR 1,21; 95 % CI 1,01 bis 1,46; $p = 0,039$) und 90-Tage-Gesamt mortalität (50,8 % vs. 44,6 %; OR 1,13; 95 % CI 1,00 bis 1,31; $p = 0,048$) in Verbindung gebracht [443]. Diese Ergebnisse weisen auf die

potenziellen Gefahren der Thrombozyten-transfusion bei Intensivpatienten mit Sepsis und Thrombozytopenie hin. Für die Gabe von Thrombozyten bei den in der Empfehlung erwähnten Indikationen wird auf das Abschn. 2.5.2 der Querschnitts-Leitlinien der BÄK [441] verwiesen.

8.3 Immunglobuline

8.5/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Schwach
- Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock intravenöse Immunglobuline NICHT anzuwenden.
- SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [444]
- Konsensstärke: 100 %

Nach der SSC-Leitlinie 2021 [2] und der S3-Leitlinie der DSG konnten in der Literatursuche nur zwei relevante Publikationen neu in die Bewertung mit aufgenommen werden.

In der Arbeit von Perrella et al. [445] wurde der Einsatz von Pentaglobin bei septischen Patienten nach einem großen abdominalen chirurgischen Eingriff untersucht. Die Auswertung der Studie zeigte, dass die Verwendung von pentamerem IgM keine klinischen Vorteile bei der Vorbeugung von Sepsis nach größeren abdominalen Operationen zu bieten scheint [445]. In einer neuen Metaanalyse [444] von 31 RCT konnte aufgezeigt werden, dass der Einsatz von IVIG die Sepsis-Sterblichkeit verringert [445]. IgM-angereichertes IVIG ist sowohl bei Sepsis bei Erwachsenen als auch bei Neugeborenen wirksam, während Standard-IVIG nur bei Sepsis bei Erwachsenen wirksam ist. In einer Netzwerk-Metaanalyse von Yang et al. [446] konnte ebenfalls aufgezeigt werden, dass eine IVIG-Behandlung wahrscheinlich die Gesamtmortalität von Patienten mit Sepsis verringern kann. Aufgrund dieser neuen Metaanalysen wurde eine neue Analyse der Evidenz und GRADE-Bewertung für den Level of Evidence für Immunglobuline verglichen mit Standardtherapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock durchgeführt. Es zeigte sich hier eine nur schwache Evidenz aufgrund von Risiko für Bias, Indirektheit (unterschiedli-

che Vergleichstherapien) und hohem Verdacht auf Publikationsbias. Zusammenfassend ist die Qualität der Evidenz basierend auf den vorhandenen Daten sehr niedrig. Es wird eine schwache Empfehlung gegen den Einsatz von Immunglobulinen ausgesprochen.

8.4 Blutreinigung

8.4.1 Unselektive Adsorptionsverfahren

8.6/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- Empfehlungsgrad: Stark
- Wir empfehlen, dass bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock unselektive Adsorptionsverfahren NICHT eingesetzt werden.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung/ Aktualisierung der Evidenz
- Qualität der Evidenz:
- Mortalität oXiris®: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Mortalität CytoSorb®: Moderat ⊕⊕⊕⊕
- Mortalität CPFA: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Mortalität HA 330: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕
- Literatur: [447]
- Konsensstärke: 100 %

Mit unselektiven Adsorptionsverfahren soll im Rahmen der Sepsis die Entfernung von Inflammediatoren wie beispielsweise Zytokinen aus dem Blut mittels Adsorption gelingen [448]. Diese Verfahren umfassen eine heterogene Gruppe, die sowohl reine Adsorptionsverfahren aus dem Vollblut (z.B. CytoSorb®) als auch kombinierte Verfahren aus Nierenersatz und Adsorption des zuvor separierten Plasmas einschließen (z.B. CPFA, „coupled plasma filtration adsorption“) [449]. Für viele zugelassene Adsorptionsverfahren sind keine oder nur wenige randomisierte Studien verfügbar, sodass deren Nutzen im Rahmen der Sepsis nicht sicher bewertet werden kann und die Durchführung weiterer klinischer Studien sinnvoll erscheint.

Die randomisierte, multizentrische COMPACT-2-Studie zum Einsatz einer hochdosierten kombinierten Plasmafiltration und Adsorption (CPFA) wurde im Rahmen einer Zwischenauswertung bei potenziellen negativen Auswirkungen gestoppt. Insbesondere in der Frühphase des septischen Schocks zeigte sich bei Patienten, die nicht dialysepflichtig waren, eine dosisabhängige Übersterblichkeit

[450]. Eine Metaanalyse von Chen et al. aus dem Jahre 2023 [447] zeigte keinen signifikant günstigen Effekt von CPFA auf die Mortalität auf (RR 1,20; 95 % CI 0,82 bis 1,76) [447].

Zum Einsatz der Hämo-perfusion mit dem unselektiven Adsorber CytoSorb® wurden seit der letzten Leitlinie mehrere Metaanalysen veröffentlicht, wobei in keiner ein günstiger Effekt hinsichtlich der Mortalität berichtet wird. In der Metaanalyse von Chen et al. fand sich ein tendenziell ungünstiger Effekt auf die Mortalität (RR 1,39; 95 % CI 0,97 bis 1,98) [447]. Eine aktuell in Deutschland rekrutierende multizentrische randomisierte kontrollierte Studie zum Einsatz von CytoSorb® im septischen Schock (PROCYSS, www.clinicaltrials.gov/study/NCT04963920) wird wahrscheinlich weitere Erkenntnisse zeigen.

HA330 ist ebenfalls ein unselektiver Hämo-perfusionsadsorber, welcher in den letzten Jahren vermehrt im deutschsprachigen Raum zur Blutreinigung in der Sepsis eingesetzt wird. Auch hierfür zeigte sich in der Metaanalyse von Chen et al. [447] kein günstiger Effekt auf die Sterblichkeit septischer Patienten (RR 0,61; 95 % CI 0,35 bis 1,09) [447].

Die Anzahl der durchgeführten Studien und Anwendungsbeobachtungen für den ebenfalls unselektiven Adsorber oXiris® (eine Dialysemembran mit zusätzlichen Adsorber-Eigenschaften) ist deutlich geringer als z.B. für CytoSorb®. Die Metaanalyse von Chen et al. [447] zeigte aber ebenso bei diesem Verfahren keinen Überlebensvorteil (RR 0,72; 95 % CI 0,29 bis 1,78) [447].

8.4.2 Polymyxin-B-Hämo-perfusion

8.7/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- **Wir können bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz einer Polymyxin-B-Hämo-perfusion eine Empfehlung aussprechen.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

Ziel des Verfahrens ist die Entfernung von Endotoxinen im Rahmen der gramnegativen Sepsis durch die Anwendung von Polymyxin-B-immobilisierten auf Polysty-

ren basierten Fasern. Die Leitlinie der SSC riet im Jahr 2021 von der Anwendung einer Polymyxin-B-Hämo-perfusion ab. Dies wird durch eine Metaanalyse aus dem Jahr 2013 begründet, die auf den ersten Blick einen Überlebensvorteil durch die Anwendung zeigt, der sich aber durch die Betrachtung der randomisierten Studien nicht bestätigen ließ [451]. Zudem ist das Verfahren sehr kostspielig.

Die größte im Jahr 2018 veröffentlichte multizentrisch randomisierte Studie, die EUPHRATES-Studie [452], konnte keinen signifikanten Unterschied im Überleben der Patienten mit und ohne die Anwendung des Verfahrens zeigen [452], sodass sich die vorherige S3-Sepsis-Leitlinie der DSG nur für die Anwendung in klinischen Studien aussprach.

In den letzten Jahren wurden einige inkonklusive Metaanalysen veröffentlicht. Putzu et al. [453] inkludierten 37 randomisierte Studien und stellten keinen signifikanten Vorteil auf das Überleben fest, wenn nur die Studien mit niedrigen Bias-Risiko betrachtet wurden. Studien nach 2010 zeigten zudem eine signifikant höhere Sterblichkeit durch die Anwendung des Verfahrens. Positive Effekte wurden zudem nur in Studien in Asien und im nichteuropäischen bzw. US-amerikanischen Raum beobachtet [453]. Chen et al. [447] verglichen 60 randomisierte Studien, bei denen insgesamt 16 Verfahren zur Blutreinigung im Rahmen einer Sepsis Anwendung fanden. Bei der Betrachtung der Polymyxin-B-Hämo-perfusion zeigt sich eine signifikant geringe Sterblichkeit durch die Anwendung [447]. Die Daten sind allerdings heterogen und mit einem Publikationsbias assoziiert. In einer weiteren aktuellen Metaanalyse wird ebenso von einem Überlebensvorteil durch die Anwendung berichtet [454]. Der Effekt war hier besonders deutlich bei Patienten unter 70 Jahren und bei mehreren Infektionsorten. Limitierend ist, dass viele Beobachtungsstudien in die Auswertung inkludiert wurden.

Eine Post-hoc-Analyse der EUPHRATES-Studie zeigte einen Überlebensvorteil bei Patienten mit moderat erhöhter Endotoxinaktivität (EAA) von 0,6–0,89 [455]. Der fehlende Effekt in der Gesamtpopulation könnte auf einen Sättigungseffekt des Adsorbers in der Gruppe mit sehr hoher EAA (>0,9) oder auf einen überschrit-

tenen „point of no return“ hindeuten. Aktuell wird in einer multizentrischen randomisierten Folgestudie (TIGRIS, <https://clinicaltrials.gov/study/NCT03901807>) in den USA genau diese Subgruppe (EAA 0,6–0,89) rekrutiert, sodass zukünftig neue Daten zu erwarten sind.

8.4.3 Therapeutischer Plasmaaustausch/Plasmapherese

8.8/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- **Wir können bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock weder für noch gegen den Einsatz einer Plasmapherese eine Empfehlung aussprechen.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

Weder die deutsche S3-Sepsis-Leitlinie der DSG noch die 2021er-Leitlinie der SSC nahmen zur Anwendung der Plasmapherese bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock bisher Stellung, da die verfügbaren Daten bis dato nicht ausreichend waren. Ziel der Plasmapherese im Rahmen der Sepsis ist die Entfernung des Plasmas mit den darin enthaltenden Mediatoren der Wirtsreaktion und der Ersatz durch Plasma von gesunden Spendern, welches verbrauchte protektive Plasmaproteine enthält [456].

Die Aufnahme dieses Verfahrens in die Leitlinie beruht auf einer deutlichen Zunahme an Studien seit der letzten Leitlinienversion. Eine Metaanalyse von Chen et al. aus dem Jahre 2023 [447] zeigt, dass der Einsatz der Plasmapherese mit einem signifikanten Überlebensvorteil assoziiert ist [447]. Eine weitere Metaanalyse inkludierte sowohl Beobachtungsstudien, randomisierte Studien als auch andere Metaanalysen, die zwischen 2019 und 2023 publiziert wurden. Auch hier zeigt sich eine signifikant geringere Sterblichkeit bei der Anwendung der Plasmapherese bei Patienten mit septischem Schock [457]. Diese Ergebnisse sind aber bei geringen Fallzahlen und hoher Heterogenität kritisch zu bewerten.

Auch in der 2024 veröffentlichten Metaanalyse von Kuklin et al. [458] wurde ein signifikanter Überlebensvorteil nachgewiesen. Allerdings wurden Studien in einem Zeitraum zwischen 1966 und 2022 inkludiert, die sich in Design und Patien-

tenkollektiv erheblich unterscheiden (randomisiert, observierend, gematchte Population, auch COVID-19-Patienten). Werden nur die randomisierten Studien betrachtet, dann bleibt der Überlebensvorteil zwar bestehen, das betrachtete Kollektiv wird mit 331 Patienten aber sehr klein (RR 0,62; 95 % CI 0,46 bis 0,83). Eine weitere Metaanalyse inkludierte sowohl pädiatrische als auch erwachsene Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Bei der Betrachtung der Erwachsenen zeigt sich, dass die Plasmapherese mit einem signifikanten Überlebensvorteil assoziiert ist, aber nur dann, wenn gefrorenes Frischplasma anstelle von Frischplasma und Humanalbumin (HA) oder nur HA verwendet wird [459]. Dies deutet eher auf einen therapeutischen Effekt des additiven Ersatzes verbrauchter protektiver Proteine hin. In der Summe deutet die Studienlage auf einen möglichen Nutzen der Plasmapherese hin, die Datenqualität der Originalarbeiten ist aber zum Aussprechen einer Empfehlung für den routinemäßigen Einsatz noch nicht ausreichend.

Die randomisierte kontrollierte EXCHANGE-Pilot-Studie aus Deutschland zeigte an einem kleinen Kollektiv einen signifikanten Effekt auf den primären Endpunkt, d. h. Hämodynamik beim Einsatz der Plasmapherese [460]. Diese Studie demonstrierte die Machbarkeit einer großen multizentrischen randomisierten kontrollierten Studie (EXCHANGE-2, <https://clinicaltrials.gov/study/NCT05726825>), welche aktuell in Deutschland Patienten rekrutiert. Die Ergebnisse werden in den kommenden Jahren erwartet.

8.5 Antikoagulation und Thromboseprophylaxe

8.9/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine pharmakologische Prophylaxe einer venösen Thromboembolie (VTE) mittels niedermolekularen Heparins (NMH).**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Tiefe BVT: Moderat** ⊕⊕⊕⊖
- **LAE: Niedrig** ⊕⊕⊖⊖

- **Literatur:** [461]
- **Konsensstärke: 100 %**

8.10/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir schlagen vor, bei hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion und/oder septischem Schock mit hohem Vasopressorbedarf entweder niedermolekulares Heparin (NMH) unter engmaschigen Anti-Xa-Kontrollen oder unfractioniertes Heparin (UFH) einzusetzen.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die Inzidenz venöser Thromboembolien (VTE) bei Patienten auf Intensivstationen (ITS) variiert je nach Studie und verwendetem Diagnosekriterium (klinischer Verdacht, Ultraschallbefunde, Schnittbildgebung etc.) erheblich. Unabhängig von diesen Unschärfen muss mit einer deutlich erhöhten Inzidenz von VTE bei ITS-Patienten gerechnet und dieser dementsprechend auch therapeutisch Rechnung getragen werden. Die erhöhte Rate an VTE wird auf verschiedene Faktoren, wie z. B. Sedierung, Immobilisation, invasive Katheter und eine oftmals stark ausgeprägte Gerinnungsaktivierung im Rahmen der Grunderkrankung (Sepsis, Malignom, etc.), zurückgeführt [461–463]. Es können grundsätzlich verschiedene Antikoagulationen zur Thromboseprophylaxe bei Patienten auf der Intensivstation eingesetzt werden, wobei niedermolekulares (NMH) und unfractioniertes Heparin (UFH) die häufigsten Vertreter darstellen. Eine aktuelle Metaanalyse berichtete über eine geringere Inzidenz von tiefen Venenthrombosen (TVT) bei Patienten, die NMH ($n=3293$) erhielten, im Vergleich zu jenen, die UFH ($n=2834$) erhielten (OR 0,72; 95 % CI 0,46 bis 0,98). Dieses ist möglicherweise auf eine bessere Bioverfügbarkeit und eine längere Plasmahalbwertszeit zurückzuführen, bei einer ähnlich hohen Inzidenz schwerer Blutungen (OR 1,71, 95 % CI 0,49 bis 5,95) [461]. Der Einsatz von NMH bei eingeschränkter Nierenfunktion sollte immer engmaschig evaluiert werden, insbesondere bei einer Kreatinin-Clearance (CrCl) <30 ml/min, da es hier vermehrt zu Akkumulationen kommen kann. Das Therapiemonitoring sollte in diesen Fällen mittels Anti-Xa-Spiegelbestimmungen erfol-

gen, um überschießende Wirkspiegel frühzeitig zu detektieren. Es existieren zumindest aus einzelnen Kliniken Daten [464], dass NMH auch bei Patienten mit hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion sicher eingesetzt werden können. Alternativ ist hier aber auch der Einsatz von UFH möglich.

Bzgl. der anzustrebenden Dosierung schlussfolgerten Eck et al. [465] in einer 2022 erschienenen systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse, dass eine „intermediate dose“ von NMH (z. B. Enoxaparin 40–60 mg/24 h) ($n=22.482$) möglicherweise einer niedrigen Dosis (z. B. Enoxaparin 20 mg/24 h) ($n=5612$) vorzuziehen ist, da sie ein besseres Gleichgewicht zwischen Nutzen und Schaden für die Prävention von VTE bietet, wenngleich mit niedriger bis mittlerer Evidenzqualität [465]. Konträr zu dem 2024 publizierten „First Update der European Guidelines on Perioperative Venous Thromboembolism Prophylaxis“ [466], welches sich dieser Empfehlung anschloss, geben die Autoren der S3-Leitlinie hier bewusst keine Empfehlung ab. Grund dafür ist, dass die in der Metaanalyse inkludierten Primärdaten zeigen, dass bei den meisten Patienten in der „intermediate group“ vornehmlich Dosierungen an NMH genutzt wurden, welche in Deutschland, Österreich und der Schweiz bei Intensiv-Patienten ohnehin als „Low-Dose-Dosierung“ gelten (z. B. Enoxaparin 40 mg/24 h oder Tinzaparin 4500 IE/24 h) und diese mit noch niedrigeren Dosen verglichen wurden. Daher könnte man die Ergebnisse eher als eine Bestätigung des bereits etablierten „good clinical practice“ ansehen, wobei nicht auszuschließen ist, ob manche Patientengruppen nicht auch von noch höheren Dosierungen profitieren könnten. Hierfür liegen aktuell aber keine Daten vor.

8.11/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Schwach**
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock eine intermittierende pneumatische Kompression als VTE-Prophylaxe einzusetzen, wenn eine pharmakologische VTE-Prophylaxe kontraindiziert ist.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Inzidenz venöser Thromboembolien: Sehr niedrig** ⊕⊕⊖⊖

- **Inzidenz tiefer Venenthrombosen: Niedrig**
⊕⊕⊕⊕
- **Inzidenz von Lungenembolien: Niedrig**
⊕⊕⊕⊕
- **Literatur:** [467]
- **Konsensstärke: 100 %**

Drei kürzlich veröffentlichte systematische Übersichtsarbeiten mit Metaanalysen [461, 467, 468] untersuchten die Wirksamkeit der mechanischen Thromboseprophylaxe bei kritisch kranken Patienten. In einer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse, die 10 Studien (6 randomisierte klinische Studien [RCT] und 4 Beobachtungsstudien) mit 4759 kritisch kranken Patienten umfasste, reduzierte eine intermittierende pneumatische Kompression (IPC) die Inzidenz von jeglicher VTE (4 Studien; RR 0,35; 95 % CI 0,18 bis 0,68; $p=0,002$; $I^2=51\%$), TVT (3 Studien; RR 0,34; 95 % CI 0,19 bis 0,60; $p=0,002$; $I^2=0\%$) und Lungenarterienembolien (LAE) (2 Studien; RR 0,17; 95 % CI 0,06 bis 0,50; $p=0,001$; $I^2=0\%$), ohne Unterschied in der Gesamtsterblichkeit (4 Studien; RR 0,95; 95 % CI 0,82 bis 1,09; $p=0,46$; $I^2=0\%$), im Vergleich zu keiner Thromboseprophylaxe [467]. Eine zweite Metaanalyse [468] umfasste 5 RCTs mit 3133 internistischen und chirurgischen kritisch kranken Patienten. IPC reduzierte hier die Inzidenz von VTE (OR 0,36; 95 % CI 0,18 bis 0,71) und TVT (OR 0,45; 95 % CI 0,21 bis 0,90) im Vergleich zu keiner Behandlung, ohne Unterschied in der Gesamtsterblichkeit (OR 0,87; 95 % CI 0,49 bis 1,42) [468]. Eine dritte Metaanalyse [461] umfasste 13 RCTs mit gemischten Populationen (9619 kritisch kranke Erwachsene – darunter medizinische, chirurgische und Traumapatienten). Kompressionsgeräte (IPC oder sequenzielle Kompressionsgeräte – SCD) reduzierten im Vergleich zur Kontrollgruppe weder das Risiko für venöse Thromboembolien (VTE) (OR 0,82; 95 % CI 0,27 bis 2,84) noch für TVT (OR 0,85; 95 % CI 0,50 bis 1,50). Nur 5 Studien untersuchten das Auftreten einer LAE bei kritisch kranken Erwachsenen, wobei keine Wirksamkeit von IPC gezeigt werden konnte (OR 0,20; 95 % CI 0,01 bis 2,87) [461]. Auch wenn insgesamt die verfügbaren Daten widersprüchliche Ergebnisse aufweisen, zeigt sich dennoch ein positiver Trend für den Einsatz der IPC bei Patienten ohne pharmakologische VTE-Prophylaxe. Für einen generellen Einsatz

von IPC in Kombination mit einer pharmakologischen VTE-Prophylaxe gibt es aus Sicht der Leitlinien-Autoren aktuell keine Datengrundlage. Wobei eine Metaanalyse zumindest einen positiven Trend beim Einsatz einer Kombinationstherapie für weniger TVT, DVT und LAE zeigen konnte [467]. Ob ausgewählte Hochrisikopatienten von einer solchen Kombination profitieren, lässt sich aufgrund der aktuellen Datenlage nicht abschließend beurteilen und muss daher individuell vom jeweiligen Behandlungsteam entschieden werden.

8.6 Delirmanagement, Analgesie, Sedierung

8.12 /Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **EK**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock bezüglich der Analgesie und Sedierung den Empfehlungen der DAS-Leitlinie [362] zu folgen.**
- **Literatur:** [362]
- **Konsensstärke: 100 %**

Zur Diagnostik und Behandlung von Agitation, Schmerz und Delir sowie zum Einsatz von Sedativa wurde die im Jahre 2020 aktualisierte S3-Leitlinie „Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin (DAS-Leitlinie 2020)“ (AWMF Nr. 001/012, Stand vom 31.03.2021, gültig bis 30.03.2026) [362] veröffentlicht. Sie ist erneut unter der Federführung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv und Notfallmedizin (DIVI) sowie unter Beteiligung weiterer medizinischer Fachgesellschaften entwickelt und verabschiedet worden. Die Empfehlungen dieser nationalen Leitlinie gelten für Deutschland. Die DAS-Leitlinie 2020 empfiehlt, die Sedierungstiefe und Analgesie patientenorientiert vorzunehmen bzw. anzupassen, mit dem Ziel, eine unnötig tiefe Sedierung zu vermeiden. Ein regelmäßiges Monitoring (in der Regel 8-stündlich) mit validierten Scoring-Systemen ist hierfür Voraussetzung.

Eine weitere Empfehlung gilt der Steuerung der Sedierungstiefe: Das Sedierungsziel soll für die Patienten klar definiert sein und bedarf einer regelmäßigen Adaptation an die veränderliche klinische Situation.

Generell wird empfohlen, bei Fehlen von Kontraindikationen eine möglichst flache Sedierung zu ermöglichen. Dies entspricht einem Zielwert von 0/–1 der Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS). Ist eine tiefe Sedierung indiziert, wie z. B. bei therapeutischer Sedierung im Rahmen eines erhöhten intrakraniellen Drucks oder Bauchlagerungstherapie im Rahmen eines ARDS, so wird vorgeschlagen, dass bei sehr tief sedierten Patienten ein EEG-basiertes Messverfahren zum Vermeiden von ‚Burst-Suppression-EEG‘ zum Einsatz kommen [469].

Die US-amerikanische Leitlinie „Prevention and management of pain, agitation/sedation, delirium, immobility and sleep disruption in the ICU“ [470] (PADIS-Guideline) betont ebenfalls die Bedeutung flacher Sedierung, aber auch die klinische Bedeutung der Wahl des Sedativums. So zeigte die MENDS-3-Studie, eine multizentrische Studie mit mehr als 4000 Patienten, bei denen mehr als die Hälfte das Vorliegen einer Sepsis wahrscheinlich war, dass die Verwendung von Dexmedetomidin bei Patienten, die jünger als 65 Jahre waren und nichtchirurgisch behandelt wurden, mit einer erhöhten Mortalität assoziiert sein könnte [471]. Dies führte zu einem Rote-Hand-Brief des Bundesamtes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). Zwei daraufhin durchgeführte Metaanalysen zeigten allerdings, dass die Verwendung von Dexmedetomidin im Vergleich zu allen anderen untersuchten Sedativa und auch Placebo zwar mit Hypotonie und Bradykardie, aber mit einem niedrigeren Delir-Risiko sowie einer kürzeren Beatmungszeit und Intensivaufenthaltsdauer assoziiert war [472] – nicht aber mit einer erhöhten Mortalität [473].

Die PADIS-Guideline [470] betont darüber hinaus die klinische Bedeutung regelmäßiger Spontanattempts, des Delir-Managements, der Frühmobilisation und Einbeziehung der Familie bzw. Angehöriger [470]. Zusammengefasst zum sog. ABCDEF- bzw. A2F-Bundle („A: assess, prevent and manage pain; B: both spontaneous awakening and breathing trials; C: choice of sedation strategies; D: delirium assessment, prevention and management; E: early mobility and exercise; F: family engagement“) wurde es mittlerweile hinsichtlich der Wirkung

auf einzelne Outcomes überprüft. In einer multizentrischen Kohortenstudie mit 68 Zentren und insgesamt mehr als 15.000 Patienten zeigte sich, dass die Adhärenz mit den einzelnen Komponenten des Bündels mit einer niedrigeren 7-Tage-Mortalität und einer geringeren Wahrscheinlichkeit einer invasiven Beatmung, Koma, Delir, Notwendigkeit von Fixierungen, Wiederaufnahmen auf Intensivstation sowie Verlegung in eine Pflegeeinrichtung assoziiert war [474].

8.7 Glukosemanagement

8.13/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock den Beginn einer Insulintherapie bei einem oberen Blutzuckerspiegel von ≥ 180 mg/dl (≥ 10 mmol/l).**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Hypoglykämie (110–144 mg/dl vgl. 144–180 mg/dl): Moderat $\oplus\oplus\oplus\ominus$**
- **Literatur: [475]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Im Hinblick auf das Blutzuckermanagement lag der SSC-Empfehlung eine Netzwerk-Metaanalyse [475] von 35 RCTs zugrunde, in der vier verschiedene Blutzuckerziele miteinander verglichen wurden (<110 , 110–144, 144–180 und >180 mg/dl). Zwischen den vier Blutzuckerbereichen wurde kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Krankenhausmortalität festgestellt. Zielkonzentrationen von <110 und ein Zielbereich von 110–144 mg/dl waren mit einem erhöhten Hypoglykämierisiko assoziiert, verglichen mit einem Zielbereich von 144–180 mg/dl und >180 mg/dl. Es wurde kein signifikanter Unterschied im Hypoglykämierisiko zwischen einem Zielwert von 144–180 mg/dl und >180 mg/dl nachgewiesen (OR 1,72; 95 % CI 0,79 bis 3,7) [475].

Die Society of Critical Care Medicine (SCCM) hat ihre Leitlinie „Guidelines on Glycemic Control for Critically Ill Children and Adults 2024“ [476] aktualisiert. In der SCCM-Leitlinie wird als „Good Practice Statement“ empfohlen, dass protokollbasiert ein Glukosemanagement durchgeführt werden sollte, um eine anhaltende

Hyperglykämie ≥ 180 mg/dl (≥ 10 mmol/l) zu therapieren. Die SCCM-Leitlinie berücksichtigt dabei bereits die Daten des bislang größten multizentrischen RCT [477] zum Blutzuckermanagement bei insgesamt 9230 kritisch kranken Patienten (28,4 % mit Sepsis) [477]. Hier war der primäre Endpunkt Intensivliegedauer mit Sterblichkeit als „competing risk“ zwischen einer liberalen (>215 mg pro Deziliter bzw. $>11,9$ mmol pro Liter) und einer strikten Glukosekontrolle (80 bis 110 mg/dl bzw. 4,4–6,1 mmol/l) nicht signifikant unterschiedlich. Alle Patienten erhielten in der ersten Woche des Intensivaufenthaltes eine rein enterale Ernährung und erst ab Beginn der zweiten Woche eine (zusätzliche) parenterale Ernährung. Die Autoren des RCT [477] wiesen darauf hin, dass eine Hyperglykämie nicht alleine durch die metabolischen Veränderungen im Rahmen der kritischen Erkrankung, sondern auch iatrogen durch die Höhe der Makronährstoffzufuhr im Rahmen der Ernährungstherapie verursacht werden kann. In der individuellen Patientendaten-Metaanalyse von Adigbli et al. 2024 [478] wurden aus 38 Studien 20 ($N=14.171$ Patienten) individuelle Daten zur intensivierten versus konventionellen Glukosekontrolle analysiert. Der Effekt auf die Mortalität war nicht signifikant unterschiedlich, das Risiko einer schweren Hypoglykämie bei intensiverter Glukosekontrolle jedoch signifikant höher (Risikoverhältnis 3,38; 95 % CI 2,99 bis 3,83; $P<0,0001$) [478].

8.8 Stressulkusprophylaxe

8.14/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, dass Patienten mit Sepsis oder septischem Schock nur bei vorliegenden Risikofaktoren für gastrointestinale (GI-)Blutungen eine Stressulkusprophylaxe erhalten.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Klinisch relevante obere GI-Blutungen: Hoch $\oplus\oplus\oplus\oplus$**
- **Literatur: [479]**
- **Konsensstärke: 100 %**

8.15/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, dass Patienten mit Sepsis oder septischem Schock mit vorliegenden Risikofaktoren für gastrointestinale (GI-)Blutungen eine Stressulkusprophylaxe mit Protonenpumpeninhibitoren erhalten.**
- **Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung/Aktualisierung der Evidenz**
- **Qualität der Evidenz:**
- **Klinisch relevante obere GI-Blutungen: Moderat $\oplus\oplus\oplus\ominus$**
- **Literatur: [480]**
- **Konsensstärke: 100 %**

Patienten mit Sepsis oder septischem Schock weisen häufig einen oder mehrere der 3 unabhängigen Risikofaktoren (respiratorische Insuffizienz, definiert als maschinelle Beatmung >48 h; Gerinnungsstörung, definiert als INR $>1,5$ oder Thrombozytenzahl $<50.000/\text{mm}^3$ [3]; akutes Nierenversagen) für das Auftreten einer klinisch signifikanten stressbedingten Blutung auf, die mit erhöhter Morbidität und Mortalität assoziiert sein kann. Gleichzeitig kann unter dem Einsatz einer medikamentösen Stressulkusprophylaxe das Risiko einer *Clostridioides-difficile*-Kolonitis oder einer Pneumonie erhöht sein [481, 482].

Erstens wurde der Frage nachgegangen, ob eine Stressulkusprophylaxe vs. keine Prophylaxe die klinische Prognose der Zielpopulation beeinflusst, und zweitens, welche Medikation bei Indikation für eine Stressulkusprophylaxe eingesetzt werden sollte. Zu (1) wurde die SSC-Leitlinienempfehlung auf Basis der Cochrane-Metaanalyse von Toews et al. [480] adaptiert. Im Vergleich zu Placebo war in dieser Analyse von 106 Studien mit insgesamt 15.027 Patienten eine Stressulkusprophylaxe vs. keine Prophylaxe/Placebo mit einer signifikanten Reduktion des Blutungsrisikos (RR 0,47; CI 0,39 bis 0,57) assoziiert. Ein signifikanter Einfluss auf die Mortalität wurde nicht gefunden [480].

In dem sog. REVISE-RCT von Cook et al. [483] wurden 4821 Patienten mit mindestens einem der o.g. Risikofaktoren in 68 Intensivstationen randomisiert und der Einsatz von 40 mg Pantoprazol intravenös mit Placebo verglichen. Klinisch bedeutsame obere gastrointestinale Blutungen traten bei 25 von 2385 Patienten (1,0 %) unter Pantoprazol und bei 84 von 2377 Pati-

enten (3,5 %) unter Placebo auf (HR 0,30; 95 % CI 0,19 bis 0,47; $P < 0,001$). Die 90-Tage-Mortalität lag in der Pantoprazol-Gruppe bei 29,1 %, in der Placebo-Gruppe bei 30,9 % (HR 0,94; 95 % CI 0,85 bis 1,04; $P = 0,25$). Alle anderen sekundären Endpunkte inklusive Pneumonierate und Rate der *Clostridioides-difficile*-Infektionen waren in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich [483].

Die Empfehlung zur Wahl der Medikation bei Indikation für eine Stressulkusprophylaxe wurde auf Basis der Metaanalyse von Wang et al. [479] gegeben. Zwölf Studien mit 9533 Patienten wurden in die Metaanalyse inkludiert. Protonenpumpeninhibitoren waren, verglichen mit Histamin-H₂-Rezeptorantagonisten, mit einer geringeren Inzidenz klinisch bedeutsamer oberer gastrointestinaler Blutungen assoziiert (RR 0,51; 95 % CI 0,34 bis 0,76). Ein signifikanter Einfluss auf die Sterblichkeit wurde nicht gefunden (RR 0,99; 95 % CI 0,93 bis 1,05). Eine Subgruppenanalyse zeigte jedoch, dass Protonenpumpeninhibitoren mit einer niedrigeren 90-Tage-Sterblichkeit bei weniger schwer erkrankten Patienten assoziiert war (RR 0,89; 95 % CI 0,80 bis 0,98). Unterschiede zwischen Protonenpumpeninhibitoren und Histamin-H₂-Rezeptorantagonisten in Bezug auf die Pneumonie- und *Clostridioides-difficile*-Infektionsraten zeigten sich nicht [479].

In der zuvor publizierten Metaanalyse von Deliwala et al. [484] wurden insgesamt 14 RCTs mit 28.526 Patienten berücksichtigt. In der gepoolten Analyse waren Protonenpumpeninhibitoren mit einer geringeren Rate an klinisch signifikanten gastrointestinalen Blutungen, verglichen mit Histamin-H₂-Rezeptorantagonisten (RR 0,68; 95 % CI 0,57 bis 0,82), assoziiert. Es wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Gesamtmortalität (RR 1,05; 95 % CI 1,00 bis 1,10) oder der Pneumonierate (RR 1,11; 95 % CI 0,82 bis 1,51) gefunden [484].

In dem sog. PEPTIC-RCT [485] von Young und Koautoren wurden 26.828 Patienten hinsichtlich des Effektes einer Stressulkusprophylaxe mit Protonenpumpeninhibitoren versus Histamin-H₂-Rezeptorantagonisten analysiert. Klinisch bedeutsame obere gastrointestinale Blutungen traten bei 1,3 % der PPI-Gruppe und 1,8 % der H₂-RA-Gruppe auf (RR

0,73; 95 % CI 0,57 bis 0,92). Die Rate an *Clostridioides-difficile*-Infektionen und die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus unterschieden sich zwischen den Behandlungsgruppen nicht signifikant [485].

8.9 Vitamine

8.16/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- **Empfehlungsgrad: Stark**
- **Wir empfehlen, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock hochdosiertes Vitamin C – weder als Monotherapie noch als Kombinationstherapie mit Hydrocortison und hochdosiertem Vitamin B1 (Thiamin) – NICHT zu verwenden.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Aktualisierung der Evidenz und Änderung des Empfehlungstextes**
- **Qualität der Evidenz:**
 - **HAT [486]:**
 - **90 d-Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕**
 - **Monotherapie Vitamin C [487]:**
 - **30 d-Mortalität: Sehr niedrig ⊕⊕⊕⊕**
 - **Literatur: [486, 487]**
 - **Konsensstärke: 100 %**

In der SSC-Leitlinie 2021 wird eine schwache Empfehlung gegen den Einsatz einer hochdosierten intravenösen Vitamin-C-Monotherapie ausgesprochen. In dem Hintergrundtext werden Metaanalysen zugrunde gelegt, die Studien sowohl zur Kombinationstherapie von hochdosiertem Vitamin C mit Hydrocortison und Vitamin B1 (Thiamin) – die sog. HAT-Therapie – als auch Studien, die hochdosiertes Vitamin C als Monotherapie einsetzten, inkludiert.

Im betrachteten Recherchezeitraum lagen der Arbeitsgruppe nun 17 Metaanalysen zur HAT-Therapie und insgesamt 25 Metaanalysen zur hochdosierten Vitamin-C-Monotherapie vor. Die intravenös applizierte Vitamin-C-Dosierung war in den inkludierten Studien unterschiedlich, mit Dosierungsstrategien wie 25–50 mg/kg alle 6 h für 96 h oder 1,5 g alle 6 h über 96 h oder 1 g als Loading-Dosis und weitere 250 mg/h kontinuierlich über 96 h nach Aufnahme auf die Intensivstation. Insbesondere in den Metaanalysen zur HAT-Therapie waren die Arme Intervention und Kontrolle sehr heterogen, u.a. HAT-Therapien bzw. unterschiedliche Vitamin-Kombinationstherapien. Die Kontrollarme erhielten entweder Placebo,

eine Hydrocortison-Monotherapie, eine sog. Standardbehandlung oder andere. Zur HAT-Therapie wurde die Netzwerk-Metaanalyse von Fujii et al. 2022 [486] zugrunde gelegt. Insgesamt wurden die Ergebnisse von 43 RCTs mit 10.257 Patienten gepoolt, der primäre Endpunkt war Langzeitmortalität (90 Tage bis 1 Jahr), sekundäre Endpunkte Schweregrad der Organdysfunktion über 72 h, Zeit bis zum Absetzen der Vasopressor-Therapie und die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation. Es gab keine signifikanten Unterschiede in der Langzeit-Mortalität zwischen der HAT-Therapie und Placebo bzw. Standardtherapie, auch zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Therapiearmen (10 RCTs, 7096 Patienten). Auch bei den sekundären Endpunkten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, außer dass die Zugabe von Hydrocortison zu Vitamin C und Vitamin B1 mit einer kürzeren Dauer der Vasopressor-Therapie assoziiert war [486].

Die einzige Metaanalyse, die nur Studien mit einer hochdosierten Vitamin-C-Monotherapie gegen Placebo untersuchte, war die Metaanalyse von Zeng et al. 2023 [487] und wurde für die Empfehlung zugrunde gelegt. Diese Metaanalyse beinhaltet auch das bislang größte RCT von Lamontagne et al. 2022 [488] zur hochdosierten Vitamin-C-Monotherapie bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock. Die gepoolten Ergebnisse von 8 RCTs mit 1394 Patienten zeigten, dass hochdosiertes Vitamin C mit einer Reduktion der Mortalität innerhalb von 30 Tagen bei Patienten mit Sepsis, nicht jedoch bei Patienten mit septischem Schock assoziiert ist. Darüber hinaus war hochdosiertes Vitamin C bei Patienten mit Sepsis, nicht aber bei Patienten mit septischem Schock, mit einer kürzeren Therapiedauer vasoaktiver Medikamente verbunden, jedoch ohne signifikanten Einfluss auf die Intensivliegedauer. Effektunterschiede zwischen hochdosiertem Vitamin C und Placebo zeigten sich weder im SOFA-Score 96 h nach Therapiebeginn noch in der 90-Tage-Mortalität im Vergleich, sowohl bei Patienten mit Sepsis als auch septischem Schock. [487]

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass sich diese Empfehlung auf die hochdosierte intravenöse Vitamin-C-Therapie bezieht. Die Substitution des emp-

fohlenen Tagesbedarfs von Vitaminen (und Spurenelementen) für gesunde Erwachsene bei nichtbilanzierter enteraler oder (rein) parenteraler Ernährung, im Rahmen der medizinischen Ernährungstherapie kritisch kranker Patienten mit Sepsis oder septischem Schock, bleibt davon unberührt.

8.10 Bikarbonat

8.17/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit septischem Schock Natriumbicarbonat allein zum Zwecke einer Verbesserung der Hämodynamik NICHT zu verwenden.**
- **SSC-Leitlinienadaption/Änderung des Empfehlungsgrades und Empfehlungstextes**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die Empfehlung der S3-Sepsis-Leitlinie 2018, dass Natriumbicarbonat grundsätzlich nicht bei Patienten mit septischem Schock eingesetzt werden soll, beruhte auf zwei kleinen randomisierten kontrollierten Studien, die keinen Vorteil hinsichtlich einer hämodynamischen Stabilisierung bzw. des Vasopressorbedarfs zeigen konnten [489, 490].

In einer multizentrischen randomisierten kontrollierten Studie aus dem Jahr 2018 wurden 400 Patienten mit einem $\text{pH} \leq 7,2$ stratifiziert randomisiert und erhielten entweder Natriumbicarbonat mit einem Ziel-pH von 7,3 oder keine Therapie [491]. Im kombinierten Endpunkt aus 28-Tage-Mortalität und Organversagen an Tag 7 zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Die Interventionsgruppe mit Natriumbicarbonat-Therapie erlitt allerdings häufiger eine Hypernatriämie, Hypokalzämie und metabolische Alkalose. Insgesamt hatten 61 % der eingeschlossenen Patienten einen septischen Schock, wobei die Anzahl an Patienten mit septischem Schock in den beiden Gruppen gleich verteilt war.

Eine Subgruppenanalyse der genannten Studienergebnisse zeigte bei Patienten mit akutem Nierenversagen (AKI Grad 2 und 3) bei Randomisierung ($n=182$, 47 %) eine signifikant niedrigere 28-Tage-Sterblichkeit in der Interventionsgruppe (46 %) im Vergleich zur Kontrollgruppe (63 %) (RR 17,7 %; 95 % CI –33,0 bis –2,3;

$p=0,016$). Zudem wurde signifikant seltener ein Nierenersatzverfahren während des Intensivaufenthalts in der Gruppe mit Natriumbicarbonat-Therapie eingesetzt (35 vs. 52 %, $p=0,0009$). Es zeigte sich eine signifikante Differenz zwischen Patienten mit einem AKIN-Score von 2 oder 3 im Vergleich zu denen mit einem Score von 0–1 ($p=0,023$) [491].

Zusammenfassend ist die Evidenz basierend auf den vorhandenen Daten zum Einsatz bei AKI gering, und wir sprechen daher keine generelle Empfehlung für den Einsatz von Natriumbicarbonat in dieser Subgruppe aus. Basierend auf den genannten Daten sollte bei Patienten mit septischen Schock, metabolischer Azidose mit einem $\text{pH} \leq 7,2$, und einem AKI (Grad 2 oder 3) die Gabe individuell mit Abwägung von Nebenwirkungen und potenziellem Nutzen erfolgen.

9. Behandlungsziele und Spätfolgen

Patienten, die eine Sepsis überlebt haben und längere Zeit intensivmedizinisch behandelt werden mussten, sind in der Regel mit einem langen und komplizierten Genesungsprozess konfrontiert. Es sind nicht nur Herausforderungen bei der körperlichen Rehabilitation zu bewältigen, sondern es besteht auch Verunsicherung darüber, wie die weitere Versorgung organisiert und koordiniert werden kann, um sowohl die Genesung zu fördern, aber auch Komplikationen zu vermeiden und sicherzustellen, dass die Versorgung auf die individuellen Präferenzen des Patienten und der Familie abgestimmt ist.

Es besteht ein breiter Konsens darüber, dass das derzeitige Gesundheitssystem erhebliche Defizite hinsichtlich der optimalen Versorgung dieser Patienten während der Genesungsphase aufweist. Es hat sich jedoch als außerordentlich schwierig erwiesen, eine solide Evidenzbasis zu generieren, auf der konkrete Empfehlungen zu Verbesserungen im Versorgungsparadigma abgegeben werden können.

Es gibt jedoch einige übergreifende konzeptionelle Merkmale einer „besten Praxis“, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Art, der Zeitpunkt und die Kombination dieser breiten Aspekte der Versorgung

variieren können und es bisher wenige evidenzbasierte Belege dafür gibt.

9.1 Behandlungsziele und Palliativversorgung

9.1/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- EK
- **Wir empfehlen, dass die Behandlungsziele und die Prognose mit den Patienten bzw. deren Angehörigen/Betreuern besprochen werden.**
- **SSC-Leitlinienadoption**
- **Konsensstärke: 100 %**

9.2/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- **Wir schlagen vor, bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock die Behandlungsziele möglichst früh (innerhalb von 72 h) festzulegen.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Konsensstärke: 100 %**

Die Sterblichkeitsrate von Sepsis-Patienten mit multiplem Organversagen ist hoch, und die Langzeitfolgen nach überlebter Sepsis sind häufig schwerwiegend. Das Ergebnis einer intensivmedizinischen Behandlung bei kritisch erkrankten Patienten exakt vorherzusagen, ist nicht möglich. Dennoch ist die Aufstellung realistischer Therapieziele von außerordentlicher Wichtigkeit [492]. Insbesondere, weil falsche Erwartungen bezüglich der Prognose bei den Angehörigen häufig sind. Eine vollumfängliche lebensverlängernde Intensivbehandlung steht nicht im Einklang mit dem Setzen von erstrebenswerten Behandlungszielen [493, 494]. Die Nutzung von Behandlungskonferenzen zur Identifizierung von Patientenverfügungen und von Behandlungszielen innerhalb von 72 h ab dem Zeitpunkt der Aufnahme auf der Intensivstation fördert nachweislich die Kommunikation und die Verständigung zwischen der Familie des Patienten und dem Behandlungsteam, verbessert die Angehörigenzufriedenheit, verringert Stress, Ängste und Depressionen bei den Angehörigen, erleichtert die Entscheidungsfindung zur Sterbebegleitung und verkürzt die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation bei Patienten, die versterben

[495, 496]. Die Förderung einer gemeinsamen Entscheidungsfindung mit dem Patienten und dessen Angehörigen ist bei der Sicherstellung einer angemessenen Versorgung auf der Intensivstation und der Gewährleistung, dass überflüssige Behandlungsmaßnahmen vermieden werden, hilfreich [497, 498].

Die Palliativversorgung wird zunehmend als wesentlicher Bestandteil einer umfassenden Versorgung von kritisch kranken Patienten anerkannt, und zwar unabhängig von der Diagnose oder der Prognose [499]. Die Nutzung der Palliativmedizin auf der Intensivstation verbessert die Möglichkeiten zur Erkennung von Schmerzen und Ängsten, die Feststellung der Wünsche, Glaubensgrundsätze und Werte des Patienten und deren Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Palliativmedizinische Konzepte fördern die Entwicklung von flexiblen Kommunikationsstrategien, die Festlegung von Behandlungszielen, die Bereitschaft zur Sterbebegleitung durch Angehörige, die Unterstützung bei der Lösung von Konflikten innerhalb des Teams und die Aufstellung von angemessenen Zielen für lebenserhaltende Maßnahmen [500].

Ein systematisches Review von palliativen Maßnahmen aus dem Jahre 2015 hat ergeben, dass Patienten, bei denen vollumfängliche Intensivbehandlungspläne und palliative Maßnahmen einbezogen wurden – trotz großer Abweichungen in Bezug auf den Studientyp und die Qualität – in 9 randomisierten kontrollierten Studien und 13 nichtrandomisierten kontrollierten Studien durchgängig ein Muster aufwiesen, welches auf einen Rückgang der Wiederaufnahmen und einen kürzeren Aufenthalt auf der Intensivstation hindeutet [501]. Zudem konnte 2022 in der randomisierten IMPACTS-Studie gezeigt werden, dass die Implementierung eines Maßnahmen-Bündels zur Optimierung des Entlassmanagements der Sepsis-Patienten vom Akutkrankenhaus in andere Versorgungseinrichtungen, welches auch palliativmedizinische Aspekte beinhaltete, sogar zu einem besseren Überleben führen kann [502, 503].

2024 hat die Europäische Gesellschaft für Intensivmedizin (ESICM) eine Leitlinie [504] zur Intensivtherapie am Lebensende und zur Palliativmedizin auf der In-

tensivstation veröffentlicht. Die Autoren empfehlen auf niedriger Evidenzstufe, dass zur Beurteilung von Symptomen bei Patienten mit fortgeschrittenen Erkrankungen zur besseren Behandlung validierte Instrumente eingesetzt werden sollten [504].

Die signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Krankenhäusern hinsichtlich der Bereitstellung von palliativen Maßnahmen stehen im Einklang mit früheren Studien, die Abweichungen bei der Versorgungsintensität am Lebensende nachgewiesen haben [505]. Trotz der Unterschiede in Bezug auf die jeweilige geografische Herkunft, die nationalen Rechtssysteme, die Religion und die kulturellen Präferenzen besteht ein weltweiter Konsens im Hinblick auf die wesentlichen intensivmedizinischen Praktiken am Lebensende [506].

9.2 Entlassmanagement und Nachsorge von Spätfolgen

9.2.1 Post-Intensive-Care-Syndrom (PICS)

Das Post-Intensive-Care-Syndrom (PICS) beschreibt Beeinträchtigungen der physischen, kognitiven oder psychischen Funktionen, die nach einem Intensivaufenthalt erstmals oder verstärkt auftreten [507]. Es ist deshalb sinnvoll, Patienten nach Sepsis auf diese Folgeerkrankungen hin zu untersuchen, um ggf. ergo-, physio- und psychotherapeutische Behandlungen einleiten zu können [508]. Einige der häufigsten Beeinträchtigungen werden im Folgenden beschrieben.

9.2.2 Delir

Der Begriff der septischen Enzephalopathie beschreibt eine diffuse organische Funktionsstörung des Gehirns bedingt durch die Sepsis. Dabei ist das Sepsis-assoziierte Delir das klinische Korrelat im Sinne eines hirnorganischen Psychosyndroms, das durch gleichzeitig bestehende Störungen des Bewusstseins, der Aufmerksamkeit, der Wahrnehmung, des Denkens, des Gedächtnisses, der Psychomotorik, der Emotionalität und des Schlaf-Wach-Rhythmus charakterisiert ist [362].

Zur Behandlung des Delirs auf der Intensivstation sei auf die „S3-Leitlinie Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in

der Intensivmedizin (DAS-Leitlinie)“ [362] verwiesen.

9.2.3 Kognitive Dysfunktion

Die schwer verlaufende Sepsis ist mit einem substanziellen und persistierenden kognitiven Abbau und funktioneller Einschränkung vergesellschaftet [509]. Eine Studie von 821 Intensivpatienten mit respiratorischem Versagen und Schock konnte nachweisen, dass nach 12 Monaten 34 % der Patienten kognitive Defizite vergleichbar zu Patienten mit leichtem Schädel-Hirn-Trauma und sogar 24 % der Patienten kognitive Einbußen vergleichbar mit Patienten mit leichter Alzheimer-Erkrankung aufweisen [510].

Für das Erkennen der kognitiven Dysfunktion nach septischer Enzephalopathie eignet sich z.B. das Montreal Cognitive Assessment (MoCA) Instrument [511].

9.2.4 Posttraumatische Belastungsstörung

Die posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) ist eine spezifische Form von psychischen Traumafolgeerkrankungen, die nach einem schweren Verlauf einer Sepsis und in Zusammenhang mit einer intensivmedizinischen Behandlung auftreten können [512].

Die Punkt-Prävalenz von PTBS nach intensivmedizinischer Behandlung wird basierend auf Daten einer Metaanalyse [513] auf 4 % bis 62 % geschätzt und variiert dabei in Abhängigkeit von der Zeit nach ITS-Behandlung sowie dem Diagnoseinstrument. Für ein bis sechs Monate nach ITS-Behandlung wird die mittlere Prävalenz für klinisch relevante PTBS-Symptome mit 25 % (95 % CI 18 %–34 %) angegeben, für sieben bis 12 Monate werden entsprechend 17 % (95 % CI 10 %–26 %) berichtet. Die Komorbidität mit anderen psychischen Störungen wie Depression, Schlaf- oder substanzinduzierten Störungen sowie kognitiven Einschränkungen ist hoch [514–516]. Bei einem Teil der Patienten (18–26 %) kommt es zu einem protrahierten Verlauf (bzw. einem verzögerten Beginn) der PTBS [517, 518]. Psychische Vorerkrankungen und negative ITS-Erfahrungen erhöhen das PTBS-Risiko nach kritischen Erkrankungen [519]. Während der intensivmedizinischen Behandlung wird daher eine traumasensible Kommunikation („trau-

ma-informed care“) durch das behandeln-de Personal empfohlen [362]. Diese zielt auf die Reduktion von Anspannung und auf emotionale Unterstützung der Patienten (und Angehörigen) [520].

Zur Behandlung der PTBS sei auf die „S3-Leitlinie Posttraumatische Belastungsstörung“ [521] verwiesen. Spezifische Behandlungsansätze wie das Lesen von Intensivtagebüchern durch die Patienten nach ITS-Entlassung führt laut einer aktuellen Metaanalyse [522] zu einer signifikanten Reduktion der PTBS-Inzidenz im Zeitraum von 1 bis 3 Monaten nach ITS-Behandlung (7 RCTs; 1015 Patienten, OR 0,63; 95 % CI 0,45 bis 0,87; indirekte Evidenz, ITS-Population) [522]. Durch eine internetbasierte kognitiv-behaviorale Schreibtherapie konnte keine Reduktion der PTBS-Symptomatik bei Post-Sepsis-Patienten erreicht werden [523].

9.2.5 Critical-Illness-Polyneuropathie/Critical-Illness-Myopathie (CIP/CIM)

Die neuromuskuläre Schwäche ist eine signifikante Komplikation längerer intensivmedizinischer Behandlung insbesondere bei kritischer Erkrankung, Sepsis und Multiorganversagen. Das klinische Hauptmerkmal ist die muskuläre Schwäche, die „ICU-acquired weakness“ (ICU-AW). Zum einen kommt es zu einem axonalen Schaden peripherer Nerven, der CIP (Critical-Illness-Polyneuropathie). Zum anderen kommt es zu einem Verlust dicker Myosinfilamente im Muskel, der CIM (Critical-Illness-Myopathie). Schließlich entwickeln sich Muskelatrophie und Kachexie. Häufig entwickelt sich eine Kombination aus all diesen Manifestationen. Auch die Entwicklung einer Schluckstörung ist im Verlauf zu bedenken [524].

Zwischen 50 und 100 % der Patienten mit Sepsis, septischem Schock und langer künstlicher Beatmung entwickeln eine CIP. Mindestens ein Viertel der Patienten mit Beatmung über sieben Tage oder mehr haben bereits klinische Zeichen einer CIP. Es wird angenommen, dass CIP, CIM und die Kombination aus beiden in etwa gleichen Anteilen vorkommen [524].

Zur Behandlung von Patienten auf der Intensivstation sei auf die „S3-Leitlinie Lagerungstherapie und Mobilisation von kri-

tisch Erkrankten auf Intensivstationen“ [6] verwiesen.

9.2.6 Entlassmanagement

9.3/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- **Wir empfehlen, dass Sepsis-Überlebende und deren Angehörige über das Beratungsangebot von Selbsthilfe-Gruppen informiert werden.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades**
- **Konsensstärke: 100 %**

In Deutschland sind Krankenhäuser nach § 39 Absatz 1a des Fünften Buches Sozialgesetzbuch (SGB V) verpflichtet, ein effektives Entlassmanagement zur Unterstützung des Übergangs in die Anschlussversorgung zu gewährleisten. Dazu gehört auch der Verweis auf die Teilnahme in Selbsthilfe-Gruppen (siehe: Patienteninformation zum Entlassmanagement, <https://www.gkv-spitzenverband.de/>).

Das Potenzial der Selbsthilfe zur Bewältigung einer Erkrankung liegt im gegenseitigen Austausch von Betroffenen. Das Teilen von Erfahrungswissen ist ein Alleinstellungsmerkmal der individualisierten und gruppenbasierten Selbsthilfe, das nicht durch ein professionelles medizinisches oder therapeutisches Angebot ersetzt werden kann. Teilnehmende in Selbsthilfegruppen (engl. „peer support groups“) erwerben im Vergleich zu Nichtnutzern erhöhte Selbstmanagementfähigkeiten und ein besseres krankheitsspezifisches Wissen [525].

Die Charakteristika einer mit einer intensivmedizinischen Behandlung verbundenen Langzeitmorbidity bei Sepsis-Überlebenden und deren Angehörigen wurde erstmals 2012 unter dem Begriff Post-Intensive-Care-Syndroms (PICS) zusammengefasst und näher definiert [507]. Mit der zunehmenden Akzeptanz des PICS in der Intensivmedizin wurde auch die potenzielle Bedeutung von Selbsthilfe-Gruppen als möglichem patientenzentriertem Ansatz zur Verbesserung der Beeinträchtigung kognitiver, psychischer und physischer Funktionen erkannt [526]. Wesentliche Faktoren des Einflusses von Selbsthilfe-Gruppen auf eine verbesserte Lebensqualität sind der Nutzen durch (1) das Wissen, dass andere ähnliche

Erfahrungen teilen, und (2) die gemeinsame Bewältigung mit anderen Betroffenen [527].

Während Selbsthilfe-Gruppen in anderen Bereichen, vor allem bei onkologischen Erkrankungen, ein integraler Bestandteil einer professionellen medizinischen und psychosozialen Behandlung sind [528, 529], ist die Selbsthilfe bei Sepsis-Überlebenden und deren Angehörigen überwiegend noch unzureichend etabliert [526].

In Deutschland steht seit 2005 mit der Deutschen Sepsis-Hilfe e.V. (DSH) eine Patientenorganisation zur Verfügung, die Sepsis-Überlebende und Angehörige über eine kostenlose Hotline telefonisch (+49-700-73774-700) oder per E-Mail (info@sepsis-hilfe.org) individuell berät. Informationsmaterialien, die in barrierearmer Sprache verfasst sind, stehen auf der DSH-Website <https://sepsis-hilfe.org/de/> zur Verfügung und können den Akutkrankenhäusern auch als Informationsbroschüren zur Verfügung gestellt werden.

9.4/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- **Wir empfehlen, dass bei Sepsis-Überlebenden im Entlassbericht auf die Möglichkeit der Entwicklung eines Post-Intensive-Care-Syndroms (PICS) hingewiesen wird.**
- **SSC-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades und Empfehlungstextes**
- **Konsensstärke: 100 %**

Der Übergang von der stationären Krankenhausversorgung in die hausärztliche, rehabilitative oder pflegerische Versorgung stellt eine besonders kritische Phase der Behandlungs- und Versorgungskette für Patienten mit überlebter Sepsis dar. Dieses gilt insbesondere für Spätfolgen, die aus dem Symptomkomplex des PICS auftreten können [530].

Die häufigsten PICS-assoziierten Erkrankungen sind neu aufgetretene neurokognitive Einschränkungen, eine Critical-Illness-Polyneuropathie und -myopathie (CIP/CIM) bzw. eine posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) [514, 530]. Hierfür gibt es jedoch zumeist keine adäquate Diagnose zum Zeitpunkt der Krankenhausentlassung, weil die körperlich und mental kompromittierten Patienten zu diesem

Tab. 7 Anwendungsbeispiel für einen standardisierten Textblock von Entlassungsberichten bei Sepsis-Überlebenden

„Hinweis für die nachbehandelnden Ärztinnen und Ärzte: Ihr Patient litt an einer Sepsis mit schwerem Verlauf, der eine Intensivtherapie erforderlich machte. Obwohl die Akutphase der Erkrankung überstanden ist, besteht das Risiko der Entwicklung eines sogenannten Post-Intensive-Care-Syndroms (PICS), oft auch mit großer Verzögerung. Ein PICS kann vielfältige Probleme auslösen: physisch (Anhaltende Schwäche, Müdigkeit, Schmerzen), kognitiv (Gedächtnis- und Konzentrationsprobleme) und psychisch (posttraumatische Belastungsstörung, Angststörungen, Depression). Bitte weisen sie Ihren Patienten auf die Möglichkeit der Kontaktaufnahme mit Selbsthilfegruppen hin (Deutsche Sepsis-Hilfe e. V.: https://sepsis-hilfe.org/).“	
Erkrankung	ICD-10-GM-2024
Kognitive Dysfunktion	U51.–
Posttraumatische Belastungsstörung	F43.1
Polymyopathie/Polyneuropathie	G72.80, G62.80
Energie- und Eiweißmangelernährung	E43

Zeitpunkt noch nicht für die aufwendigen neuropsychologischen Testungen empfänglich sind bzw. eine neurophysiologische Diagnostik (ENG/EMG) nicht erfolgte. Auch nach Entlassung aus dem Akutkrankenhaus erhalten die Patienten zumeist keine entsprechende Diagnostik, weil die nachbehandelnden Hausärzte in der Regel nicht über das erforderliche Wissen zum PICS-Komplex verfügen [531]. In einer qualitativen Studie hatten 63 % bzw. 81 % der Hausärzte keine Kenntnisse über ein PICS bei Patienten bzw. deren Angehörigen [532].

Intensivmediziner verfügen zwar über diese Kenntnisse, allerdings sind Informationen über bereits bestehende Symptome oder ein erhöhtes Risiko für ein PICS nur bei jedem dritten Sepsis-Überlebenden in den Entlassungsberichten der Akutkrankenhäuser enthalten [533, 534].

In der S3-Leitlinie „Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge 2018“ [1] wurde bereits darauf hingewiesen, „die nachbehandelnden Ärzte im Postakut- und ambulanten Bereich auf diese Spätfolgen im Entlassungsbericht aus dem Krankenhaus aufmerksam zu machen“ [1]. Eine Diagnoseklassifikation des PICS ist in der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD) bisher nicht enthalten [535], sodass gegenwärtig nur Symptome klassifikatorisch benannt werden können (▣ Tab. 7).

9.2.7 Nachsorgeprogramme und Rehabilitation

Die Surviving Sepsis Campaign 2021 [2] hat erstmals eine Empfehlung für ambu-

lante Nachsorgeprogrammen nach Intensiv-aufenthalt mit einer schwachen Empfehlung und sehr niedrigen Qualität der Evidenz ausgesprochen. In Deutschland werden diese Programme als Ambulanz für Intensivmedizinische Nachsorge oder PICS-Ambulanz bezeichnet und zunehmend angeboten. Ein Cochrane-Review aus dem Jahr 2018 konnte auf der Grundlage von 5 Studien keine Evidenz für den Nutzen von derartigen intensivstationären Nachsorgeprogrammen nachweisen [536]. Seit her wurde eine randomisierte kontrollierte Studie von Sharshar et al. [537] veröffentlicht, bei der ein multidisziplinäres Beratungsangebot mit einer signifikant höheren Mortalität und Verschlechterung der Lebensqualität, insbesondere von Angst und Depression im Vergleich zur Standardnachsorge, verbunden war [537]. Auf der anderen Seite haben Taylor et al. [502] in einer randomisierten kontrollierten Studie nachgewiesen, dass ein 30-Tage-Beratungsprogramm durch eine Pflegekraft zu einer niedrigeren Mortalität und Rehospitalisierungsrate führen kann [502]. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ergebnisse ist es aktuell nicht möglich, eine Empfehlung für oder gegen ein Nachsorgeprogramm nach Intensiv-aufenthalt für Sepsis-Patienten auszusprechen. Die Leitlinien-gruppe möchte allerdings betonen, dass in generellen Kohorten von Intensivüberlebenden mehrfach deutliche Einschränkungen in den kognitiven, psychologischen und funktionellen Domänen nachgewiesen wurden, die unter dem Begriff Post-Intensive-Care-Syndrom (PICS) zusammengefasst werden [507, 538]. Die Häufigkeit

der Einschränkungen wird dabei mit mind. 50 % angegeben [510, 539–543].

In mehreren randomisierten Studien wurde der Stellenwert von Rehabilitationsprogrammen für Überlebende einer kritischen Erkrankung untersucht [544–552]. Diese Studien konzentrierten sich auf kritisch kranke Patienten mit mehrtägiger ITS-Liege- bzw. Beatmungsdauer. Dabei zeigten sich geringfügige Verbesserungen der Lebensqualität und der depressiven Symptome, aber kein Unterschied in der Mortalität, der körperlichen Funktion oder der Angst. Dennoch können aufgrund des überzeugenden Nutzens von stationären Rehabilitationsprogrammen bei anderen Erkrankungen [553] (z. B. ältere Patienten mit kognitiven Beeinträchtigungen, Patienten nach Schlaganfall oder traumatischer Hirnverletzung) Überlebende einer Sepsis von der Verlegung in Rehabilitationseinrichtungen profitieren. Dieser Vorschlag steht im Einklang mit den Leitlinien mehrerer Expertengremien [554–556]. Zukünftige Forschung ist erforderlich, um einen optimalen Ansatz für die funktionelle Rehabilitation (Zeitpunkt, Dosierung, Intensität, Dauer) und die Patientenauswahl zu bestimmen [557].

Das Literaturupdate der Leitliniengruppe hat lediglich eine weitere relevante, jedoch retrospektive Studie basierend auf Daten einer deutschen Krankenkassen-Daten identifiziert, die jedoch nicht nur Intensivpatienten, sondern generell Krankenhauspatienten untersuchte. In diesen Daten von ca. 42.000 Sepsis-Patienten zeigt sich ein Hinweis auf ein besseres Langzeitüberleben in der Rehabilitationsgruppe [558]. Dieses spiegelt sich auch in einer weiteren retrospektiven Analyse von Daten einer anderen deutschen Krankenkasse wider, in die allerdings nicht nur Patienten mit Sepsis und septischem Schock, sondern auch schweren Infektionen eingeschlossen wurden [559].

10. Präventionsmaßnahmen und Impfungen

10.1 Maßnahmen zur Infektionsprävention

Die Leitlinienkommission hat einvernehmlich entschieden, der Prävention nosokomialer Infektionen wegen ihrer großen Be-

deutung ein eigenes Kapitel zu widmen. In den Empfehlungen der SSC-Leitlinie 2021 werden Maßnahmen zur Prävention von nosokomialen Infektionen nicht separat aufgegriffen.

Zur Prävention von nosokomialen Infektionen, die zu einer Sepsis führen können, wie auch zur gefäßkatheterassoziierten Sepsis existieren diverse spezifische Leitlinien und Empfehlungen. Für Deutschland sind hier insbesondere die Empfehlungen der Kommission für Infektionsprävention in medizinischen Einrichtungen und in Einrichtungen und Unternehmen der Pflege und Eingliederungshilfe (KRINKO) zu erwähnen.

Zudem veröffentlichte die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO) 2016 Leitlinien zu den Kernkomponenten der Infektionsprävention, welche später von Storr und Kollegen aktualisiert wurden [560, 561]. Diese Leitlinien wurden nach den Anforderungen des WHO-Handbuches für die Leitlinienentwicklung erarbeitet [562] und waren eine Weiterentwicklung der evidenzbasierten Leitlinien der SIGHT-Gruppe, die Fachliteratur mit Publikationsdatum von 1996 bis 2012 berücksichtigte [563]. Durch die WHO-Arbeitsgruppe wurden entsprechende PICO-Fragen formuliert, und es wurde ein weiteres systematisches Review durchgeführt, das Studien bis 2015 hinzog [564]. Zur Bewertung der Studien wurden die für die Cochrane-EPOC-Reviews entwickelten Kriterien angewendet [565]. Ein weiteres systematisches Review aus dem Jahr 2023 ergänzte die Literatur aus den Jahren 2017 bis 2021 [566].

Die deutsche Sepsis-Leitlinienkommission bewertete die WHO-Kernkomponenten erneut in Bezug auf deren Adaptation. Dabei wurde insbesondere geprüft, ob sich Aussagen zu den Empfehlungen der WHO-Kernkomponenten bereits in anderen nationalen Regelungen mit hohem Umsetzungsgebot (KRINKO-Empfehlungen, Länderhygieneverordnungen, Infektionsschutzgesetz) finden. In diesen Fällen wurde entschieden, auf die Darstellung der WHO-Kernkomponenten in der Sepsis-Leitlinie zu verzichten. Es wird daher an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Infektionsprävention in Deutschland in hohem Maß auch durch Gesetze reguliert ist und die Kenntnis und

Beachtung dieser Vorgaben die Grundlage der Infektionsprävention und damit auch der Sepsis-Prävention darstellen. Eine weitere Empfehlung zur Implementierung eines Antibiotic-Stewardship (ABS)-bzw. Antimicrobial-Stewardship (AMS)-Programms wurde in die Sepsis-Leitlinie integriert.

10.1/Empfehlung/Bestätigt (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen die Implementierung eines Antimicrobial-Stewardship (AMS)-Programms zur Sicherung einer rationalen Antiinfektiva-Anwendung im Krankenhaus.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Konsensstärke: 100 %

Ein ABS-Programm wird auch in einem Positionspapier [567] der Kommission Antiinfektiva, Resistenz und Therapie Kommission (ART) empfohlen.

10.2/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, multimodale Strategien zur Implementierung von Infektionspräventionsmaßnahmen (z. B. bei intravasalen Kathetern) einzusetzen.
- WHO-Leitlinienadaptation/Änderung des Empfehlungsgrades
- Konsensstärke: 100 %

Innerhalb von multimodalen Strategien werden verschiedene Implementierungsansätze (üblicherweise 5: Bereitstellung einer geeigneten Infrastruktur, Aus- und Weiterbildung, Monitoring von Infrastruktur, Prozessen und Ergebnisqualität, Kommunikation und Kulturwandel) zu einem Gesamtkonzept verbunden und beinhalten häufig Bundles oder Checklisten, die durch multidisziplinäre Teams entsprechend den lokalen Bedingungen entwickelt werden. Ziel hierbei ist das Verhalten der Mitarbeitenden im Hinblick auf notwendige Verbesserungen zu beeinflussen und zu einer Veränderung der Organisationskultur beizutragen. Solche multimodalen Strategien sind insbesondere bei der Verbesserung der Händehygiene-Compliance, der Reduktion von mit zentralen Venenkathetern (ZVK-)assoziierten Blutstrominfektionen und Beatmungs-assoziierten Pneumonien

relevant, aber auch bei der Senkung der Zahl von Infektionen mit Methicillin-resistentem *Staphylococcus aureus* (MRSA) und *Clostridioides difficile* (*C. difficile*) [561].

Die optimale Anzahl oder Art der in multimodalen Strategien eingesetzten Interventionen ist bis heute jedoch nicht bekannt [564].

In Deutschland kann die Evidenz für verschiedene Einzelmaßnahmen, welche Gegenstand solcher multimodalen Strategien sein können, den jeweiligen KRINKO-Empfehlungen entnommen werden.

10.2 Impfungen

10.3/Empfehlung/Modifiziert (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen die Umsetzung der Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert Koch-Institut, insbesondere die Impfungen gegen Influenza, COVID-19, RSV (Respiratory Syncytial-Virus), Pneumokokken, Meningokokken und *Haemophilus influenzae* B.
- Wir empfehlen für das medizinische Personal die jährliche Impfung gegen Influenza und COVID-19, um Patienten vor nosokomialen respiratorischen Infektionen und konsekutiver Sepsis zu schützen.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Literatur: [568]
- Konsensstärke: 100 %

10.4/Empfehlung/NEU (Stand 2025)

- EK
- Wir empfehlen, dass Patienten mit Asplenie gemäß STIKO-Empfehlungen geimpft, mit einem entsprechenden Notfallpass und mit einer Antibiotika-Standby-Prophylaxe ausgestattet werden.
- Zusätzliche DSG-Leitlinienempfehlung
- Literatur: [568]
- Konsensstärke: 100 %

In den Empfehlungen der SSC-Leitlinie 2021 werden Impfungen nicht separat erwähnt. Da Impfungen jedoch eine wesentliche Präventionsmaßnahme zur Reduktion von Mortalität und Morbidität schwerer Infektionen und damit der Sepsis darstellen, ist aus Sicht der Leitlinienkommission ein Verweis erforderlich.

Um vulnerable Patienten vor nosokomialer Influenza und einer COVID-19-Infektion, die mit einer relevanten Mortali-

tät assoziiert ist, zu schützen, wird dem medizinischen Personal jährlich zu Beginn der Saison eine Impfung mit den jeweils empfohlenen Vakzinen empfohlen [568].

Die ambulant erworbene und die nosokomial erworbene Pneumonie sind der häufigste Fokus bei Patienten mit Sepsis oder septischem Schock [569]. Die häufigsten viralen Erreger und der häufigste bakterielle Erreger der ambulant erworbenen Pneumonie, Influenzavirus, COVID-19 und RSV bzw. *Streptococcus pneumoniae* (Pneumokokken), sind impfpräventabel. Viren und Bakterien können gemeinsam als Mischinfektion auftreten – zunehmend werden auch Mischinfektionen mit Pneumokokken und COVID-19 gefunden [570]. Bei diesen Infektionen steigt die Mortalität gegenüber der Monoinfektion deutlich an [571]. Die genannten impfpräventablen viralen und bakteriellen Erreger verursachen auch einen wesentlichen Teil der nosokomialen Pneumonie. Die zunehmende Erkenntnis, dass nosokomiale Influenza, COVID-19 und RSV ein relevantes Problem darstellt, findet sich auch in der aktuellen Leitlinie zur nosokomialen Pneumonie [210]. Eine Erhebung an einem deutschen Universitätsklinikum in der Saison 2014/15 zeigte, dass 35 % aller Nachweise nosokomialen Ursprungs waren; die Mortalität betrug 10 % [572]. Daher unterstützt die Leitlinienkommission nachdrücklich die Empfehlung zur jährlichen Impfung des medizinischen Personals.

Ein besonders hohes Risiko für die Entwicklung einer Sepsis haben Patienten mit einer anatomischen oder funktionellen Asplenie. Sie sind gefährdet, eine rapid verlaufende Sepsis („overwhelming post-splenectomy infection syndrome“, OPSI) durch bekapselte Bakterien zu erleiden – v.a. Pneumokokken, Meningokokken und bekapselte *H. influenzae*-Stämme. Diese sollten mit einem Asplenie-Notfallpass (erhältlich unter www.asplenie-net.org) ausgestattet werden, in dem auch eine Dauerprophylaxe mit Penicillin oder eine Standby-Antibiotikaprophylaxe Amoxicillin/Clavulansäure (bessere Wirksamkeit bei *H. influenzae*) empfohlen wird. Der Vorteil einer Prophylaxe mit Penicillin bei Kindern mit Asplenie wurde auch in einem Cochrane-Review bestätigt [573].

Ein relevanter Anteil der Sepsis-Patienten wurde bereits im vorhergehenden Jahr wegen einer Infektion hospitalisiert. Dennoch ist Großteil der Intensivüberlebenden unzureichend geimpft [574]. Daher sollte bei Patienten, die eine Sepsis oder einen septischen Schock überlebt haben, der Impfstatus im Rahmen der Nachsorge überprüft und komplettiert werden, dies gilt insbesondere für die jährliche Influenzaimpfung.

11. Wichtige Forschungsfragen

Angesichts fehlender Evidenz für zahlreiche Maßnahmen zur Versorgung von kritisch kranken Patienten mit Sepsis oder septischem Schock wurden alte und neue Wissenslücken offenbart. Von insgesamt 56 evidenzbasierten Empfehlungen war die zugrunde liegende „certainty of evidence“ nach GRADE (Evidenzqualität) nur bei 5 Empfehlungen hoch und bei 18 Empfehlungen moderat. Bei 17 Empfehlungen war die Evidenzqualität niedrig und bei 16 sehr niedrig.

Diese Evidenzlücken können nur durch zukünftige multizentrische nichtkommerzielle klinische Prüfungen (IIT, „investigator-initiated trials“) geschlossen werden. Zum überwiegenden Teil sind dieses Therapieoptimierungsstudien (TOS) zu zugelassenen Arzneimitteln bzw. Medizinprodukten, welche im Rahmen einer klinischen Prüfung miteinander verglichen werden. Hier sind zusätzliche Forschungsförderprogramme seitens öffentlicher Förderinstitutionen (BMBF, DFG) zwingend erforderlich, da die Beantwortung dieser Fragen genuin nicht im kommerziellen Interesse der Industrieforschung ist.

Besonders bei schwer erkrankten Patienten mit Sepsis oder septischem Schock ist die bisherige Forschung in Deutschland durch kleine klinische Studien mit unzureichender Aussagekraft gekennzeichnet, oft mit schwacher Methodik. Nur groß angelegte Phase-III-Studien können rasch qualitativ hochwertige Daten liefern, um die medizinische Praxis zu verändern. Dazu gehören große nationale und internationale Plattformstudien, die in vielen Ländern eine große Anzahl von Patienten mittels eines pragmatischen und adaptiven Designs rekrutieren können. Diese Plattformstudien werden als „investigator-initiated trials“

mit öffentlicher Förderung durchgeführt und erlauben aufgrund ihres response-adaptiven Designs rasche Rückschlüsse auf die Überlegenheit bzw. Unterlegenheit eines Studienarmes bzw. einer Intervention.

12. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

12.1 Leitlinienkoordinator/Ansprechpartner

12.2 Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Die Arbeitsabläufe und Verantwortlichkeiten im Leitlinienprojekt sind im Organigramm aufgeführt (vgl. Leitlinienreport unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/079-001>). Die Steuerungsgruppe (LL-steering) koordinierte zusammen mit dem Leitlinienbüro (LL-office) alle Prozesse der Leitlinienarbeit. Die Leitliniengruppe wurde in 9 Arbeitsgruppen (AG-member) aufgeteilt, die jeweils von zwei Koordinatoren (AG-chair) geleitet wurden. Die Koordinatoren waren für einen termingerechten Arbeitsablauf innerhalb ihrer Arbeitsgruppe verantwortlich und bereiteten redaktionell die Leitlinientexte (Begründungen, Literatur) sowie einen Vorschlag für die Empfehlungen auf der Grundlage der neu bewerteten Evidenz durch die Leitlinienmethodiker (LL-Methodik) vor. LL-Methodiker waren Prof. Dr. med. Frank Brunkhorst, Dipl.-Ges.oec. Agnieszka Lajca und Dr. med. Vladimir Patchev (systematische Literaturrecherche, methodische Bewertung der Literatur, Evidenzsynthese, Evidenzprofile nach GRADE).

An der Leitlinienerstellung hat die Deutsche Gesellschaft für Fachkrankenpflege und Funktionsdienste e.V. (DGF) nicht teilgenommen. Diese wurde zu Beginn der Leitlinienerstellung mehrfach angefragt, konnte aber keine Mandatsträger zur Leitlinienerstellung entsenden.

Von der formalen Beteiligung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V. (DGK) und der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin e.V. (DGIM) wurde abgesehen, da Vertreter ihrer Schwerpunktgesellschaften, der Deutschen Gesellschaft für Internisti-

sche Intensivmedizin und Notfallmedizin (DGIIIN), der Deutschen Gesellschaft für Infektiologie (DGI), der Deutschen Gesellschaft für Nephrologie e.V. (DGfN), der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP) und der Deutschen Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie e.V. (DGHO) im Leitlinienkomitee vertreten waren.

12.3 Patientenbeteiligung

Die Sicht von Patienten und Mediziner auf eine Erkrankung unterscheidet sich häufig. Während die Behandelnden das Überleben („survival rate“) zu Recht in den Mittelpunkt ihrer Bemühungen stellen, stellt für Patienten die gesundheitsbezogene Lebensqualität („survivorship“) im Fokus. Bei den meisten Sepsis-Patienten ist eine prolongierte Intensivtherapie erforderlich, die Langzeitfolgen verursacht, welche die Lebensqualität der Patienten einschränken und das Behandlungsergebnis verschlechtern kann. Dies bezeichnet man als Post-Intensive-Care-Syndrom (PICS) [507]. Einen besonderen Schwerpunkt dieser Leitlinie stellen daher die Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität dar, welche im Kapitel „Nachsorge“ gemeinsam mit der Patienten- bzw. Angehörigenorganisation „Deutsche Sepsis-Hilfe“ adressiert werden.

Die Leitlinie wurde unter direkter Beteiligung von Patientenvertretern erstellt. Herr Prof. Frank Brunkhorst, stellvertr. Vorsitzender und Frau Babila Janusan, Geschäftsführerin der Deutschen Sepsis-Hilfe e.V. (<https://sepsis-hilfe.org/de/>), waren stimmberechtigt und vom 01.11.2023 bis 30.04.2025 an der Erstellung der Leitlinie beteiligt.

12.4 Methodische Begleitung

Bei der Aktualisierung wurde die Leitlinie durch Frau Dr. rer. biol. hum. Cathleen Muche-Borowski, AWMF-Leitlinienberaterin, methodisch begleitet.

13. Informationen zu dieser Leitlinie

13.1 Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 2.1 vom 05.09.2023) [575]. Eine ausführliche Beschreibung des methodischen Vorgehens befindet sich im Leitlinienreport auf der AWMF-Website der Leitlinie: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/079-001>.

Quelle: AWMF, Ständige Kommission Leitlinien (2023): Das AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. Marburg: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, Ständige Kommission Leitlinien. URL: https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/dateien/downloads_regelwerk/20230905_AWMF-Regelwerk_2023_V2.1_final.pdf (Zugriffsdatum: 09.03.2025).

13.2 Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz

Den Arbeitsgruppen oblag die Prüfung der Aktualität der Empfehlungen und der zugrunde liegenden Evidenz bzw. Formulierung zusätzlicher im Fachgebiet relevanter, neuer Fragestellungen nach dem PICO-Prinzip (■ Tab. 8).

Für ausgewählte Empfehlungen bzw. PICO-Fragen wurde eine iterative, hierarchische, systematische Recherche durchgeführt. Alle Recherchen wurden im Laufe des Jahres 2024 durchgeführt. Das jeweilige Datum der Suche wurde im Leitlinienreport dokumentiert.

Der Zeitraum der Suche ist von der Quelle der Empfehlung abhängig:

- Adaptierte SSC-2021-Empfehlungen: Juli 2019 (Recherchestichdatum der SSC 2021) bis Datum der Suche
- Eigene DSG-Empfehlungen: Dezember 2018 (Recherchestichdatum der DSG 2018) bis Datum der Suche
- Adaptierte Empfehlungen anderer Quellleitlinien: jeweiliger Recherchestichdatum bis Datum der Suche
- Neue Empfehlungen: Zeitraum der Suche wurde mit der Fachgruppe abgesprochen: z. B. letzte 20 Jahre bis Datum der Suche

Die Suche erfolgte in mindestens zwei elektronischen Datenbanken (Medline, Cochrane Library), LL-Datenbanken und Websites von Leitlinienorganisationen und themenbezogenen Fachgesellschaften sowie Websites der HTA- und IQWiG-Berichte.

Ziel des Suchverfahrens war es, die jeweils aktuellste und qualitativ hochwertigste aggregierte Evidenz zu ermitteln. Daher wurden im ersten Schritt kürzlich veröffentlichte und hochwertige evidenzbasierte Leitlinien und systematische Übersichtsarbeiten zu RCTs gesucht.

Die Strategien enthielten den Themenblock Population: „sepsis OR septic shock OR critical*“ und weitere Stratiemodule (unter Verwendung der Mesh Terms, Synonyme, Trunkierung und alternativen Schreibweisen) die mittels Boole'scher Operatoren miteinander verknüpft wurden.

Die Auswahl der Evidenz erfolgte in 2-stufigem Screeningprozess auf (1) Titel/Abstract- und (2) Volltext-Ebene, unter Berücksichtigung der für jede PICO-Fragestellung vordefinierten Ein- und Ausschlusskriterien, inkl. der Dokumentation des Screeningprozesses im PRISMA-Diagramm.

Eine ausführliche Beschreibung der systematischen Recherche und Auswahl der Evidenz befindet sich im Leitlinienreport dieser Leitlinie.

13.3 Kritische Bewertung der Evidenz

Die kritische Bewertung der methodischen Qualität der eingeschlossenen Publikationen wurde mittels von Cochrane Deutschland und der AWMF empfohlenen validierten Instrumenten [576, 577] in Abhängigkeit von den jeweiligen Studiendesigns und von 2 unabhängigen Methodikern durchgeführt (Leitlinien: AGREE-II-Instrument, systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen: AMSTAR-Checkliste).

Um das Vertrauen in die Schätzung des Effekts zusammenzufassen und damit eine Empfehlung zu stützen, verwendete das Leitlinien-Methodik-Team mit Input der Koordinatoren der Arbeitsgruppen den GRADE-Ansatz [578]. Die Qualität der Evidenz wurde dabei als hoch, moderat, niedrig oder sehr niedrig bewertet [579]. Zur Erstellung von Evidenzprofilen („sum-

Tab. 8 Beispiel PICO-Fragestellung				
Should prolonged infusion of beta-lactams (maintenance) vs. bolus infusion of beta-lactams (maintenance) be used in adults with sepsis or septic shock?				
Population	Intervention	Comparator	Outcome(s)	Setting
Patient/Population bzw. Problem: Um welche Patienten, Population geht es, gibt es Subgruppen zu berücksichtigen?	Welche Intervention ziehe ich in Betracht und welche (Qualitäts-)Kriterien muss sie erfüllen?	Vergleichsintervention: Welche Alternative(n) gibt es und welche Kriterien müssen diese erfüllen?	Ergebnisparameter: Welche Ziele möchte ich erreichen?	Setting, Studientyp, Zeitraum
Adult patients with sepsis or septic shock	<i>Prolonged</i> infusion of beta-lactams (maintenance)	<i>Bolus infusion</i> of beta-lactams (maintenance)	Mortality, clinical cure rate	ICU, hospital ward
Design: systematische Übersichtsarbeiten/Metaanalysen				

mary of evidence“) wurde die Online-Software „Guideline Development Tool (GDT)“ (<http://gdt.guidelinedevelopment.org>) verwendet [580]. Die Qualität der Evidenz beeinflusste die Stärke der Empfehlungen [3]. Der GRADE-Ansatz basiert auf der Bewertung der Evidenz anhand von sechs Bereichen: (1) Risiko einer Verzerrung, (2) Inkonsistenz, (3) Indirektheit, (4) Ungenauigkeit, (5) Publikationsverzerrung und (6) andere Kriterien. Eine ausführliche Beschreibung zur Bewertung der Evidenz befindet sich im Leitlinienreport dieser Leitlinie.

13.4 Strukturierte Konsensfindung

Die strukturierte Konsensfindung erfolgte im Rahmen einer Konsensuskonferenz in Anlehnung an den NIH-Typ unter unabhängiger Moderation. Eine ausführliche Beschreibung der strukturierten Konsensfindung ist im Leitlinienreport dieser Leitlinie aufgeführt.

13.5 Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

Festlegung des Empfehlungsgrades.

Die evidenzbasierten Empfehlungen der Leitlinie sind mit Empfehlungsgrad und Evidenzqualität nach GRADE und Oxford 2011 gekennzeichnet.

Neben der methodisch aufbereiteten Evidenz wurden bei der Graduierung der Empfehlung die klinische Erfahrung und die Patientenpräferenz berücksichtigt. Zusätzlich wurden weitere Kriterien wie die Konsistenz der Studienergebnisse, die klinische Relevanz der Endpunkte und Effektstärken, das Nutzen-Schaden-Verhältnis, ethische, rechtliche, ökonomische Verpflichtungen, Patientenpräferenzen, die

Anwendbarkeit auf die Patientenzielgruppe und das deutsche Gesundheitssystem sowie die Umsetzbarkeit im Alltag bzw. in den verschiedenen Versorgungsbereichen bei der Graduierung der Empfehlung berücksichtigt (■ Tab. 9).

Feststellung der Konsensstärke. Die Konsensstärke wurde gemäß ■ Tab. 10 klassifiziert.

Ein Konsens mit Annahme der Empfehlung ist bei einer Zustimmung von > 75 % der abstimmenden Mandatstragenden erzielt. Enthaltungen aufgrund von Interessenkonflikten werden von der Grundgesamtheit der abstimmenden Mandatstragenden abgezogen.

14. Redaktionelle Unabhängigkeit

14.1 Finanzierung der Leitlinie

Die Leitlinie wurde gefördert aus Mitteln des Innovationsfonds zur Förderung von Versorgungsforschung (§ 92a Abs. 2 Satz 1 SGB V) für das Projekt: S3-Sepsis – Update S3-Leitlinie „Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge“, Förderkennzeichen: 01VSF23012, Themenfeld 4: Intensivmedizinische Versorgung schwerstkranker Patientinnen und Patienten (<https://innovationsfonds.g-ba.de/projekte/versorgungsforschung/s3-sepsis.588>).

14.2 Darlegung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Die Angaben zu den Interessen wurden mit dem AWMF-Formblatt von 2018 erhoben und von einem COI-Ausschuss, der sich aus den Mitgliedern der Steuerungsgruppe (Prof. Brunkhorst, Prof. Kaasch, Prof. Weigand, Prof. Adamzik, Prof. Pletz, Prof. Mey-

bohm) zusammensetzte, auf einen thematischen Bezug zur Leitlinie bewertet. Als geringer Interessenkonflikt wurden hierbei Vortragstätigkeiten, als moderater Interessenkonflikt Tätigkeit in einem industriefinanzierten Advisory Board und/oder eine Funktion als Principle Investigator in einem industriefinanzierten Forschungsvorhaben und als hoher Interessenkonflikt Eigentümerinteressen und Aktienbesitz kategorisiert. Ein geringer IKE hatte keine Konsequenz zur Folge, da ein Zusammenhang mit dem Leitlinienthema nicht erkennbar. Ein moderater Interessenkonflikt hatte eine Stimmenthaltung zur Konsequenz. Ein hoher Interessenkonflikt führte zum Ausschluss von der Beratung und Abstimmung zum betreffenden Thema. Alle Offenlegungen wurden überprüft, bevor die Leitlinien-Panellisten ihre Arbeit aufnahmen, und beeinflussten die Zuweisung zu den einzelnen Panel-Arbeitsgruppen.

Als protektive Faktoren, die einer Verzerrung durch Interessenkonflikte entgegenwirken, können die pluralistische Zusammensetzung der Leitliniengruppe, die strukturierte Konsensfindung unter neutraler Moderation, die Diskussion zu den Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten zu Beginn der Konsensuskonferenz und eine öffentliche Konsultationsfassung gewertet werden.

15. Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen

Die Leitliniendokumente wurden am 10.04.2025 den beteiligten Fachgesellschaften/Organisationen übergeben. Die Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen erfolgte seitens der/des:

Tab. 9 Zweistufiges Schema zur Graduierung von Empfehlungen nach GRADE			
Empfehlungs-grad	Beschreibung	Ausdrucksweise	Symbol (fakultativ)
1	Starke Empfehlung	Wir empfehlen/empfehlen nicht	↑↑/↓↓
2	Schwache Empfehlung	Wir schlagen vor/schlagen nicht vor	↑/↓
Quelle: AWMF S3-Template (URL: https://www.awmf.org/regelwerk/downloads)			

Tab. 10 Festlegung der Konsensstärke	
Klassifikation der Konsensusstärke	
Starker Konsens	> 95 % der Stimmberechtigten
Konsens	> 75–95 % der Stimmberechtigten
Mehrheitliche Zustimmung	> 50–75 % der Stimmberechtigten
Keine mehrheitliche Zustimmung	< 50 % der Stimmberechtigten
Quelle: AWMF S3-Template (URL: https://www.awmf.org/regelwerk/downloads)	

- DGHO: am 14.04.2025
- DIVI: am 29.04.2025
- PEG: am 11.04.2025
- NRZ: am 11.04.2025
- DGEM: am 13.04.2025
- DGP: am 29.04.2025
- DGCH: am 15.05.2025
- DGN: am 17.04.2025
- DSH: am 11.04.2025
- DSG: am 11.04.2025
- DGAI: am 20.05.2025 (Empfehlungen 4.2 und 4.4 abgelehnt. Eine wissenschaftlich-fachliche Begründung befindet sich im Leitlinienreport: Kap. 5, Verabschiedung durch die Vorstände der herausgebenden Fachgesellschaften/Organisationen).
- DGIIN: am 22.04.2025
- DGHM: am 30.04.2025
- DGfN: am 19.05.2025
- DGMP: am 13.04.2025

16. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist vom 30.04.2025 bis 30.04.2030 gültig. Die Gültigkeitsdauer beträgt maximal 5 Jahre und ist abhängig vom eingeschätzten Aktualisierungsbedarf. Kommentare und Hinweise für den Aktualisierungsprozess sind ausdrücklich erwünscht und können an das Leitliniensekretariat gesendet werden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Frank M. Brunkhorst
Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Jena
Am Klinikum 1, 07747 Jena, Deutschland
frank.brunkhorst@med.uni-jena.de

Förderung. Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Projekt S3-Sepsis wurde mit Mitteln des Innovationsausschusses beim Gemeinsamen Bundesausschuss unter dem Förderkennzeichen 01VSF23012 gefördert.

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Interessenkonflikt. Die Deutsche Sepsis-Gesellschaft e. V. (DSG) erklärt, dass die Autor/-innen keine Interessenkonflikte haben. Die Angaben zum Interessenkonflikt finden Sie im Leitlinienreport unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/079-001>.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. (2018) https://register.awmf.org/assets/guidelines/079-001_S3_Sepsis-Prävention-Diagnose-Therapie-Nachsorge_2020-03_01.pdf

2. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W et al (2021) Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021. Crit Care Med 49(11):e1063–e143. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000005337>

3. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE et al (2008) GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. BMJ 336(7650):924–946. <https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD>

4. DGAI, DIVI, DGIM et al (2025) <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021>

5. DIVI (2025) https://register.awmf.org/assets/guidelines/040-0171_S3_Nierenersatztherapie-Intensivmedizin_2025-03.pdf

6. DGAI (2023) https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-0151_S3_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen_2023-07.pdf

7. (2019) <https://iqtig.org/veroeffentlichungen/konzeptstudie-sepsis/> (Erstellt: 12.2019)

8. (2022) https://innovationsfonds.g-ba.de/downloads/beschluss-dokumente/229/2022-07-14_OPTIMISE.pdf (Erstellt: 07.2022)

9. Dennler U, Glas M, Brunkhorst FM et al (2024) <https://www.sepsis-gesellschaft.de/wp-content/uploads/2024/04/DQS-Sepsis-Kodierleitfaden-2024.pdf>

10. Seymour CW, Liu VX, Iwashyna TJ et al (2016) Assessment of Clinical Criteria for Sepsis: For the Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). JAMA 315(8):762–774. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0288>

11. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW et al (2016) The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). JAMA 315(8):801–810. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>

12. Bone RC, Balk RA, Cerra FB et al (1992) Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. Chest 101(6):1644–1655. <https://doi.org/10.1378/chest.101.6.1644>

13. Levy MM, Fink MP, Marshall JC et al (2003) 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. Crit Care Med 31(4):1250–1256. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000050454.01978.3b>

14. Churpek MM, Zdravetz FJ, Winslow C et al (2015) Incidence and Prognostic Value of the Systemic Inflammatory Response Syndrome and Organ Dysfunctions in Ward Patients. Am J Respir Crit Care Med 192(8):958–964. <https://doi.org/10.1164/rccm.201502-0275OC>

15. Kaukonen KM, Bailey M, Pilcher D et al (2015) Systemic inflammatory response syndrome criteria in defining severe sepsis. N Engl J Med 372(17):1629–1638. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415236>

16. Gaieski DF, Edwards JM, Kallan MJ et al (2013) Benchmarking the incidence and mortality of severe sepsis in the United States. Crit Care Med 41(5):1167–1174. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31827c09f8>

17. Shankar-Hari M, Phillips GS, Levy ML et al (2016) Developing a New Definition and Assessing New

- Clinical Criteria for Septic Shock: For the Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA* 315(8):775–787. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0289>
18. Léguillier T, Jouffroy R, Boisson M et al (2018) Lactate POCT in mobile intensive care units for septic patients? A comparison of capillary blood method versus venous blood and plasma-based reference methods. *Clin Biochem* 55:9–14. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.03.006>
 19. Warttig S, Alderson P, Evans DJ et al (2018) Automated monitoring compared to standard care for the early detection of sepsis in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012404.pub2> (CD012404)
 20. Damiani E, Donati A, Serafini G et al (2015) Effect of performance improvement programs on compliance with sepsis bundles and mortality: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Plos One* 10(5):e125827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125827>
 21. Schinkel M, Nanayakkara PWB, Wiersinga WJ (2022) Sepsis Performance Improvement Programs: From Evidence Toward Clinical Implementation. *Crit Care* 26(1):77. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-03917-1>
 22. Kim HJ, Ko RE, Lim SY et al (2024) Sepsis Alert Systems, Mortality, and Adherence in Emergency Departments: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Jama Netw Open* 7(7):e2422823. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.22823>
 23. Kahn JM, Davis BS, Yabes JG et al (2019) Association Between State-Mandated Protocolized Sepsis Care and In-hospital Mortality Among Adults With Sepsis. *JAMA* 322(3):240–250. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.9021>
 24. Levy MM, Rhodes A, Phillips GS et al (2015) Surviving Sepsis Campaign: association between performance metrics and outcomes in a 7.5-year study. *Crit Care Med* 43(1):3–12. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000723>
 25. Rhodes A, Phillips G, Beale R et al (2015) The Surviving Sepsis Campaign bundles and outcome: results from the International Multicentre Prevalence Study on Sepsis (the IMPress study). *Intensive Care Med* 41(9):1620–1628. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3906-y>
 26. Meyer NJ, Prescott HC (2024) Sepsis and Septic Shock. *N Engl J Med* 391(22):2133–2146. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2403213>
 27. Arabi YM, Alsaawi A, Alzahrani M et al (2024) Electronic Sepsis Screening Among Patients Admitted to Hospital Wards: A Stepped-Wedge Cluster Randomized Trial. *JAMA*. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.25982> (Dec 10)
 28. Brunkhorst FM, Weigand MA, Pletz M et al (2020) S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 115(2):37–109. <https://doi.org/10.1007/s00063-020-00685-0>
 29. Fernando SM, Tran A, Taljaard M et al (2018) Prognostic Accuracy of the Quick Sequential Organ Failure Assessment for Mortality in Patients With Suspected Infection: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Intern Med* 168(4):266–275. <https://doi.org/10.7326/m17-2820>
 30. Herwanto V, Shetty A, Nalos M et al (2019) Accuracy of Quick Sequential Organ Failure Assessment Score to Predict Sepsis Mortality in 121 Studies Including 1,716,017 Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 1(9):e43. <https://doi.org/10.1097/cce.0000000000000043>
 31. Liu VX, Lu Y, Carey KA et al (2020) Comparison of Early Warning Scoring Systems for Hospitalized Patients With and Without Infection at Risk for In-Hospital Mortality and Transfer to the Intensive Care Unit. *Jama Netw Open* 3(5):e205191. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.5191>
 32. Guan G, Lee CMY, Begg S et al (2022) The use of early warning system scores in prehospital and emergency department settings to predict clinical deterioration: A systematic review and meta-analysis. *Plos One* 17(3):e265559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265559>
 33. Sabir L, Ramlakhan S, Goodacre S (2022) Comparison of qSOFA and Hospital Early Warning Scores for prognosis in suspected sepsis in emergency department patients: a systematic review. *Emerg Med J* 39(4):284–294. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2020-210416>
 34. DeSilva M, Chadwick W, Naidoo N (2023) Screening tools for sepsis identification in paramedicine and other emergency contexts: a rapid systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 31(1):74. <https://doi.org/10.1186/s13049-023-01111-y>
 35. Kumar A, Abbenbroek B, Delaney A et al (2023) Sepsis triggers and tools to support early identification in healthcare settings: An integrative review. *Aust Crit Care* 36(6):1117–1128. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2023.01.001>
 36. Bolanaki M, Winning J, Slagman A et al (2024) Biomarkers Improve Diagnostics of Sepsis in Adult Patients With Suspected Organ Dysfunction Based on the Quick Sepsis-Related Organ Failure Assessment (qSOFA) Score in the Emergency Department. *Crit Care Med* 52(6):887–899. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000006216>
 37. Zacharakis A, Ackermann K, Hughes C et al (2023) Combining C-reactive protein and quick sequential organ failure assessment (qSOFA) to improve prognostic accuracy for sepsis and mortality in adult inpatients: A systematic review. *Health Sci Rep* 6(4):e1229. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1229>
 38. Ackermann K, Baker J, Green M et al (2022) Computerized Clinical Decision Support Systems for the Early Detection of Sepsis Among Adult Inpatients: Scoping Review. *J Med Internet Res* 24(2):e31083. <https://doi.org/10.2196/31083>
 39. Deng HF, Sun MW, Wang Y et al (2022) Evaluating machine learning models for sepsis prediction: A systematic review of methodologies. *iScience* 25(1):103651. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103651>
 40. Desai MD, Tootooni MS, Bobay KL (2022) Can Prehospital Data Improve Early Identification of Sepsis in Emergency Department? An Integrative Review of Machine Learning Approaches. *Appl Clin Inform* 13(1):189–202. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742369>
 41. Contenti J, Corraze H, Lemoël F et al (2015) Effectiveness of arterial, venous, and capillary blood lactate as a sepsis triage tool in ED patients. *Am J Emerg Med* 33(2):167–172. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2014.11.003>
 42. Karon BS, Tolan NV, Wockenfus AM et al (2017) Evaluation of lactate, white blood cell count, neutrophil count, procalcitonin and immature granulocyte count as biomarkers for sepsis in emergency department patients. *Clin Biochem* 50(16–17):956–958. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.05.014>
 43. Ljungström L, Pernestig AK, Jacobsson G et al (2017) Diagnostic accuracy of procalcitonin, neutrophil-lymphocyte count ratio, C-reactive protein, and lactate in patients with suspected bacterial sepsis. *Plos One* 12(7):e181704. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181704>
 44. Borthwick HA, Brunt LK, Mitchem KL et al (2012) Does lactate measurement performed on admission predict clinical outcome on the intensive care unit? A concise systematic review. *Ann Clin Biochem* 49(4):391–394. <https://doi.org/10.1258/acb.2011.011227>
 45. Haas SA, Lange T, Saugel B et al (2016) Severe hyperlactatemia, lactate clearance and mortality in unselected critically ill patients. *Intensive Care Med* 42(2):202–210. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4127-0>
 46. Levy MM, Evans LE, Rhodes A (2018) The Surviving Sepsis Campaign Bundle: 2018 update. *Intensive Care Med* 44(6):925–928. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5085-0>
 47. Zampieri FG, Bagshaw SM, Semler MW (2023) Fluid Therapy for Critically Ill Adults With Sepsis: A Review. *JAMA* 329(22):1967–1980. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.7560>
 48. Angus DC, van der Poll T (2013) Severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 369(9):840–851. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1208623>
 49. Yealy DM, Kellum JA, Huang DT et al (2014) A randomized trial of protocol-based care for early septic shock. *N Engl J Med* 370(18):1683–1693. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1401602>
 50. Peake SL, Delaney A, Bailey M et al (2014) Goal-directed resuscitation for patients with early septic shock. *N Engl J Med* 371(16):1496–1506. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1404380>
 51. Mouncey PR, Osborn TM, Power GS et al (2015) Trial of early, goal-directed resuscitation for septic shock. *N Engl J Med* 372(14):1301–1311. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1500896>
 52. Ward MA, Kuttub HI, Tuck N et al (2022) The Effect of Fluid Initiation Timing on Sepsis Mortality: A Meta-Analysis. *J Intensive Care Med* 37(11):1504–1511. <https://doi.org/10.1177/08850666221118513>
 53. Pence M, Tran QK, Shesser R et al (2022) Outcomes of CMS-mandated fluid administration among fluid-overloaded patients with sepsis: A systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med* 55:157–166. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2022.03.004>
 54. Haley M, Foroutan NK, Gronquist JM et al (2024) Fluid Resuscitation and Sepsis Management in Patients with Chronic Kidney Disease or End-Stage Renal Disease: Scoping Review. *Am J Crit Care* 33(1):45–53. <https://doi.org/10.4037/ajcc2024756>
 55. Kabil G, Frost SA, Hatcher D et al (2022) Early fluid bolus in adults with sepsis in the emergency department: a systematic review, meta-analysis and narrative synthesis. *BMC Emerg Med* 22(1):3. <https://doi.org/10.1186/s12873-021-00558-5>
 56. Kuttub HI, Lykins JD, Hughes MD et al (2019) Evaluation and Predictors of Fluid Resuscitation in Patients With Severe Sepsis and Septic Shock. *Crit Care Med* 47(11):1582–1590. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003960>
 57. Meyhoff TS, Hjortrup PB, Wetterslev J et al (2022) Restriction of Intravenous Fluid in ICU Patients with Septic Shock. *N Engl J Med* 386(26):2459–2470. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2202707>
 58. Shapiro NI, Douglas ID, Brower RG et al (2023) Early Restrictive or Liberal Fluid Management for Sepsis-Induced Hypotension. *N Engl J Med* 388(6):499–510. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2212663>
 59. Reynolds PM, Stefanos S, MacLaren R (2023) Restrictive resuscitation in patients with sepsis and

- mortality: A systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *Pharmacotherapy* 43(2):104–114. <https://doi.org/10.1002/phar.2764>
60. Messmer AS, Zingg C, Müller M et al (2020) Fluid Overload and Mortality in Adult Critical Care Patients-A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Crit Care Med* 48(12):1862–1870. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000004617>
61. Hylands M, Moller MH, Asfar P et al (2017) A systematic review of vasopressor blood pressure targets in critically ill adults with hypotension. *Can J Anaesth* 64(7):703–715. <https://doi.org/10.1007/s12630-017-0877-1>
62. Asfar P, Meziani F, Hamel JF et al (2014) High versus low blood-pressure target in patients with septic shock. *N Engl J Med* 370(17):1583–1593. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1312173>
63. Lamontagne F, Richards-Belle A, Thomas K et al (2020) Effect of Reduced Exposure to Vasopressors on 90-Day Mortality in Older Critically Ill Patients With Vasodilatory Hypotension: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 323(10):938–949. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.0930>
64. Rikhray KJK, Ronsley C, Sekhon MS et al (2023) High-normal versus low-normal mean arterial pressure thresholds in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Can J Anaesth* 70(7):1244–1254. <https://doi.org/10.1007/s12630-023-02494-3>
65. Delaney A, Finnis M, Bellomo R et al (2020) Initiation of vasopressor infusions via peripheral versus central access in patients with early septic shock: A retrospective cohort study. *Emerg Med Australas* 32(2):210–219. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13394>
66. Black LP, Puskarich MA, Smotherman C et al (2020) Time to vasopressor initiation and organ failure progression in early septic shock. *J Am Coll Emerg Physicians Open* 1(3):222–230. <https://doi.org/10.1002/emp2.12060>
67. Tian DH, Smyth C, Keijzers G et al (2020) Safety of peripheral administration of vasopressor medications: A systematic review. *Emerg Med Australas* 32(2):220–227. <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13406>
68. ICS (2020) <https://ics.ac.uk/resource/peripheral-vasopressor-guide.html> (Erstellt: 11.2023)
69. Gu WJ, Zhang Z, Bakker J (2015) Early lactate clearance-guided therapy in patients with sepsis: a meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Intensive Care Med* 41(10):1862–1863. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3955-2>
70. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP et al (2019) Effect of a Resuscitation Strategy Targeting Peripheral Perfusion Status vs Serum Lactate Levels on 28-Day Mortality Among Patients With Septic Shock: The ANDROMEDA-SHOCK Randomized Clinical Trial. *JAMA* 321(7):654–664. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.0071>
71. De Backer D, Creteur J, Preiser JC et al (2002) Microvascular blood flow is altered in patients with sepsis. *Am J Respir Crit Care Med* 166(1):98–104. <https://doi.org/10.1164/rccm.200109-0160c>
72. Sakr Y, Dubois MJ, De Backer D et al (2004) Persistent microcirculatory alterations are associated with organ failure and death in patients with septic shock. *Crit Care Med* 32(9):1825–1831. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000138558.16257.3f>
73. Vincent JL, De Backer D (2005) Microvascular dysfunction as a cause of organ dysfunction in severe sepsis. *Crit Care* 9(Suppl. 4):S9–S12. <https://doi.org/10.1186/cc3748>
74. Yumoto T, Kuribara T, Yamada K et al (2023) Clinical parameter-guided initial resuscitation in adult patients with septic shock: A systematic review and network meta-analysis. *Acute Med Surg* 10(1):e914. <https://doi.org/10.1002/ams2.914>
75. Pan J, Peng M, Liao C et al (2019) Relative efficacy and safety of early lactate clearance-guided therapy resuscitation in patients with sepsis: A meta-analysis. *Med (baltimore)* 98(8):e14453. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000014453>
76. Chen H, Xu J, Wang X et al (2022) Early Lactate-Guided Resuscitation of Elderly Septic Patients. *J Intensive Care Med* 37(5):686–692. <https://doi.org/10.1177/08850666211023347>
77. Rivers E, Nguyen B, Havstad S et al (2001) Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 345(19):1368–1377. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa010307>
78. Rowan KM, Angus DC, Bailey M et al (2017) Early, Goal-Directed Therapy for Septic Shock - A Patient-Level Meta-Analysis. *N Engl J Med* 376(23):2223–2234. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1701380>
79. Fleischmann-Struzek C, Mellhammar L, Rose N et al (2020) Incidence and mortality of hospital- and ICU-treated sepsis: results from an updated and expanded systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 46(8):1552–1562. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06151-x>
80. Ehrman RR, Gallien JZ, Smith RK et al (2019) Resuscitation Guided by Volume Responsiveness Does Not Reduce Mortality in Sepsis: A Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 1(5):e15. <https://doi.org/10.1097/ccx.0000000000000015>
81. Wang B, Cai L, Lin B et al (2022) Effect of Pulse Indicator Continuous Cardiac Output Monitoring on Septic Shock Patients: A Meta-Analysis. *Comput Math Methods Med* 2022:8604322. <https://doi.org/10.1155/2022/8604322>
82. DGA (2014) https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-020L_S3_Intravasale_Volumentherapie_Erwachsenen_2014-09-abgelaufen.pdf
83. Hempel D, Pfister R, Michels G (2017) Strukturierte bettseitige Sonographie in der Intensivmedizin. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 112(8):741–758. <https://doi.org/10.1007/s00063-017-0366-x>
84. Harvey S, Harrison DA, Singer M et al (2005) Assessment of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomised controlled trial. *Lancet* 366(9484):472–477. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)67061-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67061-4)
85. Mok G, Hendin A, Reardon P et al (2021) Macrocirculatory and Microcirculatory End-points in Sepsis Resuscitation. *J Intensive Care Med* 36(12):1385–1391. <https://doi.org/10.1177/0885066620982585>
86. Seifert H, Ullmann U, Mack D et al (2007) MIQ 03a: Blutkulturdiagnostik - Sepsis, Endokarditis, Katheterinfektionen (Teil I). Urban & Fischer in Elsevier, München. ISBN 978-3-437-22607-6 (Mauch H, Podbielski A, Herrmann M, Hrsg.)
87. Ling L, Mui O, Laupland KB et al (2022) Scoping review on diagnostic criteria and investigative approach in sepsis of unknown origin in critically ill patients. *J Intensive Care* 10(1):44. <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00633-4>
88. Collazos-Blanco A, Pérez-García F, Sánchez-Carrillo C et al (2019) Estimation of missed bloodstream infections without the third blood culture set: a retrospective observational single-centre study. *Clin Microbiol Infect* 25(4):469–473. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.06.024>
89. Cockerill FR 3rd, Wilson JW, Vetter EA et al (2004) Optimal testing parameters for blood cultures. *Clin Infect Dis* 38(12):1724–1730. <https://doi.org/10.1086/421087>
90. Cohen R, Tannous E, Natan OB et al (2024) An emergency department intervention to improve earlier detection of community-onset bloodstream infection among hospitalized patients. *Am J Infect Control* 52(6):664–669. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2024.01.003>
91. Mahieu R, Lemarié C, Douillet D et al (2023) Impact of a strategy based on unique blood culture sampling on contamination rate and detection of bloodstream infections in critically ill patients. *Ann Intensive Care* 13(1):13. <https://doi.org/10.1186/s13613-023-01107-y>
92. Lamy B, Dutron S, Haouy S et al (2021) Optimized blood culture strategy to document febrile neutropenia. *Pediatr Res* 89(5):1109–1116. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-1086-0>
93. Li J, Plorde JJ, Carlson LG (1994) Effects of volume and periodicity on blood cultures. *J Clin Microbiol* 32(11):2829–2831. <https://doi.org/10.1128/jcm.32.11.2829-2831.1994>
94. Baron EJ, Miller JM, Weinstein MP et al (2013) A guide to utilization of the microbiology laboratory for diagnosis of infectious diseases: 2013 recommendations by the Infectious Diseases Society of America (IDSA) and the American Society for Microbiology (ASM)(a). *Clin Infect Dis* 57(4):e22–e121. <https://doi.org/10.1093/cid/cit278>
95. - (2017) Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 60(2):171–206. <https://doi.org/10.1007/s00103-016-2487-4>
96. Kaasch AJ, Rieg S, Hellmich M et al (2014) Differential time to positivity is not predictive for central line-related Staphylococcus aureus bloodstream infection in routine clinical care. *J Infect* 68(1):58–61. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2013.08.006>
97. Wilson WR, Van Scoy RE, Washington JA (1976) Incidence of bacteremia in adults without infection. *J Clin Microbiol* 12(2):94–95
98. Lalezari A, Cohen MJ, Svinik O et al (2020) A simplified blood culture sampling protocol for reducing contamination and costs: a randomized controlled trial. *Clin Microbiol Infect* 26(4):470–474. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.09.005>
99. Callado GY, Lin V, Thottacherry E et al (2023) Diagnostic Stewardship: A Systematic Review and Meta-analysis of Blood Collection Diversion Devices Used to Reduce Blood Culture Contamination and Improve the Accuracy of Diagnosis in Clinical Settings. *Open Forum Infect Dis* 10(9):ofad433. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofad433>
100. Seymour CW, Gesten F, Prescott HC et al (2017) Time to Treatment and Mortality during Mandated Emergency Care for Sepsis. *N Engl J Med* 376(23):2235–2244. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1703058>
101. Liu VX, Fielding-Singh V, Greene JD et al (2017) The Timing of Early Antibiotics and Hospital Mortality in Sepsis. *Am J Respir Crit Care Med* 196(7):856–863. <https://doi.org/10.1164/rccm.201609-1848OC>
102. Peltan ID, Brown SM, Bledsoe JR et al (2019) ED Door-to-Antibiotic Time and Long-term Mortality in Sepsis. *Chest* 155(5):938–946. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.02.008>

103. Ferrer R, Artigas A, Suarez D et al (2009) Effectiveness of treatments for severe sepsis: a prospective, multicenter, observational study. *Am J Respir Crit Care Med* 180(9):861–866. <https://doi.org/10.1164/rccm.200812-1912OC>
104. Kalil AC, Johnson DW, Lisco SJ et al (2017) Early Goal-Directed Therapy for Sepsis: A Novel Solution for Discordant Survival Outcomes in Clinical Trials. *Crit Care Med* 45(4):607–614. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002235>
105. Seymour CW, Kahn JM, Martin-Gill C et al (2017) Delays From First Medical Contact to Antibiotic Administration for Sepsis. *Crit Care Med* 45(5):759–765. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002264>
106. Klompas M, Calandra T, Singer M (2018) Antibiotics for Sepsis-Finding the Equilibrium. *JAMA* 320(14):1433–1434. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.12179>
107. Prescott HC, Iwashyna TJ (2019) Improving Sepsis Treatment by Embracing Diagnostic Uncertainty. *Ann Am Thorac Soc* 16(4):426–429. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201809-646PS>
108. Baggs J, Jernigan JA, Halpin AL et al (2018) Risk of Subsequent Sepsis Within 90 Days After a Hospital Stay by Type of Antibiotic Exposure. *Clin Infect Dis* 66(7):1004–1012. <https://doi.org/10.1093/cid/cix947>
109. Branch-Elliman W, O'Brien W, Strymish J et al (2019) Association of Duration and Type of Surgical Prophylaxis With Antimicrobial-Associated Adverse Events. *JAMA Surg* 154(7):590–598. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.0569>
110. Hranjec T, Rosenberger LH, Swenson B et al (2012) Aggressive versus conservative initiation of antimicrobial treatment in critically ill surgical patients with suspected intensive-care-unit-acquired infection: a quasi-experimental, before and after observational cohort study. *Lancet Infect Dis* 12(10):774–780. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(12\)70151-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(12)70151-2)
111. Ong DSY, Frencken JF, Klein Klouwenberg PMC et al (2017) Short-Course Adjunctive Gentamicin as Empirical Therapy in Patients With Severe Sepsis and Septic Shock: A Prospective Observational Cohort Study. *Clin Infect Dis* 64(12):1731–1736. <https://doi.org/10.1093/cid/cix186>
112. Tamma PD, Avdic E, Li DX et al (2017) Association of Adverse Events With Antibiotic Use in Hospitalized Patients. *JAMA Intern Med* 177(9):1308–1315. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2017.1938>
113. Teshome BF, Vouri SM, Hampton N et al (2019) Duration of Exposure to Antipseudomonal β -Lactam Antibiotics in the Critically Ill and Development of New Resistance. *Pharmacotherapy* 39(3):261–270. <https://doi.org/10.1002/phar.2201>
114. Kumar A, Roberts D, Wood KE et al (2006) Duration of hypotension before initiation of effective antimicrobial therapy is the critical determinant of survival in human septic shock. *Crit Care Med* 34(6):1589–1596. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000217961.75225.E9>
115. Abe T, Kushimoto S, Tokuda Y et al (2019) Implementation of earlier antibiotic administration in patients with severe sepsis and septic shock in Japan: a descriptive analysis of a prospective observational study. *Crit Care* 23(1):360. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2644-x>
116. Gaieski DF, Mikkelsen ME, Band RA et al (2010) Impact of time to antibiotics on survival in patients with severe sepsis or septic shock in whom early goal-directed therapy was initiated in the emergency department. *Crit Care Med* 38(4):1045–1053. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181cc4824>
117. Ko BS, Choi SH, Kang GH et al (2020) Time to Antibiotics and the Outcome of Patients with Septic Shock: A Propensity Score Analysis. *Am J Med* 133(4):485–491.e4. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.09.012>
118. Puskarich MA, Trzeciak S, Shapiro NI et al (2011) Association between timing of antibiotic administration and mortality from septic shock in patients treated with a quantitative resuscitation protocol. *Crit Care Med* 39(9):2066–2071. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31821e87ab>
119. Rothrock SG, Cassidy DD, Barneck M et al (2020) Outcome of Immediate Versus Early Antibiotics in Severe Sepsis and Septic Shock: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Emerg Med* 76(4):427–441. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2020.04.042>
120. Ryoo SM, Kim WY, Sohn CH et al (2015) Prognostic value of timing of antibiotic administration in patients with septic shock treated with early quantitative resuscitation. *Am J Med Sci* 349(4):328–333. <https://doi.org/10.1097/maj.0000000000000423>
121. Weinberger J, Rhee C, Klompas M (2020) A Critical Analysis of the Literature on Time-to-Antibiotics in Suspected Sepsis. *J Infect Dis* 222(Suppl 2):S110–S18. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa146>
122. Bloos F, Rüdell H, Thomas-Rüdell D et al (2017) Effect of a multifaceted educational intervention for anti-infectious measures on sepsis mortality: a cluster randomized trial. *Intensive Care Med* 43(11):1602–1612. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4782-4>
123. Alam N, Oskam E, Stassen PM et al (2018) Prehospital antibiotics in the ambulance for sepsis: a multicentre, open label, randomised trial. *Lancet Respir Med* 6(1):40–50. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30469-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30469-1)
124. Leung LY, Huang HL, Hung KK et al (2024) Door-to-antibiotic time and mortality in patients with sepsis: Systematic review and meta-analysis. *Eur J Intern Med* 129:48–61. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2024.06.015>
125. Klein Klouwenberg PM, Cremer OL, van Vught LA et al (2015) Likelihood of infection in patients with presumed sepsis at the time of intensive care unit admission: a cohort study. *Crit Care* 19(1):319. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1035-1>
126. Contou D, Roux D, Jochmans S et al (2016) Septic shock with no diagnosis at 24 hours: a pragmatic multicenter prospective cohort study. *Crit Care* 20(1):360. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1537-5>
127. Rhee C, Kadri SS, Danner RL et al (2016) Diagnosing sepsis is subjective and highly variable: a survey of intensivists using case vignettes. *Crit Care* 20:89. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1266-9>
128. (2022) https://register.awmf.org/assets/guidelines/021-0031_S3_Pankreatitis_2022-04_01.pdf (Erstellt: 09.2021)
129. (2021) https://register.awmf.org/assets/guidelines/044-0011_S2k_Behandlung-thermischer-Verletzungen-des-Erwachsenen_2021-07.pdf (Erstellt: 02.2021)
130. Barajas-Nava LA, López-Alcalde J, i Figuls RM et al (2013) Antibiotic prophylaxis for preventing burn wound infection. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008738.pub2> (CD008738)
131. Raman G, Avendano E, Berger S et al (2015) Appropriate initial antibiotic therapy in hospitalized patients with gram-negative infections: systematic review and meta-analysis. *BMC Infect Dis* 15:395. <https://doi.org/10.1186/s12879-015-1123-5>
132. Sjövall F, Perner A, Hylander Möller M (2017) Empirical mono- versus combination antibiotic therapy in adult intensive care patients with severe sepsis - A systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *J Infect* 74(4):331–344. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2016.11.013>
133. Kumar A, Ellis P, Arabi Y et al (2009) Initiation of inappropriate antimicrobial therapy results in a fivefold reduction of survival in human septic shock. *Chest* 136(5):1237–1248. <https://doi.org/10.1378/chest.09-0087>
134. Paul M, Shani V, Muchtar E et al (2010) Systematic review and meta-analysis of the efficacy of appropriate empiric antibiotic therapy for sepsis. *Antimicrob Agents Chemother* 54(11):4851–4863. <https://doi.org/10.1128/aac.00627-10>
135. Vazquez-Guillamet C, Scolari M, Zilberberg MD et al (2014) Using the number needed to treat to assess appropriate antimicrobial therapy as a determinant of outcome in severe sepsis and septic shock. *Crit Care Med* 42(11):2342–2349. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000516>
136. DGI (2018) https://register.awmf.org/assets/guidelines/092-0011_S3_Strategien-zur-Sicherung-rationaler-Antibiotika-Anwendung-im-Krankenhaus_2020-02-abgelaufen.pdf (Erstellt: 01.2019)
137. Strich JR, Heil EL, Masur H (2020) Considerations for Empiric Antimicrobial Therapy in Sepsis and Septic Shock in an Era of Antimicrobial Resistance. *J Infect Dis* 222(Suppl 2):S119–S31. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa221>
138. DGP, PEG, DGI et al (2021) https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-0201_S3_Behandlung-von-erwachsenen-Patienten-mit-ambulant-erworbener-Pneumonie_2021-05.pdf (Erstellt: 04.2021)
139. PEG, DDG (2025) <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/082-006>
140. PEG, BDA, DDG et al (2019) https://register.awmf.org/assets/guidelines/082-0061_S2k_Parenterale-Antibiotika_2019-08-abgelaufen.pdf
141. Meschiari M, Asquier-Khati A, Tiseo G et al (2024) Treatment of infections caused by multidrug-resistant Gram-negative bacilli: A practical approach by the Italian (SIMIT) and French (SPILF) Societies of Infectious Diseases. *Int J Antimicrob Agents* 64(1):107186. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2024.107186>
142. Hagel S, Schmitt S, Kesselmeier M et al (2019) M. pneumoniae and C. pneumoniae are no relevant pathogens in critically ill patients with hospital-acquired respiratory tract infections. *Infection* 47(3):471–474. <https://doi.org/10.1007/s15010-019-01273-x>
143. Timsit JF, Azoulay E, Schwebel C et al (2016) Empirical Micafungin Treatment and Survival Without Invasive Fungal Infection in Adults With ICU-Acquired Sepsis, Candida Colonization, and Multiple Organ Failure: The EMPIRICUS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 316(15):1555–1564. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.14655>
144. Schuster MG, Edwards JE Jr, Sobel JD et al (2008) Empirical fluconazole versus placebo for intensive care unit patients: a randomized trial. *Ann Intern Med* 149(2):83–90. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-149-2-200807150-00004>
145. Garbino J, Lew DP, Romand JA et al (2002) Prevention of severe Candida infections in nonneutropenic, high-risk, critically ill patients: a randomized,

- double-blind, placebo-controlled trial in patients treated by selective digestive decontamination. *Intensive Care Med* 28(12):1708–1717. <https://doi.org/10.1007/s00134-002-1540-y>
146. Pelz RK, Hendrix CW, Swoboda SM et al (2001) Double-blind placebo-controlled trial of fluconazole to prevent candidal infections in critically ill surgical patients. *Ann Surg* 233(4):542–528. <https://doi.org/10.1097/0000658-200104000-00010>
147. Piarroux R, Grenouillet F, Balvay P et al (2004) Assessment of preemptive treatment to prevent severe candidiasis in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 32(12):2443–2449. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000147726.62304.7f>
148. Golan Y, Wolf MP, Pauker SG et al (2005) Empirical anti-Candida therapy among selected patients in the intensive care unit: a cost-effectiveness analysis. *Ann Intern Med* 143(12):857–869. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-143-12-200512200-00004>
149. Ostrosky-Zeichner L, Shoham S, Vazquez J et al (2014) MSG-01: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of caspofungin prophylaxis followed by preemptive therapy for invasive candidiasis in high-risk adults in the critical care setting. *Clin Infect Dis* 58(9):1219–1226. <https://doi.org/10.1093/cid/ciu074>
150. Bassetti M, Righi E, Ansaldi F et al (2014) A multicenter study of septic shock due to candidemia: outcomes and predictors of mortality. *Intensive Care Med* 40(6):839–845. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3310-z>
151. Kollef M, Micek S, Hampton N et al (2012) Septic shock attributed to Candida infection: importance of empiric therapy and source control. *Clin Infect Dis* 54(12):1739–1746. <https://doi.org/10.1093/cid/cis305>
152. Magill SS, Edwards JR, Bamberg W et al (2014) Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections. *N Engl J Med* 370(13):1198–1208. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1306801>
153. Pappas PG, Kauffman CA, Andes DR et al (2016) Clinical Practice Guideline for the Management of Candidiasis: 2016 Update by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 62(4):e1–e50. <https://doi.org/10.1093/cid/civ933>
154. Bailly S, Bouadma L, Azoulay E et al (2015) Failure of empirical systemic antifungal therapy in mechanically ventilated critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 191(10):1139–1146. <https://doi.org/10.1164/rccm.201409-1701OC>
155. Thomas-Rüddel DO, Schlattmann P, Pletz M et al (2022) Risk Factors for Invasive Candida Infection in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest* 161(2):345–355. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.08.081>
156. Martin-Loeches I, Antonelli M, Cuenca-Estrella M et al (2019) ESICM/ESCMID task force on practical management of invasive candidiasis in critically ill patients. *Intensive Care Med* 45(6):789–805. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05599-w>
157. Kochanek M, Schalk E, von Bergwelt-Baildon M et al (2019) Management of sepsis in neutropenic cancer patients: 2018 guidelines from the Infectious Diseases Working Party (AGIHO) and Intensive Care Working Party (iCHOP) of the German Society of Hematology and Medical Oncology (DGHO). *Ann Hematol* 98(5):1051–1069. <https://doi.org/10.1007/s00277-019-03622-0>
158. Bassetti M, Kollef MH, Timsit JF (2020) Bacterial and fungal superinfections in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med* 46(11):2071–2074. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06219-8>
159. Schwartz IS, Friedman DZP, Zapernick L et al (2020) High Rates of Influenza-Associated Invasive Pulmonary Aspergillosis May Not Be Universal: A Retrospective Cohort Study from Alberta, Canada. *Clin Infect Dis* 71(7):1760–1763. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa007>
160. Vincent JL, Sakr Y, Singer M et al (2020) Prevalence and Outcomes of Infection Among Patients in Intensive Care Units in 2017. *JAMA* 323(15):1478–1487. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2717>
161. (2024) https://register.awmf.org/assets/guidelines/113-0011_S3_Empfehlungen-zur-Therapie-von-Patienten-mit-COVID-19_2024-09.pdf
162. Gf VDVV (2019) https://register.awmf.org/assets/guidelines/093-0021_S2k_Virusinfektionen-Organtransplantierte-alloge-Stammzell-Transplantierten-Diagnostik-Prävention-Therapie_2019-06-verlaengert.pdf (Erstellt: 05.2019)
163. Clancy CJ, Nguyen MH (2018) Diagnosing Invasive Candidiasis. *J Clin Microbiol* 56(5):e1909–e17. <https://doi.org/10.1128/jcm.01909-17>
164. Kullberg BJ, Arendrup MC (2015) Invasive Candidiasis. *N Engl J Med* 373(15):1445–1456. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1315399>
165. Ueno Y, Imura H, Makuuchi Y et al (2022) Preemptive antifungal therapy versus empirical antifungal therapy for febrile neutropenia in people with cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013604.pub2> (CD013604)
166. Ruhnke M, Cornely OA, Schmidt-Hieber M et al (2020) Treatment of invasive fungal diseases in cancer patients-Revised 2019 Recommendations of the Infectious Diseases Working Party (AGIHO) of the German Society of Hematology and Oncology (DGHO). *Mycoses* 63(7):653–682. <https://doi.org/10.1111/myc.13082>
167. Hoenigl M, Enoch DA, Wichmann D et al (2024) Exploring European Consensus About the Remaining Treatment Challenges and Subsequent Opportunities to Improve the Management of Invasive Fungal Infection (IFI) in the Intensive Care Unit. *Mycopathologia* 189(3):41. <https://doi.org/10.1007/s11046-024-00852-3>
168. de Heer K, Gerritsen MG, Visser CE et al (2019) Galactomannan detection in broncho-alveolar lavage fluid for invasive aspergillosis in immunocompromised patients. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012399.pub2> (CD012399)
169. Bassetti M, Scudeller L, Giacobbe DR et al (2019) Developing definitions for invasive fungal diseases in critically ill adult patients in intensive care units. Protocol of the FUNgal infections Definitions in ICU patients (FUNDICU) project. *Mycoses* 62(4):310–319. <https://doi.org/10.1111/myc.12869>
170. Andes DR, Safdar N, Baddley JW et al (2012) Impact of treatment strategy on outcomes in patients with candidemia and other forms of invasive candidiasis: a patient-level quantitative review of randomized trials. *Clin Infect Dis* 54(8):1110–1122. <https://doi.org/10.1093/cid/cis021>
171. Kett DH, Azoulay E, Echeverria PM et al (2011) Candida bloodstream infections in intensive care units: analysis of the extended prevalence of infection in intensive care unit study. *Crit Care Med* 39(4):665–670. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318206c1ca>
172. Cleveland AA, Harrison LH, Farley MM et al (2015) Declining incidence of candidemia and the shifting epidemiology of Candida resistance in two US metropolitan areas, 2008–2013: results from population-based surveillance. *Plos One* 10(3):e120452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120452>
173. Zhang AY, Shrum S, Williams S et al (2020) The Changing Epidemiology of Candidemia in the United States: Injection Drug Use as an Increasingly Common Risk Factor-Active Surveillance in Selected Sites, United States, 2014–2017. *Clin Infect Dis* 71(7):1732–1737. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz1061>
174. Bassetti M, Giacobbe DR, Agvald-Ohman C et al (2024) Invasive Fungal Diseases in Adult Patients in Intensive Care Unit (FUNDICU): 2024 consensus definitions from ESGCIP, EFISG, ESICM, ECM, MSGERC, ISAC, and ISHAM. *Intensive Care Med* 50(4):502–515. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07341-7>
175. Vergidis P, Clancy CJ, Shields RK et al (2016) Intra-Abdominal Candidiasis: The Importance of Early Source Control and Antifungal Treatment. *Plos One* 11(4):e153247. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153247>
176. Murray CK, Loo FL, Hospenthal DR et al (2008) Incidence of systemic fungal infection and related mortality following severe burns. *Burns* 34(8):1108–1112. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2008.04.007>
177. Gur I, Zilbert A, Toledano K et al (2024) Clinical impact of fungal colonization of burn wounds in patients hospitalized in the intensive care unit: a retrospective cohort study. *Trauma Surg Acute Care Open* 9(1):e1325. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2023-001325>
178. Blumberg HM, Jarvis WR, Soucie JM et al (2001) Risk factors for candidal bloodstream infections in surgical intensive care unit patients: the NEMIS prospective multicenter study. The National Epidemiology of Mycosis Survey. *Clin Infect Dis* 33(2):177–186. <https://doi.org/10.1086/321811>
179. Kontoyiannis DP, Marr KA, Park BJ et al (2010) Prospective surveillance for invasive fungal infections in hematopoietic stem cell transplant recipients, 2001–2006: overview of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET) Database. *Clin Infect Dis* 50(8):1091–1100. <https://doi.org/10.1086/651263>
180. Biyun L, Yahui H, Yuanfang L et al (2024) Risk factors for invasive fungal infections after haematopoietic stem cell transplantation: a systematic review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect* 30(5):601–610. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2024.01.005>
181. White PL, Wingard JR, Bretagne S et al (2015) Aspergillus Polymerase Chain Reaction: Systematic Review of Evidence for Clinical Use in Comparison With Antigen Testing. *Clin Infect Dis* 61(8):1293–1303. <https://doi.org/10.1093/cid/civ507>
182. Pappas PG, Alexander BD, Andes DR et al (2010) Invasive fungal infections among organ transplant recipients: results of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET). *Clin Infect Dis* 50(8):1101–1111. <https://doi.org/10.1086/651262>
183. Pennington KM, Martin MJ, Murad MH et al (2024) Risk Factors for Early Fungal Disease in Solid Organ Transplant Recipients: A Systematic Review and Meta-analysis. *Transplantation* 108(4):970–984. <https://doi.org/10.1097/tp.0000000000004871>
184. Pagano L, Busca A, Candoni A et al (2017) Risk stratification for invasive fungal infections in patients with hematological malignancies: SEIFEM

- recommendations. *Blood Rev* 31(2):17–29. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2016.09.002>
185. Baddley JW (2011) Clinical risk factors for invasive aspergillosis. *Med Mycol* 49(Suppl 1):S7–S12. <https://doi.org/10.3109/13693786.2010.505204>
186. Ruiz-Camps I, Aguilar-Company J (2021) Risk of infection associated with targeted therapies for solid organ and hematological malignancies. *Ther Adv Infect Dis* 8:1–15. <https://doi.org/10.1177/2049936121989548>
187. Abdul-Aziz MH, Hammond NE, Brett SJ et al (2024) Prolonged vs Intermittent Infusions of β -Lactam Antibiotics in Adults With Sepsis or Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA* 332(8):638–648. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.9803>
188. Hong LT, Downes KJ, FakhriRavari A et al (2023) International consensus recommendations for the use of prolonged-infusion beta-lactam antibiotics: Endorsed by the American College of Clinical Pharmacy, British Society for Antimicrobial Chemotherapy, Cystic Fibrosis Foundation, European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, Infectious Diseases Society of America, Society of Critical Care Medicine, and Society of Infectious Diseases Pharmacists. *Pharmacotherapy* 43(8):740–777. <https://doi.org/10.1002/phar.2842>
189. Dulhunty JM, Brett SJ, De Waele JJ et al (2024) Continuous vs Intermittent β -Lactam Antibiotic Infusions in Critically Ill Patients With Sepsis: The BLING III Randomized Clinical Trial. *JAMA* 332(8):629–637. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.9779>
190. Zhao Y, Zang B, Wang Q (2024) Prolonged versus intermittent β -lactam infusion in sepsis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Intensive Care* 14(1):30. <https://doi.org/10.1186/s13613-024-01263-9>
191. Hagel S, Bach F, Brenner T et al (2022) Effect of therapeutic drug monitoring-based dose optimization of piperacillin/tazobactam on sepsis-related organ dysfunction in patients with sepsis: a randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 48(3):311–321. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06609-6>
192. Arulkumaran N, Routledge M, Schlebusch S et al (2020) Antimicrobial-associated harm in critical care: a narrative review. *Intensive Care Med* 46(2):225–235. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05929-3>
193. Guo Y, Gao W, Yang H et al (2016) De-escalation of empiric antibiotics in patients with severe sepsis or septic shock: A meta-analysis. *Heart Lung* 45(5):454–459. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2016.06.001>
194. Hagel S, Bahr C, Schumann R et al (2022) Complicated and uncomplicated *S. aureus* bacteraemia: an international Delphi survey among infectious diseases experts on definitions and treatment. *Clin Microbiol Infect* 28(7):1026.e7–e11. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2022.03.025>
195. Hagel S, Kaasch AJ, Weis S et al (2019) *Staphylococcus aureus*-Blutstrominfektion – eine interdisziplinäre Herausforderung. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 54(3):206–216. <https://doi.org/10.1055/a-0756-8263>
196. Tabah A, Cotta MO, Garnacho-Montero J et al (2016) A Systematic Review of the Definitions, Determinants, and Clinical Outcomes of Antimicrobial De-escalation in the Intensive Care Unit. *Clin Infect Dis* 62(8):1009–1017. <https://doi.org/10.1093/cid/civ1199>
197. Leone M, Bechis C, Baumstarck K et al (2014) De-escalation versus continuation of empirical antimicrobial treatment in severe sepsis: a multicenter non-blinded randomized noninferiority trial. *Intensive Care Med* 40(10):1399–1408. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3411-8>
198. Moehring RW, Yarrington ME, Warren BG et al (2023) Evaluation of an Opt-Out Protocol for Antibiotic De-Escalation in Patients With Suspected Sepsis: A Multicenter, Randomized, Controlled Trial. *Clin Infect Dis* 76(3):433–442. <https://doi.org/10.1093/cid/ciac787>
199. Paul M, Lador A, Grozinsky-Glasberg S et al (2014) Beta lactam antibiotic monotherapy versus beta lactam-aminoglycoside antibiotic combination therapy for sepsis. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003344.pub3> (CD003344)
200. Ouranos K, Mylonakis E (2024) In Enterobacterales bacteremia, antipseudomonal β -lactam de-escalation was noninferior to continuation for clinical cure at 3 to 5 d. *Ann Intern Med* 177(5):Jc52. <https://doi.org/10.7326/j24-0030>
201. Teshome BF, Park T, Arackal J et al (2024) Preventing New Gram-negative Resistance Through Beta-lactam De-escalation in Hospitalized Patients With Sepsis: A Retrospective Cohort Study. *Clin Infect Dis* 79(4):826–833. <https://doi.org/10.1093/cid/ciae253>
202. Weinstein MP (2003) Blood culture contamination: persisting problems and partial progress. *J Clin Microbiol* 41(6):2275–2278. <https://doi.org/10.1128/jcm.41.6.2275-2278.2003>
203. Hanretty AM, Gallagher JC (2018) Shortened Courses of Antibiotics for Bacterial Infections: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Pharmacotherapy* 38(6):674–687. <https://doi.org/10.1002/phar.2118>
204. Lee RA, Stripling JT, Spellberg B et al (2023) Short-course antibiotics for common infections: what do we know and where do we go from here? *Clin Microbiol Infect* 29(2):150–159. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2022.08.024>
205. Chastre J, Wolff M, Fagon JY et al (2003) Comparison of 8 vs 15 days of antibiotic therapy for ventilator-associated pneumonia in adults: a randomized trial. *JAMA* 290(19):2588–2598. <https://doi.org/10.1001/jama.290.19.2588>
206. Erba L, Furlan L, Monti A et al (2021) Short vs long-course antibiotic therapy in pyelonephritis: a comparison of systematic reviews and guidelines for the SIMI choosing wisely campaign. *Intern Emerg Med* 16(2):313–323. <https://doi.org/10.1007/s11739-020-02401-4>
207. Yahav D, Franceschini E, Koppel F et al (2019) Seven Versus 14 Days of Antibiotic Therapy for Uncomplicated Gram-negative Bacteremia: A Noninferiority Randomized Controlled Trial. *Clin Infect Dis* 69(7):1091–1098. <https://doi.org/10.1093/cid/ciy1054>
208. Sawyer RG, Claridge JA, Nathens AB et al (2015) Trial of short-course antimicrobial therapy for intraabdominal infection. *N Engl J Med* 372(21):1996–2005. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1411162>
209. Montravers P, Tubach F, Lescot T et al (2018) Short-course antibiotic therapy for critically ill patients treated for postoperative intra-abdominal infection: the DURAPOP randomised clinical trial. *Intensive Care Med* 44(3):300–310. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5088-x>
210. DGP, DGAI (2024) https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-013l_S3_Epidemiologie-Diagnostik-Therapie-erwachsener-Patienten-nosokomiale-Pneumonie__2024-03.pdf (Erstellt: 01.2024)
211. Tansarli GS, Andreatos N, Pliakos EE et al (2019) A Systematic Review and Meta-analysis of Antibiotic Treatment Duration for Bacteremia Due to Enterobacteriaceae. *Antimicrob Agents Chemother* 63(5):e2495–18. <https://doi.org/10.1128/aac.02495-18>
212. Kubo K, Kondo Y, Yoshimura J et al (2022) Short-versus prolonged-course antibiotic therapy for sepsis or infectious diseases in critically ill adults: a systematic review and meta-analysis. *Infect Dis (lond)* 54(3):213–223. <https://doi.org/10.1080/23744235.2021.2001046>
213. Turjeman A, von Dach E, Molina J et al (2023) Duration of antibiotic treatment for Gram-negative bacteremia - Systematic review and individual participant data (IPD) meta-analysis. *eClinicalMedicine* 55:101750. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2022.101750>
214. Hepburn MJ, Dooley DP, Skidmore PJ et al (2004) Comparison of short-course (5 days) and standard (10 days) treatment for uncomplicated cellulitis. *Arch Intern Med* 164(15):1669–1674. <https://doi.org/10.1001/archinte.164.15.1669>
215. Prokocimer P, De Anda C, Fang E et al (2013) Tedizolid phosphate vs linezolid for treatment of acute bacterial skin and skin structure infections: the ESTABLISH-1 randomized trial. *JAMA* 309(6):559–569. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.241>
216. Moran GJ, Fang E, Corey GR et al (2014) Tedizolid for 6 days versus linezolid for 10 days for acute bacterial skin and skin-structure infections (ESTABLISH-2): a randomised, double-blind, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet Infect Dis* 14(8):696–705. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(14\)70737-6](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(14)70737-6)
217. Cranendonk DR, Opmeer BC, van Aghmael MA et al (2020) Antibiotic treatment for 6 days versus 12 days in patients with severe cellulitis: a multicentre randomized, double-blind, placebo-controlled, non-inferiority trial. *Clin Microbiol Infect* 26(5):606–612. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.09.019>
218. Liu C, Bayer A, Cosgrove SE et al (2011) Clinical practice guidelines by the infectious diseases society of america for the treatment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in adults and children. *Clin Infect Dis* 52(3):e18–e55. <https://doi.org/10.1093/cid/ciq146>
219. Heinz WJ, Buchheidt D, Christopheit M et al (2017) Diagnosis and empirical treatment of fever of unknown origin (FUO) in adult neutropenic patients: guidelines of the Infectious Diseases Working Party (AGIHO) of the German Society of Hematology and Medical Oncology (DGHO). *Ann Hematol* 96(11):1775–1792. <https://doi.org/10.1007/s00277-017-3098-3>
220. Curran J, Lo J, Leung V et al (2022) Estimating daily antibiotic harms: an umbrella review with individual study meta-analysis. *Clin Microbiol Infect* 28(4):479–490. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.10.022>
221. Kubo K, Sakuraya M, Sugimoto H et al (2024) Benefits and Harms of Procalcitonin- or C-Reactive Protein-Guided Antimicrobial Discontinuation in Critically Ill Adults With Sepsis: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Crit Care Med* 52(10):e522–e34. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000006366>
222. Kalil AC, Metersky ML, Klompas M et al (2016) Management of Adults With Hospital-acquired and Ventilator-associated Pneumonia: 2016 Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases

- Society of America and the American Thoracic Society. Clin Infect Dis 63(5):e61–e111. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw353>
223. Pugh R, Grant C, Cooke RP et al (2015) Short-course versus prolonged-course antibiotic therapy for hospital-acquired pneumonia in critically ill adults. Cochrane Database Syst Rev. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007577.pub3> (CD007577)
224. van Engelen TSR, Wiersinga WJ, Scicluna BP et al (2018) Biomarkers in Sepsis. Crit Care Clin 34(1):139–152. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2017.08.010>
225. Nobre V, Harbarth S, Graf JD et al (2008) Use of procalcitonin to shorten antibiotic treatment duration in septic patients: a randomized trial. Am J Respir Crit Care Med 177(5):498–505. <https://doi.org/10.1164/rccm.200708-1238OC>
226. Schroeder S, Hochreiter M, Koehler T et al (2009) Procalcitonin (PCT)-guided algorithm reduces length of antibiotic treatment in surgical intensive care patients with severe sepsis: results of a prospective randomized study. Langenbecks Arch Surg 394(2):221–226. <https://doi.org/10.1007/s00423-008-0432-1>
227. Stolz D, Smyrniotis N, Eggimann P et al (2009) Procalcitonin for reduced antibiotic exposure in ventilator-associated pneumonia: a randomised study. Eur Respir J 34(6):1364–1375. <https://doi.org/10.1183/09031936.00053209>
228. Hochreiter M, Köhler T, Schweiger AM et al (2009) Procalcitonin to guide duration of antibiotic therapy in intensive care patients: a randomized prospective controlled trial. Crit Care 13(3):R83. <https://doi.org/10.1186/cc7903>
229. Bouadma L, Luyt CE, Tubach F et al (2010) Use of procalcitonin to reduce patients' exposure to antibiotics in intensive care units (PRORATA trial): a multicentre randomised controlled trial. Lancet 375(9713):463–474. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61879-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61879-1)
230. Deliberato RO, Marra AR, Sanches PR et al (2013) Clinical and economic impact of procalcitonin to shorten antimicrobial therapy in septic patients with proven bacterial infection in an intensive care setting. Diagn Microbiol Infect Dis 76(3):266–271. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2013.03.027>
231. Oliveira CF, Botoni FA, Oliveira CR et al (2013) Procalcitonin versus C-reactive protein for guiding antibiotic therapy in sepsis: a randomized trial. Crit Care Med 41(10):2336–2343. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828e969f>
232. Shehabi Y, Sterba M, Garrett PM et al (2014) Procalcitonin algorithm in critically ill adults with undifferentiated infection or suspected sepsis. A randomized controlled trial. Am J Respir Crit Care Med 190(10):1102–1110. <https://doi.org/10.1164/rccm.201408-1483OC>
233. Bloos F, Trips E, Nierhaus A et al (2016) Effect of Sodium Selenite Administration and Procalcitonin-Guided Therapy on Mortality in Patients With Severe Sepsis or Septic Shock: A Randomized Clinical Trial. JAMA Intern Med 176(9):1266–1276. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2016.2514>
234. de Jong E, van Oers JA, Beishuizen A et al (2016) Efficacy and safety of procalcitonin guidance in reducing the duration of antibiotic treatment in critically ill patients: a randomised, controlled, open-label trial. Lancet Infect Dis 16(7):819–827. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)00053-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)00053-0)
235. Liu Y, Yang W, Wei J (2017) Guiding Effect of Serum Procalcitonin (PCT) on the Antibiotic Application to Patients with Sepsis. Iran J Public Health 46(11):1535–1539
236. Jeon K, Suh JK, Jang EJ et al (2019) Procalcitonin-Guided Treatment on Duration of Antibiotic Therapy and Cost in Septic Patients (PRODA): a Multi-Center Randomized Controlled Trial. J Korean Med Sci 34(14):e110. <https://doi.org/10.3346/jkms.2019.34.e110>
237. Gutiérrez-Pizarra A, León-García MDC, De Juan-Idigoras R et al (2022) Clinical impact of procalcitonin-based algorithms for duration of antibiotic treatment in critically ill adult patients with sepsis: a meta-analysis of randomized clinical trials. Expert Rev Anti Infect Ther 20(1):103–112. <https://doi.org/10.1080/14787210.2021.1932462>
238. Wirz Y, Meier MA, Bouadma L et al (2018) Effect of procalcitonin-guided antibiotic treatment on clinical outcomes in intensive care unit patients with infection and sepsis patients: a patient-level meta-analysis of randomized trials. Crit Care 22(1):191. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2125-7>
239. Papp M, Kiss N, Baka M et al (2023) Procalcitonin-guided antibiotic therapy may shorten length of treatment and may improve survival-a systematic review and meta-analysis. Crit Care 27(1):394. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04677-2>
240. Collins CD, Brockhaus K, Sim T et al (2019) Analysis to determine cost-effectiveness of procalcitonin-guided antibiotic use in adult patients with suspected bacterial infection and sepsis. Am J Health Syst Pharm 76(16):1219–1225. <https://doi.org/10.1093/ajhp/zxz129>
241. Delgado V, Ajmone Marsan N, de Waha S et al (2023) 2023 ESC Guidelines for the management of endocarditis: Developed by the task force on the management of endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Association of Nuclear Medicine (EANM). Eur Heart J 44(39):3948–4042. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad193>
242. Hammond NE, Zampieri FG, Di Tanna GL et al (2022) Balanced Crystalloids versus Saline in Critically Ill Adults - A Systematic Review with Meta-Analysis. Nejm Evid. <https://doi.org/10.1056/EVIDoA2100010> (EVIDoA2100010)
243. Semler MW, Self WH, Rice TW (2018) Balanced Crystalloids versus Saline in Critically Ill Adults. N Engl J Med 378(20):1951. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1804294>
244. Young P, Bailey M, Beasley R et al (2015) Effect of a Buffered Crystalloid Solution vs Saline on Acute Kidney Injury Among Patients in the Intensive Care Unit: The SPLIT Randomized Clinical Trial. JAMA 314(16):1701–1710. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.12334>
245. Zampieri FG, Machado FR, Biondi RS et al (2021) Effect of Intravenous Fluid Treatment With a Balanced Solution vs 0.9% Saline Solution on Mortality in Critically Ill Patients: The BaSICS Randomized Clinical Trial. JAMA 326(9):1–12. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.11684>
246. Finfer S, Micallef S, Hammond N et al (2022) Balanced Multielectrolyte Solution versus Saline in Critically Ill Adults. N Engl J Med 386(9):815–826. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2114464>
247. Geng L, Tian X, Gao Z et al (2023) Different Concentrations of Albumin Versus Crystalloid in Patients with Sepsis and Septic Shock: A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. J Intensive Care Med 38(8):679–689. <https://doi.org/10.1177/08850666231170778>
248. Lewis SR, Pritchard MW, Evans DJ et al (2018) Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill people. Cochrane Database Syst Rev. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000567.pub7> (CD000567)
249. Caironi P, Tognoni G, Gattinoni L (2014) Albumin replacement in severe sepsis or septic shock. N Engl J Med 371(1):84. <https://doi.org/10.1056/NEJMc1405675>
250. Martin GS, Bassett P (2019) Crystalloids vs. colloids for fluid resuscitation in the Intensive Care Unit: A systematic review and meta-analysis. J Crit Care 50:144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2018.11.031>
251. Haase N, Perner A, Hennings LI et al (2013) Hydroxyethyl starch 130/0.38-0.45 versus crystalloid or albumin in patients with sepsis: systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. BMJ 346:f839. <https://doi.org/10.1136/bmj.f839>
252. (2023) <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RHB/2023/rhb-hes.html>
253. Rochwerf B, Alhazzani W, Sindi A et al (2014) Fluid resuscitation in sepsis: a systematic review and network meta-analysis. Ann Intern Med 161(5):347–355. <https://doi.org/10.7326/m14-0178>
254. Annane D, Siami S, Jaber S et al (2013) Effects of fluid resuscitation with colloids vs crystalloids on mortality in critically ill patients presenting with hypovolemic shock: the CRISTAL randomized trial. JAMA 310(17):1809–1817. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.280502>
255. Rochwerf B, Alhazzani W, Gibson A et al (2015) Fluid type and the use of renal replacement therapy in sepsis: a systematic review and network meta-analysis. Intensive Care Med 41(9):1561–1571. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3794-1>
256. Moeller C, Fleischmann C, Thomas-Rueddel D et al (2016) How safe is gelatin? A systematic review and meta-analysis of gelatin-containing plasma expanders vs crystalloids and albumin. J Crit Care 35:75–83. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2016.04.011>
257. Lorenz W, Duda D, Dick W et al (1994) Incidence and clinical importance of perioperative histamine release: randomised study of volume loading and antihistamines after induction of anaesthesia. Trial Group Mainz/marburg Lancet 343(8903):933–940. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(94)90063-9)
258. Avni T, Lador A, Lev S et al (2015) Vasopressors for the Treatment of Septic Shock: Systematic Review and Meta-Analysis. Plos One 10(8):e129305. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129305>
259. Myburgh JA, Higgins A, Jovanovska A et al (2008) A comparison of epinephrine and norepinephrine in critically ill patients. Intensive Care Med 34(12):2226–2234. <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1219-0>
260. Dünser MW, Mayr AJ, Ulmer H et al (2003) Arginine vasopressin in advanced vasodilatory shock: a prospective, randomized, controlled study. Circulation 107(18):2313–2319. <https://doi.org/10.1161/01.Cir.0000066692.71008.Bb>
261. Gordon AC, Mason AJ, Thirunavukkarasu N et al (2016) Effect of Early Vasopressin vs Norepinephrine on Kidney Failure in Patients With Septic Shock: The VANISH Randomized Clinical Trial. JAMA 316(5):509–518. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.10485>
262. Russell JA, Walley KR, Singer J et al (2008) Vasopressin versus norepinephrine infusion in patients with septic shock. N Engl J Med 358(9):877–887. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa067373>

263. De Backer D, Creteur J, Silva E et al (2003) Effects of dopamine, norepinephrine, and epinephrine on the splanchnic circulation in septic shock: which is best? *Crit Care Med* 31(6):1659–1667. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000063045.77339.B6>
264. Day NP, Phu NH, Bethell DP et al (1996) The effects of dopamine and adrenaline infusions on acid-base balance and systemic haemodynamics in severe infection. *Lancet* 348(9022):219–223. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)09096-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)09096-4)
265. Levy B, Bollaert PE, Charpentier C et al (1997) Comparison of norepinephrine and dobutamine to epinephrine for hemodynamics, lactate metabolism, and gastric tonometric variables in septic shock: a prospective, randomized study. *Intensive Care Med* 23(3):282–287. <https://doi.org/10.1007/s001340050329>
266. Mackenzie SJ, Kapadia F, Nimmo GR et al (1991) Adrenaline in treatment of septic shock: effects on haemodynamics and oxygen transport. *Intensive Care Med* 17(1):36–39. <https://doi.org/10.1007/bf01708407>
267. Martin C, Papazian L, Perrin G et al (1993) Norepinephrine or dopamine for the treatment of hyperdynamic septic shock? *Chest* 103(6):1826–1831. <https://doi.org/10.1378/chest.103.6.1826>
268. Martin C, Viviani X, Leone M et al (2000) Effect of norepinephrine on the outcome of septic shock. *Crit Care Med* 28(8):2758–2765. <https://doi.org/10.1097/00003246-200008000-00012>
269. Moran JL, O’Fathartaigh MS, Peisach AR et al (1993) Epinephrine as an inotropic agent in septic shock: a dose-profile analysis. *Crit Care Med* 21(1):70–77. <https://doi.org/10.1097/00003246-199301000-00015>
270. Yamazaki T, Shimada Y, Taenaka N et al (1982) Circulatory responses to afterloading with phenylephrine in hyperdynamic sepsis. *Crit Care Med* 10(7):432–435. <https://doi.org/10.1097/00003246-198207000-00003>
271. Zhou SX, Qiu HB, Huang YZ et al (2002) Effects of norepinephrine, epinephrine, and norepinephrine-dobutamine on systemic and gastric mucosal oxygenation in septic shock. *Acta Pharmacol Sin* 23(7):654–658
272. Wutrich Y, Barraud D, Conrad M et al (2010) Early increase in arterial lactate concentration under epinephrine infusion is associated with a better prognosis during shock. *Shock* 34(1):4–9. <https://doi.org/10.1097/SHK.0b013e3181ce2d23>
273. Sharshar T, Blanchard A, Paillard M et al (2003) Circulating vasopressin levels in septic shock. *Crit Care Med* 31(6):1752–1758. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000063046.82359.4a>
274. Albanèse J, Leone M, Delmas A et al (2005) Terlipressin or norepinephrine in hyperdynamic septic shock: a prospective, randomized study. *Crit Care Med* 33(9):1897–1902. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000178182.37639.d6>
275. Malay MB, Ashton RC Jr, Landry DW et al (1999) Low-dose vasopressin in the treatment of vasodilatory septic shock. *J Trauma* 47(4):699–703. <https://doi.org/10.1097/00005373-199910000-00014> (discussion-5.)
276. Morelli A, Ertmer C, Lange M et al (2008) Effects of short-term simultaneous infusion of dobutamine and terlipressin in patients with septic shock: the DOBUPRESS study. *Br J Anaesth* 100(4):494–503. <https://doi.org/10.1093/bja/aen017>
277. Morelli A, Ertmer C, Rehberg S et al (2009) Continuous terlipressin versus vasopressin infusion in septic shock (TERLIVAP): a randomized, controlled pilot study. *Crit Care* 13(4):R130. <https://doi.org/10.1186/cc7990>
278. O’Brien A, Clapp L, Singer M (2002) Terlipressin for norepinephrine-resistant septic shock. *Lancet* 359(9313):1209–1210. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08225-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08225-9)
279. Khanna A, English SW, Wang XS et al (2017) Angiotensin II for the Treatment of Vasodilatory Shock. *N Engl J Med* 377(5):419–430. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1704154>
280. Annane D, Vignon P, Renault A et al (2007) Norepinephrine plus dobutamine versus epinephrine alone for management of septic shock: a randomized trial. *Lancet* 370(9588):676–684. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61344-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61344-0)
281. Cohn JN (1967) Blood pressure measurement in shock. Mechanism of inaccuracy in auscultatory and palpatory methods. *JAMA* 199(13):118–122. <https://doi.org/10.1001/jama.199.13.118>
282. Scheer B, Perel A, Pfeiffer UJ (2002) Clinical review: complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Crit Care* 6(3):199–204. <https://doi.org/10.1186/cc1489>
283. Gu WJ, Wu XD, Wang F et al (2016) Ultrasound Guidance Facilitates Radial Artery Catheterization: A Meta-analysis With Trial Sequential Analysis of Randomized Controlled Trials. *Chest* 149(1):166–179. <https://doi.org/10.1378/chest.15-1784>
284. O’Horo JC, Maki DG, Krupp AE et al (2014) Arterial catheters as a source of bloodstream infection: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 42(6):1334–1339. <https://doi.org/10.1097/ccm.000000000000166>
285. Puntillo F, Giglio M, Pasqualucci A et al (2020) Vasopressor-Sparing Action of Methylene Blue in Severe Sepsis and Shock: A Narrative Review. *Adv Ther* 37(9):3692–3706. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01422-x>
286. Ibarra-Estrada M, Kattan E, Aguilera-González P et al (2023) Early adjunctive methylene blue in patients with septic shock: a randomized controlled trial. *Crit Care* 27(1):110. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04397-7>
287. Fernando SM, Tran A, Soliman K et al (2024) Methylene Blue in Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 6(7):e1110. <https://doi.org/10.1097/cce.0000000000001110>
288. Liu ZM, Chen J, Kou Q et al (2018) Terlipressin versus norepinephrine as infusion in patients with septic shock: a multicentre, randomised, double-blinded trial. *Intensive Care Med* 44(11):1816–1825. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5267-9>
289. Acevedo J, Fernández J, Escorsell A et al (2009) Clinical efficacy and safety of terlipressin administration in cirrhotic patients with septic shock. *J Hepatol*. [https://doi.org/10.1016/S0168-8278\(09\)60176-8](https://doi.org/10.1016/S0168-8278(09)60176-8)
290. Chen Z, Zhou P, Lu Y et al (2017) Comparison of effect of norepinephrine and terlipressin on patients with ARDS combined with septic shock: a prospective single-blind randomized controlled trial. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 29(2):111–116. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.02.004>
291. Choudhury A, Kedarisetty CK, Vashishtha C et al (2017) A randomized trial comparing terlipressin and noradrenaline in patients with cirrhosis and septic shock. *Liver Int* 37(4):552–561. <https://doi.org/10.1111/liv.13252>
292. Svoboda P, Scheer P, Kantorová I et al (2012) Terlipressin in the treatment of late phase catecholamine-resistant septic shock. *Hepatogastroenterology* 59(116):1043–1047. <https://doi.org/10.5754/hge10550>
293. Xiao X, Zhang J, Wang Y et al (2016) Effects of terlipressin on patients with sepsis via improving tissue blood flow. *J Surg Res* 200(1):274–282. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.07.016>
294. Prakash V (2017) Early introduction of a combination of low dose terlipressin and noradrenaline as vasopressors is superior to high dose noradrenaline alone in patients of cirrhosis with septic shock. In: *In: Hepatology*. Washington, DC, USA (NCT02468063)
295. Cavallin M, Piano S, Romano A et al (2016) Terlipressin given by continuous intravenous infusion versus intravenous boluses in the treatment of hepatorenal syndrome: A randomized controlled study. *Hepatology* 63(3):983–992. <https://doi.org/10.1002/hep.28396>
296. Wong F, Pappas SC, Curry MP et al (2021) Terlipressin plus Albumin for the Treatment of Type 1 Hepatorenal Syndrome. *N Engl J Med* 384(9):818–828. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2008290>
297. Belletti A, Benedetto U, Biondi-Zoccai G et al (2017) The effect of vasoactive drugs on mortality in patients with severe sepsis and septic shock. A network meta-analysis of randomized trials. *J Crit Care* 37:91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2016.08.010>
298. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P et al (1995) A trial of goal-oriented hemodynamic therapy in critically ill patients. SvO2 Collaborative Group. *N Engl J Med* 333(16):1025–1032. <https://doi.org/10.1056/nejm199510193331601>
299. Boissier F, Aissaoui N (2022) Septic cardiomyopathy: Diagnosis and management. *J Intensive Med* 2(1):8–16. <https://doi.org/10.1016/j.jointm.2021.11.004>
300. Vieillard-Baron A (2011) Septic cardiomyopathy. *Ann Intensive Care* 1(1):6. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-1-6>
301. Hayes MA, Timmins AC, Yau EH et al (1994) Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients. *N Engl J Med* 330(24):1717–1722. <https://doi.org/10.1056/nejm199406163302404>
302. Hollenberg SM, Ahrens TS, Annane D et al (2004) Practice parameters for hemodynamic support of sepsis in adult patients: 2004 update. *Crit Care Med* 32(9):1928–1948. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000139761.05492.d6>
303. Cheng L, Yan J, Han S et al (2019) Comparative efficacy of vasoactive medications in patients with septic shock: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care* 23(1):168. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2427-4>
304. Léopold V, Gayat E, Pirracchio R et al (2018) Epinephrine and short-term survival in cardiogenic shock: an individual data meta-analysis of 2583 patients. *Intensive Care Med* 44(6):847–856. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5222-9>
305. Levy B, Perez P, Perny J et al (2011) Comparison of norepinephrine-dobutamine to epinephrine for hemodynamics, lactate metabolism, and organ function variables in cardiogenic shock. A prospective, randomized pilot study. *Crit Care Med* 39(3):450–455. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181ffe0eb>
306. Omar S, Burchard AT, Lundgren AC et al (2011) The relationship between blood lactate and survival following the use of adrenaline in the treatment of septic shock. *Anaesth Intensive Care* 39(3):449–455. <https://doi.org/10.1177/0310057x1103900316>
307. Bhattacharjee S, Soni KD, Maitra S et al (2017) Levosimendan does not provide mortality benefit

- over dobutamine in adult patients with septic shock: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Anesth* 39:67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2017.03.011>
308. Gordon AC, Perkins GD, Singer M et al (2016) Levosimendan for the Prevention of Acute Organ Dysfunction in Sepsis. *N Engl J Med* 375(17):1638–1648. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1609409>
309. Feng F, Chen Y, Li M et al (2019) Levosimendan does not reduce the mortality of critically ill adult patients with sepsis and septic shock: a meta-analysis. *Chin Med J (engl)* 132(10):1212–1217. <https://doi.org/10.1097/cm9.000000000000197>
310. Ehrman RR, Sullivan AN, Favot MJ et al (2018) Pathophysiology, echocardiographic evaluation, biomarker findings, and prognostic implications of septic cardiomyopathy: a review of the literature. *Crit Care* 22(1):112. <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2043-8>
311. Bréchet N, Hajage D, Kimmoun A et al (2020) Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation to rescue sepsis-induced cardiogenic shock: a retrospective, multicentre, international cohort study. *Lancet* 396(10250):545–552. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30733-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30733-9)
312. Ostadal P, Rokyta R, Karasek J et al (2023) Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock: Results of the ECMO-CS Randomized Clinical Trial. *Circulation* 147(6):454–464. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.122.062949>
313. Zeymer U, Freund A, Hochadel M et al (2023) Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in patients with infarct-related cardiogenic shock: an individual patient data meta-analysis of randomised trials. *Lancet* 402(10410):1338–1346. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01607-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01607-0)
314. Ling RR, Ramanathan K, Poon WH et al (2021) Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation as mechanical circulatory support in adult septic shock: a systematic review and meta-analysis with individual participant data meta-regression analysis. *Crit Care* 25(1):246. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03668-5>
315. Leibovici L, Gafer-Givli A, Paul M et al (2007) Relative tachycardia in patients with sepsis: an independent risk factor for mortality. *Qjm* 100(10):629–634. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcm074>
316. Schmittinger CA, Torgersen C, Luckner G et al (2012) Adverse cardiac events during catecholamine vasopressor therapy: a prospective observational study. *Intensive Care Med* 38(6):950–958. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2531-2>
317. Pemberton P, Veenith T, Snelson C et al (2015) Is It Time to Beta Block the Septic Patient? *Biomed Res Int*. <https://doi.org/10.1155/2015/424308>
318. Morelli A, Ertmer C, Westphal M et al (2013) Effect of heart rate control with esmolol on hemodynamic and clinical outcomes in patients with septic shock: a randomized clinical trial. *JAMA* 310(16):1683–1691. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.278477>
319. Whitehouse T, Hossain A, Perkins GD et al (2023) Landiolol and Organ Failure in Patients With Septic Shock: The STRESS-L Randomized Clinical Trial. *JAMA* 330(17):1641–1652. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.20134>
320. Rehberg S, Frank S, Černý V et al (2024) Landiolol for heart rate control in patients with septic shock and persistent tachycardia. A multicenter randomized clinical trial (Landi-SEP). *Intensive Care Med* 50(10):1622–1634. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07587-1>
321. Garnock-Jones KP (2012) Esmolol: a review of its use in the short-term treatment of tachyarrhythmias and the short-term control of tachycardia and hypertension. *Drugs* 72(1):109–132. <https://doi.org/10.2165/11208210-000000000-00000>
322. Lechat P, Packer M, Chalon S et al (1998) Clinical effects of beta-adrenergic blockade in chronic heart failure: a meta-analysis of double-blind, placebo-controlled, randomized trials. *Circulation* 98(12):1184–1191. <https://doi.org/10.1161/01.cir.98.12.1184>
323. Grasselli G, Calfee CS, Camporota L et al (2023) ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med* 49(7):727–759. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07050-7>
324. Yamamoto R, Okazaki SR, Fujita Y et al (2022) Usefulness of low tidal volume ventilation strategy for patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 12(1):9331. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13224-y>
325. Tasaka S, Ohshimo S, Takeuchi M et al (2022) ARDS Clinical Practice Guideline 2021. *J Intensive Care* 10(1):32. <https://doi.org/10.1186/s40560-022-00615-6>
326. Simonis FD, Serpa Neto A, Binnekade JM et al (2018) Effect of a Low vs Intermediate Tidal Volume Strategy on Ventilator-Free Days in Intensive Care Unit Patients Without ARDS: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 320(18):1872–1880. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14280>
327. Yasuda H, Sanui M, Nishimura T et al (2021) Optimal Upper Limits of Plateau Pressure for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome During the First Seven Days: A Meta-Regression Analysis. *J Clin Med Res* 13(1):48–63. <https://doi.org/10.14740/jocmr4390>
328. Aoyama H, Uchida K, Aoyama K et al (2019) Assessment of Therapeutic Interventions and Lung Protective Ventilation in Patients With Moderate to Severe Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *JAMA* 321(18):e198116. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.8116>
329. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS et al (2015) Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 372(8):747–755. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1410639>
330. Briel M, Meade M, Mercat A et al (2010) Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 303(9):865–873. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.218>
331. Dianti J, Tisminetzky M, Ferreyro BL et al (2022) Association of Positive End-Expiratory Pressure and Lung Recruitment Selection Strategies with Mortality in Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 205(11):1300–1310. <https://doi.org/10.1164/rccm.202108-1972OC>
332. Yamamoto R, Sugimura S, Kikuyama K et al (2022) Efficacy of Higher Positive End-Expiratory Pressure Ventilation Strategy in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus* 14(7):e26957. <https://doi.org/10.7759/cureus.26957>
333. Cruz SR, Villarejo F, Irrazabal C et al (2021) High versus low positive end-expiratory pressure (PEEP) levels for mechanically ventilated adult patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009098.pub3> (CD009098)
334. Laffey JG, Bellani G, Pham T et al (2016) Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the LUNG SAFE study. *Intensive Care Med* 42(12):1865–1876. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4571-5>
335. Goligher EC, Kavanagh BP, Rubenfeld GD et al (2014) Oxygenation response to positive end-expiratory pressure predicts mortality in acute respiratory distress syndrome. A secondary analysis of the LOVS and ExPress trials. *Am J Respir Crit Care Med* 190(1):70–76. <https://doi.org/10.1164/rccm.201404-0688OC>
336. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM et al (1998) Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 338(6):347–354. <https://doi.org/10.1056/nejm199802053380602>
337. Villar J, Kacmarek RM, Pérez-Méndez L et al (2006) A high positive end-expiratory pressure, low tidal volume ventilatory strategy improves outcome in persistent acute respiratory distress syndrome: a randomized, controlled trial. *Crit Care Med* 34(5):1311–1318. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000215598.84885.01>
338. Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D et al (2016) Open Lung Approach for the Acute Respiratory Distress Syndrome: A Pilot, Randomized Controlled Trial. *Crit Care Med* 44(1):32–42. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001383>
339. Gernoth C, Wagner G, Pelosi P et al (2009) Respiratory and haemodynamic changes during decremental open lung positive end-expiratory pressure titration in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 13(2):R59. <https://doi.org/10.1186/cc7786>
340. He H, Chi Y, Yang Y et al (2021) Early individualized positive end-expiratory pressure guided by electrical impedance tomography in acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Crit Care* 25(1):230. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03645-y>
341. Pintado MC, de Pablo R, Trascasa M et al (2013) Individualized PEEP setting in subjects with ARDS: a randomized controlled pilot study. *Respir Care* 58(9):1416–1423. <https://doi.org/10.4187/respcare.02068>
342. Talmor D, Sarge T, Malhotra A et al (2008) Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury. *N Engl J Med* 359(20):2095–2104. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0708638>
343. Beitler JR, Sarge T, Banner-Goodspeed VM et al (2019) Effect of Titrating Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) With an Esophageal Pressure-Guided Strategy vs an Empirical High PEEP-Fio2 Strategy on Death and Days Free From Mechanical Ventilation Among Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 321(9):846–857. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.0555>
344. Sarge T, Baedorf-Kassiss E, Banner-Goodspeed V et al (2021) Effect of Esophageal Pressure-guided Positive End-Expiratory Pressure on Survival from Acute Respiratory Distress Syndrome: A Risk-based and Mechanistic Reanalysis of the EPVent-2 Trial. *Am J Respir Crit Care Med* 204(10):1153–1163. <https://doi.org/10.1164/rccm.202009-3539OC>
345. Ranieri VM, Suter PM, Tortorella C et al (1999) Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory

- distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 282(1):54–61. <https://doi.org/10.1001/jama.282.1.54>
346. Zhao Z, Chang MY, Chang MY et al (2019) Positive end-expiratory pressure titration with electrical impedance tomography and pressure-volume curve in severe acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care* 9(1):7. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0484-0>
 347. Hsu HJ, Chang HT, Zhao Z et al (2021) Positive end-expiratory pressure titration with electrical impedance tomography and pressure-volume curve: a randomized trial in moderate to severe ARDS. *Physiol Meas* 42(11):14002. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/abd679>
 348. Salem M, Eltatawy H, Abdelhafez A et al (2020) Lung ultrasound- versus FIO₂-guided PEEP in ARDS patients. *Egypt J Anaesth* 36:31–37. <https://doi.org/10.1080/11101849.2020.1741253>
 349. Papazian L, Aubron C, Brochard L et al (2019) Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care* 9(1):69. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0540-9>
 350. Griffiths MJD, McAuley DF, Perkins GD et al (2019) Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *BMJ Open Respir Res* 6(1):e420. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2019-000420>
 351. Qadir N, Sahetya S, Munshi L et al (2024) An Update on Management of Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med* 209(1):24–36. <https://doi.org/10.1164/rccm.202311-2011ST>
 352. Klitgaard TL, Schjørring OL, Nielsen FM et al (2023) Higher versus lower fractions of inspired oxygen or targets of arterial oxygenation for adults admitted to the intensive care unit. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012631.pub3>
 353. Semler MW, Casey JD, Lloyd BD et al (2022) Oxygen-Saturation Targets for Critically Ill Adults Receiving Mechanical Ventilation. *N Engl J Med* 387(19):1759–1769. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2208415>
 354. Modesto IAV, Villanueva MA, Del Villar Guerra P et al (2021) OLA strategy for ARDS: Its effect on mortality depends on achieved recruitment (PaO₂(2)/FiO₂(2)) and mechanical power. *Systematic review and meta-analysis with meta-regression. Med Intensiva (engl Ed)* 45(9):516–531. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2021.03.016>
 355. Cui Y, Cao R, Wang Y et al (2020) Lung Recruitment Maneuvers for ARDS Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiration* 99(3):264–276. <https://doi.org/10.1159/000501045>
 356. Pensier J, de Jong A, Hajje J et al (2019) Effect of lung recruitment maneuver on oxygenation, physiological parameters and mortality in acute respiratory distress syndrome patients: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 45(12):1691–1702. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05821-9>
 357. Kang H, Yang H, Tong Z (2019) Recruitment manoeuvres for adults with acute respiratory distress syndrome receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *J Crit Care* 50:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2018.10.033>
 358. Turbil E, Terzi N, Cour M et al (2020) Positive end-expiratory pressure-induced recruited lung volume measured by volume-pressure curves in acute respiratory distress syndrome: a physiologic systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 46(12):2212–2225. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06226-9>
 359. Zheng X, Jiang Y, Jia H et al (2019) Effect of lung recruitment and titrated positive end-expiratory pressure (PEEP) versus low PEEP on patients with moderate-severe acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ther Adv Respir Dis*. <https://doi.org/10.1177/1753466619858228>
 360. Bhattacharjee S, Soni KD, Maitra S (2018) Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials. *J Intensive Care* 6:35. <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0305-9>
 361. Goligher EC, Hodgson CL, Adhikari NKJ et al (2017) Lung Recruitment Maneuvers for Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc* 14(Suppl. 4):S304–S311. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201704-3400T>
 362. DGAI (2021) https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-012L_S3_Analgesie-Sedierung-Delirmanagement-in-der-Intensivmedizin-DAS_2021-08.pdf
 363. Moss M, Huang DT, Brower RG et al (2019) Early Neuromuscular Blockade in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 380(21):1997–2008. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1901686>
 364. Chen C, Zhen J, Gong S et al (2021) Efficacy of airway pressure release ventilation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review with meta-analysis. *Ann Palliat Med* 10(10):10349–10359. <https://doi.org/10.21037/apm-21-747>
 365. Othman F, Alsagami N, Alharbi R et al (2021) The efficacy of airway pressure release ventilation in acute respiratory distress syndrome adult patients: A meta-analysis of clinical trials. *Ann Thorac Med* 16(3):245–252. https://doi.org/10.4103/atm.ATM_475_20
 366. Lim J, Litton E (2019) Airway Pressure Release Ventilation in Adult Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med* 47(12):1794–1799. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003972>
 367. Carsetti A, Damiani E, Domizi R et al (2019) Airway pressure release ventilation during acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Intensive Care* 9(1):44. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0518-7>
 368. Pitre T, Zeraatkar D, Kachkovski GV et al (2023) Noninvasive Oxygenation Strategies in Adult Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Chest* 164(4):913–928. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.04.022>
 369. Sakuraya M, Okano H, Masuyama T et al (2021) Efficacy of non-invasive and invasive respiratory management strategies in adult patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a systematic review and network meta-analysis. *Crit Care* 25(1):414. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03835-8>
 370. Chaudhuri D, Trivedi V, Lewis K et al (2023) High-Flow Nasal Cannula Compared With Noninvasive Positive Pressure Ventilation in Acute Hypoxic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 5(4):e892. <https://doi.org/10.1097/cce.0000000000000892>
 371. DGP, DGAI (2022) https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-004L_Nichtinvasive-Beatmung-Therapie-akute-respiratorische-Insuffizienz_2024-01.pdf
 372. Fan E, Del Sorbo L, Goligher EC et al (2017) An Official American Thoracic Society/European Society of Intensive Care Medicine/Society of Critical Care Medicine Clinical Practice Guideline: Mechanical Ventilation in Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 195(9):1253–1263. <https://doi.org/10.1164/rccm.201703-0548ST>
 373. Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ et al (2017) Prone Position for Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc* 14(Supplement 4):S280–S288. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201704-343OT>
 374. Moran JL, Graham PL (2021) Multivariate Meta-Analysis of the Mortality Effect of Prone Positioning in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *J Intensive Care Med* 36(11):1323–1330. <https://doi.org/10.1177/08850666211014479>
 375. Guérin C, Reigier J, Richard JC et al (2013) Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 368(23):2159–2168. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1214103>
 376. Yue W, Ai X, Li Y et al (2024) Assessing the Impact of Prone Positioning on Mortality and Adverse Events Among Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: A Meta-Analysis. *Altern Ther Health Med* 30(4):76–81
 377. Munshi L, Walkey A, Goligher E et al (2019) Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med* 7(2):163–172. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(18\)30452-1](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(18)30452-1)
 378. Combes A, Peek GJ, Hajage D et al (2020) ECMO for severe ARDS: systematic review and individual patient data meta-analysis. *Intensive Care Med* 46(11):2048–2057. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06248-3>
 379. Burrell A, Kim J, Alliegro P et al (2023) Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010381.pub3>
 380. Graham PL, Moran JL (2020) ECMO, ARDS and meta-analyses: Bayes to the rescue? *J Crit Care* 59:49–54. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2020.05.009>
 381. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R et al (2009) Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 374(9698):1351–1363. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(09\)61069-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(09)61069-2)
 382. Combes A, Hajage D, Capellier G et al (2018) Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 378(21):1965–1975. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800385>
 383. Fayad AI, Buamscha DG, Ciapponi A (2022) Timing of kidney replacement therapy initiation for acute kidney injury. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010612.pub3>
 384. Gaudry S, Hajage D, Schortgen F et al (2016) Initiation Strategies for Renal-Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. *N Engl J Med* 375(2):122–133. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1603017>
 385. Barbar SD, Clere-Jehl R, Bourredjem A et al (2018) Timing of Renal-Replacement Therapy in Patients

- p>with Acute Kidney Injury and Sepsis.
- N Engl J Med*
- 379(15):1431–1442.
- <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803213>
386. Bagshaw SM, Wald R, Adhikari NKJ et al (2020) Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury. *N Engl J Med* 383(3):240–251. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2000741>
 387. Gaudry S, Hajage D, Martin-Lefevre L et al (2021) Comparison of two delayed strategies for renal replacement therapy initiation for severe acute kidney injury (AKIKI 2): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial. *Lancet* 397(10281):1293–1300. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00350-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00350-0)
 388. Wald R, Gaudry S, da Costa BR et al (2023) Initiation of continuous renal replacement therapy versus intermittent hemodialysis in critically ill patients with severe acute kidney injury: a secondary analysis of STARTR-AKI trial. *Intensive Care Med* 49(11):1305–1316. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07211-8>
 389. Zarbock A, Kellum JA, Schmidt C et al (2016) Effect of Early vs Delayed Initiation of Renal Replacement Therapy on Mortality in Critically Ill Patients With Acute Kidney Injury: The ELAIN Randomized Clinical Trial. *JAMA* 315(20):2190–2199. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.5828>
 390. Karvellas CJ, Farhat MR, Sajjad I et al (2011) A comparison of early versus late initiation of renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 15(1):R72. <https://doi.org/10.1186/cc10061>
 391. Liu Y, Davari-Farid S, Arora P et al (2014) Early versus late initiation of renal replacement therapy in critically ill patients with acute kidney injury after cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 28(3):557–563. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.12.030>
 392. Besen B, Romano TG, Mendes PV et al (2019) Early Versus Late Initiation of Renal Replacement Therapy in Critically Ill Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Intensive Care Med* 34(9):714–722. <https://doi.org/10.1177/0885066617710914>
 393. Gaudry S, Hajage D, Benichou N et al (2020) Delayed versus early initiation of renal replacement therapy for severe acute kidney injury: a systematic review and individual patient data meta-analysis of randomised clinical trials. *Lancet* 395(10235):1506–1515. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30531-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30531-6)
 394. Zhang L, Chen D, Tang X et al (2020) Timing of initiation of renal replacement therapy in acute kidney injury: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Ren Fail* 42(1):77–88. <https://doi.org/10.1080/0886022x.2019.1705337>
 395. Côté JM, Pinard L, Cailhier JF et al (2022) Intermittent Convective Therapies in Patients with Acute Kidney Injury: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Blood Purif* 51(1):75–86. <https://doi.org/10.1159/000515641>
 396. Xu Q, Jiang B, Li J et al (2022) Comparison of filter life span and solute removal during continuous renal replacement therapy: convection versus diffusion – A randomized controlled trial. *Ther Apher Dial* 26(5):1030–1039. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.13787>
 397. Mann L, Ten EP, Wu C et al (2023) CVVHD results in longer filter life than pre-filter CVWH: Results of a quasi-randomized clinical trial. *Plos One* 18(1):e278550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278550>
 398. Ye Z, Wang Y, Ge L et al (2021) Comparing Renal Replacement Therapy Modalities in Critically Ill Patients With Acute Kidney Injury: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 3(5):e399. <https://doi.org/10.1097/ccx.0000000000000399>
 399. Rabindranath K, Adams J, Macleod AM et al (2007) Intermittent versus continuous renal replacement therapy for acute renal failure in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003773.pub3> (CD003773)
 400. Zhang L, Yang J, Eastwood GM et al (2015) Extended Daily Dialysis Versus Continuous Renal Replacement Therapy for Acute Kidney Injury: A Meta-analysis. *Am J Kidney Dis* 66(2):322–330. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.02.328>
 401. Kovacs B, Sullivan KJ, Hiremath S et al (2017) Effect of sustained low efficient dialysis versus continuous renal replacement therapy on renal recovery after acute kidney injury in the intensive care unit: A systematic review and meta-analysis. *Nephrol (carlton)* 22(5):343–353. <https://doi.org/10.1111/nep.13009>
 402. Tsujimoto H, Tsujimoto Y, Nakata Y et al (2020) Pharmacological interventions for preventing clotting of extracorporeal circuits during continuous renal replacement therapy. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012467.pub3>
 403. Jacobs R, Verbrugghe W, Dams K et al (2023) Regional Citrate Anticoagulation in Continuous Renal Replacement Therapy: Is Metabolic Fear the Enemy of Logic? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Life (basel)* 13(5):1198. <https://doi.org/10.3390/life13051198>
 404. Oudemans-van Straaten HM, Bosman RJ, Koopmans M et al (2009) Citrate anticoagulation for continuous venovenous hemofiltration. *Crit Care Med* 37(2):545–552. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181953c5e>
 405. Bai M, Zhou M, He L et al (2015) Citrate versus heparin anticoagulation for continuous renal replacement therapy: an updated meta-analysis of RCTs. *Intensive Care Med* 41(12):2098–2110. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-4099-0>
 406. Liu C, Mao Z, Kang H et al (2016) Regional citrate versus heparin anticoagulation for continuous renal replacement therapy in critically ill patients: a meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Crit Care* 20(1):144. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1299-0>
 407. Qi W, Liu J, Li A (2023) Regional Citrate Anticoagulation or Heparin Anticoagulation for Renal Replacement Therapy in Patients With Liver Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Appl Thromb Hemost*. <https://doi.org/10.1177/10760296231174001>
 408. Khadzhyrov D, Dahlinger A, Schelter C et al (2017) Hyperlactatemia, Lactate Kinetics and Prediction of Citrate Accumulation in Critically Ill Patients Undergoing Continuous Renal Replacement Therapy With Regional Citrate Anticoagulation. *Crit Care Med* 45(9):e941–e6. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002501>
 409. Fayad AI, Buamscha DG, Ciapponi A (2016) Intensity of continuous renal replacement therapy for acute kidney injury. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010613.pub2>
 410. Palevsky PM, Zhang JH, O'Connor TZ et al (2008) Intensity of renal support in critically ill patients with acute kidney injury. *N Engl J Med* 359(1):7–20. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0802639>
 411. Bellomo R, Cass A, Cole L et al (2009) Intensity of continuous renal-replacement therapy in critically ill patients. *N Engl J Med* 361(17):1627–1638. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0902413>
 412. Borthwick EM, Hill CJ, Rabindranath KS et al (2017) High-volume haemofiltration for sepsis in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008075.pub3>
 413. Junhai Z, Beibei C, Jing Y et al (2019) Effect of High-Volume Hemofiltration in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Med Sci Monit* 25:3964–3975. <https://doi.org/10.12659/msm.916767>
 414. Huang H, Zhou Q, Chen MH (2021) High-volume hemofiltration reduces short-term mortality with no influence on the incidence of MODS, hospital stay, and hospitalization cost in patients with severe-acute pancreatitis: A meta-analysis. *Artif Organs* 45(12):1456–1465. <https://doi.org/10.1111/aor.14016>
 415. Grillo-Ardila CF, Tibavizco-Palacios D, Triana LC et al (2024) Early Enteral Nutrition (within 48 h) for Patients with Sepsis or Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu16111560>
 416. Moon SJ, Ko RE, Park CM et al (2023) The Effectiveness of Early Enteral Nutrition on Clinical Outcomes in Critically Ill Sepsis Patients: A Systematic Review. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu15143201>
 417. Reignier J, Boisramé-Helms J, Brisard L et al (2018) Enteral versus parenteral early nutrition in ventilated adults with shock: a randomised, controlled, multicentre, open-label, parallel-group study (NUTRIREA-2). *Lancet* 391(10116):133–143. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32146-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32146-3)
 418. Compher C, Bingham AL, McCall M et al (2022) Guidelines for the provision of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: The American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. *J Parenter Enteral Nutr* 46(1):12–41. <https://doi.org/10.1002/jpen.2267>
 419. Elke G, Hartl WH, Adolph M et al (2023) Laborchemisches und kalorimetrisches Monitoring der medizinischen Ernährungstherapie auf der Intensiv- und Intermediate Care Station : Zweites Positionspapier der Sektion Metabolismus und Ernährung der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). *Med Klin Intensivmed Notfmed* 118(Suppl 1):1–13. <https://doi.org/10.1007/s00063-023-01001-2>
 420. Reintam Blaser A, Padar M, Mändul M et al (2021) Development of the Gastrointestinal Dysfunction Score (GIDS) for critically ill patients - A prospective multicenter observational study (iSOFA study). *Clin Nutr* 40(8):4932–4940. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.07.015>
 421. Pitre T, Drover K, Chaudhuri D et al (2024) Corticosteroids in Sepsis and Septic Shock: A Systematic Review, Pairwise, and Dose-Response Meta-Analysis. *Crit Care Explor* 6(1):e1000. <https://doi.org/10.1097/ccx.0000000000001000>
 422. Chaudhuri D, Nei AM, Rochweg B et al (2024) 2024 Focused Update: Guidelines on Use of Corticosteroids in Sepsis, Acute Respiratory Distress Syndrome, and Community-Acquired Pneumonia. *Crit Care Med* 52(5):e219–e33. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000006172>
 423. Pirracchio R, Annane D, Waschka AK et al (2023) Patient-Level Meta-Analysis of Low-Dose Hydrocortisone in Adults with Septic Shock. *Nejm Evid*. <https://doi.org/10.1056/EVIDoa2300034>
 424. Annane D, Renault A, Brun-Buisson C et al (2018) Hydrocortisone plus Fludrocortisone for Adults

- with Septic Shock. *N Engl J Med* 378(9):809–818. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1705716>
425. Annane D, Sébille V, Charpentier C et al (2002) Effect of treatment with low doses of hydrocortisone and fludrocortisone on mortality in patients with septic shock. *JAMA* 288(7):862–871. <https://doi.org/10.1001/jama.288.7.862>
 426. Bosch NA, Teja B, Law AC et al (2023) Comparative Effectiveness of Fludrocortisone and Hydrocortisone vs Hydrocortisone Alone Among Patients With Septic Shock. *JAMA Intern Med* 183(5):451–459. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2023.0258>
 427. Walsham J, Hammond N, Blumenthal A et al (2024) Fludrocortisone dose-response relationship in septic shock: a randomised phase II trial. *Intensive Care Med* 50(12):2050–2060. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07616-z>
 428. Keh D, Trips E, Marx G et al (2016) Effect of Hydrocortisone on Development of Shock Among Patients With Severe Sepsis: The HYPRESS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 316(17):1775–1785. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.14799>
 429. Nethathé GD, Lipman J, Anderson R et al (2024) Glucocorticoids with or without fludrocortisone in septic shock: a narrative review from a biochemical and molecular perspective. *Br J Anaesth* 132(1):53–65. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.10.034>
 430. Hirano Y, Miyoshi Y, Kondo Y et al (2019) Liberal versus restrictive red blood cell transfusion strategy in sepsis or septic shock: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Crit Care* 23(1):262. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2543-1>
 431. Holst LB, Haase N, Wetterslev J et al (2014) Lower versus higher hemoglobin threshold for transfusion in septic shock. *N Engl J Med* 371(15):1381–1391. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1406617>
 432. Bergamin FS, Almeida JP, Landoni G et al (2017) Liberal Versus Restrictive Transfusion Strategy in Critically Ill Oncologic Patients: The Transfusion Requirements in Critically Ill Oncologic Patients Randomized Controlled Trial. *Crit Care Med* 45(5):766–773. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002283>
 433. Hébert PC, Wells G, Blajchman MA et al (1999) A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. *N Engl J Med* 340(6):409–417. <https://doi.org/10.1056/nejm199902113400601>
 434. Mustahsin M, Maitra S, Anand RK et al (2023) Transfusion trigger in the critically ill with sepsis or septic shock: A prospective study. *Indian J Med Res* 158(3):276–283. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_329_22
 435. Yang P, Yuan J, Yu L et al (2023) Clinical significance of hemoglobin level and blood transfusion therapy in elderly sepsis patients: A retrospective analysis. *Am J Emerg Med* 73:27–33. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2023.08.005>
 436. Zarychanski R, Turgeon AF, McIntyre L et al (2007) Erythropoietin-receptor agonists in critically ill patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Cmaj* 177(7):725–734. <https://doi.org/10.1503/cmaj.071055>
 437. Corwin HL, Gettinger A, Pearl RG et al (2002) Efficacy of recombinant human erythropoietin in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 288(22):2827–2835. <https://doi.org/10.1001/jama.288.22.2827>
 438. Corwin HL, Gettinger A, Rodriguez RM et al (1999) Efficacy of recombinant human erythropoietin in the critically ill patient: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Crit Care Med* 27(11):2346–2350. <https://doi.org/10.1097/00003246-199911000-00004>
 439. Mesgarpour B, Heidinger BH, Roth D et al (2017) Harms of off-label erythropoiesis-stimulating agents for critically ill people. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010969.pub2>
 440. Vincent JL, Spapen HD, Creteur J et al (2006) Pharmacokinetics and pharmacodynamics of once-weekly subcutaneous epoetin alfa in critically ill patients: results of a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Crit Care Med* 34(6):1661–1667. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000217919.22155.85>
 441. BÄK (2020) https://www.wbbaek.de/fileadmin/user_upload/_old-files/downloads/pdf-Ordner/MuE/Querschnitts-Leitlinien_BAEK_zur_Therapie_mit_Blutkomponenten_und_Plasmaerivaten-Gesamtnovelle_2020.pdf
 442. Wu S, Chen Q, Pan J et al (2022) Platelet transfusion and mortality in patients with sepsis-induced thrombocytopenia: A propensity score matching analysis. *Vox Sang* 117(10):1187–1194. <https://doi.org/10.1111/vox.13335>
 443. He S, Fan C, Ma J et al (2022) Platelet Transfusion in Patients With Sepsis and Thrombocytopenia: A Propensity Score-Matched Analysis Using a Large ICU Database. *Front Med (Lausanne)* 16(9):830177. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.830177>
 444. Pan B, Sun P, Pei R et al (2023) Efficacy of IVIG therapy for patients with sepsis: a systematic review and meta-analysis. *J Transl Med* 21(1):765. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04592-8>
 445. Perrella A, Rinaldi L, Guarino I et al (2023) Sepsis Outcome after Major Abdominal Surgery Does Not Seem to Be Improved by the Use of Pentameric Immunoglobulin IgM: A Single-Center Retrospective Analysis. *J Clin Med* 12:6887. <https://doi.org/10.3390/jcm12216887>
 446. Yang Y, Yu X, Zhang F et al (2019) Evaluation of the Effect of Intravenous Immunoglobulin Dosing on Mortality in Patients with Sepsis: A Network Meta-analysis. *Clin Ther* 41(9):1823–1838.e4. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2019.06.010>
 447. Chen JJ, Lai PC, Lee TH et al (2023) Blood Purification for Adult Patients With Severe Infection or Sepsis/Septic Shock: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Crit Care Med* 51(12):1777–1789. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000591>
 448. Ronco C, Chawla L, Husain-Syed F et al (2023) Rationale for sequential extracorporeal therapy (SET) in sepsis. *Crit Care* 27(1):50. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04310-2>
 449. Gräfe C, Weidhase L, Liebchen U et al (2023) Hämoderfusion in Anästhesie und Intensivmedizin: Chancen, Risiken und Evidenz verschiedener Systeme. *Anaesthesiologie* 72(12):843–851. <https://doi.org/10.1007/s00101-023-01341-w>
 450. Garbero E, Livigni S, Ferrari F et al (2021) High dose coupled plasma filtration and adsorption in septic shock patients. Results of the COMPACT-2: a multicentre, adaptive, randomised clinical trial. *Intensive Care Med* 47(11):1303–1311. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06501-3>
 451. Zhou F, Peng Z, Murugan R et al (2013) Blood purification and mortality in sepsis: a meta-analysis of randomized trials. *Crit Care Med* 41(9):2209–2220. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828cf412>
 452. Dellinger RP, Bagshaw SM, Antonelli M et al (2018) Effect of Targeted Polymyxin B Hemoperfusion on 28-Day Mortality in Patients With Septic Shock and Elevated Endotoxin Level: The EUPHRATES Randomized Clinical Trial. *JAMA* 320(14):1455–1463. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14618>
 453. Putzu A, Schorer R, Lopez-Delgado JC et al (2019) Blood Purification and Mortality in Sepsis and Septic Shock: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Trials. *Anesthesiology* 131(3):580–593. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002820>
 454. Li C, Zhang J, Yang P et al (2024) The role of polymyxin B-immobilized hemoperfusion in reducing mortality and enhancing hemodynamics in patients with sepsis and septic shock: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon* 10(13):e33735. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33735>
 455. Klein DJ, Foster D, Walker PM et al (2018) Polymyxin B hemoperfusion in endotoxemic septic shock patients without extreme endotoxemia: a post hoc analysis of the EUPHRATES trial. *Intensive Care Med* 44(12):2205–2212. <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5463-7>
 456. Bauer PR, Ostermann M, Russell L et al (2022) Plasma exchange in the intensive care unit: a narrative review. *Intensive Care Med* 48(10):1382–1396. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06793-z>
 457. Hernandez GN, Francis AJ, Hamid P (2024) Enhancing Survival in Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy of Plasma Exchange Therapy. *Cureus* 16(5):e60947. <https://doi.org/10.7759/cureus.60947>
 458. Kuklin V, Sovershaev M, Bjerner J et al (2024) Influence of therapeutic plasma exchange treatment on short-term mortality of critically ill adult patients with sepsis-induced organ dysfunction: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 28(1):12. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04795-x>
 459. Lee OPE, Kanesan N, Leow EH et al (2023) Survival Benefits of Therapeutic Plasma Exchange in Severe Sepsis and Septic Shock: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Intensive Care Med* 38(7):598–611. <https://doi.org/10.1177/08850666231170775>
 460. David S, Bode C, Putensen C et al (2021) Adjuvant therapeutic plasma exchange in septic shock. *Intensive Care Med* 47(3):352–354. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06339-1>
 461. Fernando SM, Tran A, Cheng W et al (2022) VTE Prophylaxis in Critically Ill Adults: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Chest* 161(2):418–428. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.08.050>
 462. Duranteau J, Taccone FS, Verhamme P et al (2018) European guidelines on perioperative venous thromboembolism prophylaxis: Intensive care. *Eur J Anaesthesiol* 35(2):142–146. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000000707>
 463. Zhang C, Zhang Z, Mi J et al (2019) The cumulative venous thromboembolism incidence and risk factors in intensive care patients receiving the guideline-recommended thromboprophylaxis. *Med (Baltimore)* 98(23):e15833. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000015833>
 464. Gouin-Thibault I, Mansour A, Caribotti C et al (2024) Tinzaparin, an alternative to subcutaneous unfractionated heparin, in patients with severe and end-stage renal impairment: a retrospective observational single-center study. *J Thromb Haemost* 22(10):2864–2872. <https://doi.org/10.1016/j.jtha.2024.07.006>
 465. Eck RJ, Elling T, Sutton AJ et al (2022) Anticoagulants for thrombosis prophylaxis in acutely ill patients

- admitted to hospital: systematic review and network meta-analysis. *BMJ* 378:e70022. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-070022>
466. Bounes F, Ferrandis R, Frere C et al (2024) European Guidelines on Perioperative Venous Thromboembolism Prophylaxis. First update. Chapter 4 Prophylaxis in critical care patients. *Eur J Anaesthesiol* 41:582–588
467. Wang Y, Huang D, Wang M et al (2020) Can Intermittent Pneumatic Compression Reduce the Incidence of Venous Thrombosis in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Appl Thromb Hemost* 26:1–8. <https://doi.org/10.1177/1076029620913942>
468. Haykal T, Zayed Y, Dhillon H et al (2022) Meta-Analysis of the Role of Intermittent Pneumatic Compression of the Lower Limbs to Prevent Venous Thromboembolism in Critically Ill Patients. *Int J Low Extrem Wounds* 21(1):31–40. <https://doi.org/10.1177/1534734620925391>
469. Ceric A, Holgersson J, May TL et al (2024) Effect of level of sedation on outcomes in critically ill adult patients: a systematic review of clinical trials with meta-analysis and trial sequential analysis. *EclinicalMedicine* 71:102569. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2024.102569>
470. Devlin JW, Skrobik Y, Gélinas C et al (2018) Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Pain, Agitation/Sedation, Delirium, Immobility, and Sleep Disruption in Adult Patients in the ICU. *Crit Care Med* 46(9):e825–e73. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003299>
471. Shehabi Y, Bellomo R, Reade MC et al (2012) Early intensive care sedation predicts long-term mortality in ventilated critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 186(8):724–731. <https://doi.org/10.1164/rccm.201203-0522OC>
472. Lewis K, Alshamsi F, Carayannopoulos KL et al (2022) Dexmedetomidine vs other sedatives in critically ill mechanically ventilated adults: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Intensive Care Med* 48(7):811–840. <https://doi.org/10.1007/s00134-022-06712-2>
473. Lewis K, Piticaru J, Chaudhuri D et al (2021) Safety and Efficacy of Dexmedetomidine in Acutely Ill Adults Requiring Noninvasive Ventilation: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Trials. *Chest* 159(6):2274–2288. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.12.052>
474. Pun BT, Balas MC, Barnes-Daly MA et al (2019) Caring for Critically Ill Patients with the ABCDEF Bundle: Results of the ICU Liberation Collaborative in Over 15,000 Adults. *Crit Care Med* 47(1):3–14. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003482>
475. Yatabe T, Inoue S, Sakaguchi M et al (2017) The optimal target for acute glycemic control in critically ill patients: a network meta-analysis. *Intensive Care Med* 43(1):16–28. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4558-2>
476. Honarmand K, Sirimatturos M, Hirshberg EL et al (2024) Society of Critical Care Medicine Guidelines on Glycemic Control for Critically Ill Children and Adults 2024. *Crit Care Med* 52(4):e161–e81. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000006174>
477. Gunst J, Debaveye Y, Güiza F et al (2023) Tight Blood-Glucose Control without Early Parenteral Nutrition in the ICU. *N Engl J Med* 389(13):1180–1190. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2304855>
478. Adigbli D, Li Y, Hammond N et al (2024) A Patient-Level Meta-Analysis of Intensive Glucose Control in Critically Ill Adults. *Nejm Evid*. <https://doi.org/10.1056/EVIDoa2400082>
479. Wang Y, Parpia S, Ge L et al (2024) Proton-Pump Inhibitors to Prevent Gastrointestinal Bleeding - An Updated Meta-Analysis. *Nejm Evid*. <https://doi.org/10.1056/EVIDoa2400134>
480. Toews I, George AT, Peter JV et al (2018) Interventions for preventing upper gastrointestinal bleeding in people admitted to intensive care units. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008687.pub2>
481. Cook DJ, Fuller HD, Guyatt GH et al (1994) Risk factors for gastrointestinal bleeding in critically ill patients. *Canadian Critical Care Trials Group. N Engl J Med* 330(6):377–381. <https://doi.org/10.1056/nejm199402103300601>
482. D'Silva KM, Mehta R, Mitchell M et al (2021) Proton pump inhibitor use and risk for recurrent *Clostridioides difficile* infection: a systematic review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect* 27(5):697–670. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.01.008>
483. Cook D, Deane A, Lauzier F et al (2024) Stress Ulcer Prophylaxis during Invasive Mechanical Ventilation. *N Engl J Med* 391(1):9–20. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2404245>
484. Deliwala SS, Hamid K, Goyal H et al (2022) Proton Pump Inhibitors Versus Histamine-2-Receptor Antagonists for Stress Ulcer Prophylaxis in Critically Ill Patients: A Meta-analysis and Trial Sequential Analysis. *J Clin Gastroenterol* 56(3):204–217. <https://doi.org/10.1097/mcg.0000000000001562>
485. Young PJ, Bagshaw SM, Forbes AB et al (2020) Effect of Stress Ulcer Prophylaxis With Proton Pump Inhibitors vs Histamine-2 Receptor Blockers on In-Hospital Mortality Among ICU Patients Receiving Invasive Mechanical Ventilation: The PEPTIC Randomized Clinical Trial. *JAMA* 323(7):616–626. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.22190>
486. Fujii T, Salanti G, Belletti A et al (2022) Effect of adjunctive vitamin C, glucocorticoids, and vitamin B1 on longer-term mortality in adults with sepsis or septic shock: a systematic review and a component network meta-analysis. *Intensive Care Med* 48(1):16–24. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06558-0>
487. Zeng Y, Liu Z, Xu F et al (2023) Intravenous high-dose vitamin C monotherapy for sepsis and septic shock: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Med (baltimore)* 102(42):e35648. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000035648>
488. Lamontagne F, Masse MH, Menard J et al (2022) Intravenous Vitamin C in Adults with Sepsis in the Intensive Care Unit. *N Engl J Med* 386(25):2387–2398. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2200644>
489. Cooper DJ, Walley KR, Wiggs BR et al (1990) Bicarbonate does not improve hemodynamics in critically ill patients who have lactic acidosis. A prospective, controlled clinical study. *Ann Intern Med* 112(7):492–498. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-112-7-492>
490. Mathieu D, Neviere R, Billard V et al (1991) Effects of bicarbonate therapy on hemodynamics and tissue oxygenation in patients with lactic acidosis: a prospective, controlled clinical study. *Crit Care Med* 19(11):1352–1356. <https://doi.org/10.1097/00003246-199111000-00008>
491. Jaber S, Paugam C, Futier E et al (2018) Sodium bicarbonate therapy for patients with severe metabolic acidemia in the intensive care unit (BICAR-ICU): a multicentre, open-label, randomised controlled, phase 3 trial. *Lancet* 392(10141):31–40. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)31080-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)31080-8)
492. White DB, Engelberg RA, Wenrich MD et al (2010) The language of prognostication in intensive care units. *Med Decis Making* 30(1):76–83. <https://doi.org/10.1177/0272989x08317012>
493. Downar J, You JJ, Bagshaw SM et al (2015) Nonbeneficial treatment Canada: definitions, causes, and potential solutions from the perspective of health-care practitioners. *Crit Care Med* 43(2):270–281. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000704>
494. Nelson JE, Curtis JR, Mulkerin C et al (2013) Choosing and using screening criteria for palliative care consultation in the ICU: a report from the Improving Palliative Care in the ICU (IPAL-ICU) Advisory Board. *Crit Care Med* 41(10):2318–2327. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828cf12c>
495. Detering KM, Hancock AD, Reade MC et al (2010) The impact of advance care planning on end of life care in elderly patients: randomised controlled trial. *BMJ* 340:c1345. <https://doi.org/10.1136/bmj.c1345>
496. Scheunemann LP, McDevitt M, Carson SS et al (2011) Randomized, controlled trials of interventions to improve communication in intensive care: a systematic review. *Chest* 139(3):543–554. <https://doi.org/10.1378/chest.10-0595>
497. Bosslet GT, Pope TM, Rubenfeld GD et al (2015) An Official ATS/AACN/ACCP/ESICM/SCCM Policy Statement: Responding to Requests for Potentially Inappropriate Treatments in Intensive Care Units. *Am J Respir Crit Care Med* 191(11):1318–1330. <https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0924ST>
498. Kon AA, Davidson JE, Morrison W et al (2016) Shared Decision Making in ICUs: An American College of Critical Care Medicine and American Thoracic Society Policy Statement. *Crit Care Med* 44(1):188–201. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001396>
499. Aslakson R, Cheng J, Vollenweider D et al (2014) Evidence-based palliative care in the intensive care unit: a systematic review of interventions. *J Palliat Med* 17(2):219–235. <https://doi.org/10.1089/jpm.2013.0409>
500. Schulz V, Novick RJ (2013) The distinct role of palliative care in the surgical intensive care unit. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 17(4):240–248. <https://doi.org/10.1177/1089253213506121>
501. Khandelwal N, Kross EK, Engelberg RA et al (2015) Estimating the effect of palliative care interventions and advance care planning on ICU utilization: a systematic review. *Crit Care Med* 43(5):1102–1111. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000852>
502. Taylor SP, Murphy S, Rios A et al (2022) Effect of a Multicomponent Sepsis Transition and Recovery Program on Mortality and Readmissions After Sepsis: The Improving Morbidity During Post-Acute Care Transitions for Sepsis Randomized Clinical Trial. *Crit Care Med* 50(3):469–479. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000005300>
503. Taylor SP, Morley C, Donaldson M et al (2024) Characterizing Program Delivery for an Effective Multicomponent Sepsis Recovery Intervention. *Ann Am Thorac Soc* 21(4):627–634. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202311-998OC>
504. Kesecioglu J, Rusinova K, Alampi D et al (2024) European Society of Intensive Care Medicine guidelines on end of life and palliative care in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 50(11):1740–1766. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07579-1>
505. DeCato TW, Engelberg RA, Downey L et al (2013) Hospital variation and temporal trends in palliative and end-of-life care in the ICU. *Crit Care Med* 41(6):1405–1411. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318287f289>
506. Sprung CL, Truog RD, Curtis JR et al (2014) Seeking worldwide professional consensus on the

- principles of end-of-life care for the critically ill. The Consensus for Worldwide End-of-Life Practice for Patients in Intensive Care Units (WELPICUS) study. *Am J Respir Crit Care Med* 190(8):855–866. <https://doi.org/10.1164/rccm.201403-0593CC>
507. Needham DM, Davidson J, Cohen H et al (2012) Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: report from a stakeholders' conference. *Crit Care Med* 40(2):502–509. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318232da75>
 508. Nakanishi N, Liu K, Kawauchi A et al (2023) Instruments to assess post-intensive care syndrome assessment: a scoping review and modified Delphi method study. *Crit Care* 27(1):430. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04681-6>
 509. Iwashyna TJ, Ely EW, Smith DM et al (2010) Long-term cognitive impairment and functional disability among survivors of severe sepsis. *JAMA* 304(16):1787–1794. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1553>
 510. Pandharipande PP, Girard TD, Jackson JC et al (2013) Long-term cognitive impairment after critical illness. *N Engl J Med* 369(14):1306–1316. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1301372>
 511. Brown SM, Collingridge DS, Wilson EL et al (2018) Preliminary Validation of the Montreal Cognitive Assessment Tool among Sepsis Survivors: A Prospective Pilot Study. *Ann Am Thorac Soc* 15(9):1108–1110. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201804-2330C>
 512. Righy C, Rosa RG, da Silva RTA et al (2019) Prevalence of post-traumatic stress disorder symptoms in adult critical care survivors: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 23(1):213. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2489-3>
 513. Parker AM, Srichaonchai T, Raparla S et al (2015) Posttraumatic stress disorder in critical illness survivors: a metaanalysis. *Crit Care Med* 43(5):1121–1129. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000882>
 514. Fleischmann-Struzek C, Born S, Kesselmeier M et al (2024) Functional dependence following intensive care unit-treated sepsis: three-year follow-up results from the prospective Mid-German Sepsis Cohort (MSC). *Lancet Reg Health Eur* 46:101066. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.101066>
 515. Fleischmann-Struzek C, Rose N, Freytag A et al (2021) Epidemiology and Costs of Postsepsis Morbidity, Nursing Care Dependency, and Mortality in Germany, 2013 to 2017. *Jama Netw Open* 4(11):e2134290. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.34290>
 516. Sell S, Fleischmann-Struzek C, Spoden M et al (2025) Mental health in the first year after ICU-treated sepsis: Analysis of administrative diagnoses in German health claims data. *Gen Hosp Psychiatry* 93:109–115. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2025.02.001>
 517. Wintermann GB, Brunkhorst FM, Petrowski K et al (2015) Stress disorders following prolonged critical illness in survivors of severe sepsis. *Crit Care Med* 43(6):1213–1222. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000936>
 518. Schmidt KFR, Gensichen JS, Schroevers M et al (2024) Trajectories of post-traumatic stress in sepsis survivors two years after ICU discharge: a secondary analysis of a randomized controlled trial. *Crit Care* 28(1):35. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-04815-4>
 519. Lee M, Kang J, Jeong YJ (2020) Risk factors for post-intensive care syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Aust Crit Care* 33(3):287–294. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2019.10.004>
 520. Stuber ML, Schneider S, Kassam-Adams N et al (2006) The medical traumatic stress toolkit. *CNS spectr* 11(2):137–142. <https://doi.org/10.1017/s1092852900010671>
 521. De GPTDEGAM (2019) https://register.awmf.org/assets/guidelines/155-0011_S3_Posttraumatische_Belastungsstoerung_2020-02_1.pdf
 522. Huang W, Gao Y, Zhou L et al (2024) Effects of ICU diaries on psychological disorders and sleep quality in critically ill patients and their family members: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med* 122:84–91. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.08.002>
 523. Gawlytta R, Kesselmeier M, Scherag A et al (2022) Internet-based cognitive-behavioural writing therapy for reducing post-traumatic stress after severe sepsis in patients and their spouses (REPAIR): results of a randomised-controlled trial. *BMJ Open* 12(3):e50305. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-050305>
 524. Kress JP, Hall JB (2014) ICU-acquired weakness and recovery from critical illness. *N Engl J Med* 370(17):1626–1635. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1209390>
 525. Nickel S, Haack M, von dem Knesebeck O et al (2019) Teilnahme an Selbsthilfegruppen: Wirkungen auf Selbstmanagement und Wissenserwerb. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 62(1):10–16. <https://doi.org/10.1007/s00103-018-2850-8>
 526. McPeake J, Hirshberg EL, Christie LM et al (2019) Models of Peer Support to Remediate Post-Intensive Care Syndrome: A Report Developed by the Society of Critical Care Medicine Thrive International Peer Support Collaborative. *Crit Care Med* 47(1):e21–e7. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000003497>
 527. Haines KJ, Beesley SJ, Hopkins RO et al (2018) Peer Support in Critical Care: A Systematic Review. *Crit Care Med* 46(9):1522–1531. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000003293>
 528. Walshe C, Roberts D (2018) Peer support for people with advanced cancer: a systematically constructed scoping review of quantitative and qualitative evidence. *Curr Opin Support Palliat Care* 12(3):308–322. <https://doi.org/10.1097/spc.0000000000000370>
 529. McCaughan E, Parahoo K, Hueter I et al (2017) On-line support groups for women with breast cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011652.pub2> (CD011652)
 530. Schade Skov C, Østervang C, Brabrand M et al (2024) How do sepsis survivors experience life after sepsis? A Danish qualitative study exploring factors of importance. *BMJ Open* 14(2):e81558. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-081558>
 531. Schmidt K, Thiel P, Mueller F et al (2014) Sepsis survivors monitoring and coordination in outpatient health care (SMOOTH): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 15:283. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-283>
 532. Liou A, Schweickert WD, Files DC et al (2023) A Survey to Assess Primary Care Physician Awareness of Complications Following Critical Illness. *J Intensive Care Med* 38(8):760–767. <https://doi.org/10.1177/08850666231164303>
 533. Weissman GE, Harhay MO, Lugo RM et al (2016) Natural Language Processing to Assess Documentation of Features of Critical Illness in Discharge Documents of Acute Respiratory Distress Syndrome Survivors. *Ann Am Thorac Soc* 13(9):1538–1545. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201602-1310C>
 534. Govindan S, Iwashyna TJ, Watson SR et al (2014) Issues of survivorship are rarely addressed during intensive care unit stays. Baseline results from a statewide quality improvement collaborative. *Ann Am Thorac Soc* 11(4):587–591. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201401-007BC>
 535. Peach BC, Valenti M, Sole ML (2021) A Call for the World Health Organization to Create International Classification of Disease Diagnostic Codes for Post-Intensive Care Syndrome in the Age of COVID-19. *World Med Health Policy* 13(2):373–382. <https://doi.org/10.1002/wmh3.401>
 536. Schofield-Robinson OJ, Lewis SR, Smith AF et al (2018) Follow-up services for improving long-term outcomes in intensive care unit (ICU) survivors. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012701.pub2> (CD012701)
 537. Sharshar T, Grimaldi-Bensouda L, Siami S et al (2024) A randomized clinical trial to evaluate the effect of post-intensive care multidisciplinary consultations on mortality and the quality of life at 1 year. *Intensive Care Med* 50(5):665–677. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07359-x>
 538. Spies CD, Krampe H, Paul N et al (2021) Instruments to measure outcomes of post-intensive care syndrome in outpatient care settings - Results of an expert consensus and feasibility field test. *J Intensive Care Soc* 22(2):159–174. <https://doi.org/10.1177/1751143720923597>
 539. Griffiths J, Hatch RA, Bishop J et al (2013) An exploration of social and economic outcome and associated health-related quality of life after critical illness in general intensive care unit survivors: a 12-month follow-up study. *Crit Care* 17(3):R100. <https://doi.org/10.1186/cc12745>
 540. Needham DM, Dinglas VD, Morris PE et al (2013) Physical and cognitive performance of patients with acute lung injury 1 year after initial tracheostomy versus full enteral feeding. EDEN trial follow-up. *Am J Respir Crit Care Med* 188(5):567–576. <https://doi.org/10.1164/rccm.201304-0651OC>
 541. Jackson JC, Pandharipande PP, Girard TD et al (2014) Depression, post-traumatic stress disorder, and functional disability in survivors of critical illness in the BRAIN-ICU study: a longitudinal cohort study. *Lancet Respir Med* 2(5):369–379. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(14\)70051-7](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(14)70051-7)
 542. Maley JH, Brewster I, Mayoral I et al (2016) Resilience in Survivors of Critical Illness in the Context of the Survivors' Experience and Recovery. *Ann Am Thorac Soc* 13(8):1351–1360. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201511-782OC>
 543. Marra A, Pandharipande PP, Girard TD et al (2018) Co-Occurrence of Post-Intensive Care Syndrome Problems Among 406 Survivors of Critical Illness. *Crit Care Med* 46(9):1393–1401. <https://doi.org/10.1097/ccm.00000000000003218>
 544. Gruther W, Pieber K, Steiner I et al (2017) Can Early Rehabilitation on the General Ward After an Intensive Care Unit Stay Reduce Hospital Length of Stay in Survivors of Critical Illness?: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil* 96(9):607–615. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000718>
 545. Elliott D, McKinley S, Alison J et al (2011) Health-related quality of life and physical recovery after a critical illness: a multi-centre randomised controlled trial of a home-based physical rehabilitation program. *Crit Care* 15(3):R142. <https://doi.org/10.1186/cc10265>
 546. Batterham AM, Bonner S, Wright J et al (2014) Effect of supervised aerobic exercise rehabilitation on physical fitness and quality-of-life in survivors of critical illness: an exploratory minimized controlled

- trial (PIX study). *Br J Anaesth* 113(1):130–137. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu051>
547. Battle C, James K, Temblett P et al (2019) Supervised exercise rehabilitation in survivors of critical illness: A randomised controlled trial. *J Intensive Care Soc* 20(1):18–26. <https://doi.org/10.1177/1751143718767061>
548. Jones C, Skirrow P, Griffiths RD et al (2003) Rehabilitation after critical illness: a randomized, controlled trial. *Crit Care Med* 31(10):2456–2461. <https://doi.org/10.1097/01.Ccm.0000089938.56725.33>
549. Jones TK, Fuchs BD, Small DS et al (2015) Post-Acute Care Use and Hospital Readmission after Sepsis. *Ann Am Thorac Soc* 12(6):904–913. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201411-504OC>
550. McDowell K, O'Neill B, Blackwood B et al (2017) Effectiveness of an exercise programme on physical function in patients discharged from hospital following critical illness: a randomised controlled trial (the REVIVE trial). *Thorax* 72(7):594–595. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-208723>
551. McWilliams DJ, Benington S, Atkinson D (2016) Outpatient-based physical rehabilitation for survivors of prolonged critical illness: A randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract* 32(3):179–190. <https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1137663>
552. Walsh TS, Salisbury LG, Merriweather JL et al (2015) Increased Hospital-Based Physical Rehabilitation and Information Provision After Intensive Care Unit Discharge: The RECOVER Randomized Clinical Trial. *JAMA Intern Med* 175(6):901–910. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0822>
553. Prescott HC, Angus DC (2018) Enhancing Recovery From Sepsis: A Review. *JAMA* 319(1):62–75. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.17687>
554. Connolly B, Thompson A, Douiri A et al (2015) Exercise-based rehabilitation after hospital discharge for survivors of critical illness with intensive care unit-acquired weakness: A pilot feasibility trial. *J Crit Care* 30(3):589–598. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.02.002>
555. NICE (2017) <https://www.nice.org.uk/guidance/qs158/resources/rehabilitation-after-critical-illness-in-adults-pdf-75545546693317>
556. Major ME, Kwakman R, Kho ME et al (2016) Surviving critical illness: what is next? An expert consensus statement on physical rehabilitation after hospital discharge. *Crit Care* 20(1):354. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1508-x>
557. Prescott HC, Iwashyna TJ, Blackwood B et al (2019) Understanding and Enhancing Sepsis Survivorship. Priorities for Research and Practice. *Am J Respir Crit Care Med* 200(8):972–981. <https://doi.org/10.1164/rccm.201812-2383CP>
558. Winkler D, Rose N, Freytag A et al (2023) The Effects of Postacute Rehabilitation on Mortality, Chronic Care Dependency, Health Care Use, and Costs in Sepsis Survivors. *Ann Am Thorac Soc* 20(2):279–288. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202203-195OC>
559. Rahmel T, Schmitz S, Nowak H et al (2020) Long-term mortality and outcome in hospital survivors of septic shock, sepsis, and severe infections: The importance of aftercare. *Plos One* 15(2):e228952. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228952>
560. Storr J, Twyman A, Zingg W et al (2017) Core components for effective infection prevention and control programmes: new WHO evidence-based recommendations. *Antimicrob Resist Infect Control* 6:6. <https://doi.org/10.1186/s13756-016-0149-9>

S3 guideline on sepsis—prevention, diagnosis, therapy, and follow-up care—update 2025

Background: Sepsis is an acute, life-threatening multiple organ dysfunction triggered by an infection.

Methods: This guideline is an update of the S3 guideline “Sepsis—prevention, diagnosis, therapy, and follow-up care” (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft [AMWF] Registry No. 079–001) of the German Sepsis Society (DSG) dated 31 December 2018. The update of the “Surviving sepsis campaign (SSC): international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021” dated 4 October 2021, was used as the reference guideline. The DSG Guideline Commission compared each recommendation on the underlying PICO questions of the DSG Guideline 2018 (literature search until December 2018) with those of the SSC Guideline 2021 (literature search until July 2019) and evaluated the newly available published data (literature search until December 2024) by means of systematic update searches and literature reviews in compliance with the rules of the Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) system and the AWMF.

Results: A total of 88 PICO questions were addressed, including those related to the diagnosis and treatment of infection and organ failure. Of these, two were agreed upon as statements, 29 as expert consensus, and 57 as evidence-based recommendations (26 with a strong and 31 with a weak recommendation grade). Compared to the previous 2018 guideline, 43 recommendations were reviewed but retained, 16 recommendations were modified, and 29 recommendations were newly issued.

Conclusion: Given the lack of evidence for numerous measures for the inpatient care of patients with sepsis or septic shock, old and new knowledge gaps were revealed. Among the evidence-based recommendations, the underlying GRADE quality of evidence was high for only 5 recommendations, moderate for 18 recommendations, low for 17 recommendations, and very low for 16. These evidence gaps can only be closed through future multicenter, noncommercial clinical trials. The update to the S3 guideline on sepsis includes some updates to the recommendations of the previous guideline. These updates will need to be incorporated into some of the case- and facility-specific quality assurance indicators of quality assurance (QA) procedure 2025. Impairments in health-related quality of life for survivors must be given greater focus in outpatient care.

Keywords

Sepsis · Septic shock · Diagnosis · Treatment · Aftercare

561. WHO (2016) <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/251730/9789241549929-eng.pdf?sequence=1>
562. WHO (2014) Handbook for Guideline Development. 2nd. WHO (World Health Organization), Geneva (978 92 4 154896 0.)
563. Zingg W, Holmes A, Dettenkofer M et al (2015) Hospital organisation, management, and structure for prevention of health-care-associated infection: a systematic review and expert consensus. *Lancet Infect Dis* 15(2):212–224. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(14\)70854-0](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(14)70854-0)
564. Price L, MacDonald J, Melone L et al (2018) Effectiveness of national and subnational infection prevention and control interventions in high-income and upper-middle-income countries: a systematic review. *Lancet Infect Dis* 18(5):e159–e71. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30479-6](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30479-6)
565. (2017) https://epoc.cochrane.org/sites/epoc.cochrane.org/files/uploads/Resources-for-authors2017/suggested_risk_of_bias_criteria_for_epoc_reviews.pdf
566. Price L, Gozdzielewska L, Hendry K et al (2023) Effectiveness of national and subnational interventions for prevention and control of health-care-associated infections in acute hospitals in high-income and upper-middle-income countries: a systematic review update. *Lancet Infect Dis* 23(9):e347–e60. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00049-X)
567. Abele-Horn M, de With K, Seifert J et al (2020) Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Sicherung einer rationalen Antiinfektivverordnung in Krankenhäusern. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 63(6):749–760. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03152-5>
568. STIKO (2024) Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) beim Robert Koch-Institut 2024. RKI (Robert Koch-Institut), Berlin <https://doi.org/10.25646/11892.4>
569. Engel C, Brunkhorst FM, Bone HG et al (2007) Epidemiology of sepsis in Germany: results from a national prospective multicenter study. *Intensive*

Care Med 33(4):606–618. <https://doi.org/10.1007/s00134-006-0517-7>

570. Ankert J, Hagel S, Schwarz C et al (2023) Streptococcus pneumoniae re-emerges as a cause of community-acquired pneumonia, including frequent co-infection with SARS-CoV-2, in Germany. *ERJ Open Res* 9(3):703–2022. <https://doi.org/10.1183/23120541.00703-2022>
571. von Baum H, Schweiger B, Welte T et al (2011) How deadly is seasonal influenza-associated pneumonia? The German Competence Network for Community-Acquired Pneumonia. *Eur Respir J* 37(5):1151–1157. <https://doi.org/10.1183/09031936.00037410>
572. Hagel S, Ludewig K, Moeser A et al (2016) Characteristics and management of patients with influenza in a German hospital during the 2014/2015 influenza season. *Infection* 44(5):667–672. <https://doi.org/10.1007/s15010-016-0920-0>
573. Rankine-Mullings AE, Owusu-Ofori S (2017) Prophylactic antibiotics for preventing pneumococcal infection in children with sickle cell disease. *Cochrane Database Syst Rev*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003427.pub4> (CD003427)
574. Christiansen CF, Thomsen RW, Schmidt M et al (2019) Influenza vaccination and 1-year risk of myocardial infarction, stroke, heart failure, pneumonia, and mortality among intensive care unit survivors aged 65 years or older: a nationwide population-based cohort study. *Intensive Care Med* 45(7):957–967. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05648-4>
575. AWMF (2023) https://www.awmf.org/fileadmin/user_upload/dateien/downloads_regelwerk/20230905_AWMF-Regelwerk_2023_V2.1_final.pdf
576. Cochrane Deutschland ÄZQ (2023) (Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin), AWMF - IMWi (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften - Institut für Medizinisches Wissensmanagement). In: Manual Bewertung von systematischen Reviews zu therapeutischen Interventionen. Cochrane Deutschland, Freiburg <https://doi.org/10.6094/UNIFR/233125>
577. Cochrane Deutschland (2021) Institut für Medizinische Biometrie und Statistik, Freiburg, AWMF-IMWi (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften - Institut für Medizinisches Wissensmanagement). In: Manual zur Bewertung des Biasrisikos in Interventionsstudien. Cochrane Deutschland Stiftung, Freiburg <https://doi.org/10.6094/UNIFR/194900>
578. Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ et al (2011) GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 64(4):401–406. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.07.015>
579. Andrews J, Guyatt G, Oxman AD et al (2013) GRADE guidelines: 14. Going from evidence to recommendations: the significance and presentation of recommendations. *J Clin Epidemiol* 66(7):719–725. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2012.03.013>
580. Guyatt GH, Oxman AD, Santesso N et al (2013) GRADE guidelines: 12. Preparing summary of findings tables-binary outcomes. *J Clin Epidemiol* 66(2):158–172. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2012.01.012>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Affiliations

¹ Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; ² Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie am Universitätsklinikum Knappschaftskrankenhaus Bochum, Bochum, Deutschland; ³ Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; ⁴ Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Bonn, Bonn, Deutschland; ⁵ Zentrum für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Knappschaft Kliniken, Recklinghausen, Deutschland; ⁶ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsmedizin Essen, Essen, Deutschland; ⁷ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Halle, Halle (Saale), Deutschland; ⁸ Institut für Intensivmedizin des Universitätsspital Zürich, Zürich, Schweiz; ⁹ Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland; ¹⁰ Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie am Klinikum Hann. Münden, Hann. Münden, Deutschland; ¹¹ Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Schmerztherapie & Notfallmedizin, St. Bernward Krankenhaus Hildesheim, Kiel, Deutschland; ¹² Institut für Medizinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, Deutschland; ¹³ Klinik für Anästhesiologie, Operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Klinikum Neuperlach, München, Deutschland; ¹⁴ Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Charité, Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland; ¹⁵ Deutsche Sepsis-Gesellschaft, Berlin, Berlin, Deutschland; ¹⁶ Klinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland; ¹⁷ Klinik für Anästhesie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin, Universität Greifswald, Greifswald, Deutschland; ¹⁸ Universitätsklinik für Anästhesiologie Intensivmedizin/Notfallmedizin/Schmerztherapie, Klinikum Oldenburg, Oldenburg, Deutschland; ¹⁹ Institut für Infektionsmedizin und Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; ²⁰ Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax-, Transplantations- und Kinderchirurgie, Universitätsklinikum Gießen, Gießen, Deutschland; ²¹ Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen, Gießen, Deutschland; ²² Zentrum für Intensivmedizin, Klinikum Nürnberg, Nürnberg, Deutschland; ²³ Klinik für Nephrologie, Transplantationsmedizin und internistische Intensivmedizin, Kliniken Köln, Köln, Deutschland; ²⁴ Klinik für Intensivmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland; ²⁵ Medizinische Klinik 1, Schwerpunkt Intensivmedizin, Uniklinik Köln, Köln, Deutschland; ²⁶ Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care, Universitätsklinikum Aachen, Aachen, Deutschland; ²⁷ Klinik für Pneumologie und Schlafmedizin, St. Vincentius-Kliniken, Karlsruhe, Karlsruhe, Deutschland; ²⁸ Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Würzburg, Würzburg, Deutschland; ²⁹ Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen, Deutschland; ³⁰ Notfall- und Intensivmedizin, Klinikum Ernst von Bergmann, Potsdam, Potsdam, Deutschland; ³¹ Institut für Psychosoziale Medizin, Psychotherapie und Psychoonkologie, Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; ³² Klinik für Anästhesiologie, Uniklinik RWTH Aachen, Aachen, Deutschland; ³³ Klinik und Poliklinik für Innere Medizin I, Universitätsklinikum Regensburg, Regensburg, Deutschland; ³⁴ Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen, Gießen, Deutschland; ³⁵ Klinische Abteilung für Allgemeine Anästhesie und Intensivmedizin, Universitätsklinik für Anästhesie, allgemeine Intensivmedizin und Schmerztherapie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich; ³⁶ Klinik für Anästhesiologie, LMU München, München, Deutschland; ³⁷ Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Onkologische Chirurgie, Klinikum St. Georg, Leipzig, Deutschland; ³⁸ Leibniz Institute for Natural Product Research and Infection Biology-HKI, Jena University Hospital, Jena, Deutschland; ³⁹ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland; ⁴⁰ Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Münster, Münster, Deutschland