

A&I

Zertifizierte Fortbildung

CME online

ANÄSTHESIOLOGIE & INTENSIVMEDIZIN

Offizielles Organ: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGA)
Berufsverband Deutscher Anesthetistinnen und Anesthetisten e. V. (BDA)

Organ: Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI)



Geburtshilfliche Analgesie
zur vaginalen Geburt

Originalia | Original Articles

Klinische Anästhesie | Clinical Anaesthesia

- Der Mainzer MH-Notfallkoffer: Einfluss eines strukturierten Notfallsets auf das Management der malignen Hyperthermie. Eine simulationsbasierte Evaluation zur Verbesserung der Handlungssicherheit im Management der malignen Hyperthermie**
The Mainz MH emergency kit: Impact of a structured emergency kit on malignant hyperthermia management. A simulation-based evaluation to improve operation safety in malignant hyperthermia management
E. Hotz M. Kriege 305
L. M. Domres
- Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie: Wo stehen wir? Eine Umfrage zum Status quo ökologischer ärztlicher Praxis**
Sustainability in anaesthesiology: Where we stand. A survey on the status quo of ecological medical practice
P. Kruse C. Bode 314
M. Coburn K. Peukert
M. Schuster et al.
H. Richter

Übersichten | Review Articles

Intensivmedizin | Intensive Care Medicine

- Effekte passiver Atemgasbefeuchtung in der Sauerstofftherapie: ein Scoping-Review**
Effects of passive humidification of respiratory gas in oxygen therapy: a scoping review
M. Diegelmann R. Schier 334
A. Steinacker

Fortbildung | Medical Education

- Geburtshilfliche Analgesie zur vaginalen Geburt**
Obstetric analgesia for vaginal delivery
C. Eichelsbacher E.-V. Griemert 348
K. Hoeter D. Chappell
E. Hotz

Sonderbeiträge | Special Articles

Leitlinien und Empfehlungen | Guidelines and Recommendations

- Die aktuelle AWMF-S1-Leitlinie „Geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ 2026 – Neuerungen, Kehrtwenden und klinisch relevante Änderungen gegenüber 2020**
The current AWMF-S1-Guideline “Obstetric Analgesia and Anaesthesia” 2026 – Innovations, complete reversals and clinically relevant modifications compared with 2020
D. H. Bremerich H. Mutlak 358

Mitteilungen | Communications

Kasuistiken | Case Reports

- Akutes Lungenversagen als Erstmanifestation eines muzinösen Adenokarzinoms**
Acute pulmonary failure as an initial manifestation of a mucinous adenocarcinoma
D. Burgert T. F. E. Barth 365
S. Möller M. Neubert
M. Erath et al.
E. Mantel
- Linezolid als möglicher Auslöser einer Rhabdomyolyse bei einem Patienten mit Fournier-Gangrän**
Linezolid as potential cause for rhabdomyolysis in a patient with Fournier's gangrene
A. Tonfack M. Dürbaum 371
Yamedji S. Schröder
- Bakteriämische Melioidose mit pulmonaler Manifestation bei einem Reiserückkehrer: Fallbericht mit Mini-Review der globalen Evidenzlage**
Pulmonary manifestation of bacteremic melioidosis in a traveler returning from abroad: Case report plus mini-review of the global evidence
L. Wolf A. Müller 379
A. Both R. Müller
W. Wenzel et al.
H. Granzer

Briefe an die Herausgeberverbände | Letters to the Editor**Leserbrief zum Beitrag:**

Schnorrenberg V, Layer B, Andraos I, Schröder S: Fehllage eines High-Flow-Dreilumen-Katheters in der Arteria carotis: Falldarstellung und Diskussion auf Basis einer Literaturanalyse (Anästh Intensivmed 2026;67:35–40)

M. Pohl M. Thoma 387
E. Moresco G. Capozzoli

Leserbrief zum Beitrag:

de Pay A W, Seifrin V P: Algorithmen: Leitplanken oder Fesseln? Stehen sie über der ärztlichen Entscheidung? – Ein Statement (Anästh Intensivmed 2026;67:300)

M. Deicke 391

Aus den Verbänden | News | Information | Events**DGAInfo**

**Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters
Cardiac Arrest Center 2025**

V103

**Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters
Innerklinisches Notfallmanagement 2025**

V107

BDAktuell | DGAInfo

EU-Verordnung SoHO (= Substances of Human Origin)

V113

**Einladung zu den ordentlichen Mitgliederversammlungen
der Landesverbände der DGAI und des BDA
Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland, Hessen**

V113

Stellenmarkt

V115

Impressum | Imprint

V118

Beilagenhinweis

Forum Interdisziplinäre Intensivmedizin 2026 (FII)
13.–15. Januar 2027, Berlin

Der Mainzer MH-Notfallkoffer: Einfluss eines strukturierten Notfallsatzes auf das Management der malignen Hyperthermie

Eine simulationsbasierte Evaluation zur Verbesserung der Handlungssicherheit im Management der malignen Hyperthermie

The Mainz MH emergency kit: Impact of a structured emergency kit on malignant hyperthermia management

A simulation-based evaluation to improve operation safety in malignant hyperthermia management

E. Hotz¹ · L. M. Domres¹ · M. Kriege¹

► **Zitierweise:** Hotz E, Domres LM, Kriege M: Der Mainzer MH-Notfallkoffer: Einfluss eines strukturierten Notfallsatzes auf das Management der malignen Hyperthermie. Eine simulationsbasierte Evaluation zur Verbesserung der Handlungssicherheit im Management der malignen Hyperthermie. Anästh Intensivmed 2026;67:305–313. DOI: 10.19224/ai2026.305

Zusammenfassung

Hintergrund

Die maligne Hyperthermie (MH) ist eine seltene, potenziell lebensbedrohliche pharmakogenetische Reaktion auf volatile Anästhetika oder Succinylcholin. Aufgrund der geringen Inzidenz und der Dringlichkeit der Therapie bestehen Unsicherheiten im Vorgehen. Ziel der vorliegenden Studie war es, das MH-Management durch den Mainzer MH-Notfallkoffer mit einer standardisierten Materialbereitstellung und einer integrierten Schritt-für-Schritt-Anleitung zu verbessern.

Methodik

In einer randomisierten, kontrollierten Simulationsstudie mit 57 Ärztinnen und Ärzten wurde der Einfluss des Mainzer MH-Notfallkoffers auf die Performanz bei der Therapie einer MH-Krise untersucht. Die Bewertung erfolgte anhand eines gewichteten Punktescores nach der S1-Leitlinie „Therapie der malignen Hyperthermie“. Zusätzlich wurden die Zeit bis zur Dantrolen-Gabe sowie Einzelschritte der Behandlung analysiert.

Ergebnisse

Die Interventionsgruppe erzielte im Mittel 85 Punkte, die Kontrollgruppe 72 Punkte ($p < 0,001$). Praktisch-technische Maßnahmen wie die Rekonstitution von Dantrolen, die Nutzung des Partikel-filters und die Anlage eines separaten i.v.-Zugangs wurden signifikant häufiger korrekt durchgeführt. Die mittlere Zeit bis zur ersten Dantrolen-Gabe betrug

in beiden Gruppen etwa 11 Minuten ($p = 0,82$).

Schlussfolgerung

Der Mainzer MH-Notfallkoffer verbessert die Performanz bei der Behandlung der malignen Hyperthermie signifikant. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Bereitstellung standardisierter Materialien und strukturierte Checklisten die Umsetzung leitliniengerechter Maßnahmen erleichtern und technische Fehlerquellen am Beispiel der MH reduzieren.

Summary

Background

Malignant hyperthermia (MH) is a rare, life-threatening pharmacogenetic reaction to volatile anaesthetics or succinylcholine. Because of its low incidence and the need for rapid intervention, clinical management remains challenging. The Mainz MH emergency kit was developed to improve procedural safety by providing standardised materials and an integrated step-by-step checklist.

Methods

In a randomised controlled simulation study including 57 anaesthesiologists, the impact of the Mainz MH emergency kit on performance in the management of an MH crisis was evaluated. Performance was assessed using a weighted score based on the German S1 guideline “Therapy of Malignant Hyperthermia.” Additionally, both the time prior to first dantrolene administration and the accuracy of individual therapeutic steps were analyzed.

¹ Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Direktorin: Prof. Dr. N.-M. Wagner)

Autorenschaft

Studiendesign: EH, MK
Datenerfassung: LD
Dateneingabe: LD
Dateninterpretation: EH, LD, MK
Statistik: MK, LD, EH
Manuskripterstellung: EH, MK, LD
Genehmigung der Endfassung: EH, MK, LD

Danksagung

Wir danken allen beteiligten Kliniken für ihre engagierte Unterstützung bei dieser Umfrage. Weiterhin bedanken wir uns bei Herrn Dr. M. Herbst vom Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Dieses Manuskript enthält Anteile der Dissertation von Frau Lisa-Maria Domres, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Maligne Hyperthermie – Simulationstraining – Notfallmanagement

Keywords

Malignant Hyperthermia – Simulation Training – Emergency Treatment

Results

The intervention group achieved a mean score of 85 points compared with 72 points in the control group ($p < 0.001$). Practical and technical measures such as dantrolene preparation, use of a particle filter, and placement of a separate intravenous line were performed significantly more often in the intervention group. The mean time prior to the first dantrolene administration was approximately 11 minutes in both groups ($p = 0.82$).

Conclusion

The Mainz MH emergency kit significantly improved performance in the management of malignant hyperthermia. Standardised material provision and structured cognitive aids facilitate the implementation of guideline-based therapy and help reduce technical errors.

Hintergrund

Bei der malignen Hyperthermie (MH) handelt es sich um eine seltene pharmakogenetische Erkrankung, die sich nach Kontakt mit einem Trigger klinisch manifestiert. Diese Trigger sind klassischerweise volatile Anästhetika wie Sevofluran oder Desfluran sowie das depolarisierende Muskelrelaxans Succinylcholin [1]. Ursächlich ist eine Mutation im Gen, welches den Ryanodin-Rezeptor 1 (RyR1) codiert. Nach Aktivierung durch einen der oben genannten Trigger kommt es am Ende einer Signalkaskade zu einem unkontrollierten Anstieg der Ca^{2+} -Konzentration in der Muskelzelle [2]. Das klinische Bild dieser Erkrankung zeigt sich mit einer manifesten hypermetabolischen Reaktion mit u. a. Tachykardie, Hyperkapnie, Azidose und Hyperthermie. Aufgrund der Seltenheit der Erkrankung – in Deutschland wird eine Prävalenz von 1:2000–1:3000 angenommen [3] – und des teilweise fulminanten Verlaufs bestehen Unsicherheiten in der Therapie, weshalb zahlreiche Gedächtnis- und Entscheidungshilfen im Zusammenhang mit der malignen Hyperthermie untersucht wurden [4]. In der Mehrzahl der Fälle wurde hier die Anwendung von Therapiechecklisten untersucht [5]. Kon-

sequenterweise fordern daher auch die Qualitätsindikatoren der Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) das Vorhandensein einer Standard Operating Procedure (SOP) für das Krankheitsbild der malignen Hyperthermie [6].

Fragestellung und Methoden

Nach positivem Ethikvotum führte die Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Mainz im Februar 2024 eine randomisierte, kontrollierte Simulationsstudie durch. Eingeschlossen wurden Ärztinnen und Ärzte in Weiterbildung sowie Fachärztinnen und Fachärzte für Anästhesiologie.

Nach Aufklärung und Zustimmung zur Teilnahme an der Studie sowie zur Nutzung und Speicherung ihrer Daten wurden die Teilnehmenden eingeschlossen. Ausschlusskriterien waren eine fehlende Zustimmung oder eine frühere Mitwirkung an der Erstellung des Simulationstrainings oder des Mainzer MH-Notfallkoffers.

Ziel der Studie war die Evaluation des Mainzer MH-Notfallkoffers im Rahmen eines standardisierten Simulationsszenarios, im Vergleich zum konventionellen Vorgehen bei einer MH. Geprüft wurde die Hypothese, dass die Nutzung des Notfallkoffers zu einer signifikant besseren Performanz bei der Therapie einer malignen Hyperthermie führt.

Die Kontrollgruppe (KG) hatte Zugriff auf die üblichen klinikinternen Ressourcen (u. a. PC mit Internet- und Intranetzzugang zur SOP „Therapie der malignen Hyperthermie“, persönliche Notizen, handelsübliches Dantrolen). Die Interventionsgruppe (IG) erhielt zusätzlich den Mainzer MH-Notfallkoffer mit strukturierter Schritt-für-Schritt-Anleitung, laminierter SOP sowie dem erforderlichen Material zur Herstellung der Dantrolen-Lösung. Der genaue Inhalt des Mainzer MH-Notfallkoffers ist als Online-Supplement verfügbar. Alle Teilnehmenden bearbeiteten dasselbe standardisierte Simulationsszenario einer intraoperativ auftretenden malignen Hyperthermie. Ziel des Szenarios war

nicht primär die Untersuchung der diagnostischen Treffsicherheit, sondern der leitliniengerechten therapeutischen Maßnahmen nach Konfrontation mit dem Krankheitsbild der MH. Um nach einer initialen Phase der klinischen Einordnung vergleichbare Bedingungen für das weitere Management zu schaffen, erhielten Teilnehmende bei Nichterkennen des Krankheitsbildes nach fünf Minuten einen expliziten Hinweis auf die Diagnose „Maligne Hyperthermie“. Da der Diagnosehinweis nach fünf Minuten die Diagnosestellung teilweise vereinfachte, wurden die Zeitendpunkte nur ergänzend ausgewertet. Das genaue Simulationsszenario wird im Online-Supplement des Artikels dargestellt.

Primärer Endpunkt

Die Performanz wurde anhand eines selbstentwickelten, gewichteten Punktescores bewertet, der sich an den empfohlenen Therapiemaßnahmen der S1-Leitlinie „Therapie der malignen Hyperthermie“ [7] orientierte. Der Score setzte sich aus leitlinienbasierten Einzelmaßnahmen des Akutmanagements der MH zusammen. Die Gewichtung erfolgte a priori nach klinischer Relevanz der jeweiligen Maßnahme für das MH-Management. Es handelte sich um ein studienspezifisch entwickeltes Bewertungsinstrument, das nicht extern validiert wurde. Der Score sollte die leitliniengerechte therapeutische Performanz im standardisierten Simulationssetting strukturiert abbilden. Ein Score von 0 Punkten bedeutete die Umsetzung keiner korrekten Maßnahmen, ein Score von 100 Punkten die vollständige Durchführung aller erforderlichen Maßnahmen. Der Vergleich zwischen KG und IG erfolgte mittels t-Test bei einem Konfidenzniveau von 95 %. Der vollständige Punktescore wird im Online-Supplement des Artikels dargestellt.

Sekundäre Endpunkte

Jede Einzelmaßnahme des Punktescores wurde separat ausgewertet. Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test.

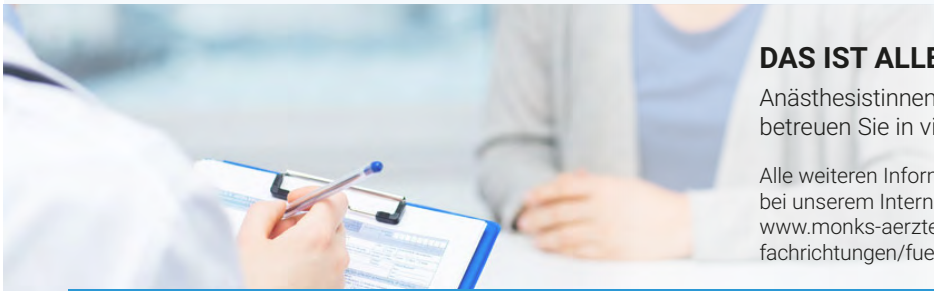
Zusätzlich wurden folgende Zeitspannen erhoben:



Anästhesisten im Netz

Ihre Expertinnen und Experten für Anästhesiologie,
Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerzmedizin & Palliativmedizin

Ihre Arzt/Praxis/Klinik-Homepage bei
anaesthesisten-im-netz.de



DAS IST ALLES ANÄSTHESIOLOGIE

Anästhesistinnen und Anästhesisten
betreuen Sie in vielen Bereichen

Alle weiteren Informationen finden Sie
bei unserem Internetpartner: [https://
www.monks-aerzte-im-netz.de/
fachrichtungen/fuer-anaesthesie-praxen/](https://www.monks-aerzte-im-netz.de/fachrichtungen/fuer-anaesthesie-praxen/)



ZUGEWINN FÜR PATIENTEN UND ÄRZTE: WWW.ANAESTHESISTEN-IM-NETZ.DE

- Zeitraum vom Simulationsbeginn bis zur Dantrolen-Gabe
- Zeitraum vom Erkennen der malignen Hyperthermie bis zur Dantrolen-Gabe

Beide Zeitspannen wurden über einen zweiseitigen, ungepaarten t-Test verglichen.

Fragebogen zum Management von Komplikationen

Am Ende der Simulation beantworteten alle Teilnehmenden einen Fragebogen, der den Wissensstand zum Management möglicher Komplikationen bei maligner Hyperthermie erfasste. Der vollständige Fragebogen wird im Anhang dargestellt.

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 59 Ärztinnen und Ärzte am Simulationstraining teil. Eine Person widersprach der Teilnahme an der Studie und der damit verbundenen Datenverarbeitung, eine weitere war an der Erstellung des MH-Notfallkoffers be-

teiligt. Somit wurden 57 Teilnehmende in die Auswertung eingeschlossen.

Die Verteilung der Qualifikationen war zwischen beiden Gruppen vergleichbar. In beiden Gruppen überwog der Anteil der Ärztinnen und Ärzte in Weiterbildung, während Fachärztinnen/Fachärzte und Oberärztinnen/Oberärzte in ähnlicher Häufigkeit vertreten waren.

Die mittlere Berufserfahrung lag in der Interventionsgruppe (IG) bei 5,0 Jahren und in der Kontrollgruppe (KG) bei 5,19 Jahren. Die Verteilung der Qualifikationen zeigt Tabelle 1.

Ergebnisse des gewichteten Punktescores

Beim Vergleich der Gruppen anhand des gewichteten Punktescores erreichte die Kontrollgruppe im Mittel 72 Punkte, während die Interventionsgruppe durchschnittlich 85 Punkte erzielte. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p < 0,001$).

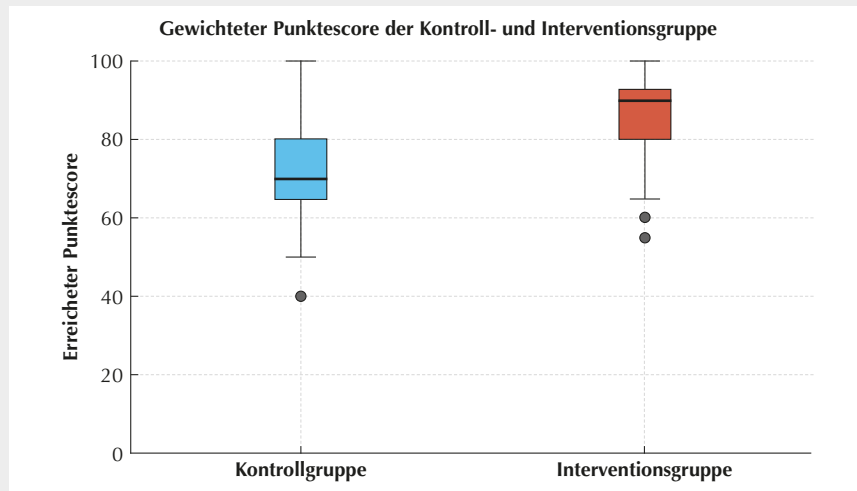
Die Verteilung der Scores ist in Abbildung 1 als Boxplot dargestellt. In der Interventionsgruppe wurde ein Ausreißer mit 55 Punkten identifiziert.

Tabelle 1

Verteilung der ärztlichen Qualifikationen in Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (KG). Ein Chi-Quadrat-Test ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($\chi^2 = 0,12$; $p = 0,94$).

	IG	KG
Weiterbildungsassistent:innen	19/31 = 61 %	17/26 = 65 %
Fachärztinnen / Fachärzte	9/31 = 29 %	7/26 = 27 %
Oberärztin / Oberarzt	3/31 = 10 %	2/26 = 8 %

Abbildung 1



Gewichteter Punktescore der Kontroll- und Interventionsgruppe. Dargestellt sind Median, Interquartilsabstand sowie Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer. Einzelpunkte kennzeichnen Werte außerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands.

Einzelbetrachtung der durchgeführten Maßnahmen

Um die Ergebnisse der beiden Gruppen näher auswerten zu können, wurden alle einzelnen Maßnahmen des gewichteten Punktescores noch einmal gesondert betrachtet und ausgewertet. Eine Übersicht der Maßnahmen zeigt Tabelle 2.

In beiden Gruppen wurden die Beendigung der Triggerzufuhr (KG 96 %, IG 100 %) sowie die Teamkommunikation mit Oberarzt/-ärztin und Chirurg:in (je 100 %) nahezu durchgängig umgesetzt. Unterschiede zeigten sich bei der Steigerung des Atemminutenvolumens auf das 3–4-Fache (KG 31 % vs. IG 58 %, $p = 0,039$), der Zubereitung von 20 mg

Dantrolen i. v. mit 60 ml Aqua ad inject. (KG 62 % vs. IG 90 %, $p = 0,01$), der Nutzung des Partikelfilters zum Aufziehen der fertigen Dantrolen-Lösung (KG 42 % vs. IG 87 %, $p < 0,001$) sowie der Verwendung eines separaten peripheren Venenzugangs (KG 50 % vs. IG 84 %, $p = 0,006$). Die Unterschiede in allen weiteren Maßnahmen waren statistisch nicht signifikant.

Zeitkritische Verabreichung von Dantrolen

Die Zeit bis zur Verabreichung von Dantrolen i. v. lag im Mittel bei 11,3 Minuten in der KG und 11,5 Minuten in der IG ($p = 0,818$). Der Zeitraum zwischen Erkennen der MH und Verabreichung von Dantrolen i. v. betrug im Mittel 8,0 Minuten in der Kontroll- bzw. 8,3 Minuten in der Interventionsgruppe ($p = 0,435$).

Fragebogen zum Management der Komplikationen bei MH

Die Gesamtgruppe ($N = 57$) beantwortete im Anschluss an die Simulation fünf Fragen zum Management von Komplikationen. Die höchsten Anteile korrekter Antworten zeigten sich für die Therapie einer starken Azidose (56/57; 98 %), die Therapie der Hyperkaliämie (52/57; 91 %) sowie für Maßnahmen bei Schock/Hypotonie (50/57; 88 %). Zur Therapie tachykarder Herzrhythmusstörungen wurden in 47/57 Fällen korrekte Angaben gemacht (82 %). Die niedrigsten Anteile korrekter Antworten ergaben sich bei der Frage nach der kontraindizierten Antiarrhythmika-Gruppe (Calciumkanalantagonisten; 23/57; 40 %). Tabelle 3 zeigt die Einzelwerte.

Tabelle 2

Übersicht der durchgeführten Einzelmaßnahmen.

Ergriffene Maßnahme	KG	IG	p-Wert
Beendigung der Triggerzufuhr	25/26 (96 %)	31/31 (100 %)	0,271
Umstellung auf totale intravenöse Anästhesie	24/26 (92 %)	30/31 (97 %)	0,452
Kommunikation im Team mit Oberärztin/Oberarzt und Chirurg:in	26/26 (100 %)	31/31 (100 %)	–
Triggerzufuhr beendet, ggf. Narkoseverdampfer entfernt	14/26 (54 %)	19/31 (61 %)	0,571
Einstellung von $\text{FiO}_2 = 1,0$ und Frischgaszufuhr = 10 l/min	21/26 (81 %)	26/31 (84 %)	0,759
Steigerung des Atemminutenvolumens auf das 3–4-Fache	8/26 (31 %)	18/31 (58 %)	0,039
Entnahme einer BGA oder Blutprobe	19/26 (73 %)	19/31 (61 %)	0,347
Zubereitung von 20 mg Dantrolen i. v. (Trockensubstanz + 60 ml Aqua ad inject.)	16/26 (62 %)	28/31 (90 %)	0,010
Nutzung des Partikelfilters beim Aufziehen der Lösung	11/26 (42 %)	27/31 (87 %)	<0,001
Richtige Dosierung von Dantrolen i. v.	24/26 (92 %)	27/31 (87 %)	0,523
Separater peripherer Venenzugang für Dantrolen i. v.	13/26 (50 %)	26/31 (84 %)	0,006

BGA: Blutgasanalyse; IG: Interventionsgruppe; KG: Kontrollgruppe.

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war die Evaluation des Mainzer MH-Notfallkoffers im Rahmen eines standardisierten Simulationsszenarios zur Therapie der malignen Hyperthermie (MH), im Vergleich zum konventionellen Vorgehen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz des Koffers mit einer signifikant höheren Gesamtperformanz verbunden war, während sich die Zeit bis zur Verab-

Tabelle 3

Fragebogen zur Behandlung von Komplikationen im Rahmen der malignen Hyperthermie (MH) einschließlich korrekt bewerteter Antworten.

Frage	Gesamtgruppe: Korrekte Antwort in absoluten Zahlen und relativen Häufigkeiten (%)
Wie therapieren Sie eine eventuell auftretende starke Azidose? (Angabe 1–2 Medikamente: Natriumhydrogencarbonat und/oder TRIS-Puffer)	56/57 (98 %)
Wie therapieren Sie tachykarde Herzrhythmusstörungen im Rahmen der MH? (Angabe 1–2 Medikamente: Dantrolen und/oder Amiodaron und/oder Betablocker)	47/57 (82 %)
Welche Antiarrhythmika-Gruppe ist kontraindiziert? (Angabe 1: Calciumkanalantagonisten)	23/57 (40 %)
Wie therapieren Sie Schockzustände/Hypotonien im Rahmen der MH? (Angabe von mindestens einer der folgenden Maßnahmen: Volumengabe und/oder Vasopressoren und/oder Inotropika)	50/57 (88 %)
Wie therapieren Sie die Hyperkaliämie im Rahmen der MH? (Angabe von mindestens einer der folgenden Maßnahmen: Forcierte Diurese mit Schleifendiuretika und/oder Glucose-Insulin-Lösung und/oder Dialyse)	52/57 (91 %)

reichung von Dantrolen nicht unterschied. In der Detailanalyse einzelner Maßnahmen konnten insbesondere bei der Zubereitung und Applikation von Dantrolen deutliche Verbesserungen beim Einsatz des Mainzer Notfallkoffers festgestellt werden. Bei der Einordnung der Einzelmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass im Akutmanagement der malignen Hyperthermie die sofortige Beendigung der Triggerzufuhr und die schnellstmögliche Dantrolen-Gabe höchste Priorität besitzen. Andere Maßnahmen sind klinisch relevant, dürfen jedoch nicht zu einer Verzögerung dieser beiden Kerninterventionen führen. Darüber hinaus offenbarten die Ergebnisse des begleitenden Fragebogens zum Komplikationsmanagement spezifische Wissenslücken, insbesondere im Bereich der medikamentösen Therapie von Rhythmusstörungen, wie sie bei einer malignen Hyperthermie auftreten können.

Im Folgenden werden die zentralen Befunde hinsichtlich der Gesamtpersonalleistung, der Umsetzung einzelner Therapiemaßnahmen, der zeitkritischen Dantrolen-Gabe sowie des Wissensstands zum Management von Komplikationen näher diskutiert.

Nutzung von Cognitive Aids

Die signifikant höheren Punktzahlen in der Interventionsgruppe sprechen dafür, dass ein strukturierter Notfallkoffer die Behandlungsqualität bei maligner Hyperthermie verbessern kann. Dies unterstreicht die Relevanz standardisierter Cognitive Aids insbesondere bei seltenen und zeitkritischen Notfällen. Bereits Harrison et al. konnten in einem vergleichbaren Simulationssetting zeigen, dass der Einsatz einer „MH Box“ mit einer verbesserten Performanz assoziiert war [8]. Der Mainzer MH-Notfallkoffer kombiniert eine strukturierte Schritt-für-Schritt-Anleitung mit der unmittelbaren Verfügbarkeit der benötigten Materialien. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass insbesondere diese Kombination die Umsetzung leitliniengerechter Maßnahmen erleichtert. Das Layout der eingesetzten Checkliste orientierte sich zudem an etablierten Prinzipien der Gestaltung kognitiver Hilfen, die ein rasches Auffinden relevanter Informationen unter Zeitdruck unterstützen [9,10].

Umsetzung einzelner Therapiemaßnahmen

Bei der Analyse der einzelnen Maßnahmen zeigte sich, dass insbesondere

ein Leben retten

100 Pro reanimation

1. PRÜFEN

Keine Reaktion? Keine oder keine normale Atmung?



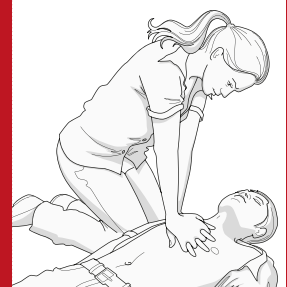
2. RUFEN

Rufen Sie **112** an.
Oder urrenlassen Sie eine andere Person zum Notruf.



3. DRÜCKEN

Drücken Sie fest und schnell in der Mitte des Brustkorbs:
mind. 100 x pro Minute.
Hören Sie nicht auf, bis Hilfe eintrifft.



praktisch-technische Schritte – wie die Zubereitung von Dantrolen, die Verwendung des Partikelfilters sowie das Anlegen eines separaten intravenösen Zugangs – in der Interventionsgruppe signifikant häufiger korrekt durchgeführt wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein separater intravenöser Zugang die Organisation der Therapie zwar erleichtern kann, jedoch keine Voraussetzung für die initiale Dantrolen-Gabe darstellt. Falls kein zusätzlicher Zugang vorhanden ist, sollte Dantrolen ohne Zeitverlust über den bestehenden Zugang appliziert werden. Das in unserer Studie verwendete Dantrolen i. v. 20 mg Pulver zur Herstellung einer Infusionslösung musste mit 60 ml Wasser für Injektionszwecke rekonstituiert und anschließend über spezielle Partikelfilter in eine 60-ml-Spritze aufgezogen werden (Fachinformation des Herstellers). Hierbei handelt es sich um in der klinischen Routine nicht regelmäßig verwendete Materialien, die als zusätzliche Distraktoren die Performanz der Teilnehmenden beeinflussen könnten.

Dies weist darauf hin, dass standardisierte Materialien und klar strukturierte Schritt-für-Schritt-Anleitungen insbesondere dann wirksam sind, wenn komplexe, vom Standardanwendungsfall abweichende Handgriffe und praktische Fertigkeiten erforderlich sind.

Das in unserer Studie eingesetzte Dantrolen i. v. 20 mg Pulver zur Herstellung einer Infusionslösung wurde inzwischen durch das weiterentwickelte Nachfolgepräparat AGILUS® (Norgine GmbH, Wettenberg, Deutschland) 120 mg Pulver zur Herstellung einer Infusionslösung ersetzt. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Präparaten liegt in der höheren Wirkstoffkonzentration pro Durchstechflasche: Eine 6er-Packung AGILUS® 120 mg entspricht hinsichtlich der Gesamtwirkstoffmenge einer 36er-Packung des zuvor verwendeten Dantrolen i. v. 20 mg (Fachinformation des Herstellers). Konkret bedeutet dies, dass für einen 80 kg schweren Patienten nicht mehr 10 Flaschen, sondern nur noch 2 Flaschen AGILUS® verwendet werden müssen. Die Verwendung eines

gesonderten Partikelfilters ist ebenfalls nicht mehr erforderlich. Darüber hinaus ermöglicht AGILUS® 120 mg eine schnellere Rekonstitution bei Verwendung einer geringeren Menge an Wasser für Injektionszwecke, was insbesondere im akuten MH-Notfall eine deutliche Zeitersparnis und Erleichterung der Zubereitung bewirkt und die hauptsächlichen Probleme der Teilnehmer in unserer Studie adressiert. Aus Sicht der Autoren stellt dies eine sinnvolle und längst überfällige Verbesserung für die Therapie der MH dar. Gerade die Umstellung auf ein neues Präparat mit veränderter Rekonstitution bei unveränderter Dosierungslogik spricht jedoch weiterhin für die Verwendung strukturierter Notfallsätze mit klarer Schritt-für-Schritt-Anleitung, um Unsicherheiten in der Akutsituation zu vermeiden.

Im Gegensatz dazu wurden Basismaßnahmen, wie die Beendigung der Triggerzufuhr oder die Teamkommunikation, in beiden Gruppen nahezu vollständig umgesetzt, was auf eine solide Grundroutine im MH-Management schließen lässt. Einzig die Steigerung des Atemminutenvolumens um das 3–4-Fache wurde in der IG signifikant häufiger umgesetzt.

Dauer bis zur ersten Dantrolen-Gabe

Trotz der besseren Performanz zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Zeit bis zur ersten Dantrolen-Gabe. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die zeitliche Komponente der Therapie weniger von der Materialverfügbarkeit als vielmehr von der Diagnosestellung und der Teamkoordination abhängt. Da alle Teams nach spätestens fünf Minuten einen Diagnosehinweis erhielten, dürfte dieser Aspekt mögliche Unterschiede zusätzlich nivelliert haben. Insbesondere der Endpunkt „Zeit vom Simulationsbeginn bis zur Dantrolen-Gabe“ ist dadurch nur eingeschränkt aussagekräftig. In unserer Studie betrug die mittlere Zeit bis zur ersten Dantrolen-Gabe etwa elf Minuten. Frühere Untersuchungen zeigten, dass bereits das Auflösen und Aufziehen einer einzelnen Dantrolen-

Ampulle im Mittel rund vier Minuten in Anspruch nimmt [11]. Betrachtet man den gesamten Ablauf von Erkennen und Beurteilen der Situation über das Bereitstellen des Notfallkoffers bis hin zur vollständigen Rekonstitution und Applikation, ist davon auszugehen, dass dieser Zeitraum unter realen klinischen Bedingungen deutlich länger ausfallen dürfte. Die vergleichsweise kurzen Zeiten in unserer Untersuchung sind vermutlich dem standardisierten Simulationssetting zuzuschreiben. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in der Studie lediglich der Zeitpunkt der ersten Dantrolen-Gabe erfasst wurde, nicht jedoch der Zeitpunkt, zu dem die vollständige, errechnete Dosis appliziert war.

Management von MH-assoziierten Komplikationen

Die Auswertung des begleitenden Fragebogens ergab insgesamt ein hohes theoretisches Wissen, insbesondere hinsichtlich der Therapie von Azidose, Hyperkaliämie und hämodynamischer Instabilität. Auffällig war jedoch, dass nur 40 % der Teilnehmenden die Gabe von Calciumantagonisten im Rahmen einer malignen Hyperthermie als kontraindiziert bewerteten. Diese Wissenslücke ist von hoher klinischer Relevanz, da die gleichzeitige Anwendung von Dantrolen und Nicht-Dihydropyridin-Calciumantagonisten (z. B. Verapamil, Diltiazem) zu schwerer Hyperkaliämie, Myokarddepression und Herzrhythmusstörungen führen kann. Dieser Zusammenhang wurde bereits früh in tierexperimentellen Studien nachgewiesen [12]. Das Ergebnis verdeutlicht, dass ergänzende Fortbildungsmaßnahmen insbesondere auf die Pharmakotherapie und das Management von Begleitkomplikationen fokussieren sollten. Eine Integration solcher Inhalte in bestehende MH-Trainingsprogramme erscheint sinnvoll, um Wissen und Handlungssicherheit langfristig zu festigen.

Limitationen

Die Ergebnisse dieser Studie sind vor dem Hintergrund einiger Limitationen zu interpretieren. Erstens erfolgte die Untersuchung im Rahmen eines Simula-

tionsszenarios, das zwar standardisierte und geschützte Bedingungen erlaubt, jedoch die Dynamik realer klinischer Situationen nur eingeschränkt abbildet. Darüber hinaus kam ein studienspezifisch entwickelter, nicht extern validierter Performance-Score zum Einsatz. Obwohl dieser eng an der S1-Leitlinie ausgerichtet wurde, ist eine formale Validierung des Instruments nicht erfolgt. Einzelne im Score berücksichtigte Maßnahmen müssen zudem im Kontext ihrer klinischen Priorität interpretiert werden, da nicht alle Handlungsschritte im Akutmanagement denselben Stellenwert haben. Zweitens könnte der Diagnosehinweis nach fünf Minuten die Unterschiede zwischen den Gruppen im Hinblick auf die Zeit bis zur Dantrolen-Gabe reduziert haben. Drittens wurden ausschließlich Ärztinnen und Ärzte einbezogen; der Einfluss multiprofessioneller Teamstrukturen auf die Performanz blieb unberücksichtigt. Schließlich ist die Stichprobengröße begrenzt, sodass kleinere Effektunterschiede möglicherweise statistisch nicht erfasst wurden.

Schlussfolgerung

Der Mainzer MH-Notfallkoffer leistet einen messbaren Beitrag zur Erhöhung der Handlungssicherheit bei der Therapie der malignen Hyperthermie. Die standardisierte Materialbereitstellung und die integrierte Schritt-für-Schritt-Anleitung erleichtern das gezielte Auffinden relevanter Informationen, fördern leitliniengerechtes Handeln und reduzieren technische Fehlerquellen.

Für die Praxis empfehlen wir, strukturierte Notfallsets fest in das MH-Management zu integrieren und regelmäßig in interprofessionellen Simulationstrainings zu erproben.

Zukünftige Studien sollten den Einfluss solcher Hilfsmittel auf Teamkoordination, diagnostische Entscheidungsfindung und klinische Ergebnisse untersuchen sowie den Effekt der in Deutschland verfügbaren neuen Dantrolen-Zubereitung auf Zubereitungszeit und Anwendungssicherheit bewerten.

Literatur

1. Kaur H, Katyal N, Yelam A, Kumar K, Srivastava H, Govindarajan R: Malignant Hyperthermia. *Mo Med* 2019;116:154–159
2. Riaz S, Kraeva N, Hopkins PM: Updated guide for the management of malignant hyperthermia. *Can J Anaesth* 2018;65:709–721
3. Wolak S, Rücker B, Kohlschmidt N, Doetsch S, Bartsch O, Zechner U, et al: Homozygous and compound heterozygous RYR1 mutations. New findings on prevalence and penetrance of malignant hyperthermia. *Anaesthesist* 2014;63:643–650
4. Eismann H, Schild S, Neuhaus C, Baus J, Happel O, Heller AR et al: Gedächtnis- und Entscheidungshilfen für Notfälle in der Anästhesiologie. *Grundlagen und Anwendungen. Anästh Intensivmed* 2020;61:239–247
5. Gallegos E, Hennen B: Malignant Hyperthermia Preparedness Training: Using Cognitive Aids and Emergency Checklists in the Perioperative Setting. *J Perianesth Nurs* 2022;37:24–28
6. Coburn M, Rossaint R, Bause H, Biscopio J, Fries M, Henzler D et al: Qualitätsindikatoren Anästhesiologie 2015. *Anästh Intensiv* 2016;57:219–230
7. Wappler F: S1-Leitlinie maligne Hyperthermie: Update 2018. *Anaesthesist* 2018;67:529–532
8. Harrison TK, Manser T, Howard SK, Gaba DM: Use of cognitive aids in a simulated anesthetic crisis. *Anesth Analg* 2006;103:551–556
9. Clebone A, Burian BK, Tung A: The effect of cognitive aid design on the perceived usability of critical event cognitive aids. *Acta Anaesthesiol Scand* 2020;64:378–384
10. Clebone A, Burian BK, Tung A: Matching design to use: a task analysis comparison of three cognitive aid designs used during simulated crisis management. *Can J Anaesth* 2019;66:658–671
11. Kugler Y, Russell WJ: Speeding dantrolene preparation for treating malignant hyperthermia. *Anaesth Intensive Care* 2011;39:84–88
12. Saltzman LS, Kates RA, Corke BC, Norfleet EA, Heath KR: Hyperkalemia and cardiovascular collapse after verapamil and dantrolene administration in wine. *Anesth Analg* 1984;63:473–478.

Korrespondenz- adresse

**Dr. med.
Eric Hotz**



Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Langenbeckstraße 1
55131 Mainz, Deutschland
Tel.: 06131 172051

E-Mail:
eric.hotz@unimedizin-mainz.de
ORCID-ID: 0009-0007-5922-0621

Anhang

Übersicht: gewichteter Punktescore

Gemessen wird die Performanz der Teilnehmenden bei der Umsetzung der Primärmaßnahmen im Management der malignen Hyperthermie (MH) anhand eines gewichteten Punktescores. Je mehr Primärmaßnahmen innerhalb der fünfzehnminütigen Simulation ergriffen werden, desto höher ist – entsprechend der Gewichtung der jeweiligen Maßnahme – der individuell erzielte Score. In der anschließenden Analyse werden die Mittelwerte der beiden Gruppen miteinander verglichen. Es können minimal 0 Punkte und maximal 100 Punkte erreicht werden.

Ziel der Studie ist das Überprüfen der Nullhypothese:

H_0 = Der mittlere Punktescore unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe.

Folgende Primärmaßnahmen sind in den Punktescore mit einbezogen:

1. Beendigung der Zufuhr von Triggersubstanzen (Flurane, Succinylcholin)
2. Umstellung auf totale intravenöse Anästhesie (TIVA), Verwendung von nicht depolarisierenden Muskelrelaxanzien
3. Kommunikation im Team: Oberarzt/-ärztin und Operateur:in informieren, Team vergrößern
4. Narkoseverdampfer entfernen
5. Einstellung am Narkosegerät: $\text{FiO}_2 = 1,0$ und Frischgasfluss = 10 l/min
6. Steigerung des Atemminutenvolumens (AMV) auf das Drei- bis Vierfache
7. BGA oder Blutprobe veranlassen
8. Vorbereitung der Dantrolen-Gabe: richtige Zubereitung mit 60 ml Aqua ad inject.
9. Vorbereitung der Dantrolen-Gabe: Verwendung eines Partikelfilters
10. Vorbereitung der Dantrolen-Gabe: korrekte Dosierung
11. Dantrolen-Gabe erfolgt über separaten Zugang

Gewichteter Punktescore

1. Beendigung Triggerzufuhr 10
2. Umstellung TIVA 10
3. Kommunikation im Team 5
4. Narkoseverdampfer entfernen 5
5. Einstellung Narkosegerät 5
6. Steigerung AMV auf 3–4-Fache 5
7. BGA/Blutprobe 10
8. 60 ml Aqua 15
9. Partikelfilter 10
10. Korrekte Dosierung 15
11. Separater Zugang 10

Maximale mögliche Punkte **100**

MH-Studie – Simulationsprotokoll

Protokoll der Simulation:

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Diagnosehinweis MH						X										
BGA	BGA I						BGA II					BGA III				
Herzfrequenz [n/min]	Anstieg über 5 Minuten von 70 auf 130						130									
Blutdruck [mmHg]	110/70						100/65									
VES [Anzahl/min]	0						8									
etCO ₂ [mmHg]	- Anstieg von 38 in Minute 0 auf 80 in Minute 10 - Ab Dantrolen-Gabe i.v. erfolgt Sistieren des CO₂-Anstiegs, Abfall auf 50 mmHg über 10 min										80					
Temperatur [°C]	36,0	36,3	36,6	36,9	37,2	37,5	37,8	38,1	38,1	38,2	38,2	38,3	38,5	38,7	38,9	39,1
	Ab Dantrolen-Gabe i.v. erfolgt Sistieren des Temperatur-Anstiegs, Abfall auf 36,0 °C über 10 min															

MH: maligne Hyperthermie; BGA: Blutgasanalyse; VES: ventrikuläre Extrasystolen.

Gruppe A

- aktuelle SOP über Intranet verfügbar
- 12er-Set Norgine Dantrolen i.v. 20 mg inkl. 12 x Mini-Spikes mit Filter von B. Braun Melsungen AG
- Narkoseprotokoll von Narkoseeinleitung bis zum Übergabezeitpunkt

Gruppe B

- aktuelle SOP über Intranet verfügbar
- Mainzer MH-Notfallkoffer
- Narkoseprotokoll von Narkoseeinleitung bis zum Übergabezeitpunkt

Inhalt MH-Notfallkoffer

Gesamtinhalt:

Packung 1 Dantrolen

Packung 2 Aqua ad inject.

Packung 3 Infusionssystem

Packung 4 Backup-Material

2 x laminierte Anleitung zur Dantrolen-Zubereitung, inklusive Dosierungsanleitung

SOP-Kurzübersicht, laminiert A4

Offizielle SOP, beidseitig laminiert

Packliste

Inhalt Packung 1 Dantrolen:

- Vollständiges 12er-Set Norgine Dantrolen i.v. 20 mg inkl. 12 x Mini-Spikes mit Partikelfilter (blau)
- Laminierte Anleitung für Packung 1 Dantrolen

Inhalt Packung 2 Aqua:

- 2 x 500 ml Aqua ad injectabilia von B. Braun Melsungen AG
- 2 x Mini-Spikes mit Partikelfilter (blau)
- 12 x BD Plastipak Spritzen mit BD Luer Lock 50 ml/60 ml
- Laminierte Anleitung für Packung 2 Aqua

Inhalt Packung 3 Infusion:

- 1 x Heidelberger Extension Line 140 cm von Fresenius Kabi AG
- 1 x Discofix C Luer Lock 10 cm von B. Braun Melsungen AG
- 1 x Discofix C Dreiwegehahn von B. Braun Melsungen AG
- Laminierte Anleitung für Packung 3 Infusion

Inhalt Packung 4 Backup-Material:

- 1 x 500 ml Aqua ad injectabilia von B. Braun Melsungen AG
- 3 x Mini-Spikes mit Partikelfilter (blau)
- 2 x BD Plastipak Spritzen mit BD Luer Lock 50 ml/60 ml
- 1 x Heidelberger Extension Line 140 cm von Fresenius Kabi AG
- 1 x Discofix C Luer Lock 10 cm von B. Braun Melsungen AG
- 1 x Discofix C Dreiwegehahn von B. Braun Melsungen AG

Anmerkung: Für die Zubereitung der Dantrolen-Lösung ist eine Einwegfiltriervorrichtung mit Partikelfilter dringend notwendig. Die im OP üblicherweise verfügbaren Mini-Spikes (grün) verfügen lediglich über einen Luftfilter.

Simulationsaufbau MH-Studie

Szenario 1 – Maligne Hyperthermie

Aufbau:	Saal, OP-Tisch, Narkosegerät, Narkosewagen, Narkoseprotokoll, Medikamente, SimMan mit Basismonitoring, iSimulate, Notfallkoffer MH
Lernziele:	- Trainingseffekt zu Primärmaßnahmen der malignen Hyperthermie - Studie
Briefing:	• 30-jähriger Patient • ASA III: schlecht eingestellter Diabetes mellitus, Adipositas (BMI 31), 178 cm, 100 kg • Vitrektomie bei Traktionsamotio • Reklination gut, Mallampati 2; MÖ > 3 cm, kein Difficult Airway • Keine Vor-OPs, örtliche Betäubung beim Zahnarzt ohne Probleme • Primär intubiert bei Gastroparese und regelmäßig Reflux in der Anamnese • Eingeleitet durch Oberarzt, Narkose übernommen im Saal • Vitalparameter bei Übergabe stabil
Einstellungen:	Initiale Einstellungen RR: 110/70 HF: 70 SpO ₂ : 97 % etCO ₂ : 38 mmHg (Temperatur: 36,0°, wird nur angezeigt, wenn Messung verlangt) Größe: 178 cm Gewicht 100 kg Beatungsmodus „Pressure mode“: O ₂ : 40 % Flow: 0,5 l/min Pins: 17 mbar AF: 12/min Tinsp.: 2,0 (1:1,5) ΔPps: 7 mbar PEEP 6 Sevoflurane 4,5 % IMT Analytics Smartlung 2.000: 60 mL/mbA Leakage 0 Resistance 20 mbar/ml
Verlauf:	• Übernahme des intubierten Patienten im Saal, Vitalparameter bei Übergabe stabil • Masseterspasmus zu Beginn • Verlauf der Vitalparameter, etCO₂ nach Simulationsplan • Ab Dantrolen-Gabe sinkt etCO₂ bis auf 50 mmHg über 10 min • Temperatur wird nur auf Nachfrage angezeigt (s. Simulationsplan) • Ab Dantrolen-Gabe sinkt Temperatur bis auf 36,0 °C über 10 min • BGA auf Nachfrage: BGA I–III nach Simulationsplan ausgeben • Wenn nach 5 min noch kein V. a. MH: „Haben Sie an eine MH gedacht?“ • Weiteres Personal (OA, Pflege etc.) kommt max. 1 min nach Hilferuf dazu und handelt nur nach Anweisung des Teilnehmenden mit stets korrekter Ausführung der Anweisung
Ziele:	• Erkennen der Frühzeichen einer MH • SOP-gerechte symptomatische und kausale Therapie • Awareness für Dantrolen-Lagerungsstellen • Einzelne Items: vgl. Punktescore (Studie)
Material:	SimMan IMT Analytics Smartlung 2.000 Autarker WLAN-Router Medikamente Narkosewagen Narkosegerät Narkoseprotokoll laminiert iSimulate 2. iSimulate als Defibrillator Notfallkoffer MH BGA-Materialien BGA-Ausdrucke 1–3 laminiert Dantrolen, Aqua ad inject. WarmTouch-Decke für aktive Kühlung Kühlakkus Perfusoren Monitor für das Debriefing

Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie: Wo stehen wir? Eine Umfrage zum Status quo ökologischer ärztlicher Praxis

Sustainability in anaesthesiology: Where we stand. A survey on the status quo of ecological medical practice

P. Kruse¹ · M. Coburn¹ · M. Schuster² · H. Richter² · C. Bode¹ · K. Peukert¹ · L. Wild¹ · F. Schirmer¹ · C. Stark¹ · B. Bette¹ · C. K. Weisheit⁸
für das Forum Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie der DGAI und des BDA

► **Zitierweise:** Kruse P, Coburn M, Schuster M, Richter H, Bode C, Peukert K et al: Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie: Wo stehen wir? Eine Umfrage zum Status quo ökologischer ärztlicher Praxis. *Anästh Intensivmed* 2026;67:314–332. DOI: 10.19224/ai2026.314

Eine Erhebung über die Integration von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in die anästhesiologische Praxis und die Identifizierung von systemischen Barrieren bei deren Implementierung

Zusammenfassung

Hintergrund

Die Anästhesiologie und Intensivmedizin gehört zu den ressourcenintensiven klinischen Disziplinen und trägt wesentlich zum ökologischen Fußabdruck des Gesundheitswesens bei. Trotz zunehmender wissenschaftlicher und berufspolitischer Aufmerksamkeit existieren bislang nur wenige Datenerhebungen zur Umsetzung nachhaltiger Maßnahmen in der deutschen Anästhesiologie. Das Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, inwieweit nachhaltiges Handeln in der klinischen Praxis der Anästhesiologie bereits Anwendung findet.

Methoden

Im Zeitraum März bis April 2025 wurde eine anonyme Online-Umfrage unter Mitgliedern der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und dem Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e.V. (BDA) durchgeführt. Alle systemseitig erfassten Fragebögen wurden unabhängig vom Vollständigkeitsgrad in die Auswertung eingeschlossen. Dabei konnten einzelne Fragen übersprungen werden. Von den ursprünglich 60 Frage-Items der Umfrage wurden 23 ausgewählt, um die Hypothese zu prüfen, dass nachhaltiges Handeln in der Anästhesiologie zunehmend Anwendung findet, jedoch noch nicht flächendeckend implementiert ist. Auch wurden strukturelle Barrieren

sowie unterstützende Ressourcen bei der Implementierung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen analysiert. Zusätzlich wurde die Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in zwei explorativen Stratifizierungsansätzen differenziert analysiert. Die Stratifizierung erfolgte dabei zum einen nach der Versorgungsstufe und zum anderen nach der ärztlichen Hierarchieebene.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 1239 Umfragebögen erfasst. Die Teilnehmenden zeigten ein hohes Umweltbewusstsein (79,8 % Zustimmung) und Verantwortungsgefühl (78,3 % Zustimmung), gaben jedoch einen unzureichenden Wissensstand an (39,7 % Zustimmung). Volatile Anästhetika werden mit einem Anteil von 87 % der Befragten weiterhin flächendeckend verwendet, wobei 78 % angaben, kein Desfluran einzusetzen. Von den Teilnehmenden berichteten 68,3 % das Fehlen eines „Green Teams“. Als Barrieren bei der Implementierung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen wurden fehlende finanzielle Mittel, Richtlinien durch den Einkauf und Hygieneauflagen identifiziert. Als unterstützende Faktoren benannten die Teilnehmenden institutionelle Unterstützung, Wissensvermittlung, interdisziplinäre Vernetzung sowie Investitionen in nachhaltige Technologien. Die Stratifizierung nach der Versorgungsstufe der Gesundheitseinrichtung zeigte, dass Energiesparmaßnahmen im ambulanten Bereich konsequenter

Kollaboratoren für den Lenkungsausschuss Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e.V. (BDA): S. Dubler³, L. Grüßer¹, A. Kowark¹, F. Lehmann⁵, S. Pecher⁶, C. Samwer⁷

- 1 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Bonn (Direktor: Prof. Dr. M. Coburn)
- 2 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, RKH-Kliniken Landkreis Karlsruhe (Chefarzt: Prof. Dr. M. Schuster)
- 3 Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Essen (Direktor: Prof. Dr. T. Brenner)
- 4 Medizinische Fakultät RWTH Aachen, Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum RWTH Aachen (Direktor: Prof. Dr. J. Larmann)
- 5 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Vivantes Klinikum Friedrichshain (Chefarzt: Prof. Dr. C. von Heymann)
- 6 Abteilung für Anästhesiologie, Diakonie-Klinikum Stuttgart (Chefarzt: Prof. Dr. R. Meierhenrich)
- 7 Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin (Direktorin: Prof. Dr. C. D. Spies)
- 8 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Köln (Direktorin: Prof. Dr. A. Steinbicker)

Schlüsselwörter

Ökologische Transformation – CO₂- Fußabdruck – Umfrage – Barrieren – Volatile Anästhetika – Nachhaltigkeitsmaßnahmen

Keywords

Ecological transformation – Carbon footprint – Survey – Barriers – Volatile anesthetics – Sustainability measures

umgesetzt werden als im stationären. Auch innerhalb der Hierarchieebene zeigten sich Unterschiede, wobei Weiterbildungsassistent:innen häufiger Maßnahmen zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks durchführten.

Schlussfolgerung

Unter den Umfrageteilnehmenden im Bereich der Anästhesiologie und Intensivmedizin besteht eine intrinsische Motivation im Hinblick auf Nachhaltigkeit. Volatile Anästhetika werden weiterhin regelhaft zur Aufrechterhaltung einer Allgemeinanästhesie eingesetzt. Der Gebrauch von Desfluran ist zwar gering, bleibt jedoch aus ökologischer Sicht relevant. Bei der Implementierung von Maßnahmen zeigen sich Unterschiede zwischen dem ambulanten und stationären Bereich. Dabei werden insbesondere strukturelle und organisatorische Barrieren als wesentliches Hindernis einer flächendeckenden Implementierung benannt.

Summary

Background

Anaesthesiology and intensive care medicine are among the most resource-intensive clinical disciplines and contribute significantly to the healthcare sector's ecological footprint. Despite growing scientific and professional interest, to date, there have been only a few data surveys on the implementation of sustainable measures in German anaesthesiology. The aim of this study was to investigate the extent to which sustainable procedures are already being applied in clinical anaesthesiological practice.

Methods

An anonymous online survey was conducted between March and April 2025 among members of the German Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (DGAI) and the Professional Association of German Anaesthetists (BDA). All questionnaires recorded by the system were included in the analysis, regardless of their degree of completeness. Respondents were allowed to skip individual questions. Of the survey's original 60 questions, 23 were selected to test the hypothesis that sustainable practices are increasingly being adopted

in anaesthesiology but have not yet been implemented across the board. Structural barriers and supportive resources for the implementation of sustainability measures were also analysed. In addition, the implementation of sustainability measures was analysed in detail using two exploratory stratification approaches. Stratification proceeded, on the one hand, according to the level of care and, on the other hand, according to the physician's hierarchical status.

Results

A total of 1,239 questionnaires were analysed. Participants demonstrated a high level of environmental awareness (79.8 % agreement) and a sense of responsibility (78.3 % agreement) but reported that they had an insufficient level of knowledge (39.7 % agreement). Volatile anaesthetics continue to be used across the board by 87 % of respondents, with 78 % stating that they do not use desflurane. Of the participants, 68.3 % reported the absence of a 'green team'. A lack of financial resources, procurement guidelines and hygiene regulations were identified as barriers to the implementation of sustainability measures. The participants expressed a desire for institutional support, knowledge transfer, interdisciplinary networking and investment in sustainable technologies. Stratification according to the level of care provided by the healthcare facility showed that energy-saving measures are implemented more consistently in the outpatient sector than in the inpatient sector. Differences were also evident on hierarchical levels, with junior doctors more frequently implementing measures to reduce the ecological footprint.

Conclusion

There is an intrinsic motivation regarding sustainability among survey participants in the field of anaesthesiology and intensive care medicine. Volatile anaesthetics continue to be used routinely to maintain general anaesthesia. Although the use of desflurane is low, this proportion remains relevant from an environmental perspective. Structural and organisational barriers are identified as significant obstacles to widespread

implementation. In this regard, there are some differences discernible between the outpatient and inpatient sectors.

Wissenschaftlicher Hintergrund

Als ressourcenintensive Fachdisziplinen tragen die Anästhesiologie und Intensivmedizin in besonderem Maße zu den etwa 4,4 % der globalen Emissionen des Gesundheitssektors bei [1]. Mitverantwortlich für den hohen ökologischen Fußabdruck ist der Einsatz von volatilen Anästhetika (VA) mit teils hohem Treibhausgaspotenzial (GWP) und die Nutzung energieintensiver Raumluftechnik (RLT) sowie medizinischer Geräte [2,3]. Zudem zeigt sich die Nutzung von Einwegmaterialien als ökologisch relevant, die primär aus hygienischen Anforderungen resultiert, zugleich logistische und ökonomische Vorteile bietet [4–6]. Damit rückt die Notwendigkeit einer nachhaltigen Transformation auch in der Anästhesiologie und Intensivmedizin zunehmend in den Fokus.

Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) und der Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e. V. (BDA) haben in der aktualisierten Fassung des gemeinsamen Positionspapiers die Verantwortung des eigenen Fachgebiets für Klima- und Ressourcenschutz nochmals gestärkt und praxisorientierte Empfehlungen formuliert [7,8]. Diese umfassen insbesondere die Reduktion klimaschädlicher VA, den verstärkten Einsatz von Mehrweg- und Recyclingstrategien sowie die Implementierung nachhaltiger Versorgungsprozesse im klinischen Alltag. Auch auf europäischer Ebene hat die European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC) mit ihrer aktuellen Empfehlung die Bedeutung einer ökologisch und sozial nachhaltigen Transformation der Anästhesiepraxis betont [9]. Die auch auf globaler berufspolitischer Ebene formulierten Empfehlungen unterstreichen die Notwendigkeit, ökologische Verantwortung systematisch in klinische Entscheidungsprozesse und institutionelle Strategien zu integrieren [10].

Es konnte bereits gezeigt werden, dass Maßnahmen wie ein restriktiver Ein-

satz von Desfluran, die Nutzung von niedrigen Frischgasflüssen (FGF), die Bevorzugung einer totalen intravenösen Anästhesie (TIVA) bzw. Regionalanästhesie oder der Kauf von wiederverwendbaren Materialien neben ökologischen auch ökonomische Vorteile bieten [11–13]. Flächendeckende Daten zur Umsetzungsquote von Nachhaltigkeitsmaßnahmen fehlen jedoch bislang weitgehend. Entsprechend gewinnen empirische Daten zur klinischen Praxis zunehmend an Bedeutung, um die Implementierungseffektivität und die Adoptionsrate von Nachhaltigkeitsmaßnahmen quantifizieren zu können.

Für Deutschland liegen lediglich Daten zum Einsatz von VA sowie zum Wissensstand über deren Treibhausgaspotenzial vor. Zudem fehlen Basisdaten über den Implementierungsstand von Nachhaltigkeitsmaßnahmen im klinischen Alltag sowie zu bestehenden Barrieren und unterstützenden Ressourcen [14].

Vor diesem Hintergrund basiert die Umfrage auf der Hypothese, dass nachhaltiges Handeln in der Anästhesiologie und Intensivmedizin zunehmend Anwendung findet, jedoch noch nicht flächendeckend implementiert ist. Ziel war es, die bestehende Diskrepanz zwischen motivationalem sowie technischem Potenzial und der tatsächlichen Umsetzung nachhaltiger Praktiken zu erfassen und Umsetzungsbarrieren zu identifizieren. Dabei wurden strukturelle Faktoren wie die Versorgungsstufe der Gesundheitseinrichtung und die ärztliche Hierarchieebene berücksichtigt. Die Ergebnisse sollen langfristig zur Förderung eines strukturierten, wissenschaftlich fundierten Nachhaltigkeitsmanagements beitragen.

Methoden

Die Erhebung des Implementierungsstatus von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der Anästhesiologie und Intensivmedizin erfolgte mittels einer anonymisierten Online-Befragung. Die vom Lenkungsausschuss des „Forums Nachhaltigkeit“ initiierte Umfrage richtete sich an die Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) und des Berufsverbands

Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e. V. (BDA). Der Befragungszeitraum erstreckte sich von März bis April 2025. Die Teilnahme an der Umfrage war über einen allgemeingültigen, nicht personalisierten Weblink möglich, der über den Verteiler der Berufsverbände mit der Option zur Weiterleitung verbreitet wurde. Eine Erinnerungsmail wurde nicht versendet. Zur technischen Durchführung wurde die Software SurveyMonkey verwendet (SurveyMonkey Europe UC, Irland).

Die Konzeption des Fragebogens erfolgte durch eine Expertengruppe aus Mitgliedern der Lenkungsgruppe des „Forums Nachhaltigkeit“ sowie Mitgliedern der Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit des Universitätsklinikums Bonn. Die Umfrage bestand aus 60 Fragen, welche in Supplement D gelistet sind. Die Antwortoptionen umfassten Freitexteingaben, Single-Choice-Fragen und Multiple-Choice-Fragen. Die Antwortoptionen waren nominal und ordinal skaliert.

Das Umfragedesign erlaubte das Überspringen einzelner Fragen, weswegen für den Abschluss des Fragebogens nicht alle Frage-Items beantwortet werden mussten. Dementsprechend wurden alle durch das Umfragetool erfassten Fragebögen unabhängig vom Vollständigkeitsgrad analysiert. Die Analyse der Fragen erfolgte fragenbezogen auf Basis der jeweiligen Gesamtzahl an Antworten. Für die Überprüfung der primären Hypothese wurden gezielt 23 Fragen ausgewählt (Demographie (Q1, Q4, Q6–Q8), persönliche und berufliche Verantwortung (Q11), Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen mit den Schwerpunkten (a) Allgemeinanästhesie (Q12–Q20), (b) Abfallmanagement von medizinischen Materialien (Q34, Q38) und (c) Primärenergie (Q41), strukturelle Barrieren (Q50, Q51, Q56), Ressourcen (Q58, Q60)). Die verbleibenden Fragen dienten einer erweiterten Evaluation der ökologischen Transformation und wurden hier zugunsten der Übersichtlichkeit exkludiert.

Primär wurde eine deskriptive Auswertung der Umfrage durchgeführt. Zuerst wurden die demographischen Daten sowie wesentliche Determinanten für eine ökologische Transformation be-

trachtet. Der zweite Schritt fokussierte auf die Umsetzung zentraler Nachhaltigkeitsmaßnahmen und Barrieren der Transformation. Zuletzt wurden die Teilnehmenden explorativ nach Versorgungsstufe des Arbeitsplatzes sowie nach ärztlicher Hierarchieebene stratifiziert, und die Umsetzungsquoten ausgewählter Nachhaltigkeitspraktiken wurden gruppenspezifisch ausgewertet. Hinsichtlich der Versorgungsstufe wurde zwischen stationärem und ambulantem Setting unterschieden. Der stationäre Sektor wurde weiter in Universitätsklinikum (UK), Maximalversorger (MV), Regel-/Schwerpunktversorger (RSV) und Grundversorger (GV) unterteilt. Im ambulanten Bereich erfolgte aufgrund der Heterogenität der Arbeitsplätze keine weitere Differenzierung. Die Antwortoptionen „Vermittlung über eine Zeitarbeitsfirma“ (VAZ) und „freiberufliche Tätigkeit“ (FT) wurden ebenfalls dem ambulanten Sektor zugeordnet. Bei der ärztlichen Hierarchieebene wurde zwischen Chefarzt:in (CA), Oberarzt:in (OA), Facharzt:in (FA) und Weiterbildungsassistent:in (WA) differenziert. Bei der Antwortoption Oberarzt:in handelt es sich um eine zusammengesetzte Kategorie bestehend aus den Antwortoptionen Leitende:r Oberarzt:in, Oberarzt:in und Funktionsoberarzt:in. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit Prism Version 10 (GraphPad Software, USA).

Nach Begutachtung durch die Ethikkommission des Universitätsklinikums Bonn handelt es sich bei dieser Umfrage um ein Forschungsvorhaben, für das eine Beratung gemäß § 15 der Berufsordnung für die nordrheinischen Ärztinnen und Ärzte nicht erforderlich ist (Aktenzeichen: 2026-327-BO).

Ergebnisse

Demografische Daten

Der allgemeingültige Weblink zur Umfrage wurde an insgesamt 21.339 Anästhesist:innen über die digitalen Verteiler der Fachgesellschaften versendet. Während des zweimonatigen Befragungszeitraums wurden 1239 Fragebögen erfasst, wodurch sich eine Rücklaufquote von

5,8 % ergibt. Die Stichprobe umfasst die Aussagen von Anästhesist:innen aller Versorgungsstufen und Tätigkeitsbereiche in Deutschland. Von den Teilnehmenden gaben 80 % den operativen Bereich als primären Einsatzort an (Q7, Tab. 1). Die Mehrzahl der Befragten war an stationären Versorgungseinrichtungen beschäftigt, insbesondere an Regel-/Schwerpunktversorgern (RSV), Universitätsklinik (UK) und Maximalversorgern (MV) (Q4, Tab. 1). Dabei verfügte die Mehrheit über langjährige klinische Erfahrung und war überwiegend als Oberarzt:in (OA) oder Facharzt:in (FA) tätig (Q8, Tab. 1).

Anästhesist:innen zeigen ein hohes Umweltbewusstsein und Verantwortungsgefühl bei gleichzeitig unzureichendem Wissensstand zur ökologischen Transformation

Das ökologische Verantwortungsgefühl der Teilnehmenden wurde hinsichtlich der drei Dimensionen Umweltbewusstsein, subjektives Verantwortungsgefühl sowie persönlicher Wissensstand untersucht. 79,8 % der Befragten gaben an, ein starkes bis sehr starkes Bewusstsein für die ökologischen Auswirkungen ihrer Tätigkeit zu besitzen (Abb. 1A). Zudem fühlten sich 78,3 % der Teilnehmenden in einem hohen Maß verantwortlich, dass Nachhaltigkeitsmaßnahmen umgesetzt werden (Abb. 1B). Gleichzeitig empfanden 39,7 % ihren Wissensstand als unzureichend (Abb. 1C).

Volatile Anästhetika werden bei Allgemeinanästhesien bevorzugt eingesetzt, wobei sich der Einsatz von Desfluran und Lachgas auf bestimmte Anwendungsszenarien beschränkt

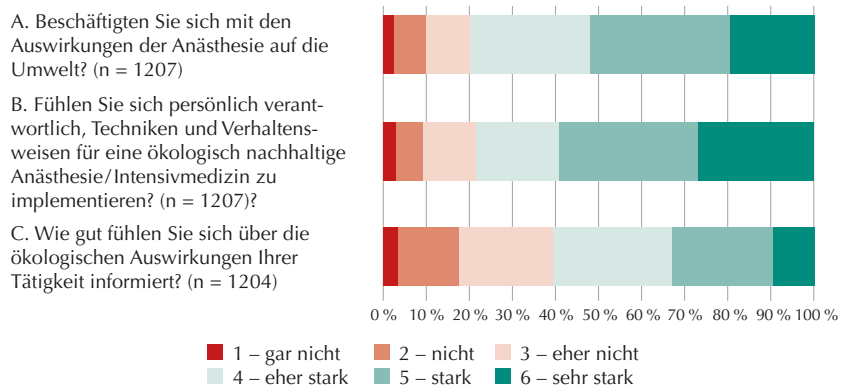
In der Umfrage gaben 87 % der Befragten an, dass in ihrer Fachabteilung VA weiterhin zur Aufrechterhaltung einer Allgemeinanästhesie eingesetzt werden (Q12, Anhang A). Dabei wird Sevofluran mit einem Anteil von 80,3 % bevorzugt als standardmäßiges VA eingesetzt. Desfluran wird von 77,4 %,

Tabelle 1

Zusammenfassung der wichtigsten demographischen Daten in tabellarischer Form. Dargestellt sind die demographischen Charakteristika Geschlecht (Q1), Alter (Q2), Versorgungsstufe (Q4), Tätigkeitsbereich (Q7) und ärztliche Hierarchieebene (Q8). Bei der Versorgungsstufe handelt es sich bei „Ambulanter Sektor“ um eine zusammengesetzte Antwortoption. Gleiches gilt für die Antwortoptionen „Oberarzt:in“ bei Frage Q8 sowie bei „Weitere Bereiche“ bei Frage Q7.

Frage	Antwortoption	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Q1. Geschlecht (n = 1230)	weiblich	485 (39 %)
	männlich	742 (61 %)
	divers	3 (< 1 %)
Q2. Alter [Jahre] (n = 1232)	20–29	28 (2 %)
	30–39	255 (21 %)
	40–49	352 (29 %)
	50–59	342 (28 %)
	60–69	246 (20 %)
	≥ 70 Jahre	9 (< 1 %)
Q4. Versorgungsstufe (n = 1230)	Universitätsklinik (UK)	233 (19 %)
	Maximalversorger (MV)	182 (15 %)
	Regel-/Schwerpunktversorger (RSV)	430 (35 %)
	Grundversorger (GV)	176 (14 %)
	Ambulanter Sektor	209 (17 %)
Q7. Tätigkeitsbereich (n = 1230)	OP-Bereich	984 (80 %)
	Intensivstation	154 (13 %)
	Weitere Bereiche	85 (7 %)
Q8. Ärztliche Hierarchieebene (n = 1180)	Chefarzt:in (CA)	165 (14 %)
	Oberarzt:in (OA)	505 (43 %)
	Facharzt:in (FA)	371 (31 %)
	Weiterbildungsassistent:in (WA)	139 (12 %)

Abbildung 1



Zustimmungsgrad zu Aussagen zur ökologischen Transformation, gegliedert in die drei Determinanten Umweltbewusstsein (A), subjektives Verantwortungsgefühl (B) sowie persönlicher Wissensstand (C) (Q11).

und Isofluran von 79,1 % der Befragten nicht mehr verwendet. Halothan besitzt keinen Stellenwert. Es wird von 99,9 % der Befragten nicht eingesetzt (Q13, Abb. 2).

Nachfolgend wurde das Nutzungsverhalten von Desfluran und Lachgas analysiert. Von den Teilnehmenden gaben 9,6 % bestimmte operative Eingriffe als klinisches Einsatzszenario an. Als Beispiel wurden die bariatrische Chirurgie, EXIT-Prozeduren (engl. „ex-utero intra-partum treatment“) und die Verkürzung der Überleitungszeit genannt. Hiernach folgte die Anwendung bei Patient:innen mit Adipositas (8,4 %) und die vorherige Freigabe durch fachärztliches Personal (5,2 %). Wenngleich in den überwiegenden Fällen die Nutzung von Desfluran nach bestimmten Kriterien erfolgte, setz-

ten weiterhin 5 % der Teilnehmenden dieses VA ohne dezidierte Vorgabe ein (Q14, Abb. 3).

Die Nutzung von Lachgas erfolgte mit einem Anteil von 20,9 % am häufigsten zur Analgesie im Kreißsaal. Die routinemäßige Nutzung im operativen Bereich als Ergänzung zu VA wurde mit 3,9 % von einem geringeren Anteil angegeben. Ebenso die Anwendung zur Analgesie in der Notaufnahme (2,7 %) und zur zahnärztlichen Sedierung (1,9 %) (Q15, Anhang A).

Des Weiteren wurden die klinischen Anwendungsbereiche einer TIVA als Alternative zu den VA untersucht. Die am häufigsten genannten klinischen Szenarien waren ein erhöhtes PONV-Risiko (81 %) und der Schutz schwangerer Mitarbeitender im OP (63 %). Mit einem

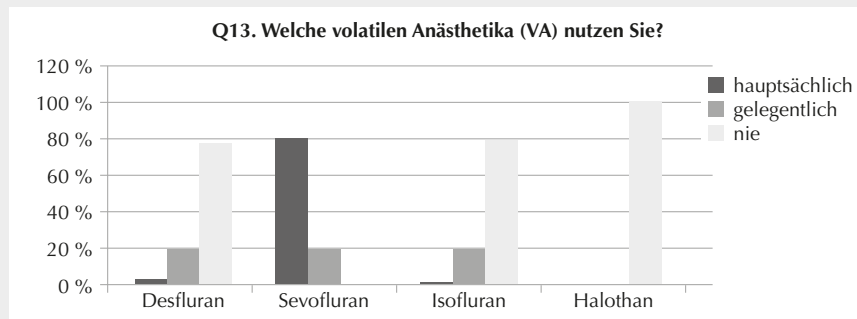
geringeren, jedoch weiterhin relevanten Anteil gaben die Teilnehmenden eine TIVA als Standardverfahren für die Allgemeinanästhesie bei ambulanten Eingriffen (32,2 %) und als abteilungsinternen Standard für Allgemeinanästhesien (22,1 %) an (Q16, Anhang A).

Umsetzung von Möglichkeiten zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks einer Allgemeinanästhesie

Während der Aufrechterhaltungsphase verwendet mit 84,7 % eine Mehrheit der Teilnehmenden einen FGF $\leq 0,5$ l/min (Q18, Tab. 2). Während der Einleitungsphase wurde hingegen mit 26 % nur von einer Minderheit der Teilnehmenden ein Frischgasfluss (FGF) $\leq 0,5$ l/min angewendet. Die meisten Teilnehmenden verwendeten diese Flussraten uneingeschränkt bei allen Patient:innen. Die zweitgrößte Gruppe verwendete diese niedrigen FGF nur bei VA, der kleinste Anteil ausschließlich bei TIVA (Q17, Anhang A).

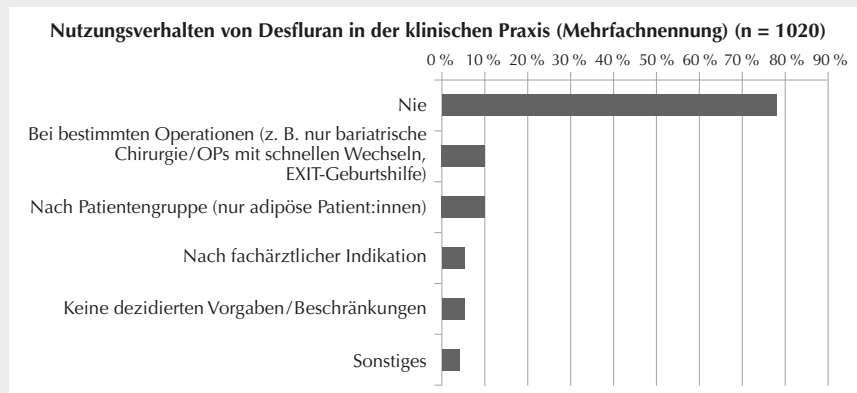
Als weitere Maßnahme wurde der Einsatz von Filtersystemen zum Recycling von VA untersucht. Mit 67,8 % setzte eine Mehrheit der Befragten bisher keine Filtersysteme für VA ein. Hingegen verwendeten 10,9 % der Befragten diese Systeme an allen klinischen Arbeitsplätzen (Q19, Anhang A).

Abbildung 2



Nutzungsfrequenz volatiler Anästhetika in der anästhesiologischen Praxis (Q13). Dargestellt ist die Anwendungsfrequenz von Desfluran, Sevofluran, Isofluran und Halothan in drei Abstufungen. Die Abstufung unterteilt sich in „hauptsächlich“, „gelegentlich“ und „nie“.

Abbildung 3



Analyse des Nutzungsverhaltens von Desfluran in der klinischen Praxis (Q14). Dargestellt ist der Anteil der Teilnehmenden, die das Anästhetikum in den jeweiligen Einsatzszenarien nutzen.

Tabelle 2

Verwendung von niedrigen FGF von $\leq 0,5$ l/min während der Aufrechterhaltungsphase einer Allgemeinanästhesie (Q18) im Vergleich verschiedener klinischer Settings.

Q18. Einsatz eines FGF $\leq 0,5$ l/min während der Aufrechterhaltungsphase? (Mehrfachnennung) (n = 1017)	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja, bei allen Narkosen stabiler Patient:innen	652 (64,1 %)
Ja, bei allen Narkosen mit VA	359 (35,3 %)
Ja, bei allen Narkosen mit TIVA	194 (19,1 %)
nein	156 (15,3 %)

FGF: Frischgasfluss; VA: volatile Anästhetika; TIVA: total intravenöse Anästhesie.

Analyse des Entsorgungsprozesses von Medikamenten

Medikamente wurden von 82,7 % der Befragten über den Restmüll entsorgt. Die Entsorgung mittels spezieller Sicherheitsbehälter, die speziell für die Entsorgung von Medikamenten konzipiert worden sind, wurde von 22,4 % der Teilnehmenden als Standardverfahren angegeben. Die nicht fachgerechte Entsorgung über den Ausguss gaben 4 % an (Q20, Anhang A).

Maßnahmen zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs

Zunächst wurde der Umgang mit elektrischen Geräten hinsichtlich des Gerätezustands außerhalb der Regelarbeitszeiten untersucht. Mit 48,7 % ließen nahezu die Hälfte der Teilnehmenden die anästhesiologischen Gerätschaften dauerhaft aus, jedoch waren diese weiterhin an der zentralen Stromversorgung angeschlossen. Bei 19,7 % der Teilnehmenden werden Geräte in den Stand-by-Modus versetzt (Q34, Anhang A).

Als weitere Maßnahme wurde der Umgang mit dem Atemgasfortleitungssystem (AGFS) untersucht. Hierbei wurde von 60 % der Befragten das AGFS außerhalb der Regelarbeitszeit dekonnektiert (Q38, Anhang A). Die Stratifizierung nach der Versorgungsstufe zeigte, dass der ambulante Bereich im Vergleich zum stationären Sektor die energiebezogenen Maßnahmen häufiger umsetzte. Inner-

halb des stationären Bereichs zeigte sich, dass höhere Versorgungsstufen hier weniger konsequent agieren (Q34 und Q38, Anhang B).

Bezogen auf die RLT konnten 56,8 % der Befragten keine genaueren Angaben über die Verwendung einer Nachtabenkung geben. Hingegen gaben 30,8 % an, dass eine Nachtabenkung der Raumlufttechnik im operativen Bereich verwendet wird (Q41, Tab. 3).

Ärztliche Hierarchieebene als Variable bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen

Bei der Stratifizierung der Verwendung von Desfluran nach der ärztlichen Hierarchieebene ergab sich kein Unterschied zwischen den Gruppen. Es zeigte sich, dass Desfluran mehrheitlich nicht mehr eingesetzt wird (CA 83,7 %, OA 76,5 %, FA 82,3 %, WA 83,3 %). Eine Stratifizierung des gewählten FGF nach der ärztlichen Hierarchieebene zeigte hingegen Unterschiede. In der Gruppe der CA gaben 16,9 % der Teilnehmenden an, dass ein FGF von $>0,5$ l/min während der Aufrechterhaltung einer Allgemeinanästhesie verwendet wird. Unwesentlich niedrigere Anteile ergaben sich bei den OA (15 %) und FA (15,9 %). Der niedrigste Anteil mit 11 % konnte in der Gruppe der WA gemessen werden. Gleichwohl war bei dieser Gruppe der Anteil, welcher einen FGF $\leq 0,5$ l/min bei allen Allgemeinanästhesien von kardiopulmonal stabilen Patient:innen

einsetzt, höher als bei den anderen Hierarchieebenen (Q18, Tab. 4).

Strukturelle Rahmenbedingungen und institutionelle Barrieren

Die Umfrageergebnisse zeigen, dass bei 68,3 % der Teilnehmenden innerhalb der eigenen Fachabteilung kein Green Team als organisatorische Rahmenstruktur existiert (Q50, Anhang A). Ebenso gibt es bei 61,9 % der Teilnehmenden kein interdisziplinäres Forum unter Leitung eines ausgebildeten Klimamanagements innerhalb des Klinikums (Q51, Anhang A).

Für die Analyse der Relevanz einzelner Barrieren bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen wurde der Anteil der Teilnehmenden, die eine hohe Zustimmung äußerten, betrachtet. Diese definiert sich als Summe der Antwortoptionen „stark“ und „sehr stark“. Mit einem Anteil von 64,7 % gaben die Teilnehmenden am häufigsten eine unzureichende Finanzierung als Barriere an. Als weitere häufige Barrieren wurden restriktive Vorgaben durch Einkauf und Geschäftsführung (58,5 %), eine unzureichende Unterstützung durch die Verwaltung (51,3 %) sowie Hygieneauflagen (51,1 %) genannt. Damit gaben die Teilnehmenden strukturelle Barrieren als häufigstes Hindernis an. Im Gegensatz dazu entfiel auf individuelle Faktoren wie Unkenntnis der Mitarbeitenden oder Desinteresse mit 48 % bzw. 37,2 % ein geringerer Anteil (Q56, Anhang A).

Tabelle 3

Implementierungsgrad einer Nachtabenkung bei der Raumlufttechnik, differenziert nach Art der technischen Steuerung.

Q41. Nutzung einer Nachtabenkung bei der Raumlufttechnik (RLT)? (Mehrfachnennung) (n = 1140)	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja, automatisch nach Zeitplan	242 (21,2 %)
Ja, manuell einzustellen	48 (4,2 %)
Die RLT ist nachts komplett ausgeschaltet	61 (5,2 %)
Nein	141 (12,4 %)
Unbekannt	648 (56,8 %)

Tabelle 4

Stratifizierung der Nutzung eines Frischgasflusses $\leq 0,5$ l/min in verschiedenen klinischen Settings nach der ärztlichen Hierarchieebene. Bei der ärztlichen Hierarchieebene wurde zwischen Chefarzt:in, Oberarzt:in, Facharzt:in und Weiterbildungsassistent:in unterschieden.

Q18. Einsatz eines FGF $\leq 0,5$ l/min während der Aufrechterhaltungsphase? (Mehrfachnennung)	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)			
	Chefarzt:in (n = 132)	Oberarzt:in (n = 452)	Facharzt:in (n = 289)	Weiterbildungsassistent:in (n = 123)
Ja, bei allen Narkosen stabiler Patient:innen	77 (58,3 %)	289 (63,9 %)	179 (61,9 %)	89 (72,4 %)
Ja, bei allen Narkosen mit VA	45 (34,1 %)	158 (35 %)	105 (36,3 %)	48 (39 %)
Ja, bei allen Narkosen mit TIVA	27 (20,5 %)	80 (17,7 %)	58 (20 %)	25 (20,3 %)
Nein	26 (16,9 %)	68 (15 %)	46 (15,9 %)	14 (11,4 %)

FGF: Frischgasfluss; VA: volatile Anästhetika; TIVA: total intravenöse Anästhesie.

Unterstützungs- und Motivationsfaktoren für nachhaltiges Handeln

Die Relevanz unterstützender Maßnahmen für die Transformation hin zu einer nachhaltigen klinischen Praxis wurde anhand der kumulierten Antworten „stark“ und „sehr stark“ ermittelt. Die Unterstützung durch die Industrie (78,4 %) wurde von den Teilnehmenden am häufigsten genannt. Gefolgt wurde dieser Faktor vom Austausch mit anderen Einrichtungen (69,2 %) sowie einer professionellen Analyse und Beratung zu Arbeitsabläufen und Ressourcenverbrauch (67,9 %). Auch die Einbindung in Entscheidungsprozesse und der Zugang zu expertenbasierter Nachhaltigkeitsberatung vor Ort fanden mit 66 % bzw. 68 % breite Zustimmung (Q58, Anhang A). Hinsichtlich motivierender Faktoren nannten die Teilnehmenden vor allem die Etablierung einer gelebten Nachhaltigkeitskultur als stärksten Antrieb (77,5 %), gefolgt von messbaren Nachhaltigkeitszielen (75,2 %) und Anerkennungsmechanismen (64,7 %). Eine deutlich geringere Relevanz räumten die Teilnehmenden der Einführung eines Zertifikats für nachhaltiges Arbeiten ein (39 %) (Q60, Anhang A).

Diskussion

Die Ergebnisse der Umfrage weisen auf eine Diskrepanz zwischen der hohen intrinsischen Motivation der Teilnehmenden und einem zugleich als unzureichend eingeschätzten Wissensstand hin. Auf individueller Ebene werden bereits Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der klinischen Praxis umgesetzt. Dies erfolgt jedoch heterogen und nicht flächendeckend.

Als multidimensionaler Prozess findet die ökologische Transformation nicht allein auf der Ebene der Mitarbeitenden statt. Vielmehr wurden institutionelle und strukturelle Barrieren identifiziert, die eine systematische Implementierung erschweren. Gezielte Strategien der Gesundheitseinrichtungen sowie klar definierte Unterstützungsmaßnahmen könnten hier als förderliche Ressourcen wirken und werden von den Teilnehmenden genannt.

Die in der Stratifizierung nach ärztlicher Hierarchieebene und Versorgungsstufe beobachteten Unterschiede unterstreichen, dass variierende Rahmenbedingungen und Prioritätensetzungen den Transformationsprozess zusätzlich beeinflussen könnten. Die zentralen Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengefasst.

Umsetzungslücken in der klinischen Praxis trotz hoher Motivation

Ein restriktiver Einsatz von Desfluran und Lachgas gilt aufgrund ihres hohen GWP als eine wirkungsvolle Möglichkeit zur Einsparung von Treibhausgasemissionen. So empfehlen auch die Fachgesellschaften DGAI und BDA den Verzicht [8,15]. Auch wenn Lachgas und Desfluran nur noch von einem niedrigen Anteil der Teilnehmenden eingesetzt werden, ist dieser Anteil jedoch aus ökologischer Sicht weiterhin von hoher Relevanz. Der klinische Gebrauch wird dabei vor allem nach klinischen Kriterien entschieden, wobei die Anwendung vornehmlich auf definierte Anwendungsszenarien beschränkt ist. Während Desfluran bei speziellen operativen Verfahren sowie aus patientenorientierten Überlegungen verwendet wird, kommt Lachgas überwiegend in der geburtsstillischen Analgesie zum Einsatz. Auch im internationalen Vergleich sind ökologische Aspekte bislang nur selten primär handlungsleitend [16]. In der Vergangenheit erwiesen sich

unterschiedliche Interventionsstrategien als erfolgreich, um den Gebrauch von Desfluran langfristig zu reduzieren. Ein Ansatz sind „nudges“ (deutsch: Stupser), die ursprünglich aus der Verhaltensökonomie stammen. Dabei wird durch gezielte Veränderungen der Entscheidungsumgebung die Wahl einer gewünschten Option begünstigt, ohne die Wahlfreiheit einzuschränken. Im Bereich der Ökologie werden diese subtilen Stupser, die zu umweltfreundlichem Verhalten bewegen sollen, als „Green Nudges“ bezeichnet. In der klinischen Praxis eines Maximalversorgers konnte durch die Implementierung gezielter Nudges der Verbrauch von Desfluran nicht nur relevant herabgesenkt werden, sondern es konnte ein vollständiger Stopp des Gebrauchs erzielt werden [17].

Verfahren wie die TIVA und reduzierte FGF, insbesondere im Bereich des Minimal-Flow (FGF $\leq 0,5$ l/min), werden in der Literatur ebenfalls als zentrale Strategien zur Verringerung des CO₂-Fußabdrucks einer Allgemeinanästhesie hervorgehoben [8,18]. Die Umfrageergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass diese evidenzbasierten Strategien in der klinischen Routine bislang nicht konsequent ausgeschöpft werden. Vor dem Hintergrund der hohen intrinsischen Motivation der Teilnehmenden bei gleichzeitig unzureichendem Wissen über die ökologischen Auswirkungen der anästhesiologischen Tätigkeit erscheint

Tabelle 5

Kernbefunde der bundesweiten Umfrage zum Status quo nachhaltiger Praktiken in der deutschen Anästhesiologie und Intensivmedizin. Dargestellt sind die fünf zentralen Aussagen, die den aktuellen Stand, bestehende Umsetzungsdefizite sowie zentrale Ansatzpunkte für Verbesserungen zusammenfassen.

Kategorien	Zentrale Aussage
Umweltbewusstsein und Verantwortungsgefühl	Motivation für Nachhaltigkeit innerhalb des ärztlichen Personals ausgeprägt
Inhalative Anästhetika	Sevofluran wird in der klinischen Praxis mehrheitlich bevorzugt eingesetzt, dennoch werden Desfluran und Lachgas weiterhin für definierte klinische Anwendungen genutzt
Strategien zur Emissionsreduktion einer Allgemeinanästhesie	Das Einsparpotenzial wird bisher nicht vollumfänglich ausgeschöpft
Maßnahmen zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs	Neben einem unzureichenden Kenntnisstand beim ärztlichen Personal bestehen auch Defizite bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen, insbesondere in stationären Einrichtungen
Barrieren für die Implementierung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen	Die Teilnehmenden nannten vorrangig eine fehlende institutionelle Verankerung und strukturelle Defizite

die Implementierung strukturierter Fortbildungsprogramme als niedrigschwellige Intervention, um ökologische Entscheidungskriterien in die klinische Tätigkeit zu integrieren. Obgleich nicht expliziter Bestandteil der Umfrage, stellt die verstärkte Anwendung von Regionalanästhesieverfahren, auch als kombiniertes Verfahren mit einer Allgemeinanästhesie, einen weiteren Ansatz dar. Life-Cycle-Assessments (LCA) zeigen, dass Regionalanästhesieverfahren im Vergleich zu VA mit einer Emissionsreduktion von CO₂-Äquivalente assoziiert sein können [19]. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der ökologische Fußabdruck von externen Faktoren wie dem Strommix sowie dem Produktionsort der Materialien beeinflusst wird und daher standortspezifisch bewertet werden muss.

Institutionelle und organisatorische Defizite als Barrieren

Internationale Studien identifizieren Informationsdefizite und mangelndes strategisches Management als Barrieren für eine erfolgreiche ökologische Transformation [16,18]. Besonders relevant erscheint unter den Teilnehmenden ein Transparenzmangel zu Kennzahlen des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen. Zudem besteht eine nennenswerte Wissenslücke hinsichtlich der klinikinternen Umsetzung von Strategien zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs elektrischer Komponente außerhalb der Regelarbeitszeiten. Von besonderer Relevanz ist hierbei die Nachtabsenkung der RLT, die durch eine Reduktion der Umwälzleistung während der Nachtstunden relevante Einsparungen ermöglicht. Wenngleich das Potenzial im Vergleich zur RLT geringer ausfällt, stellt die Trennung der Beatmungsgeräte vom Anästhesiegasfortleitungssystem (AGFS) außerhalb der Regelarbeitszeit eine niederschwellige Maßnahme dar. Trotzdem findet diese pragmatische Maßnahme unter den Teilnehmenden bisher keine flächendeckende Anwendung.

Die DGIIN-S1-Leitlinie „Nachhaltigkeit in der Intensiv- und Notfallmedizin“ betont, dass Monitoring, strukturierte Prozessanalyse und standardisierte Da-

tenerfassung Grundvoraussetzungen für effektive Emissionsreduktion sind [20]. Die Umfrage identifizierte insbesondere strukturelle Rahmenbedingungen als Barriere. Zu den am häufigsten genannten strukturellen Barrieren zählten fehlende Green Teams, rigide Reglementierung durch den Einkauf oder die Geschäftsführung, fehlende Unterstützung durch Verwaltungen sowie Hygienevorschriften. Als unterstützende Ressource wurden insbesondere professionelle Begleitung bei der Analyse bestehender Strukturen, expertengestützte Nachhaltigkeitsberatung vor Ort und die Vernetzung mit anderen Einrichtungen genannt. Entsprechend zeigen Studien, dass Transformationsprozesse insbesondere dann erfolgreich verlaufen, wenn diese professionell begleitet werden [21,22]. Hierbei sollten alle Berufsgruppen systematisch eingebunden werden [23]. Darüber hinaus wurde von den Teilnehmenden das Etablieren einer Arbeitskultur, in der nachhaltiges Handeln anerkannt und gefördert wird, als weiterer relevanter Einflussfaktor hervorgehoben.

Neben interner Unterstützung fordern die Teilnehmenden als zentralen Befund eine Mitverantwortung seitens der Industrie. LCA unterstreichen angesichts der hohen CO₂-Emissionen durch Herstellung und Entsorgung die Notwendigkeit, dass seitens der Industrie nachhaltige Produktdesigns, wiederverwendbare Systeme und ressourceneffiziente Materialien eingeführt werden [16,18].

Ärztlichen Hierarchieebene und Versorgungsstufen als Variable für die Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen

Die stratifizierte Auswertung zeigt deutliche Unterschiede im Implementierungsgrad nachhaltiger Maßnahmen zwischen den Versorgungsstufen. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass Einrichtungen der Maximalversorgung pragmatische Maßnahmen wie die konsequente Abschaltung von medizinischen Geräten, die Trennung der AGFS oder die Absenkung der RLT außerhalb der Regelarbeitszeiten seltener umsetzen als ambulante oder stationäre Einrichtungen niedriger Versorgungsstufen. Obwohl

operative Bereiche für die Notfallversorgung in dieser Umfrage explizit nicht berücksichtigt wurden, könnten die erhöhten Anforderungen an die ständige Betriebsbereitschaft in Einrichtungen höherer Versorgungsstufen die geringere Umsetzungsrate teilweise erklären. Darüber hinaus dürften die erhöhte infrastrukturelle Komplexität sowie eine systemimmanente administrative Trägheit in größeren Kliniken die Implementierung niedrigschwelliger Maßnahmen zusätzlich erschweren.

Gleichzeitig sind viele Nachhaltigkeitsmaßnahmen mit ökonomischen Einsparpotenzialen verbunden. Vor diesem Hintergrund könnten ambulante Praxen und kleinere Häuser aufgrund eines geringeren finanziellen Handlungsspielraums ein stärker ausgeprägtes intrinsisches Interesse an der Umsetzung entsprechender Maßnahmen besitzen.

Demgegenüber verfügen Häuser der Maximalversorgung über strukturierte Qualitäts- und Energiemanagementsysteme und klinikinterne Arbeitsgruppen im Bereich der Nachhaltigkeit, was langfristig eine ökologische Transformation begünstigen kann. Die vergleichsweise geringe Verbreitung von „Green Teams“ in allen Versorgungsbereichen unterstreicht jedoch, dass ein institutionalisierter Rahmen für nachhaltige Anästhesiologie bislang nicht flächendeckend etabliert ist [24].

Die Umsetzung nachhaltiger Anästhesieverfahren hängt zudem von der ärztlichen Hierarchieebene ab. Führungskräfte neigen dazu, etablierte Routinen fortzuführen, während ärztliche Mitarbeitende in Weiterbildung unter entsprechender Supervision innovationsbereiter sind. Um eine konsistente Anwendung nachhaltiger Verfahren zu erreichen, sind berufsgruppenübergreifende Fortbildungsprogramme sowie SOPs (Standard Operating Procedure) erforderlich [23,25].

Konsequenzen für Klinik, Fachgesellschaften und Politik – Ausblick für eine Agenda 2030

Aus den identifizierten Barrieren lassen sich Hinweise auf mögliche Interventionsansätze ableiten. Die Ergebnisse

der Umfrage sprechen dafür, dass formalisierte Nachhaltigkeitsstrukturen, etwa in Form von „Green Teams“ oder benannten Nachhaltigkeitsbeauftragten, einen Beitrag zur langfristigen Verankerung entsprechender Maßnahmen leisten könnten. Ebenso legen die Angaben der Teilnehmenden nahe, dass regelmäßige, strukturierte Schulungen zu ressourcenschonenden Verfahren geeignet sein könnten, das Bewusstsein zu stärken und wahrgenommene Wissensdefizite zu adressieren.

Zudem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass standardisierte Monitoring-Systeme für CO₂-Emissionen, Energieverbrauch und Abfallaufkommen eine relevante Grundlage für eine gezieltere Steuerung sein könnten. Transparente Kennzahlen könnten dabei helfen, Zielwerte nachvollziehbar zu formulieren und Entwicklungen im Zeitverlauf zu bewerten. Darüber hinaus weisen die Umfrageergebnisse darauf hin, dass auch infrastrukturelle Maßnahmen wie der verstärkte Einsatz wiederverwendbarer Instrumente, energieeffizienter Medizintechnik, optimierter RLT sowie nachhaltiger Beschaffungs- und Logistikstrategien potenzielle Ansatzpunkte für eine ökologische Transformation sein können.

Zukünftige Forschung sollte prüfen, ob implementierte Nachhaltigkeitskonzepte, etwa Green Teams oder strukturierte Geräte-Management-Programme, mit messbaren Emissions- und Ressourceneinsparungen assoziiert sind. Auf dieser Grundlage könnten sich evidenzbasierte Best-Practice-Modelle ableiten und weiterentwickeln lassen [8].

Limitationen

Die Umfrage kann keinen Anspruch auf Repräsentativität für die Gesamtheit der in Deutschland tätigen Anästhesist:innen erheben, umfasst aber ein breites Spektrum bezogen auf die abgefragten demographischen Daten wie Versorgungsebene, ärztliche Hierarchieebene und Erfahrungshintergrund. Weiterhin bestehen Limitationen aufgrund des gewählten Umfragedesigns. Die Ergebnisse unterliegen möglicherweise einem Selektionsbias, da überdurchschnittlich

engagierte Personen eher an der Umfrage teilgenommen haben könnten. Zudem handelt es sich um selbstberichtete Daten, die subjektive Einstellungen und Praktiken widerspiegeln, jedoch keine objektiv gemessenen ökologischen Effekte oder Kausalitäten belegen. Des Weiteren wurden in der Umfrage Regionalanästhesieverfahren als Alternative zur Allgemeinanästhesie nicht weitergehend analysiert. Im Hinblick auf den intensivmedizinischen Bereich ist anzumerken, dass dieser zwar Bestandteil der Umfrage war, jedoch nicht vollständig abgebildet wurde. Beide Aspekte sollten in zukünftigen Untersuchungen differenzierter adressiert werden. Trotz des explorativen Ansatzes liefert die Untersuchung Anhaltspunkte für die aktuelle Verbreitung einer ökologischen ärztlichen Praxis in der Anästhesiologie.

Implikationen

Nachhaltigkeit hat in der Breite der Anästhesiologie Einzug gehalten, scheitert jedoch oft noch an der Umsetzung. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass Nachhaltigkeitsmaßnahmen bereits teilweise am anästhesiologischen Arbeitsplatz umgesetzt werden. Für eine konsequente und flächendeckende Implementierung sind jedoch finanzielle, organisatorische und professionelle Unterstützung sowie die aktive Einbeziehung der Industrie notwendig. Implementierungsstrategien müssen künftig über alle Hierarchieebenen angelegt, durch klare SOPs gestützt und durch verbindliche politische Rahmenbedingungen flankiert werden. Nur hierdurch kann Nachhaltigkeit von einer individuellen Bemühung zu einem systemischen Qualitätsstandard entwickelt werden.

Ergänzende Informationen

Autorenanteil

Der Lenkungsausschuss des „Forums Nachhaltigkeit“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e.V. (BDA) entwarf den konzeptionellen Aufbau der Studie und des Fragebogens. Alle Autor:innen gaben konstruktives Feedback bei der Erstellung und Durchführung der Um-

frage. PK, LW und KP führten die statistische Auswertung durch. PK, BB und CW wurden bei der Interpretation der Daten durch alle beteiligten Autor:innen unterstützt. PK, BB und MC verfassten das Manuskript und erhielten von allen Autor:innen Feedback. Alle Autoren:innen wirkten bei der finalen Konzeption und Korrektur des Manuskripts mit.

Interessenkonflikt

MC und MS sind Co-Vorsitzende und HR ist Schriftführerin im „Forum Nachhaltigkeit“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und des Berufsverbands Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e.V. (BDA).

Drittmittelförderung

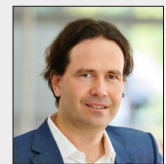
Die Umfrage wurde ideell durch das „Forum Nachhaltigkeit“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) und dem Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten e.V. (BDA) unterstützt.

Statement zur Nutzung von KI

Für die orthographische, grammatikalische sowie sprachliche Überarbeitung dieses Manuskripts wurden das KI-Modell ChatGPT (OpenAI Inc.) sowie das Programm DeepL (DeepL SE) verwendet. Die Autor:innen tragen die vollständige Verantwortung für die Richtigkeit und Integrität der finalen Inhalte.

Korrespondenz-adresse

Prof. Dr. med.
Mark Coburn



Klinik für Anästhesiologie und
Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Venusberg-Campus 1
53127 Bonn, Deutschland

E-Mail: Mark.Coburn@ukbonn.de

ORCID-ID: 0000-0002-7930-0270

Anhang

A. Rohdaten der Umfrageergebnisse

Q1:
Bitte geben Sie an, Ich bin ...? (n = 1230)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Männlich	742 (60,3 %)
Weiblich	485 (39,4 %)
Divers	3 (0,2 %)

Q4:
Welcher Versorgungsstufe können Sie Ihre Klinik zuordnen? (n = 1230)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Universitätsklinikum	233 (18,9 %)
Maximalversorgung	182 (14,8 %)
Regel- und Schwerpunktversorgung	430 (35 %)
Grundversorgung	176 (14,3 %)
Ambulantes OP-Zentrum	47 (3,8 %)
Niedergelassene Tätigkeit (angestellt)	29 (2,4 %)
Niedergelassene Tätigkeit (KV-Sitz)	118 (9,6 %)
Freiberuflich (Freelancer)	11 (0,9 %)
Zeitarbeitsvermittlung	4 (0,3 %)

Q7:
Ihr Haupteinsatzgebiet aktuell im Bereich AINSP ist? (>50 % der Wochenarbeitszeit)? (n = 1230)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
OP	984 (80 %)
Intensivstation	154 (12,5 %)
Zentrale Notaufnahme/Notfallzentrum	7 (0,6 %)
Notarzteinsatzdienst	25 (2 %)
Schmerztherapie	28 (2,3 %)
Palliativmedizin	14 (1,1 %)
Forschung	4 (0,3 %)
Außerklinische Tätigkeit (z. B. Pharmaindustrie)	14 (1,1 %)

Q8:
Ihre Position in Ihrer Klinik? (n = 1180)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Direktor:in oder Chefarzt:in	165 (13 %)
Leitende Oberarzt:in	101 (8,6 %)
Oberarzt:in	348 (29,5 %)
Funktionsoberarzt:in	56 (4,8 %)
Facharzt:in	371 (31,4 %)
Weiterbildungsassistent:in	139 (11,8 %)

Q11:
Wie bewerten Sie folgende Fragen?

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)					
	1 gar nicht	2	3	4	5	6 sehr
Beschäftigen Sie sich mit den Auswirkungen der Anästhesie auf die Umwelt? (n = 1207)	32 (2,7 %)	94 (7,8 %)	132 (11 %)	341 (28,3 %)	385 (31,9 %)	223 (18,5 %)
Fühlen Sie sich persönlich verantwortlich, Techniken und Verhaltensweisen für eine ökologisch nachhaltige Anästhesie/Intensivmedizin zu implementieren? (n = 1207)	35 (2,9 %)	83 (6,9 %)	150 (12,5 %)	239 (19,8 %)	387 (32 %)	313 (25,9 %)
Wie gut fühlen Sie sich über die ökologischen Auswirkungen Ihrer Tätigkeit informiert? (n = 1204)	41 (3 %)	180 (15 %)	269 (22,3 %)	328 (27,2 %)	280 (23,2 %)	106 (8,8 %)

Q12:
In unserer Klinik wird generell auf volatile Anästhetika (VA) und Lachgas verzichtet? (n = 1213)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja	167 (13,8 %)
Nein	1046 (86,2 %)

Q13:**Welche volatilen Anästhetika (VA) nutzen Sie? (n = 1033)**

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)		
	hauptsächlich	gelegentlich	nie
Desfluran (n = 857)	27 (3,2 %)	167 (19,5 %)	663 (77,4 %)
Sevofluran (n = 1029)	826 (80,3 %)	200 (19,4 %)	3 (0,3 %)
Isofluran (n = 859)	13 (1,5 %)	167 (19,4 %)	679 (79,1 %)
Halothan (n = 834)	0 (0 %)	1 (0,1 %)	833 (99,9 %)

Q14:**In Welchen Fällen verwenden Sie Desfluran? (Mehrfachnennung) (n = 1020)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Bei bestimmten Operationen (z. B. nur bariatrische Chirurgie/OPs mit schnellen Wechseln, EXIT-Geburts-hilfe)	98 (9,6 %)
Nach Patienten-gruppe (nur adipöse Patient:innen)	86 (8,4 %)
Nach fachärztlicher Indikation	53 (5,2 %)
Keine dezidierten Vorgaben/Be-schränkungen	51 (5 %)
Nie	794 (77,8 %)
Sonstiges	38 (3,7 %)

Q15:**Wird Lachgas in Ihrer Klinik noch verwendet? (Mehrfachnennung) (n = 1032)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Im OP als Ergän-zung zu volatilen Anästhetika	40 (3,9 %)
Zur Analgesie im Kreißsaal	216 (20,9 %)
Zur Analgesie in der Notaufnahme	28 (2,7 %)
Zur Analgesie in der Zahnmedizin	20 (1,9 %)
Nein	732 (70,9 %)
Weiß nicht	13 (1,3 %)
Sonstiges	45 (4,4 %)

Q16:**Wann führen Sie TIVA-Narkosen durch? (Mehrfachnennung) (n = 1015)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Bei allen Patient:innen	0 (0 %)
Bei hohem PONV-Risiko (z. B. nach Apfel-Score)	828 (81,6 %)
Standard bei ambulanten Patient:innen	327 (32,2 %)
Schwangere Mitarbeiterinnen im OP-Saal	635 (62,6 %)
TIVA-Narkosen sind das Standard-verfahren	224 (22,1 %)
Sonstiges	215 (21,2 %)

Q17:**Verwenden Sie während der Einleitungs-phase Ihrer Narkose regelhaft einen Frisch-gasfluss $\leq 0,5$ l/min? (Mehrfachnennung) (n = 1017)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja, bei allen Narkosen stabiler Patient:innen	160 (15,7 %)
Ja, bei allen Narkosen mit VA	102 (10 %)
Ja, bei allen Narkosen mit TIVA	81 (8 %)
Nein	756 (74,3 %)

Q19:**Nutzen Sie Narkosegas-Recyclingfilter? (n = 1017)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
An allen Anästhesie-Arbeitsplätzen	111 (10,9 %)
An einzelnen Anästhesie-Arbeits-plätzen	113 (11,1 %)
Nein	683 (67,2 %)
Weiß nicht	110 (10,8 %)

Q20:**Wie werden Medikamente (außer Infusionslösungen) in Ihrer Abteilung entsorgt? (Mehrfachnennung) (n = 1173)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
In den Restmüll	969 (82,6 %)
In den Ausguss	46 (3,9 %)
In verschließbare Tonnen für „gefähr-lichen Müll“	262 (22,3 %)
andere Entsor-gungswege	69 (5,9 %)

Q34:**Welchen Betriebszustand sollen Ihre Anästhesiegeräte außerhalb des Regel-dienstes haben? (Notfallsäle ausgenom-men) (n = 1150)**

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Angeschlossen an zentrale Stromver-sorgung (ZSV), aber ausgeschaltet	559 (48,6 %)
Ausgeschaltet und nicht an die zentrale Stromver-sorgung ange-schlossen	169 (14,7 %)
Eingeschaltet im Stand-by-Modus	226 (19,7 %)
Unterschiedlich	141 (12,3 %)
Mir nicht bekannt	55 (4,8 %)

Q38:

Wie wird mit den Anästhesiegas-Fortleitungssystemen (AGFS) außerhalb der Regelarbeitszeit standardmäßig verfahren? (n = 1138)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Eingesteckt	192 (16,9 %)
Ausgesteckt	681 (59,9 %)
Unterschiedlich	133 (11,7 %)
Mir nicht bekannt	132 (11,6 %)

Q50:

Gibt es in Ihrer Abteilung ein Green Team/AG Nachhaltigkeit?

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja	263 (23,2 %)
Nein	774 (68,3 %)
Unbekannt	97 (8,6 %)

Q51:

Gibt es in Ihrer Klinik eine interdisziplinäre Nachhaltigkeits-AG unter der Leitung ausgebildeter Klimamanager:innen? (n = 1133)

Antwortoptionen	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)
Ja	67 (5,9 %)
Nein	701 (61,9 %)
Ja, es gibt eine interdisziplinäre AG Nachhaltigkeit, aber ohne ausgebildete Klimamanager:innen	121 (10,7 %)
Unbekannt	244 (21,5 %)

Q56:

Für wie relevant halten Sie im Folgenden genannte Hindernisse bei der konsequenten Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Ihrer Abteilung?

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)					
	1 gar nicht	2	3	4	5	6 sehr
Rigide Reglementierung durch Einkauf/Einkaufsring/Geschäftsführung (n = 1096)	88 (8 %)	62 (5,7 %)	131 (12 %)	174 (15,9 %)	293 (26,7 %)	348 (31,8 %)
Fehlende Unterstützung durch die Verwaltung (n = 1091)	84 (7,7 %)	87 (8 %)	156 (14,3 %)	204 (18,7 %)	272 (25 %)	288 (26,4 %)
Unkenntnis der Mitarbeitenden (n = 1100)	55 (5 %)	109 (9,9 %)	155 (14,1 %)	253 (23 %)	294 (26,7 %)	234 (21,3 %)
Desinteresse der Mitarbeitenden (n = 1101)	93 (8,5 %)	166 (15 %)	210 (19,1 %)	222 (20,2 %)	216 (19,6 %)	194 (17,6 %)
Fehlende Finanzierung notwendiger größerer Investitionen (n = 1098)	39 (3,6 %)	47 (4,3 %)	128 (11,7 %)	174 (15,9 %)	301 (27,4 %)	409 (37,3 %)
Hygieneauflagen (n = 1097)	37 (3,4 %)	72 (6,6 %)	188 (17,1 %)	239 (21,8 %)	274 (25 %)	287 (26,2 %)

Q58:

Wie wichtig halten Sie die folgenden Angebote zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in ihrer Klinik?

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)					
	1 gar nicht	2	3	4	5	6 sehr
Fachwissen und Beratung durch Expert:innen vor Ort (n = 1090)	56 (5,1 %)	41 (3,8 %)	97 (8,9 %)	156 (14,3 %)	293 (26,9 %)	447 (41 %)
Professionelle Unterstützung bei der Analyse des aktuellen Zustands (n = 1092)	50 (4,6 %)	46 (4,2 %)	83 (7,6 %)	173 (15,8 %)	326 (29,9 %)	414 (37,9 %)
Verbesserte Einbindung in Entscheidungsprozesse (n = 1086)	42 (3,9 %)	32 (3 %)	87 (8 %)	196 (18 %)	366 (33,7 %)	363 (33,4 %)
Unterstützung durch die Industrie (n = 1092)	25 (2,3 %)	25 (2,3 %)	62 (5,7 %)	124 (11,4 %)	270 (24,7 %)	586 (53,7 %)
Zusammenarbeit und Vernetzung mit anderen Gesundheitseinrichtungen (n = 1085)	39 (3,6 %)	18 (1,7 %)	86 (8 %)	191 (17,6 %)	321 (29,6 %)	430 (39,6 %)

Q60:

Was würde Sie motivieren, sich für nachhaltigeres Arbeiten in Anästhesie und Intensivmedizin zu engagieren?

Subfrage/Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)					
	1 gar nicht	2	3	4	5	6 sehr
Schaffen einer Kultur im Gesundheitswesen, die nachhaltiges Arbeiten würdigt und fördert (n = 1095)	32 (2,9 %)	24 (2,2 %)	48 (4,4 %)	143 (13 %)	338 (30,9 %)	510 (46,6 %)
Belohnung/Anerkennung von Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen/am eigenen Arbeitsplatz (n = 1092)	33 (3 %)	43 (4 %)	113 (10,4 %)	197 (18 %)	336 (30,8 %)	370 (33,9 %)
Messbare Ziele mit Quantifizierbarkeit von Verbesserungen (n = 1092)	39 (3,6 %)	29 (2,7 %)	58 (5,3 %)	145 (13,3 %)	360 (33 %)	461 (42,2 %)
Ein Zertifikat über nachhaltiges Arbeiten der Abteilung/Klinik (n = 1090)	211 (19,4 %)	133 (12,2 %)	150 (13,8 %)	171 (15,7 %)	185 (17 %)	240 (22 %)

B. Stratifizierung nach der Versorgungsstufe

Q34:

Welchen Betriebszustand sollen Ihre Anästhesiegeräte außerhalb des Regeldienstes haben? (Notfallsäle ausgenommen)

Subfrage/Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)				
	Universitätsklinikum (n = 219)	Maximalversorger (n = 169)	Regel- und Schwerpunktversorger (n = 405)	Grundversorger (n = 164)	Ambulanter Bereich (n = 186)
Angeschlossen an zentrale Stromversorgung (ZSV), aber ausgeschaltet	99 (45,2 %)	71 (42 %)	213 (52,6 %)	103 (62,8 %)	74 (38,2 %)
Ausgeschaltet und nicht an die zentrale Stromversorgung angeschlossen	12 (5,5 %)	4 (2,4 %)	32 (7,9 %)	16 (9,8 %)	104 (55,9 %)
Eingeschaltet im Stand-by-Modus	52 (23,7 %)	55 (32,5 %)	95 (23,5 %)	21 (12,8 %)	2 (1,1 %)
Unterschiedlich	42 (19,2 %)	33 (19,5 %)	43 (10,6 %)	15 (9,2 %)	8 (8,6 %)
Mir nicht bekannt	14 (6,4 %)	6 (3,6 %)	22 (5,4 %)	9 (4,3 %)	4 (2,2 %)

Q38:

Wie wird mit den Anästhesiegas-Fortleitungssystemen (AGFS) außerhalb der Regelarbeitszeit standardmäßig verfahren?

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)				
	Universitäts- klinikum (n = 219)	Maximal- versorger (n = 169)	Regel- und Schwer- punktversor- ger (n = 405)	Grund- versorger (n = 164)	Ambulanter Bereich (n = 186)
Eingesteckt	39 (18 %)	33 (19,8 %)	75 (18,5 %)	35 (21,9 %)	10 (5,4 %)
Ausgesteckt	101 (46,5 %)	97 (58 %)	246 (60,6 %)	96 (60 %)	139 (75,5 %)
Unterschiedlich	43 (19,8 %)	19 (11,4 %)	45 (11,1 %)	17 (10,6 %)	9 (4,9 %)
Mir nicht bekannt	34 (15,7 %)	18 (10,8 %)	40 (9,9 %)	12 (7,5 %)	26 (14,1 %)

C. Stratifizierung nach der ärztlichen Hierarchieebene**Q14:**

In Welchen Fällen verwenden Sie Desfluran? (Multiple-Choice-Frage) (n = 979)

Subfrage/ Ordinalskala	Absolute Häufigkeit der Antwortoption [n] (%)			
	Chefarzt:in (n = 127)	Oberarzt:in (n = 449)	Facharzt:in (n = 284)	Weiterbildungs- assistent:in (n = 119)
Nie	105 (82,7 %)	344 (76,6 %)	231 (81,3 %)	98 (82,35 %)
Bei bestimmten Operationen (z. B. nur bariatrische Chirurgie/OPs mit schnellen Wechseln, EXIT-Geburtshilfe)	9 (7,1 %)	51 (11,4 %)	24 (8,5 %)	12 (10,1 %)
Nach Patientengruppe (nur adipöse Patient:innen)	8 (6,3 %)	49 (10,9 %)	17 (6 %)	12 (10,1 %)
Nach fachärztlicher Indikation	6 (4,7 %)	33 (7,3 %)	9 (3,2 %)	3 (2,5 %)
Keine dezidierten Vorgaben	2 (1,6 %)	21 (4,7 %)	20 (7 %)	7 (5,9 %)

D. Fragenkatalog der Umfrage „Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie: Wo stehen wir 2025?“

Fragenkatalog der Umfrage „Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie: Wo stehen wir 2025“. Die Nummerierung der Frage-Items erfolgt chronologisch. Bedingte Fragen sind durch eine alphanumerische Kennzeichnung der jeweiligen Basisfrage eindeutig zugewiesen.

1. Bitte geben Sie an. Ich bin...

- Männlich
- Weiblich

2. Wie alt sind Sie?

- 20–29 Jahre
- 30–39 Jahre
- 40–49 Jahre
- 50–59 Jahre
- 60–69 Jahre
- > 70 Jahre

3. Sie arbeiten in welchem Bundesland?

- Baden-Württemberg
- Bayern
- Berlin
- Brandenburg
- Bremen
- Hamburg
- Hessen
- Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersachsen
- Nordrhein-Westfalen
- Rheinland-Pfalz
- Saarland
- Sachsen
- Sachsen-Anhalt
- Schleswig-Holstein
- Thüringen

4. Welcher Versorgungsstufe können Sie Ihre Klinik zuordnen?

- Universitätsklinikum
- Maximalversorgung
- Regel- und Schwerpunktversorgung
- Grundversorgung
- Ambulantes OP-Zentrum
- Niedergelassene Tätigkeit (angestellt)
- Niedergelassene Tätigkeit (KV-Sitz)
- Freiberuflich (Freelancer)
- Zeitarbeitsvermittlung

5. **Ihr Ausbildungsstand?**
 - a. Weiterbildungsassistent:in
 - b. Facharzt:in
6. **Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie?**
 - a. 0–2 Jahre
 - b. 3–5 Jahre
 - c. 6–10 Jahre
 - d. 11–15 Jahre
 - e. 16–20 Jahre
 - f. 21–25 Jahre
 - g. 26–30 Jahre
 - h. >30 Jahre
7. **Ihr Haupteinsatzgebiet aktuell im Bereich AINSP ist? (>50 % der Wochenarbeitszeit)**
 - a. OP
 - b. Intensivstation
 - c. Zentrale Notaufnahme/Notfallzentrum
 - d. Notarztdienst
 - e. Schmerztherapie
 - f. Palliativmedizin
 - g. Forschung
 - h. Außerklinische Tätigkeit (z. B. Pharmaindustrie)
8. **Ihre Position in Ihrer Klinik?**
 - a. Direktor:in oder Chefarzt:in
 - b. Leitende:r Oberarzt:in
 - c. Oberarzt:in
 - d. Funktionsoberarzt:in
 - e. Facharzt:in
 - f. Weiterbildungsassistent:in
9. **Anzahl der ärztlichen Mitarbeitenden (Köpfe) in Ihrer Klinik/Abteilung/Institut für Anästhesiologie und Intensivmedizin**
 - a. ≤5 Mitarbeitende
 - b. 5–10 Mitarbeitende
 - c. 11–20 Mitarbeitende
 - d. 21–50 Mitarbeitende
 - e. 51–100 Mitarbeitende
 - f. ≥100 Mitarbeitende
10. **Anteil der Fachärzte und Fachärztinnen in Ihrer Klinik/Abteilung/Institut für Anästhesiologie und Intensivmedizin?**
 - a. 1–5 %
 - b. 6–10 %
 - c. 11–20 %
 - d. 21–50 %
 - e. 51–75 %
 - f. 76–99 %
 - g. Alle Mitarbeitende sind Fachärzte
 - h. Unbekannt
11. **Wie bewerten Sie folgende Fragen? (1 gar nicht – 6 sehr)**
 - a. Beschäftigten Sie sich mit den Auswirkungen der Anästhesie auf die Umwelt?
 - b. Wie gut fühlen Sie sich über die ökologischen Auswirkungen Ihrer Tätigkeit informiert?
 - c. Fühlen Sie sich persönlich verantwortlich, Techniken und Verhaltensweisen für eine ökologisch nachhaltige Anästhesie/Intensivmedizin zu implementieren?
12. **In unserer Klinik wird generell auf volatile Anästhetika (VA) und Lachgas verzichtet**
 - a. Ja
 - b. Nein
13. **Geben Sie an wie häufig die volatilen Anästhetika (VA) genutzt werden? (hauptsächlich; gelegentlich; nie)**
 - a. Desfluran
 - b. Sevofluran
 - c. Isofluran
 - d. Halothan
14. **In Welchen Fällen verwenden Sie Desfluran? (Mehrfachnennung)**
 - a. Nie
 - b. Bei bestimmten Operationen (z. B. nur bariatrische Chirurgie/OPs mit schnellen Wechseln, EXIT-Geburtshilfe)
 - c. Nach Patientengruppe (nur adipöse Patient:innen)
 - d. Nach fachärztlicher Indikation
 - e. Keine dezidierten Vorgaben/Beschränkungen
 - f. Sonstige (mit Freitexteingabe)
15. **Wird Lachgas in Ihrer Klinik noch verwendet? (Mehrfachnennung)**
 - a. Im OP als Ergänzung zu volatilen Anästhetika
 - b. Zur Analgesie im Kreißsaal
 - c. Zur Analgesie in der Notaufnahme
 - d. Zur Analgesie in der Zahnmedizin
 - e. Nein
 - f. Weiß nicht
 - g. Sonstige (mit Freitexteingabe)
16. **Wann führen Sie TIVA-Narkosen durch? (Mehrfachnennung)**
 - a. Bei allen Patient:innen
 - b. Bei hohem PONV-Risiko (z. B. nach Apfel Score)
 - c. Standard bei ambulanten Patient:innen
 - d. Schwangere Mitarbeiterinnen im OP-Saal
 - e. TIVA Narkosen sind das Standardverfahren
 - f. Sonstiges (bitte angeben)
17. **Verwenden Sie während der Einleitungsphase Ihrer Narkose regelhaft einen Frischgasfluss ≤0,5 L/min? (Mehrfachnennung)**
 - a. Ja, bei allen Narkosen stabiler Patient:innen
 - b. Ja, bei allen Narkosen mit VA
 - c. Ja, bei allen Narkosen mit TIVA
 - d. Nein
18. **Verwenden Sie während der Steady-State Phase Ihrer Narkose regelhaft einen Frischgasfluss ≤0,5 L/min? (Mehrfachnennung)**
 - a. Ja, bei allen Narkosen stabiler Patient:innen
 - b. Ja, bei allen Narkosen mit VA
 - c. Ja, bei allen Narkosen mit TIVA
 - d. Nein
19. **Nutzen Sie Narkosegas-Recyclingfilter?**
 - a. an allen Anästhesie-Arbeitsplätzen
 - b. an einzelnen Anästhesie-Arbeitsplätzen
 - c. Nein
 - d. Weiß ich nicht

- 20. Wie werden Medikamente (außer Infusionslösungen) in Ihrer Abteilung entsorgt? (Mehrfachnennung)**
- In den Restmüll
 - In den Ausguss
 - In verschließbare Tonnen für „gefährlichen Müll“
 - Andere Entsorgungswege
- 21. Nutzen Sie wiederverwendbare Beatmungsmasken?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 22. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie die Beatmungsmasken als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - Fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - Mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 23. Nutzen Sie wiederverwendbare Laryngoskopspatel aus Metall zur Laryngoskopie?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 24. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie Laryngoskopspatel als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - Fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - Mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 25. Nutzen Sie wiederverwendbare Beatmungsbeutel (z. B. Ambu®-Beutel)?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 26. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie Beatmungsbeuteleutel (z.B. Ambu®-Beutel) als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 27. Nutzen Sie wiederverwendbare Beatmungsschläuche?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 28. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie Beatmungsschläuche als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - Fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - Mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 29. Nutzen Sie wiederaufbereitbare Bronchoskope?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 30. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie Bronchoskope als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - Fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - Mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 31. Nutzen Sie wiederverwendbare Larynxmasken?**
- Ja
 - Nein
 - Teils/ Teils
 - Unbekannt
- 32. Sie haben die vorherige Frage mit Nein oder Teils/ Teils beantwortet. Wenn Sie Larynxmasken als Einwegmaterial verwenden, können Sie den Grund dafür angeben? (Mehrfachnennung)**
- Kostenvorteile Einweg
 - Vorgaben Hygiene
 - Logistik/ Lager
 - Einkaufsgemeinschaft
 - Fehlende Kapazitäten der Zentralsterilisation
 - Nutzerpräferenz
 - Mir nicht bekannt
 - Sonstiges (mit Freitexteingabe)
- 33. Werden in Ihrem OP oder Ihrer Intensivstation Wertstoffe getrennt gesammelt und einem Recycling zugeführt? (Mehrfachnennung)**
- Papier/ Pappe
 - Kunststoffverpackung
 - Glas
 - Metall
 - Batterien
 - Es findet keine Wertstofftrennung statt
 - Mir nicht bekannt

34. Welchen Betriebszustand sollen Ihre Anästhesiegeräte außerhalb des Regeldienstes haben? (Notfallsäle ausgenommen)
- Angeschlossen an zentrale Stromversorgung (ZSV), aber ausgeschaltet
 - Ausgeschaltet und nicht an die zentrale Stromversorgung angeschlossen
 - Eingeschaltet im Standbymodus
 - Unterschiedlich
 - Mir nicht bekannt
35. Wenn an die zentrale Stromversorgung (ZSV) angeschlossen und ausgeschaltet, warum? (Mehrfachauswahl)
- Sicherheitserwägungen
 - Nutzen des Ausschaltens unklar/unsicher
 - Widerstand der Medizintechnik
 - Widerstand Anästhesiepflege
 - Widerstand ärztl. Personal
 - Bisher nicht thematisiert
 - Mir nicht bekannt
36. Wenn im Standbymodus, warum? (Mehrfachauswahl)
- Sicherheitserwägungen
 - Nutzen des Ausschaltens unklar/unsicher
 - Widerstand der Medizintechnik
 - Widerstand Anästhesiepflege
 - Widerstand ärztl. Personal
 - Bisher nicht thematisiert
 - Mir nicht bekannt
37. In welchen OP-Sälen lassen Sie Narkosegeräte eingeschaltet? (Mehrfachauswahl)
- Notfallsäle
 - Notsectio-OP
 - Alle Narkosegeräte sind ausgeschaltet
 - Mir nicht bekannt
 - Andere
38. Wie wird mit den Anästhesiegas-Fortleitungssysteme (AGFS) außerhalb der Regelarbeitszeit standardmäßig verfahren?
- Eingesteckt
 - Ausgesteckt
 - Unterschiedlich
 - Mir nicht bekannt
39. In welchen OP-Sälen lassen Sie die AGFS eingesteckt?
- Notfallsäle
 - Notsectio-OP
 - In allen OP-Sälen
 - Mir nicht bekannt
 - Andere
40. Wovon machen Sie diese Entscheidung abhängig? (Freitexteingabe)
41. Nutzen Sie eine Nachtabsenkung bei der Raumluftechnik (RLT)?
- Ja, automatisch nach Zeitplan
 - Ja, manuell einzustellen
 - Die RLT ist nachts komplett ausgeschaltet
 - Nein
 - Unbekannt
42. Wie wird die RLT im Falle einer nächtlichen OP wieder hochgefahren?
- Automatisch (gesteuert über Bewegungsmelder, Lampen o.ä.)
 - manuell durch Bedienfeld
 - Unbekannt
43. Können Sie Einfluss nehmen auf die Temperatur in Ihren OP-Bereichen?
- Ja, in allen Ops
 - Ja, nur in besonderen OPs (Kindersäle)
 - Nein
 - Unbekannt
44. Wie kann die Temperatur verstellt werden?
- Im OP per Bedienfeld
 - Zentral durch die Gebäudetechnik
 - Nein, die Temperatur kann nicht verändert werden
 - Unbekannt
45. Wer regelt die Temperatur? (Mehrfachnennung)
- OP-Pflege
 - Anästhesiepflege
 - Operateur
 - Anästhesist
 - Sonstige
46. Welche Temperaturvorgabe haben Sie für Standard-OP-Säle (Kinder- u. Verbrennungs-OP ausgenommen)?
- 18 °C
 - 19 °C
 - 20 °C
 - 21 °C
 - 22 °C
 - Unbekannt
 - Andere
47. Wird die Temperatur innerhalb eines Tages häufig verstellt?
- Häufig (>5 mal)
 - Gelegentlich (2–4-mal)
 - Selten (nicht täglich)
 - Nie
 - Unbekannt
48. Nutzen Sie eine Klimaanlage auf der Intensivstation?
- Ja
 - Nein
 - Unbekannt
49. Erhalten Sie abteilungsspezifische Kennzahlen zur Nachhaltigkeit in Bezug auf: (Mehrfachnennung)
- Stromverbrauch
 - Wärme
 - CO₂
 - Abfall
 - Keine
 - Unbekannt
50. Gibt es in Ihrer Abteilung ein Green Team/AG Nachhaltigkeit?
- Ja
 - Nein
 - Unbekannt
51. Gibt es in Ihrer Klinik eine interdisziplinäre AG Nachhaltigkeit unter der Leitung eines ausgebildeten Klimamanagers?
- Ja
 - Nein
 - Ja, es gibt eine interdisziplinäre AG – Nachhaltigkeit aber ohne ausgebildeten Klimamanager
 - Unbekannt

52. Erhalten Sie Unterstützung durch Zentralbereiche (Verwaltung, Nachhaltigkeitsbeauftragte) bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsinitiativen?

- a. Ja
- b. Eher ja
- c. Eher nein
- d. Nein
- e. Unbekannt

53. Ist Nachhaltigkeit ein wichtiges Thema in Ihrer Abteilung?

- a. Ja
- b. Eher Ja
- c. Eher Nein
- d. Nein

54. Ist Nachhaltigkeit ein wichtiges Thema in Ihrer Geschäftsführung?

- a. Ja
- b. Eher Ja
- c. Eher Nein
- d. Nein
- e. Unbekannt

55. Werden konkrete Maßnahmen von Ihrer Abteilung erwartet?

- a. Ja
- b. Eher ja
- c. Eher nein
- d. Nein
- e. Unbekannt

56. Für wie relevant halten Sie im Folgenden genannte Hindernisse bei der konsequenten Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Ihrer Abteilung? Ordinalskala 1–6 (gar nicht, sehr) (1 gar nicht – 6 sehr)

- a. Rigide Reglementierung durch Einkäufer/Einkaufsring/Geschäftsführung
- b. Fehlende Unterstützung durch die Verwaltung
- c. Unkenntnis der Mitarbeitenden
- d. Desinteresse der Mitarbeitenden
- e. Fehlende Finanzierung notwendiger größerer Investitionen
- f. Hygieneauflagen

57. Welche Möglichkeiten zur Information über nachhaltiges ökologisches Arbeiten würden Sie sich wünschen? (Mehrfachnennung)

- a. Weiterbildung in der eigenen Klinik
- b. Fachzeitschriften
- c. Workshops und Informationsangebote auf Kongressen
- d. Homepage von DGAI und BDA

58. Wie wichtig halten Sie die folgenden Angebote zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in Ihrer Klinik? (gar nicht; sehr) (1 gar nicht – 6 sehr)

- a. Fachwissen und Beratung durch ein Team von Experten vor Ort, das sich auf Nachhaltigkeit in der eigenen Klinik spezialisiert hat (Klimamanager/Nachhaltigkeits-AG der Verwaltung/Green Team der eigenen Abteilung/Technik/Energie/IT/Einkauf/Küche)
- b. Professionelle Unterstützung bei der Analyse des aktuellen Zustands (z. B. Bewertung aktuellen Arbeitsabläufe, Analyse des Materialverbrauchs, Analyse Abfallmanagement)
- c. Verbesserte Einbindung in Entscheidungsprozesse, z. B. bzgl. Vorschlagswesen/ Einkauf/ Technologien/Standards und Strukturen, um nachhaltige Prozesse etablieren zu können
- d. Unterstützung durch die Industrie (z. B. Produktion recyclebarer Materialien, Produktion von Materialien aus recyceltem Material, Einführung neuer Technologien und Geräte, die energieeffizienter und umweltfreundlicher arbeiten)
- e. Zusammenarbeit und Vernetzung zum Austausch von Best Practices und Erfahrungen mit anderen Gesundheitseinrichtungen, die bereits erfolgreiche Nachhaltigkeitsinitiativen umgesetzt haben

59. Kennen Sie? (Mehrfachnennung)

- a. Das Positionspapier zu „Nachhaltigkeit in der Anästhesie und Intensivmedizin“ von DGAI/BDA?
- b. Die ToolKits der Homepage von DGAI/BDA zur konkreten Umsetzung der Vorschläge des Positionspapiers?
- c. Das „Forum Nachhaltigkeit“ von DGAI und BDA mit vierteljährlichen Online -Veranstaltungen?

60. Was würde Sie motivieren, sich mehr für nachhaltigeres Arbeiten in der Anästhesie und Intensivmedizin zu engagieren? (1 gar nicht – 6 sehr)

- a. „Schaffen einer Kultur im Gesundheitswesen, die nachhaltiges Arbeiten würdigt und fördert“
- b. „Belohnung/Anerkennung von Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen/am eigenen Arbeitsplatz“
- c. „Messbare Ziele mit Quantifizierbarkeit von Verbesserungen (Reduktion Volatiler Anästhetika, Reduktion von Abfall, Reduktion des Energieverbrauchs)“
- d. Ein Zertifikat über nachhaltiges Arbeiten der Abteilung/Klinik

Literatur

- Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, Wang J: Health care's climate footprint: the health sector contribution and opportunities for action. *Eur J Public Health* (Suppl 5):ckaa165.843
- Schuster M, Kuster L, Arends S, Brenner T: Was ist neu ... beim Energieverbrauch der Atemgasfortleitungssysteme: Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie. *Anaesthesiologie* 2023;72:348–349
- Coburn M, Hense A, Shine KP, Rex S, Kalmar AF, Laube JC: Optimal metrics for assessing the climatic impact of volatile anaesthetics. *Eur J Anaesthesiol* 2026;43:291–294
- Egetemeyer J, Jacob S, Lehmann F, Guba M, Werner J, Börner N: Nachhaltigkeit im OP – korrelieren Sterilität, Sicherheit und Service auch mit einer ressourcenschonenden Verwendung von Medizinprodukten? *Zentralbl Chir* 2023;148:120–123
- McGrath N, Waldron C, Farragher A, Walsh C, Polisena J: Safety, cost and environmental impact of reprocessing high risk single-use medical devices: a systematic review and meta-analysis. *GMS Hyg. Infect Control* 2025;20:Doc25
- Goldberg TD, Maltry JA, Ahuja M, Inzana JA: Logistical and Economic Advantages of Sterile-Packed, Single-Use Instruments for Total Knee Arthroplasty. *J. Arthroplasty* 2019;34:1876–1883.e2
- Schuster M, Richter H, Pecher S, Koch S, Coburn M: Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen* der DGAI und des BDA: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästh Intensivmed* 2020;61:329–339
- Schuster M, Richter H, Pecher S, Bein T, Grüßer L, Kowark A et al: Positionspapier mit konkreten Handlungsempfehlungen der DGAI und des BDA: Ökologische Nachhaltigkeit in der Anästhesiologie und Intensivmedizin – Aktualisierung 2024. *Anästh Intensivmed* 2024;65:541–557
- Gonzalez-Pizarro P, Brazzi L, Koch S, Trinks A, Muret J, Sperna Weiland N, et al: European Society of Anaesthesiology and Intensive Care consensus document on sustainability: 4 scopes to achieve a more sustainable practice. *Eur J Anaesthesiol* 2024;41:260–277
- White SM, Shelton CL, Gelb AW, Lawson C, McGain F, Muret J, et al: Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: a global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia* 2022;77:201–212
- Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M: Life cycle greenhouse gas emissions of anesthetic drugs. *Anesth Analg* 2012;114:1086–1090
- Odin I, Feiss P: Low flow and economics of inhalational anaesthesia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2005;19:399–413
- Windler F, Coburn M, Bette B, Fingerhut D, Jacobi A, Kruse P: Effects of manual and syringe pump induction of total intravenous anaesthesia on propofol waste: a single-centre retrospective analysis. *Br J Anaesth.* 2024;133:1459–1464
- Koch S, Samwer C, Rossaint R, Coburn M, Pecher S, Schuster M, et al: Survey regarding routine use of anaesthetic techniques and knowledge of their environmental impact in Germany 2020. *Eur J Anaesthesiol* 2022;39:282–284
- Guetter CR, Williams BJ, Slama E, Arrington A, Henry MC, Möller MG, et al: Greening the operating room. *Am J Surg* 2018;216:683–688
- McGain F, Muret J, Lawson C, Sherman JD: Environmental sustainability in anaesthesia and critical care. *Br J Anaesth* 2020;125:680–692
- Alexander R, Poznikoff A, Malherbe S: Greenhouse gases: the choice of volatile anesthetic does matter. *Can J Anesth* 2018;65:221–222
- McGain F, Sheridan N, Wickramarachchi K, Yates S, Chan B, McAlister S: Carbon Footprint of General, Regional, and Combined Anesthesia for Total Knee Replacements. *Anesthesiology* 2021;135:976–991
- Droog W, Grace V, Droog L, Hendriks RH, van Oers LFCM, Stolker RJ, et al: Substantiating 'green' healthcare decisions: an explorative life cycle assessment study to identify differences in greenhouse gas emissions between general vs. regional anaesthesia for upper extremity surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2024;41:455–460
- Kochanek M, Berek M, Gibb S, Hermes C, Hilgarth H, Janssens U, et al: S1-Leitlinie Nachhaltigkeit in der Intensiv- und Notfallmedizin. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2025;120:81–114
- Keil M, Michaux V, Ziefle M, Arning K: Agents of sustainable change: the importance of leadership and responsibility in corporate sustainability. *Front Sustain* 2025;5:1490669
- Santen L, Windler F, Coburn M, Bette B, Kim S-C, Bode C, et al: The long-term influence of green nudges on the consumption of desflurane and on the carbon footprint of general anaesthesia: A retrospective study. *Trends Anaesth Crit Care* 2025;64:101592
- Aboueid S, Beyene M, Nur T: Barriers and enablers to implementing environmentally sustainable practices in healthcare: A scoping review and proposed roadmap. *Healthc Manage Forum* 2023;36:405–413
- Skraastad EJ, Elvir-Lazo OL, White PF, Chernobylsky D, Brring R, Yumul R: Challenges in achieving more sustainable anaesthesia practices: a narrative review of waste reduction. *BJA Open* 2025;14:100406
- John Doyle D, Dahaba AA, LeManach Y: Advances in anesthesia technology are improving patient care, but many challenges remain. *BMC Anesthesiol* 2018;18:39.

Effekte passiver Atemgasbefeuchtung in der Sauerstofftherapie: ein Scoping-Review

Effects of passive humidification of respiratory gas in oxygen therapy: a scoping review

M. Diegelmann^{1,2} · A. Steinacker² · R. Schier³

► **Zitierweise:** Diegelmann M, Steinacker A, Schier R: Effekte passiver Atemgasbefeuchtung in der Sauerstofftherapie: Ein Scoping-Review. *Anästh Intensivmed* 2026;67:334–346. DOI: 10.19224/ai2026.334

Zusammenfassung

Hintergrund

Sauerstofftherapie stellt bei hypoxämischen Patient*innen unterschiedlicher Genese eine Behandlungsoption dar. Der Sauerstoff kann dabei mithilfe von Sprudelbefeuchtern befeuchtet und über eine Sauerstoffbrille/-maske appliziert werden. Eine routinemäßige Verwendung dieser Systeme sollte hinsichtlich ihrer klinischen Notwendigkeit und Wirksamkeit kritisch hinterfragt werden.

Fragestellung

Welche Wirksamkeit hat eine passive Atemgasbefeuchtung auf Patient*innen mit Sauerstofftherapie?

Methodik

Dieses Scoping-Review wurde gemäß der von Arksey und O'Malley beschriebenen Methodologie durchgeführt und umfasste die Recherche in vier Datenbanken (Cochrane Library, CINAHL, PubMed, Web of Science). Eingeschlossen wurden Publikationen zur Sauerstofftherapie, welche die Effektstärke einer passiven Atemgasbefeuchtung bei erwachsenen Patient*innen auf Sauerstofftherapie untersuchten.

Ergebnisse

Es wurden sechs Studien (vier Interventionsstudien, zwei Reviews) identifiziert. Bei objektivierbaren Endpunkten wie Intubations- und Bronchoskopieraten oder Schleimhautveränderungen konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen passiv befeuchteter und unbe-

feuchteter Sauerstofftherapie identifiziert werden. Das Weglassen der Sprudelbefeuchter führte ebenfalls bei subjektiven patientenbezogenen Endpunkten (Patient-reported Outcome Measures, PROMs) wie „trockene Nase und Rachen“ oder „Unwohlsein“ zu keinen Verschlechterungen. Die Verabreichung von passiv befeuchtetem Sauerstoff mit Einwegmaterial scheint mit keinen Kontaminationen einherzugehen.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend weist der Vergleich zwischen unbefeuchteter und passiv befeuchteter Sauerstoffverabreichung mittels Sprudelbefeuchtern keine wesentlichen Unterschiede auf. Alle einbezogenen Studien weisen Limitationen in Bezug auf ihre Aussagekraft und/oder Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse auf. Die aufgefundene Literatur legt nahe, dass eine passive Atemgasbefeuchtung bei geringer Effektstärke keinen routinemäßigen Einsatz von Sprudelbefeuchtern rechtfertigt, allerdings besteht in allen Bereichen Forschungsbedarf, um die Frage abschließend zu beantworten.

Summary

Background

Oxygen therapy represents a treatment option for hypoxemic patients of various etiologies and can be passively humidified using bubble humidifiers in combination with nasal cannulae or oxygen masks. Their routine use should therefore be critically evaluated with respect to both necessity and effectiveness.

- 1 Stabsstelle Pflegewissenschaft und Praxisentwicklung, Universitätsmedizin Frankfurt (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. J. Graf)
- 2 Hochschule Fulda
- 3 Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, Universitätsmedizin Marburg – Campus Fulda (Direktor: Prof. Dr. R. Schier)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Kaltluftsprudler – Sprudelbefeuchter – Sauerstoffbefeuchtung – Sauerstoffbrille – Intensivstation

Keywords

Cold Air Humidifier – Bubble Humidifier – Oxygen Humidification – Oxygen Goggles – Nasal Cannula – Intensive Care Ward

Research Question

What effects does passive humidification have on patients receiving oxygen therapy?

Methods

This scoping review was conducted in accordance with the methodology described by Arksey and O'Malley and included a literature search in four databases (Cochrane Library, CINAHL, PubMed, Web of Science). Publications addressing oxygen therapy and the effects of passive humidification in adult patients were included.

Results

Six studies (four interventional studies and two reviews) comparing humidified and non-humidified oxygen administration were included. No differences were observed in objective outcomes such as rates of intubation, non-invasive ventilation, bronchoscopy, or mucosal changes. Omission of bubble humidifiers did not result in adverse changes in subjective outcomes (Patient-reported Outcome Measures (PROMs)), including "dry nose and throat" or "discomfort". In addition, no contamination of prefilled humidifiers was observed.

Conclusions

Overall, comparison of non-humidified and humidified oxygen indicates that the use of bubble humidifiers does not confer any beneficial effects. No differences were observed across all evaluated outcomes. All included studies exhibited limitations regarding their methodological robustness and/or generalizability. The available literature suggests that the absence of demonstrable effects does not justify the routine use of bubble humidifiers; however, further research is required in all areas to conclusively address this issue.

1. Einleitung

Die Sauerstofftherapie ist eine wichtige Behandlungsoption zur Vermeidung einer Hypoxämie unterschiedlicher Genese bei Patient*innen in der klinischen Versorgung und sollte bei einer Unterschreitung der Zielsauerstoffsättigung

von 88 bis 92 % erfolgen [1]. Damit diese Therapie umgesetzt werden kann, stellt die Industrie hierfür unterschiedliche Produkte zur Verfügung. Zum einen wird Sauerstoff direkt über einen Druckminderer als einstellbarer Flow (Liter pro Minute (l/min)) angeboten. Dabei kann bei Flussraten unter 6 l/min Sauerstoff mittels Nasensonde oder -brille verabreicht werden. Sauerstoffmasken haben sich ab einer Flussrate von 5 l/min bewährt. Hierbei spricht man auch vom konventionellen Verfahren der Sauerstoffapplikation. Grundsätzlich wird ab einer kontinuierlichen Sauerstoffverabreichung von mehr als 6 l/min eine Überwachung der Patient*innen mittels peripherer Messung der Sauerstoffsättigung (SpO_2) sowie klinische Beobachtung (intermittierend) empfohlen [2]. Übermäßige Sauerstoffgaben sollten grundsätzlich kritisch abgewogen werden, denn eine Sauerstofftherapie birgt auch Gesundheitsrisiken (z. B. Absorptionsatelektase, Verlust der hypoxischen Vasokonstriktion, Haldane-Effekt). Insbesondere bei akuten Verschlechterungen der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung und anderen chronischen Lungenerkrankungen mit Risiko für Hyperkapnie sollte Sauerstoff nur verabreicht werden, wenn die Sauerstoffsättigung unter 88 % liegt. Übermäßige Sauerstoffgaben sollten demnach kritisch abgewogen werden, denn trotz der bekannten Risiken scheint weiterhin im klinischen Bereich die Vermeidung einer Hypoxämie als Priorität wahrgenommen zu werden [3,4]. Andererseits ist von dieser konventionellen Sauerstoffverabreichung mittels Sauerstoffbrille/-maske die High-Flow-Therapie, mit entsprechenden Geräten, speziellen High-Flow-Nasenkanülen und deutlich höheren Flussraten (40–60 l/min), abzugrenzen [2]. High-Flow-Therapie kann, basierend auf dem klinischen Patient*innenbedarf, etwa bei akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz, eingesetzt werden und wird standardgemäß aktiv befeuchtet [5,6]. Bei aktiven Befeuchtungssystemen erfolgt eine Erwärmung und Befeuchtung der inspirierten Luft, wodurch eine höhere Luftfeuchte erzielt werden kann

(weiterführende Informationen zur relativen und absoluten Luftfeuchte siehe Infobox 1).

Für konventionelle Sauerstoffbrillen/-masken existiert ein passives Verfahren mittels Sprudelbefeuchter. Es handelt sich hierbei um mit Aqua befüllte Behälter, durch welche Sauerstoff geleitet wird. Dieser Kontakt soll es ermöglichen, zusätzliche Feuchtigkeit aufzunehmen und dadurch die Luft zu befeuchten. Der Sauerstoff wird hierbei nicht erwärmt [7].

Von diesem passiven Verfahren sind zudem Heat and Moisture Exchanger (HME-Filter) bei nichtinvasiver (NIV) oder invasiver Beatmung abzugrenzen, welche über ein patientennahes Wärme-Feuchtigkeitstausch-Medium verfügen, um die inspirierte Luft zu befeuchten. Durch das expiratorische Atemgas der Patient*innen erfolgt neben der passiven Befeuchtung ebenfalls eine passive Erwärmung des inspirierten Atemgases [8].

Die Verwendung von Sprudelbefeuchtern bei der konventionellen Sauerstofftherapie unterliegt häufig einer Routineanwendung mit Mehraufwand durch Pflegefachpersonen, dessen Effektivität unklar ist [9]. In der Praxis ergeben sich daher Fragen hinsichtlich der Notwendigkeit und Wirksamkeit von passiver Atemgasbefeuchtung im Rahmen einer kosteneffektiven und evidenzbasierter Versorgung.

Infobox 1: Luftfeuchtigkeit bei der Sauerstoffverabreichung

Raumluft mit 22 °C und 50 % relativer Feuchte (entsprechend 10 mg $\text{H}_2\text{O/l}$ absoluter Feuchte) nimmt bei ruhiger Nasenatmung bis zur Tracheamitte ungefähr 25 mg $\text{H}_2\text{O/l}$ (73 % der Befeuchtungsleistung) und im weiteren Verlauf im Tracheobronchialbaum bis zu den Hauptbronchien noch weitere 9 mg $\text{H}_2\text{O/l}$ Wasser (27 % der Befeuchtungsleistung) auf, um in der Lunge eine Sättigung von 100 % relativer Feuchte bei 37 °C Körpertemperatur (entsprechend 44 mg/l absoluter Feuchte) zu erreichen [7]. Trockener Sauerstoff

aus dem Wandanschluss führt einen Wassergehalt von 1 mg/l mit sich und kann dazu beitragen, dass die isothermische Sättigungsgrenze verschoben wird. Warme Luft kann einen höheren Anteil an Wasser aufnehmen. Demnach kann 37 °C warme Luft maximal 44 mg H₂O/l Luft aufnehmen (absolute Feuchte), um eine relative Feuchte von 100 % zu erreichen. Im Gegensatz hierzu wäre bei einer Temperatur von 20 °C maximal 17 H₂O/l Luft erreichbar (100 % relative Feuchte) [18].

Sprudelbefeuchter erreichen beispielsweise bei einer Sauerstoffgabe von 3 Liter pro Minute eine Erhöhung der absoluten Luftfeuchte am Ausgang der Nasenbrille von 9,1 mg H₂O/l (unbefeuchtet) auf 21,0 mg H₂O/l (passiv befeuchtet). Die Temperaturen an der Sauerstoffbrille (29,8 °C unbefeuchtet vs. 30,6 °C passiv befeuchtet) waren ebenfalls geringfügig höher [12]. Zum Vergleich: HME-Filter erreichen teils mehr als 28 mg H₂O/l absolute Feuchte und Temperaturen von 32–33 °C [19].

1.1) Ziel und Forschungsfrage

Das primäre Ziel dieses Scoping-Reviews besteht darin, die verfügbare Literatur zur Effektstärke der passiven Atemgasbefeuchtung im Kontext der Sauerstofftherapie zu untersuchen. Durch diese Analyse soll zudem die Effektstärke hinsichtlich der Reduktion von Komplikationen und Patient*innenzufriedenheit untersucht werden, um klinische Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

2. Methodik

Dieses Scoping-Review folgt der von Arksey und O'Malley beschriebenen Methodologie, welche aus fünf zentralen Schritten besteht: (1) Identifizierung der Forschungsfrage, (2) Identifizierung relevanter Studien, (3) Auswahl der Studien, (4) Extraktion und Aufbereitung der Daten sowie (5) Zusammenführung, Zusammenfassung und Berichterstattung der Ergebnisse [10]. Der Aufbau des

Reviews orientiert sich an den PRISMA-ScR-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews) [11].

Zur Identifikation relevanter Studien zur passiven Atemgasbefeuchtung bei Sauerstofftherapie wurde eine systematische Literaturrecherche in vier Datenbanken (Cochrane Library, CINAHL (EBSCOhost), PubMed (MEDLINE), Web of Science) nach den Schlüsselbegriffen „low-flow oxygen therapy“, „humidification“ und „nonhumidification“ in unterschiedlichen Varianten/Synonymen durchgeführt:

- P erwachsene Patient*innen mit Sauerstofftherapie über Nasenbrille/-maske
- I passive Atemgasbefeuchtung/Sprudelbefeuchter
- C unbefeuchtet
- O Outcomes aller Art

(P = patient, I = intervention, C = comparison, O = outcome)

Die Strategie der systematischen Literaturrecherche für PubMed ist in Tabelle 1 ersichtlich. Die an die jeweilige Datenbank adaptierten Suchstrategien können im Appendix eingesehen werden.

Eingeschlossen wurden alle Primärstudien und Reviews, welche in deutscher oder englischer Sprache vorlagen und sich mit dem Einfluss passiver Atemgasbefeuchtung auseinandersetzen. Es wurden folgende Ausschlusskriterien angewandt:

- aktive Befeuchtung
- tracheotomierte Patient*innen
- High-Flow-Therapieverfahren
- nichtinvasive und invasive Beatmung
- Fokus auf Kinder/Jugendliche

High-Flow-Therapie und aktive Befeuchtung wurden ausgeschlossen, da die Forschungsfrage gezielt den Unterschied zwischen passiver Befeuchtung und unbefeuchteter Sauerstoffverabreichung untersucht. Tracheotomierte Patient*innen wurden ausgeschlossen, da bei ihnen die physiologischen Anfeuchtungsmechanismen der oberen Atemwege umgangen werden und die Sauerstoffverabreichung dieser Patient*innen daher nicht mit der Applikation über eine konventionelle Sauerstoffbrille/-maske vergleichbar ist [2].

Darüber hinaus wurden nur Studien der letzten 15 Jahre berücksichtigt, um eine Aktualität der Studienergebnisse zu gewährleisten. Die Recherche wurde im April und Mai 2023 durchgeführt, im November 2025 wiederholt und auf Aktualität geprüft. Der Auswahlprozess ist im PRISMA-Flussdiagramm dargestellt (Abb. 1).

Die Titel und Abstracts aller identifizierten Beiträge wurden unabhängig voneinander von zwei Reviewern (MD, AS) gesichtet. Volltexte potenziell relevanter Studien wurden anschließend hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Die Datenextraktion erfolgte mittels einer strukturierten Tabelle, in der zentrale Informationen erfasst wurden: Popula-

Tabelle 1
Suchstring PubMed.

	(oxygen OR „low-flow oxygen therapy“[All Fields] OR „low-flow“[All Fields])
AND	(„humidifier“[All Fields] OR „humidification“[All Fields] OR „humidified“[All Fields] OR „humidifiers“[MeSH Terms] OR „humidifiers“[All Fields] OR „humidifier“[All Fields] OR „humidifies“[All Fields] OR „humidify“[All Fields] OR „humidifying“[All Fields] OR „nonhumidified“[All Fields] OR „nonhumidification“[All Fields] OR „Bubble Humidified“[All Fields])
NOT	(„High-Flow“[All Fields] OR „intubat*“[All Fields] OR „mechanical ventilation“[All Fields] OR non-invasiv* OR trachea* OR „child“[MeSH Terms] OR „child“[All Fields] OR „children“[All Fields] OR „child s“[All Fields] OR „children s“[All Fields] OR „childrens“[All Fields] OR „childs“[All Fields] OR „infant“[MeSH Terms] OR „infant“[All Fields] OR „infants“[All Fields] OR „infant s“[All Fields] OR Covid OR anesthes*)

(Eigene Darstellung).

tion, Studiendesign, Art der Intervention, Methoden der Datenerhebung sowie zentrale Ergebnisse. Die Extraktion wurde von zwei Reviewern (MD, AS) unabhängig voneinander durchgeführt und anschließend auf Übereinstimmung geprüft. Die Abbildungen zur Darstellung der Unterschiede wurden erstellt, indem Primärdaten aus den einzelnen Studien zweimal unabhängig voneinander in Microsoft® Excel® 2016 MSO 32-Bit extrahiert und anschließend mit den Originalstudien abgeglichen wurden. Die Inhalte der eingeschlossenen Studien, deren Implikationen für die Ergebnisinterpretation und etwaige Unstimmigkeiten wurden eruiert und im gegenseitigen Einverständnis geklärt (MD, AS, RS).

Der Systematik eines Scoping-Reviews folgend wurde keine formale, standardisierte Bewertung der Studienqualität (z. B. mittels GRADE-Klassifikation) durchgeführt und als Ausschlusskriterium verwendet [10]. Qualitätsaspekte der eingeschlossenen Studien (z. B. Studiendesign, Stichprobengröße, methodische Limitationen) werden jedoch deskriptiv

dargestellt und in der Diskussion reflektiert, ohne formale Gewichtung der Evidenz. Soweit nicht anders angegeben handelt es sich bei den berichteten Daten um Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung, Anzahl (n) oder Prozent (%). Konfidenzniveaus [% KI] werden bei jedem Vorkommen angegeben, da sie unterschiedlich berichtet wurden, p-Werte und Unterschiede zwischen den Gruppen wie Odds Ratios (OR) werden entsprechend ihrer Ergebnisdarstellung in den Primärstudien angegeben.

3. Ergebnisse

Die Suche in vier Datenbanken identifizierte 412 Ergebnisse. Nach Ausschluss, etwa aufgrund von Dopplung, falschem Thema oder falscher Sprache, verblieben sechs Studien zum abschließenden Einschluss [12–17], welche die Auswirkungen passiver Befeuchtungssysteme bei Sauerstofftherapie mittels Sauerstoffbrille/-maske fokussieren. Eine zusammenfassende Tabelle der eingeschlossenen Studien ist im Zusatzmaterial einsehbar (s. Anhang).

Die aufgefundenen Ergebnisse lassen sich in objektive Endpunkte (basierend auf Messergebnissen) und subjektive patientenbezogene Endpunkte (Patient-reported Outcome Measures (PROMs)) klassifizieren. Ein Vergleich der wichtigsten Unterschiede zwischen befeuchteter und unbefeuchteter Sauerstoffverabreichung ist in Abbildung 2 zusammengefasst.

3.1) objektivierbare Endpunkte

3.1.1) klinische Outcomes

Eine randomisierte kontrollierte Studie (RCT) von Poiroux et al. [15] zeigte geringfügige Unterschiede zwischen passiv befeuchtetem (bef.) und unbefeuchtetem Sauerstoff (unbef.) nach sechs bis acht Stunden bei den nachfolgenden klinischen Endpunkten:

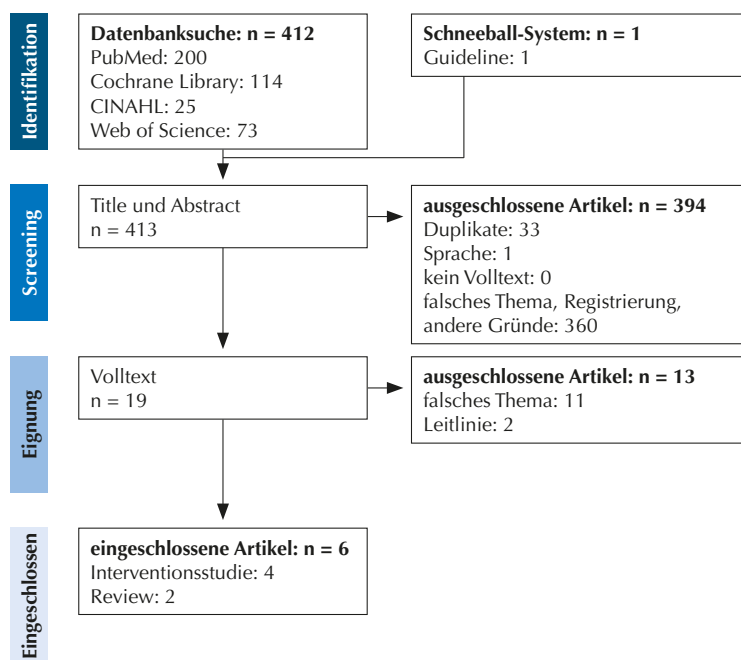
- Bedarf an Bronchoskopie
 - 278 Probanden: unbef. 5,6 % (n = 8) vs. bef. 5,1 % (n = 7); p = 0,85
- Bedarf an Intubation
 - 278 Probanden: unbef. 9,9 % (n = 14) vs. bef. 12,5 % (n = 17); p = 0,5
- Bedarf an NIV
 - 278 Probanden: unbef. 5 % (n = 7) vs. bef. 6,6 % (n = 9); p = 0,5

3.1.2) Schleimhautveränderungen

Franchini et al. und Santana et al. fanden in ihren Studien (RCTs) keine Effekte von passiver Atemgasbefeuchtung auf die nasale Mukosis (mukoziliäre Clearance, inflammatorische und oxidative Reaktionen). Die Studien umfassten gemeinsam 49 Proband*innen [12,14].

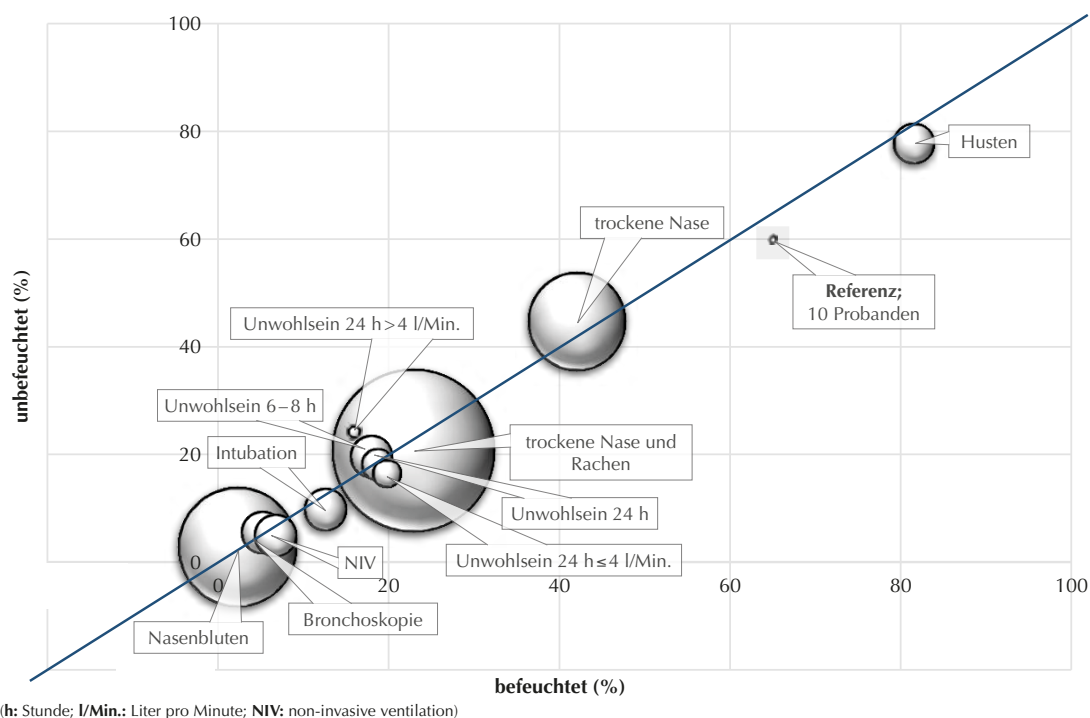
Allerdings konnten Santana et al. [14] an 31 gesunden Proband*innen Unterschiede beim Einsatz von Druckluft vs. Sauerstoff auf die nasale Schleimhaut bei Inflammation, oxidativem Stress und mukoziliärer Clearance feststellen. Demnach erhöhte die einstündige Sauerstoffgabe bereits die Konzentrationen von Makrophagen, Neutrophilen, Stickstoffmonoxid und 8-iso-Prostaglandin-F2 α und führte zu einer verlängerten Saccharin-Transitzeit (p < 0,05) (weiterführende Informationen zur Saccharin-Transitzeit siehe Infobox 2). Diese negativen Effekte zeigten sich unterschiedslos

Abbildung 1



Flussdiagramm Datenbankrecherche. (Eigene Abbildung).

Abbildung 2



Endpunkte befeuchteter und unbefeuchteter Sauerstofftherapie. (Eigene Grafik, mod. n. Poiroux et al. 2018 [Bronchoskopie, Intubation, NIV, Unwohlsein]; Wen et al. 2017 [Husten, Nasenbluten, trockene Nase, trockene Nase und Rachen]).

Auftreten der Outcomes in % unter passiv befeuchteter und unbefeuchteter Sauerstofftherapie; Unwohlsein: je höher, desto schlechter; sonstige Outcomes: je höher, desto häufiger das Auftreten; Blasengröße repräsentiert Probandenzahl: je größer, desto mehr Proband*innen; Schnittpunkte der beiden Häufigkeiten entsprechen dem Mittelpunkt der Blase; Referenzlinie markiert identische Häufigkeiten; Abstand des Blasenmittelpunkts zur Referenzlinie spiegelt Ausmaß des Häufigkeitsunterschieds (Referenzblase: 10 Proband*innen; Auftreten von Outcome XY 60 % unbef; 65 % bef.).

in der befeuchteten ($n = 8$) und unbefeuchteten Gruppe ($n = 8$). Es wurde eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte (%) am Ausgang der Nasenbrille durch den Einsatz von Sprudelbefeuchtern gemessen ($p < 0,05$), welche jedoch laut Autor*innen mit keinen relevanten Unterschieden der relativen Feuchte der nasalen Mukosa einherging.

Franchini et al. [12] wiesen an 18 Patient*innen (unbef. $n = 10$; bef. $n = 8$) in einer Langzeitstudie (24 Monate) negative Auswirkungen der Sauerstofftherapie auf die nasale Schleimhaut, wie verlängerte Saccharin-Transitzeit nach 12 Monaten ($p = 0,049$) und 24 Monaten ($p = 0,017$), sowie erhöhte Anteile von Makrophagen, Interleukin-8 und Konzentrationen epidermaler Wachstumsfaktor bei vermindertem Interleukin-10 nach. Ebenso zeigte sich eine negative Korrelation zwischen mukoziliäre Clearance (Saccharin-Transit-

zeit) und Lungenfunktion (LEV1) nach 24 Monaten ($-0,56$; $p = 0,007$). Bei diesen Parametern gab es keine Gruppenunterschiede zwischen befeuchteter und unbefeuchteter Atemluft. Durch Sprudelbefeuchter zeigte sich eine Erhöhung der absoluten Luftfeuchte am Ausgang der Nasenbrille auf $21 \text{ mg pro Liter (mg/l)}$ (vs. unbef. 9 mg/l ; $p < 0,001$). Zudem wurde eine leicht höhere absolute Feuchte der nasalen Mucosa unter befeuchteter Sauerstoffverabreichung festgestellt. Dieser Unterschied war abhängig von der Flussrate. Bei einer Sauerstoffgabe von zwei Litern pro Minute war die absolute Feuchte der Schleimhaut bei unbef. $22,3 \pm 1,9 \text{ mg/l}$ versus bef. $24,3 \pm 2,1 \text{ mg/l}$. Bei drei Litern Sauerstoff pro Minute zeigte sich absolute Feuchte von unbef. $21,0 \pm 2,5 \text{ mg/l}$ vs. bef. $25,2 \pm 1,2 \text{ mg/l}$. Diese Unterschiede waren laut den Autor*innen nicht signifikant.

Infobox 2: Saccharin-Transitzeit

Saccharin-Transitzeit beschreibt die Zeit, die ein Saccharin-Partikel benötigt, um vom vorderen Teil der unteren Nasenmuschel (Nasenhöhle) bis zum Rachen transportiert zu werden (Geschmackswahrnehmung) [20,21].

3.1.3) Kontaminationen und Infektionen

Wen et al. berichteten in ihrem Review mit Metaanalyse über bakterielle Kontaminationen der Befeuchterbehälter (OR 0,16 [0,06–0,43; 95%-KI]; 8 Studien; 1906 Proband*innen) und ein gehäuftes Neuauftreten respiratorischer Infektionen nach Sauerstofftherapie mit passiver Atemgasbefeuchtung (OR 0,39 [0,21–0,73; 95%-KI]; 4 Studien; 1916 Probanden) [13].

La Fauci et al. entnahmen nach fünf-tägigem Einsatz 300 Proben von Einmalmaterialien und wiederbefüllbaren Sprudelbefeuchtern. Sie wiesen mikrobielle Kontaminationen in den Mehrfachprodukten nach, meist *Pseudomonas aeruginosa*, gram-negative und gram-positive Bakterien sowie *Staphylococcus aureus*. Diese Kontamination betrafen alle klinischen Bereiche (Innere 83 %, Chirurgie 77 %, Intensivstationen 50 %). In den Proben der Einwegprodukte wurden keine Kontaminationen gefunden [16].

Ein Review von de la Fuente-Sancho verdeutlichte ebenso die Notwendigkeit der hygienischen Aufbereitung von Mehrfachsystemen, um Kontaminationen zu minimieren. Alle Studien, welche wiederbefüllbare Befeuchter beinhalten, zeigten bakterielle Kontaminationen (zwischen 10 und 100 %). Es handelte sich aber nicht immer um pathogene Keime. Aufgefundene pathogene Keime waren beispielsweise *Pseudomonas*, gram-negative Bakterien oder *Aspergillus*. Ein Nachweis von Legionellen wurde meist nicht fokussiert. Einwegsysteme zeigten auch bei längeren Laufzeiten und wechselnden Patient*innen keinerlei pathogene Kontaminationen [17].

3.2) Subjektive Endpunkte

Das RCT von Poiroux et al. [15] identifizierte beim Symptomkomplex „Unwohlsein“ in der Gesamtgruppe nach sechs bis acht Stunden ($n = 277$) und nach 24 Stunden ($n = 156$) keine Unterschiede zwischen unbefeuchteter und passiv befeuchteter Sauerstoffverabreichung. Eine Subgruppe zeigte nach 24 Stunden bei Sauerstoffflussraten über 4 l/min ($n = 29$) einen geringen Komfortvorteil beim Einsatz von Sprudelbefeuchtern (Tab. 2).

Die Metaanalyse von Wen et al. lieferte marginale Unterschiede bei folgenden subjektiven Outcomes [13]:

- trockene Nase
 - 1454 Proband*innen: unbef. 44,8 % vs. bef. 42 %; OR 1,21 [0,76–1,93; 95 %-KI]
- trockene Nase und trockener Rachen
 - 3995 Proband*innen: unbef. 20,8 % vs. bef. 22,8 %; OR 0,93 [0,78–1,10; 95 %-KI]

Tabelle 2

Symptomkomplex „Unwohlsein“ zu den verschiedenen Erhebungszeitpunkten.

Gruppe	Probanden	Statistisches Maß
6–8 Stunden		
Gesamt	bef. ($n = 136$) vs. unbef. ($n = 141$)	absolute Differenz: 2,8 [-0,4; +6,0; 90 % KI]
≤ 4 l/min	bef. ($n = 99$) vs. unbef. ($n = 100$)	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung: bef. $26,1 \pm 19,4$ vs. unbef. $27,9 \pm 22,2$
> 4 l/min	bef. ($n = 37$) vs. unbef. ($n = 42$)	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung: bef. $29,3 \pm 22,1$ vs. unbef. $33,9 \pm 24,2$
24 Stunden		
Gesamt	bef. ($n = 71$) vs. unbef. ($n = 85$)	absolute Differenz: -0,5 [-4,3; +3,3; 90 % KI]
≤ 4 l/min	bef. ($n = 58$) vs. unbef. ($n = 71$)	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung: bef. $29,6 \pm 19,7$ vs. unbef. $24,8 \pm 21,0$
> 4 l/min	bef. ($n = 14$) vs. unbef. ($n = 15$)	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung: bef. $23,8 \pm 16,6$ vs. unbef. $36,4 \pm 19,5$; $p = 0,04$

Eigene Darstellung n. Poiroux et al. 2018.

bef.: befeuchtet; **unbef.:** unbefeuchtet; **n:** Probandenanzahl; **KI:** Konfidenzintervall; **Skala Unwohlsein:** je höher, desto schlechter; **Einheit:** 0–150.

- Nasenbluten
 - 2165 Proband*innen: unbef. 2,9 % vs. bef. 2,2 %; OR 1,34 [0,77–2,34; 95 %-KI]
- Husten
 - 255 Proband*innen: unbef. 77,9 % vs. bef. 81,5 %; OR 0,80 [0,42–1,52; 95 %-KI]

Franchini et al. [12] zeigten in ihrer Langzeitstudie (Probandenanzahl zu Studienbeginn: unbef. $n = 10$; bef. $n = 8$) einen identischen Rückgang der mittels Fragebogen (Sino-Nasal Outcome Test 20 bzw. SNOT-20) erhobenen negativen Symptome (obere Atemwegssymptome und Schlafprobleme), unabhängig vom Einsatz einer passiven Befeuchtung. Demnach war Husten das am häufigsten berichtete Symptom zu Studienbeginn (bef. 44 % vs. unbef. 50 %), welches sich bereits nach sieben Tagen deutlich reduziert darstellte (bef. 11 % vs. unbef. 10 %; $p = 0,391$). Die Schlafprobleme waren in beiden Gruppen nach 12 bzw. 24 Monaten ebenfalls deutlich geringer (im Vergleich zu Basisdaten und 12 Std.: $p = 0,025$; im Vergleich zu 7 und 30 Tagen: $p = 0,019$):

- Husten
 - 12 Monate: 0 % (unbef. und bef.)
 - 24 Monate: unbef. 10 % vs. bef. 11 %

- Schlafprobleme
 - 12 Monate: unbef. 10 % vs. bef. 11 %
 - 24 Monate: unbef. 20 % vs. bef. 15 %

Santana et al. [14] registrierten bei 31 gesunden Proband*innen nach einstündiger Luftverabreichung von 3 l/min bei Verwendung einer passiven Atemgasbefeuchtung niedrigere Werte empfundener nasaler Trockenheit (Einschätzung mittels visueller Analogskala (VAS): je höher, desto ausgeprägter die empfundene nasale Trockenheit; 0: keine, 0,5: sehr leicht, 1: leicht, 2: mäßig, 3: schwer, 4: sehr schwerwiegend und unangenehme Symptome (SNOT-20) ($p < 0,05$)). Dieser Effekt betraf die Verabreichung von Sauerstoff (Proband*innen: bef. $n = 8$; unbef. $n = 8$) und Druckluft (Probanden: bef. $n = 7$; unbef. $n = 8$).

4. Diskussion

Insgesamt zeigen sich keine oder nur minimale Unterschiede bei allen aufgeführten Endpunkten. Die einbezogenen Studien wiesen Limitationen in Bezug auf Aussagekraft und/oder Generalisierbarkeit ihrer Ergebnisse auf.

4.1) objektivierbare Endpunkte

Hinsichtlich der Effektstärke einer passiven Atemgasbefeuchtung gegenüber einer unbefeuchteten Sauerstoffverabreichung zeigt die Studie von Poiroux et al. [15] bei den Outcomes Intubations- und NIV-Raten sehr geringe Unterschiede (s. Abb. 2). Demnach wurde in der Befeuchtergruppe eine geringfügig höhere Rate an Intubationen (2,6 %; $p = 0,5$) und NIV (1,6 %; $p = 0,5$) aufgefunden. Die Studie weist allerdings eine ungleiche Verteilung respiratorischer Insuffizienzen als Aufnahme diagnose auf Intensivstation auf (bef. 36,8 % vs. unbef. 27,5 %). Dies könnte ggf. die leicht erhöhten Intubations- und NIV-Raten unabhängig vom Befeuchtungsverfahren erklären. Die Studie von Poiroux et al. liefert in Bezug auf Nasen-/Rachenentzündungen keine auffälligen Unterschiede. Andere Infektionsraten wie (nosokomiale) Pneumonien wurden nicht dargelegt.

Wen et al. [13] benennen in ihrer Metaanalyse das häufigere Neuauftreten respiratorischer Infektionen nach befeuchteter Sauerstofftherapie (4 Studien; 1916 Proband*innen) und bakterielle Kontaminationen der Befeuchterbehälter (8 Studien; 1906 Proband*innen). Zwei der vier Studien waren in beiden Analysen enthalten. Diese Metaanalyse beinhaltete eine hohe Anzahl von Studien aus einem Land. Ebenfalls wurden bei der Analyse dieser beiden Endpunkte ausschließlich deren Studienergebnisse bewertet. Die fehlende Überprüfbarkeit der Primärstudien aufgrund der Sprachbarriere erschwert die Einschätzung und Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Soweit beurteilbar, wurde bei deren Ergebnisdarstellung keine Differenzierung zwischen Einweg- oder Mehrwegmaterial vorgenommen [13]. Im Gegensatz zu diesen Resultaten konnten La Fauci et al. in Einwegmaterialien keine Kontaminationen identifizieren. Die Testung erfolgte allerdings bereits nach fünf Tagen [16]. Das Review von de la Fuente-Sancho et al. [17] untermauert die Einschätzung, dass kein Risiko von Einwegprodukten ausgeht, auch nicht bei längeren Laufzeiten oder wechselnden Patient*innen. Allerdings könnten

wiederverwendbare Behälter ohne korrekte antiseptische Maßnahmen ein Kontaminationsrisiko darstellen. Das Review von la de Fuente-Sancho et al. beinhaltet jedoch sehr heterogene Studien, mit beispielsweise unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren. Zudem waren fünf der zwölf eingeschlossenen Studien aus den Jahren 1990–1993. Dies könnte die Aktualität der Gesamtbetrachtung infrage stellen und möglicherweise vorliegende neuere antiseptische Verfahren nicht abbilden. Insgesamt ist der Einsatz von Einmalmaterial als sicher anzusehen. Der RCT von Poiroux et al. [15] verwendete Einmalmaterial (Aquapak®, Teleflex) zur passiven Befeuchtung. Demnach erscheint es plausibel, dass die (sehr geringen) Unterschiede der NIV- und Intubationsraten durch andere Ursachen begründet sein könnten, welche nicht mit dem Befeuchtungsverfahren assoziiert sind. Dennoch sollten zukünftige Studien sich dieser Diskrepanz annehmen.

Franchini et al. [12] und Santana et al. [14] konnten bei keine Unterschiede zwischen unbefeuchtet und passiver Befeuchtung auf die nasale Mucosa (inflammatorische Reaktionen, oxidativer Stress, mukoziliäre Clearance) nachweisen. Sauerstofftherapie scheint mit negativen Veränderungen der Schleimhäute assoziiert, welche sich nicht durch eine Befeuchtung beeinflussen lassen. Beide Studien hatten geringe Probandenzahlen, was die Ergebnisbeurteilung erschwert. Santana et al. wählten zudem gesunde Teilnehmer*innen und eine Evaluation bereits nach einer Stunde. Dies beschränkt die Aussagekraft zusätzlich und behindert eine Generalisierbarkeit der Ergebnisse auf klinische Situationen.

Beide Studien belegten eine Erhöhung der Luftfeuchte durch die Sprudelbefeuchter an der Nasenbrille. Dennoch berichten selbige über keine oder nur eine geringe Feuchtigkeitsunterschiede der nasalen Mucosa. Während die absolute Luftfeuchte bei Franchini et al. [12] 21,0 mg/l an der Sauerstoffbrille betrug, zeigte die absolute Feuchte der Nasenschleimhaut 25,2 mg/l (bei 3 l/min). Damit lag dieser Wert 4,2 Punkte über der unbefeuchteten Nasenschleimhaut

(unbef. $21,0 \pm 2,5$ vs. bef. $25,2 \pm 1,2$). Im Gegensatz zu anderen Unterschieden gaben die Autoren für die Feuchte der Nasenschleimhaut keinen p-Wert an. Santana et al. [14] wählten eine rein grafische Darstellung der Ergebnisse und berichteten ausschließlich den p-Wert des Unterschieds zwischen der relativen Feuchte an der Sauerstoffbrille ($p < 0,05$). Der Unterschied an der nasalen Mucosa wurde nur als nicht signifikant benannt. Daher ist bei beiden Studien, aufgrund fehlender statistischer Details, eine Objektivierung und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse nicht vollumfänglich möglich. Dennoch scheint passive Atemgasbefeuchtung nicht ausreichend in der Lage, die Nasenschleimhaut zu befeuchten, um negative Effekt auszugleichen. Um diese Ergebnisse abschließend beurteilen zu können, ist allerdings weiterer Forschungsbedarf nötig.

4.2) PROMs

Wen et al. [13] berichteten bei subjektiven Symptome wie beispielsweise „trockene Nase“, „trockene Nasen und Rachen“ oder „Husten“ keine wesentlichen Unterschiede (Abb. 2), während das Symptom „Husten“ laut Franchini et al. [12] grundsätzlich eher ein kurzzeitiges Problem von Patient*innen ist. Im Gegensatz hierzu zeigten Poiroux et al. [15] beim Symptomkomplex „Unwohlsein“ Unterschiede in einer Subgruppe. Dieser Symptomkomplex erfordert für die Interpretation der Ergebnisse jedoch eine differenzierte Betrachtung. Er beinhaltete beispielsweise neben „Mundtrockenheit“, „nasaler Trockenheit“ oder „Durst“ auch Symptome wie „Unwohlsein in der Brust“, „Kopfschmerz“ oder „veränderte Geschmacksempfindung im Mund“. Die Symptome könnten jedoch ebenso auf andere Ursachen als eine Befeuchtung zurückzuführen sein. Diese Studie hatte zudem eine hohe Drop-out-Rate zwischen den Zeitpunkten 6–8 Stunden und 24 Stunden (H6-8: 277 Proband*innen; H24: 156 Proband*innen), welche nicht begründet wurde. Demnach wurden nur 56 % der Patient*innen mehrmals erfasst. Insgesamt scheinen die Subgruppenanalysen aufgrund der geringen Probandenzahl eingeschränkt. Nach 24 Stunden waren noch 71 befeuchtete und

85 unbefeuchtete Patient*innen in die Analyse integriert. Eine Ähnlichkeit der Gruppen nach 24 Stunden und/oder mit Bezug auf die unterschiedlichen Sauerstoffflussraten wurde nicht dargestellt. Die berichteten Charakteristika beziehen sich auf den Zeitpunkt nach 6–8 Stunden. Insbesondere die geringe Probandenzahl nach 24 Stunden bei höheren Sauerstoffraten (15 unbef. vs. 14 bef.) erscheint problematisch. Eine Beeinflussung des Outcomes „Unwohlsein“ durch Unterschiede der Proband*innen kann demnach nicht ausgeschlossen werden.

Santana et al. [14] fanden ebenso beim Einsatz passiver Atemgasbefeuchtung geringere unangenehme Symptome (Einschätzung mittels VAS und SNOT) nach einstündiger Sauerstofftherapie. Aufgrund der geringen Proband*innenzahl kann ebenfalls eine Ergebnisbeeinflussung aufgrund von Einzelcharakteristika nicht ausgeschlossen werden. Die Daten wurden zudem ausschließlich grafisch dargestellt und nur der p-Wert numerisch berichtet. Die mittels VAS eingeschätzte subjektive nasale Trockenheit scheint eher gering (Schätzung des Mittelwerts [Min–Max] anhand der Grafik: unbef. 2 [0,5–3,1] vs. bef. 1 [0,2–2] (0: keine, 0,5: sehr leicht, 1: leicht, 2: mäßig, 3: schwer, 4: sehr schwerwiegend)). Diese Einschätzung deckt sich mit Poiroux et al. [15], welche die aufgefundenen Symptome ebenfalls als gering einstufen und schlussfolgerten, dass Sauerstofftherapie grundsätzlich gut vertragen wird.

Die subjektiven Symptome der Trockenheit ließen sich nicht durch Messungen der Feuchte der Nasenschleimhaut objektivieren [14]. Trotz der benannten Limitationen und in Anbetracht ähnlicher Feuchtemessungen von Franchini et al. [12] werfen diese Ergebnisse dennoch die Frage auf, inwieweit entweder die Auswirkungen an der Nasenschleimhaut (noch) nicht messbar sind oder ob passive Atemgasbefeuchtung ggf. durch andere Einflüsse (z. B. das Blubbern) das subjektive Befeuchtungsgefühl verbessert, ohne einen tatsächlich messbaren Effekt zu erzeugen.

Franchini et al. [12] berichteten Schlafprobleme unter der Sauerstofftherapie.

Sie benannten einen von der Befeuchtung unabhängigen Rückgang der Symptome, inkl. Nennung des p-Werts. Der 5 %ige Unterschied zum Zeitpunkt von 12 Monaten wurde nicht näher ausgeführt (unbef. 20 % vs. bef. 15 %).

Passive Atemgasbefeuchtung ist nach den vorliegenden Daten nicht in der Lage, negative subjektive Symptome der Patient*innen unter Sauerstofftherapie auszugleichen. Mögliche Unstimmigkeiten lassen sich am ehesten durch die geringen Proband*innenzahlen der Studien erklären, wenngleich eine abschließende Beurteilung nur mittels umfangreicher Studien erreicht werden könnte.

4.3) Limitationen

Die Analyse erfolgte gemäß der Methodik eines Scoping-Reviews qualitativ und grafisch, um einen Überblick über die Datenlage zu ermöglichen. Trotz intensiver Recherche in vier Datenbanken wurden nur wenige relevante Studien identifiziert. Die inkludierten Studien weisen Limitationen auf, welche zur Ergebnisinterpretation und Übertragbarkeitsanalyse dargestellt wurden. Eindeutige Schlussfolgerungen sind daher nur begrenzt generalisierbar und unterstreichen den notwendigen Forschungsbedarf.

5. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend weist der Vergleich zwischen unbefeuchteter und passiv befeuchteter Sauerstoffverabreichung mittels Sprudelbefeuchtern keine wesentlichen Effektunterschiede auf. Objektivierbare Endpunkte, wie die Analyse von Intubationsraten, Nasenfeuchte oder Nasenschleimhaut, weisen keine messbaren Unterschiede aufgrund der Befeuchtung auf. Einwegmaterialien scheinen in Bezug auf Kontaminationen zudem hygienisch unbedenklich. PROMs wie „trockene Nase“, „trockene Nase und Rachen“ oder der Symptomkomplex „Unwohlsein“ weisen ebenfalls keine Unterschiede auf. Ausschließlich in einer Subgruppe (24 Stunden: >4 l/min) beim Vergleich von 15 mit 14 Proband*innen konnten geringe

Wohlbefindensvorteile in der Befeuchtergruppe registriert werden.

Die fehlende Effektstärke einer passiven Atemgasbefeuchtung rechtfertigt somit keinen routinemäßigen Einsatz von Sprudelbefeuchtern. Passive Befeuchtung scheint demnach nicht in der Lage, die Nasenschleimhaut ausreichend zu befeuchten, um negative Effekte der Sauerstofftherapie auszugleichen. Im Sinne einer Einzelfallentscheidung kann ggf. zur Steigerung der Akzeptanz bei Patient*innen mit höheren Sauerstoffraten und Unwohlsein der Einsatz einer passiven Befeuchtung abgewogen werden. In diese Einzelfallentscheidung sollten ebenfalls der (geringe) Mehraufwand dieser Routineanwendung sowie die entstehenden Kosten ebenfalls Berücksichtigung finden. Unser Scoping-Review zeigt, dass weiterhin Forschungsbedarf besteht, um den Nutzen passiv befeuchteter Sauerstoffverabreichung mittels Sprudelbefeuchtern sicher nachzuweisen. Auf der Basis unserer Daten stellt eine passiv befeuchtete Sauerstoffverabreichung keinen wesentlichen Vorteil in der Patient*innenversorgung gegenüber der unbefeuchteten Methode dar.

Korrespondenz- adresse



Marion Diegelmann

Universitätsmedizin Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main,
Deutschland

E-Mail: marion.diegelmann@
unimedizin-ffm.de

ORCID-ID: 0009-0001-7996-3605

Literatur

- 1 Gottlieb J, Capetian P, Hamsen U, Janssens U, Karagiannidis C, Kluge S, et al: German S3 Guideline: Oxygen Therapy in the Acute Care of Adult Patients. *Respiration* 2022;101:214–252
- 2 Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e. V. (DGP): S3-Leitlinie Sauerstoff in der Akuttherapie beim Erwachsenen. Langversion 1.0, Juni 2021. AWMF-Registernummer: 020–021
- 3 O'Driscoll BR, Bakerly ND: Are we giving too much oxygen to patients at risk of hypercapnia? Real world data from a large teaching hospital. *Respir Med* 2025;238:107965
- 4 Sarkar M, Madabhavi I, Kadakol N: Oxygen-induced hypercapnia: physiological mechanisms and clinical implications. *Monaldi Arch Chest Dis* 2022;93
- 5 Piraino T, Madden M, Roberts KJ, Lamberti J, Ginier E, Strickland SL: AARC Clinical Practice Guideline: Management of Adult Patients With Oxygen in the Acute Care Setting. *Respir Care* 2022;67:115–128
- 6 Lewis SR, Baker PE, Parker R, Smith AF: High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2021;3:CD010172
- 7 Dasgupta S, Ghosh S, Chandra A: Cold Bubble Humidification of Oxygen: Old habits die hard. *Sultan Qaboos Univ Med J* 2022;22:309–313
- 8 Gillies D, Todd DA, Foster JP, Batuwitage BT: Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;9:CD004711
- 9 Tang N, Li H, Zhang J, Ling H, Shi L, Zhang H, et al: Nurses' knowledge, attitude, and practice of low-flow oxygen therapy and humidification. *Front Med (Lausanne)* 2024;11:1460079
- 10 Arksey H, O'Malley L: Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol* 2005;8:19–32 doi:10.1080/1364557032000119616
- 11 Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al: PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med* 2018;169:467–473
- 12 Franchini ML, Athanazio R, Amato-Lourenço LF, Carreirão-Neto W, Saldiva PHN, Lorenzi-Filho G, et al: Oxygen With Cold Bubble Humidification Is No Better Than Dry Oxygen in Preventing Mucus Dehydration, Decreased Mucociliary Clearance, and Decline in Pulmonary Function. *Chest* 2016;150:407–414
- 13 Wen Z, Wang W, Zhang H, Wu C, Ding J, Shen M: Is humidified better than non-humidified low-flow oxygen therapy? A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs* 2017;73:2522–2533
- 14 Santana LA, Bezerra SKM, Saraiva-Romanhólo BM, Yamaguti WP, de Fátima Lopes Calvo Tibério I, Dos Santos TM, et al: Cold bubble humidification of low-flow oxygen does not prevent acute changes in inflammation and oxidative stress at nasal mucosa. *Sci Rep* 2021;11:14352
- 15 Poiroux L, Piquilloud L, Seegers V, Le Roy C, Colonval K, Agasse C, et al: Effect on comfort of administering bubble-humidified or dry oxygen: the Oxyrea non-inferiority randomized study. *Ann Intensive Care* 2018;8:126
- 16 La Fauci V, Costa GB, Facciola A, Conti A, Riso R, Squeri R: Humidifiers for oxygen therapy: what risk for reusable and disposable devices? *J Prev Med Hyg* 2017;58:E161–E165
- 17 de la Fuente-Sancho I, Romeu-Bordas Ó, Fernández-Aedo I, Vallejo De la Hoz G, Ballesteros-Peña S: Microbiological contamination in high and low flow oxygen humidifiers: A systematic review. *Med Intensiva (Engl Ed)* 2019;43:18–25
- 18 Lang H: Atemgaskonditionierung. In: Lang H (Hrsg): *Beatmung für Einsteiger*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2020;171–178
- 19 Lellouche F, Bouchard PA, Cyr LA, Lefebvre JC, Branson R: Hygrometric Performance of 113 Passive Humidifiers: ISO Standard Method Versus Psychrometry. *Respir Care* 2025;70:1376–1386
- 20 Rodrigues F, Freire AP, Uzeloto J, Xavier R, Ito J, Rocha M, et al: Particularities and Clinical Applicability of Saccharin Transit Time Test. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2019;23:229–240
- 21 Caponnetto P, Emma R, Benfatto F, Ferlito S, Gulino A, Maniaci A, et al: Saccharin test: Methodological validation and systematic review of the literature. *Ear Nose Throat J* 2024;103:NP494–NP507.

Anhang

Tabelle 1A

Systematische Literaturrecherche – Datenbanken.

Datenbank	Suchstring und Filter	Resultate
Pubmed	(oxygen OR "low-flow oxygen therapy"[All Fields] OR "low-flow"[All Fields]) AND ("humidifier"[All Fields] OR "humidification"[All Fields] OR "humidified"[All Fields] OR "humidifiers"[MeSH Terms] OR "humidifiers"[All Fields] OR "humidifier"[All Fields] OR "humidifies"[All Fields] OR "humidify"[All Fields] OR "humidifying"[All Fields] OR "nonhumidified"[All Fields] OR "nonhumidification"[All Fields] OR "Bubble Humidified"[All Fields]) NOT ("High-Flow"[All Fields] OR "intubat*" [All Fields] OR "mechanical ventilation"[All Fields] OR non-invasiv* OR trachea* OR "child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields] OR "infant"[MeSH Terms] OR "infant"[All Fields] OR "infants"[All Fields] OR "infant s"[All Fields] OR Covid OR anesthes*) Filter: 15 Jahre, Deutsch/Englisch	200
Cochrane Library	("low-flow oxygen therapy" OR "low-flow") AND (humidification OR humidified OR nonhumidified OR nonhumidification) Filter: 15 Jahre	114
CINAHL	("low-flow oxygen therapy" OR "low-flow" OR inhalation) AND (humidification OR humidified OR nonhumidified OR nonhumidification) NOT (High-Flow OR intubat* OR "mechanical ventilation" OR children OR infant) Filter: 15 Jahre	25
Web of Science	("low-flow oxygen therapy" OR "low-flow" OR inhalation) AND (humidification OR humidified OR nonhumidified OR nonhumidification) NOT (High-Flow OR intubation OR "mechanical ventilation" OR children OR infant) Filter: 15 Jahre	73

Tabelle 2A

Charakteristika eingeschlossener Studien.

Hauptaussage	Ergebnisdetails
La Fauci et al. 2017	- Einwegprodukt zeigt 5 Tage nach Initialverwendung keine Kontamination - Mehrfachprodukte zeigen Kontaminationen - Innere (83 %), Chirurgie (77 %), Intensivstationen (50 %) - überwiegend <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, gram-negative Bakterien, <i>Staphylococcus aureus</i>, gram-positive Bakterien
Hauptaussage: Einwegprodukte zeigten nach 5 Tagen keine Kontamination	
Studiendesign: Interventionsstudie, Vergleich von 300 Mehrwegprodukten und 300 Einwegprodukten	
Einschränkung: Testung bereits nach 5 Tagen	Einzeloutcomes - nasale mukoziliäre Clearance: Reduktion in beiden Gruppen (längere Saccharin-Transitzeiten) 12 Monate ($p = 0,049$), 24 Monate ($p = 0,017$) - keine Gruppenunterschiede ($p = 0,224$) - Assoziation zwischen beeinträchtigter mukoziliärer Clearance und Abnahme der Lungenfunktion - Korrelation STT und FEV1 nach 24 Monaten ($-0,56$; $p = 0,007$) - nasale Lavage: - erhöhte Anteile von Makrophagen und Interleukin-8 sowie erhöhte Konzentrationen des epidermalen Wachstumsfaktors bei vermind. Interleukin-10 - keine Veränderungen im Anteil ziliärentragender Zellen oder Kontaktwinkel - absolute Feuchte (mg/l) an der Sauerstoffbrille und Nasenschleimhaut 2 l/min Sauerstoffgabe - Sauerstoffbrille unbef. $9,0 \pm 0$ vs. bef. $21,0 \pm 0$ ($p < 0,001$)
Franchini et al. 2016	
Hauptaussage: Passive Atemgasbefeuchtung scheint nicht in der Lage, Veränderungen der Sauerstofftherapie auszugleichen keine Unterschiede zwischen befeuchteter oder unbefeuchteter Sauerstoffgabe	
Studiendesign: RCT, 18 Proband*innen mit Langzeitsauerstofftherapie Erhebungszeitpunkte: Basisdaten, nach 12 Std., 7 Tagen (18 Proband*innen), 30 Tagen (17 Proband*innen), 12 Monate (16 Proband*innen), 24 Monate (15 Proband*innen) (Drop-out-Grund: Tod)	
Testverfahren: nasale mukoziliäre Clearance (Saccharin-Transitzeit, STT), Schleimhaut-Kontaktwinkel (Oberflächenspannung), Inflammation (Zell- und Cytokin-Konzentration in nasaler Lavage), Lungenfunktion	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite

- absolute Feuchte (mg/l) an der Sauerstoffbrille und Nasenschleimhaut - Sino-Nasal Outcome Test 20 (SNOT-20) 20 Items in 2 Hauptdomänen: obere Atemwegssymptome (Fragen 1–10), Schlafqualität (Fragen 11–20) visuelle Analogskala 0 bis 5: je höher, desto ausgeprägter Einschränkungen: 18 Teilnehmende: 10 unbef., 8 bef.; 24 Mon.: 8 unbef. vs. 7 bef. - Luftfeuchte und Temperaturmessung bei 6 Proband*innen >> keine nähere Erläuterung zu Zeitpunkt/Auswahl o. ä. - nicht alle p-Werte berichtet (z. B. Schleimhautfeuchte bef. vs. unbef.) oder Zeitpunkt der p-Wert-Bestimmung unbestimmt (z. B. keine Gruppenunterschiede Schlafprobleme) - Schlafprobleme nach 24 Monaten: keine explizite Aussage	- Schleimhaut unbef. $22,3 \pm 1,9$ vs. bef. $24,3 \pm 2,1$ (kein p-Wert berichtet) 3 l/min Sauerstoffgabe - Nasenbrille unbef. $9,1 \pm 0,3$ vs. bef. $21,0 \pm 0$ ($p < 0,001$) - Schleimhaut unbef. $21,0 \pm 2,5$ vs. bef. $25,2 \pm 1,2$ (kein p-Wert berichtet) - Husten und Schlafsymptome (SNOT-20) - Husten 12 Mon.: 0 % 24 Mon.: unbef. 10 % vs. bef. 11 % - Schlafprobleme 12 Mon.: unbef. 10 % vs. bef. 11 % 24 Mon.: unbef. 20 % vs. bef. 15 % - identische Reduktion von Husten (n. 7 Tagen; keine Gruppenunterschiede; $p = 0,391$) und Schlafproblemen $p = 0,025$ 12/24 Mon. vs. Baseline und 12 Std. $p = 0,019$ 12/24 Mon. vs. 7 u. 30 Tage; "no significant differences between dry-NLFO and humidified-NLFO groups ($p = 0,391$)"
Hauptaussage	Ergebnisdetails
de la Fuente-Sancho et al. 2019	Einzeloutcomes
Hauptaussage Notwendigkeit guter aseptische Praxis bei der Verwendung von wiederverwendbaren Systemen oder Einmalsystemen als sichere Alternative	- Einwegsysteme 5 Studien verwendeten Befeuchter bei mehreren Pat. - mikrobiologische Untersuchungen max. Nutzungszeitraum bis 105 Tagen, meist < 30 Tage - keine pathogenen Bakterien, 1 Studie keine Pilze - Verwendung Einwegsystem über mehrere Wochen scheint selbst beim Einsatz bei verschiedenen Pat. sicher
Studiendesign Review, 12 Studien: 4 x wiederverwendbar, 4 x Fertigsysteme, 4 x Vergleich beider Systeme 8,876 Patient*innen (4583 Proband*innen unbef., 4293 Proband*innen bef.)	- wiederbefüllbare Systeme - unterschiedliche Wiederaufbereitungs-, Wiederverwendungsverfahren und Einsatzlänge - meist: zw. jedem Pat. Zwischenreinigung vor Neubefüllung, Verwendung von sterilem Aqua - alle Studien: bakterielle Kontaminationen (10–100 %) - überwiegend keine pathogenen Keime, teils Pseudomonas, gram-negative Bakterien, Aspergillus - Legionellen wurden teils nicht geprüft
Einschränkungen - teils fragliche Generalisierbarkeit der Studien - sehr unterschiedliche Studien, Aufbereitungsarten, Verwendung (Pat.wechsel oder nur 1 Pat.) 5 Studien 1990–1993	
Poiroux et al. 2018	klinische Parameter: n (%) oder Tage
Hauptaussage: Keine Unterschiede bei subjektivem Symptomkomplex „Unwohlsein“ unter Sauerstofftherapie mittels O₂-Brille/-Maske grundsätzlich gute Toleranz der Sauerstofftherapie unabhängig von Laufrate („Unwohlsein“ < 20 %)	6–8 Std.: bef. (n = 136) vs. unbef. (n = 142) - Bronchoscopy: 7 (5,1 %) vs. 8 (5,6 %); $p = 0,85$ - Intubation: 17 (12,5 %) vs. 14 (9,9 %); $p = 0,50$ - NIV: 9 (6,6 %) vs. 7 (5,0 %); $p = 0,55$ - ear, nose or throat infection: 1 (0,7 %) vs. 0; $p = 0,49$ - ICU LOS (days): 3 [1,0–6,0] vs. 3 [2,0–4,5]; $p = 0,90$ - Death: 8 (5,9 %) vs. 7 (5,0 %); $n = 0,74$
Studiendesign: RCT Erhebungszeitpunkte inkl. Proband*innenanzahl: - nach 6–8-Std. (H6–H8) (277 Proband*innen): 141 unbef. vs. 136 bef. - unbef.: > 4 l/min = 42; ≤ 4 l/min = 100 (1 anschließend ausgeschl.) → 141 - bef.: > 4 l/min = 37; ≤ 4 l/min = 99 → 136 24 Std. (H24) (156 Proband*innen) 85 unbef. vs. 71 bef. - unbef.: > 4 l/min = 15; ≤ 4 l/min = 71 (1 anschließend ausgeschlossen) → 85 - bef.: > 4 l/min = 14; ≤ 4 l/min = 58 (1 anschließend ausgeschlossen) → 71 - dargestellter Ausschluss nach Subgruppenbildung: keine klare Zuordnung > oder ≤ 4 l/min der ausgeschlossenen Proband*innen	Score Unwohlsein (nicht alle p-Werte berichtet) 6–8 Std.: - bef. (n = 136) vs. unbef. (n = 141): absolute Differenz 2,8 [−0,4–6,0; 90%-KI] ≤ 4 l/min bef. (n = 99) vs. unbef. (n = 100): Score Mean ± SD bef. $26,1 \pm 19,4$ vs. unbef. $27,9 \pm 22,2$ > 4 l/min bef. (n = 37) vs. unbef. (n = 42): Score Mean ± SD bef. $29,3 \pm 22,1$ vs. unbef. $33,9 \pm 24,2$ 24 Std.: - bef. (n = 71) vs. unbef. (n = 85): absolute Differenz −0,5 [−4,3–3,3; 90%-KI] ≤ 4 l/min bef. (n = 58) vs. unbef. (n = 71): Score Mean ± SD bef. $29,6 \pm 19,7$ vs. unbef. $24,8 \pm 21,0$ > 4 l/min bef. (n = 14) vs. unbef. (n = 15): Score Mean ± SD bef. $23,8 \pm 16,6$ vs. unbef. $36,4 \pm 19,5$; $p = 0,04$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite

Testverfahren: • Score: 0–150; je höher, desto größeres Unwohlsein: – Mundtrockenheit – Brennen im Mund – Sprechschwierigkeiten – Durstgefühl – Trockenheitsgefühl im Hals – Halsschmerzen und/oder Schluckbeschwerden – Empfindung von Kälte oder Wärme in den Atemwegen – Nasentrockenheit – Erhöhter Bedarf, sich die Nase zu schnäuzen – ungewöhnliche Geruchswahrnehmung – Augenbeschwerden – Beschwerden im Brustbereich – Kopfschmerzen – Unwohlsein aufgrund der Umgebungsgeräusche – veränderte Geschmacksempfindung im Mund • klinische Parameter: im Gesamtaufenthalt	unterschiedliche Charakteristika 6–8 Std. [n (%)] • Sauerstofftherapie vor Intensivaufnahme: – bef. 90 (66,2 %) vs. 103 (72,5 %) • Sauerstofftherapie zu Hause: – bef. 3 (2,2 %) vs. 8 (5,7 %) • Aufnahmegründe auf Intensivstation: – respiratorische Insuffizienz – bef. 50 (36,8 %) vs. unbef. 39 (27,5 %) – Herzversagen / Lungenödem – bef. 2 (1,5 %) vs unbef. 12 (8,5 %)
Einschränkungen: • Unterschiede bei Charakteristika (6–8 Std.) • Charakteristika nur H6–8, Vergleichbarkeit der H24-Gruppe nicht möglich • nicht alle p-Werte berichtet • sehr geringe Proband*innenzahl bei bestimmten Subgruppen • hohe Drop-out-Rate, keine Begründung • schwankende Proband*innenzahl: ausgeschlossene Proband*innen teilweise in Analyse enthalten (z. B. bei klinischen Outcomes); Ausschluss von Einzelpersonen nach Klassifizierung in > oder ≤ 4 l/min; ausgeschlossene*r Proband*in nicht Subgruppe zuordenbar	
Hauptaussage	Ergebnisdetails
Santana et al. 2021	Einzeloutcomes
Hauptaussage: Passive Atemgasbefeuchtung scheint nicht in der Lage, Veränderungen der Sauerstofftherapie auszugleichen • keine Unterschiede zwischen befeuchteter oder unbefeuchteter Sauerstoffgabe	• Effekte auf nasale Mukosis (Inflammation, oxidativer Stress, mukoziliäre Clearance): – Sauerstofftherapie vs. Air: in O₂-Gruppe Zunahme/Konzentrationssteigerung von Gesamtzellzahl, Anzahl von Makrophagen, Neutrophilen, eNO, 8-iso-PGF2α; Verlängerung Saccharin-Transitzeit (p < 0,05) – kein Unterschied unbef. vs. bef.
Studiendesign: RCT, 31 gesunde Proband*innen in 4 Gruppen (2 x O₂, 2 x Druckluft, je 1 x bef. und unbef.), jede Gruppe 7–8 Proband*innen; 1 Std. 3 l/min O₂ oder Druckluft Erhebungszeitpunkte: 3 l/min für 1 Std. Testverfahren: • Gesamtzellzahl und Differenzialzellbild in der nasalen Lavageflüssigkeit (NLF), exhalierendes Stickstoffmonoxid (eNO), 8-iso-Prostaglandin-F2α-Konzentrationen, nasale mukoziliäre Clearance (Saccharin-Transitzeit STT) • relative Feuchte (%) an der Sauerstoffbrille und Nasenschleimhaut • subjektive Symptome – visuelle Analogskala (VAS) nasale Trockenheit – Skala von 0 bis 4; 0: keine, 0,5: sehr leicht, 1: leicht, 2: mäßig, 3: schwer, 4: sehr schwerwiegend – und Sino-Nasal Outcome Test 20 (SNOT-20)	• relative Luftfeuchtigkeit (%): – kein Unterschied zw. Sauerstoff vs. Air zwischen den Versuchsgruppen – bef. vs. unbef.: erhöhte relative Luftfeuchtigkeit unter passiver Befeuchtung (p < 0,05) • subjektive Symptome: – bef. vs. unbef.: geringere unangenehme Symptome (VAS und SNOT-20) (p < 0,05)
Einschränkungen: • geringe Proband*innenzahl • Testung der Komponenten nach 1 Stunde • keine Einzelwerte berichtet, nur p-Werte und Abbildungen	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite

Wen et al. 2017 Hauptaussage: Durch unbefeuchtete Sauerstoffverabreichung scheint es keine negativen Effekte auf bestimmte Symptome zu geben Studiendesign: Review mit Metaanalyse, 27 Studien; 8.876 Patient*innen (4583 Proband*innen unbef., 4293 Proband*innen bef.) Einschränkungen: - eingeschlossene Studien überwiegend in chinesischer Sprache (24 von 27) - die Mehrzahl der Studien weisen Randomisierungsbias auf „Inzidenz respiratorischer Infektionen“: es wurde ein Fixed-Effect-Modell verwendet (4 Studien) mit folgender Begründung: p-Wert des χ^2-Tests > 0,10; I^2 < 50 % - eher wahrscheinlich, dass es sich um Mehrfachprodukte handelt: - bakterielle Kontamination der Befeuchter: 34,5 % - In Tabelle wird „Flüssigkeit zur Sauerstoffbefeuchtung“ (Fluid for oxygen humidification) erwähnt - in Diskussion wird „Wechsel des sterilen Wassers“ als Arbeitsaufwand benannt	Einzeloutcomes - trockene Nase 1454 Pat.: unbef. 44,8 % vs. 42 % bef.; OR 1,21 [0,76–1,93] - trockene Nase und Rachen 3995 Pat.: unbef. 20,8 vs. 22,8 % bef.; OR 0,93 [0,78–1,10] - Husten 255 Pat.: unbef. 77,9 vs. 81,5 % bef.; OR 0,80 [0,42–1,52] - Nasenbluten 2165 Pat.: unbef. 2,9 vs. 2,2 % bef.; OR 1,34 [0,7–2,34] - Unwohlsein im Brustkorb 1637 Pat.: unbef. 4,0 vs. 4,1 % bef.; OR 0,91 [0,53–1,55] - Kontamination Befeuchtungsbehälter 1906 Fälle; OR 0,16 [0,06–0,43] - operation time for oxygen administration 2979 Fälle: Mittelwertdifferenz -35,84 [-44,51–27,7] - Sauerstoffgeruch 1745 Pat.: unbef. 2,3 vs. 1,7 % bef.; OR 1,35 [0,69–2,65] - SpO₂ 260 Pat.; Mittelwertdifferenz -0.60 [-3,32–2,11] - respiratorische Infektionen 1916 Pat.; OR 0,39 [0,21–0,73]
---	---

bef.: befeuchtet; **unbef.:** unbefeuchtet; **FEV1:** Lungenfunktion; **OR:** Odds Ratio; **RCT:** randomisierte kontrollierte Studie.

Geburtshilfliche Analgesie zur vaginalen Geburt

Obstetric analgesia for vaginal delivery

C. Eichelsbacher¹ · K. Hoeter¹ · E. Hotz¹ · E.-V. Griemert¹ · D. Chappell²

► **Zitierweise:** Eichelsbacher C, Hoeter K, Hotz E, Griemert EV, Chappell D: Geburtshilfliche Analgesie zur vaginalen Geburt. *Anästh Intensivmed* 2026;67:348–357. DOI: 10.19224/ai2026.348

Zusammenfassung

Die Schmerztherapie während der vaginalen Geburt ist ein zentraler Bestandteil der modernen Geburtshilfe. Für ein positives Geburtserlebnis ist dabei nicht allein die Schmerzintensität entscheidend, sondern insbesondere das Erleben von Kontrolle, Selbstbestimmung und einer kontinuierlichen, qualifizierten Betreuung. Daher sollten Schwangere bereits pränatal individuell über die verfügbaren Verfahren informiert und ihre persönlichen Präferenzen in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

Der Geburtsschmerz entsteht phasenabhängig durch viszerale und somatische Reize. Während der Eröffnungsphase dominieren Schmerzen infolge von Wehentätigkeit und Zervixdehnung, in der Austreibungsphase treten zusätzlich Schmerzen durch die Dehnung von Beckenboden und Perineum auf. Eine unzureichende Schmerztherapie kann sowohl die mütterliche als auch die fetale Physiologie nachteilig beeinflussen und das Risiko eines belastenden Geburtserlebens erhöhen.

Nicht pharmakologische Maßnahmen wie kontinuierliche Geburtsbegleitung, Hydrotherapie, Atem- und Entspannungstechniken sowie Akupressur oder Akupunktur können die Schmerzbewältigung unterstützen und den Bedarf an Analgetika reduzieren. Ergänzend stehen regionale Verfahren wie der Pudendusblock zur Verfügung. Die neuraxiale Analgesie, insbesondere die Periduralanästhesie (PDA), gilt als Goldstandard der geburtshilflichen Schmerztherapie.

Sie bietet die effektivste Schmerzlinderung, erhöht die Sectionrate nicht und führt zu keiner klinisch relevanten Verlängerung der Austreibungsphase. Zudem kann sie bei Bedarf in eine chirurgische Anästhesie überführt werden. Moderne Techniken wie die kombinierte Spinal-Epidural-Analgesie (CSE), die Dural-Puncture-Epidural-Technik (DPE) sowie patientenkontrollierte Verfahren (PCEA und PIEB) verbessern die Wirksamkeit der Analgesie und die Patientenzufriedenheit. Sind neuraxiale Verfahren nicht verfügbar, kontraindiziert oder werden von der Gebärenden abgelehnt, können systemische Opioide, insbesondere Remifentanyl-PCA, oder Lachgas als Alternativen eingesetzt werden. Diese sind jedoch weniger effektiv und erfordern eine sorgfältige Überwachung. Insgesamt sollte die Wahl des Analgesieverfahrens stets individuell, evidenzbasiert und an den Bedürfnissen der Gebärenden orientiert erfolgen.

Summary

Pain management during vaginal childbirth is a fundamental component of modern obstetric care. A positive birth experience is determined not only by pain intensity but also by the woman's sense of control, autonomy, and the quality of continuous supportive care. Therefore, pregnant women should receive individualized antenatal counseling regarding the available analgesic options, and their preferences should be considered in decision-making.

Labor pain results from both visceral and somatic stimuli that vary throughout the

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

- 1 Klinik für Anästhesiologie, Department für perioperative und intersektorale Medizin, Universitätsmedizin Mainz (Direktorin: Prof. Dr. N.-M. Wagner)
- 2 Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, varisano Klinikum Frankfurt Höchst (Chefarzt: Prof. Dr. D. Chappell)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Geburtshilfliche Analgesie – Geburtsschmerz – Neuraxiale Anästhesie – Pudendusblock – Lachgas – Remifentanyl-PCA

Keywords

Obstetric Analgesia – Labor Pain – Neuraxial Anesthesia – Pudendal Block – Nitrous Oxide – Remifentanyl PCA

course of labor. During the first stage, pain is primarily caused by uterine contractions and cervical dilatation, whereas during the second stage, additional pain arises from stretching of the pelvic floor and perineum. Inadequate pain relief may adversely affect both maternal and fetal physiology and increase the risk of a negative birth experience.

Non-pharmacological interventions, including continuous labor support, hydrotherapy, breathing and relaxation techniques, acupressure, and acupuncture, may facilitate pain coping and reduce the need for pharmacological analgesics. Regional techniques such as the pudendal nerve block may provide additional analgesia. Neuraxial analgesia, particularly epidural analgesia, is considered the gold standard for labor pain management. It provides the most effective pain relief, does not increase the cesarean delivery rate, and is not associated with a clinically relevant prolongation of the second stage of labor. Furthermore, it can be readily extended to provide surgical anesthesia if required. Contemporary techniques, including combined spinal-epidural analgesia (CSE), dural puncture epidural (DPE), and patient-controlled epidural analgesia with programmed intermittent epidural bolus (PCEA/PIEB), further improve analgesic efficacy and maternal satisfaction. When neuraxial analgesia is unavailable, contraindicated, or declined, systemic opioids, particularly remifentanyl patient-controlled analgesia (PCA), and nitrous oxide may be used as alternatives. However, these techniques are less effective and require careful maternal monitoring. Overall, the choice of labor analgesia should invariably be individualized, evidence-based, and aligned with the woman's preferences and clinical circumstances.

Einleitung

Die Schmerztherapie während der vaginalen Geburt ist ein zentrales Element der geburtshilflichen Versorgung und hat maßgeblichen Einfluss auf das **subjektive Geburtserlebnis** sowie die **Zufriedenheit der Gebärenden**.

Studien zeigen, dass das individuelle Empfinden von Kontrolle und Selbstbestimmung während der Geburt stärker mit der mütterlichen Zufriedenheit korreliert als die Intensität der erlebten Schmerzen selbst.

Eine individualisierte Aufklärung sowie die frühzeitige Erfassung der Präferenzen der Schwangeren hinsichtlich der geburtshilflichen Analgesie sollten daher integraler Bestandteil der pränatalen Betreuung sein.

Nicht pharmakologische Maßnahmen wie kontinuierliche Geburtsbegleitung, Hydrotherapie und aufrechte Gebärpositionen in der Eröffnungsphase sind mit einer reduzierten Inanspruchnahme pharmakologischer Schmerzmittel assoziiert. Unter den **medikamentösen Optionen** stellt die **neuraxiale Anästhesie** die effektivste Methode der Schmerzlinderung dar und kommt in vielen Ländern bei einem Großteil der vaginalen Geburten zur Anwendung. Sie ist mit keiner signifikanten Erhöhung der Sectio- oder vaginal-operativer Entbindungen verbunden und beeinflusst die Dauer der Austreibungsphase nur geringfügig. Weitere Optionen wie **inhalatives Lachgas**, **Opioidanalgesie** sowie **regionale Techniken** können – je nach klinischer Situation und individuellen Bedürfnissen – ergänzend eingesetzt werden. Bei Patientinnen mit Opioidgebrauchsstörung ist ein individualisiertes, interdisziplinäres Schmerzmanagement erforderlich. Gleichzeitig sollte bei allen Gebärenden ein verantwortungsvoller Einsatz opioidhaltiger Analgetika erfolgen.

Dieser Übersichtsartikel beleuchtet die aktuellen evidenzbasierten Möglichkeiten der Schmerzlinderung während der vaginalen Geburt, unter besonderer Berücksichtigung der Wirksamkeit, Sicherheit und individuellen Anpassbarkeit verschiedener Verfahren.

(Patho-)Physiologie des Geburtsschmerzes

Grundlagen

Ein grundlegendes Verständnis der physiologischen Mechanismen des Geburts-

schmerzes ist essenziell für die Auswahl und Anwendung geeigneter analgetischer Verfahren während der vaginalen Entbindung. Der **Schmerz unter der Geburt** entsteht durch eine komplexe Abfolge nozizeptiver Reize, deren Ursprünge und Qualitäten je nach Geburtsphase variieren (Abb. 1).

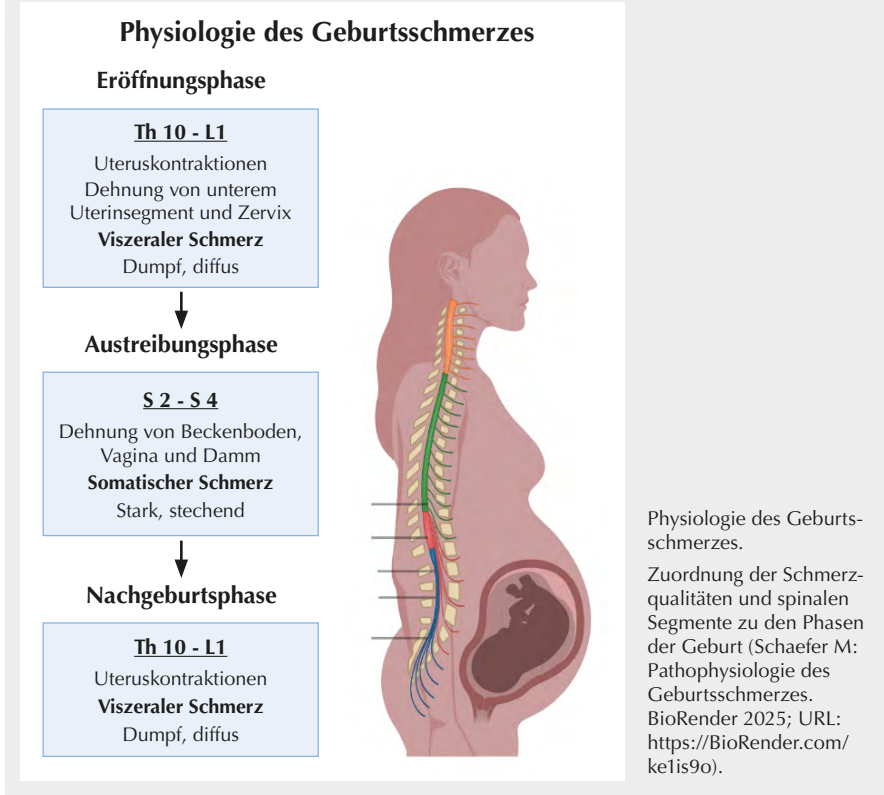
Geburtsschmerz ist nicht konstant, sondern verändert sich in Intensität und Charakter im Verlauf des Geburtsprozesses [1].

In der **Eröffnungsphase** wird der Schmerz primär durch regelmäßige, zunehmend kräftigere Uteruskontraktionen **ausgelöst, die zur Dilatation des unteren Uterus-segments und der Zervix** führen. Die Dehnung und Kompression dieser viszeraler Strukturen aktivieren nozizeptive Afferenzen, die überwiegend über marklose, langsam leitende C-Fasern übertragen werden. Die Weiterleitung erfolgt über die Spinalwurzelnerve der thorakolumbalen Segmente Th 10 bis L1 [1,2]. Der Schmerz wird typischerweise als **dumpf, diffus sowie schlecht lokalisierbar** beschrieben, mit Ausstrahlung in den Rücken und Unterbauch.

Im weiteren Geburtsverlauf – insbesondere beim Eintritt des kindlichen Kopfes in das kleine Becken (**Austreibungsphase**) – entsteht ein zusätzlicher Schmerz durch die **Dehnung der Vagina, des Perineums und des Beckenbodens** sowie durch die **Kompression von Beckeneingeweiden und Nervenstrukturen**. Dieser somatische Schmerz wird über schnell leitende, myelinisierte Aδ-Fasern vermittelt und erreicht das Rückenmark über die sakralen Segmente S2 bis S4 [1,3]. Klinisch wird er als scharf, stechend und gut lokalisierbar beschrieben.

Auch in der **Nachgeburtsphase** kann es zu Schmerzempfindungen kommen, die durch erneute **Uteruskontraktionen** im Rahmen der Plazentalösung sowie durch die Retraktion des Uterus verursacht werden. Diese Kontraktionen ähneln in ihrer Schmerzcharakteristik jenen der Eröffnungsphase und werden ebenfalls viszeral über thorakolumbale Afferenzen vermittelt.

Abbildung 1



- der Qualität der Beziehung zum betreuenden medizinischen Fachpersonal [5].

Letztere gilt als stärkster Prädiktor für ein positives Geburtserlebnis. Ein Cochrane-Review belegt, dass eine **kontinuierliche persönliche Betreuung** nicht nur mit einer verbesserten Analgesieerfahrung, sondern auch mit einer kürzeren Geburtsdauer, einer erhöhten Rate an spontanen vaginalen Geburten und einer geringeren Sectiorate assoziiert ist [6].

Diese Erkenntnisse unterstreichen, dass Schmerz als Bestandteil einer positiven Geburtserfahrung nicht grundsätzlich ausgeschlossen sein muss [7]. Daraus ergibt sich für die klinische Praxis ein klarer Handlungsrahmen:

Der subjektive Wunsch der Gebärenden stellt den alleinigen Indikator für den Beginn oder Verzicht auf analgetische Maßnahmen dar.

Ebenso verdient eine bewusste Entscheidung gegen schmerzlindernde Maßnahmen vollen Respekt. Persönliche Einstellungen oder Überzeugungen des betreuenden medizinischen Personals sollten in diesem Entscheidungsprozess keine Rolle spielen [5].

Nicht pharmakologische Verfahren

Nicht medikamentöse Verfahren zur Schmerzbewältigung gewinnen in der geburtshilflichen Praxis zunehmend an Bedeutung und werden als **integraler Bestandteil einer ganzheitlichen Betreuung** verstanden. Sie können medikamentöse Maßnahmen sinnvoll ergänzen oder – abhängig von den individuellen Präferenzen – teilweise ersetzen.

- **Akupressur** ist eine nicht invasive Technik, bei der gezielter Druck auf spezifische Punkte (z. B. SP6 und LI4) ausgeübt wird. Eine aktuelle Metaanalyse zeigt eine durchschnittliche Schmerzreduktion um 2,23 Punkte auf der visuellen Analogskala (VAS), wenngleich die Evidenzqualität aufgrund methodischer Limitationen nur als moderat eingeschätzt wird [8].

Physiologische Bedeutung und klinische Konsequenzen

Der Geburtsschmerz aktiviert das **sympathoadrenale System** mit konsekutivem Anstieg von Herzfrequenz, myokardialer Kontraktilität und peripherer Vasokonstriktion. Diese Reaktionen dienen kurzfristig der Mobilisierung von Energiereserven und der Verbesserung der muskulären Perfusion. Eine ausgeprägte und unbehandelte Schmerzbelastung kann jedoch die uteroplazentare Perfusion beeinträchtigen und beim Fetus eine **Hypoxie oder Azidose** begünstigen [1]. Zusätzlich kann der Geburtsschmerz eine erhebliche **psychische Belastung** für die Gebärende darstellen und das Risiko für eine traumatische Geburtserfahrung erhöhen.

Ein individualisiertes, bedarfsorientiertes Schmerzmanagement ist daher nicht nur aus humanitären, sondern auch aus medizinisch-präventiven Gründen unverzichtbar.

Umgang mit Geburtsschmerz

Der Umgang mit Schmerz stellt einen zentralen Aspekt des **subjektiven Geburtserlebens** dar. Dabei sind die individuelle Wahrnehmung und Bewertung des Geburtsschmerzes stark variabel: Während einige Frauen diesen als stark belastend empfinden, interpretieren andere ihn als sinnvollen und integralen Bestandteil des physiologischen Geburtsprozesses [4].

Entgegen der Annahme, eine suffiziente Analgesie führe automatisch zu einem positiveren Geburtserlebnis, zeigen Daten, dass **Schmerzfreiheit allein nicht ausschlaggebend für die Zufriedenheit der Gebärenden** ist. Stattdessen wird die **mütterliche Zufriedenheit** maßgeblich von vier Faktoren beeinflusst:

- der individuellen Erwartungshaltung,
- dem Ausmaß der erfahrenen Unterstützung,
- der Möglichkeit zur partizipativen Entscheidungsfindung sowie

- **Akupunktur** weist ein ähnliches Wirkspektrum auf. Ein Cochrane-Review berichtet über eine mittlere Schmerzreduktion von 1 bis 2 Punkten auf der VAS. Auch hier schränkt die erhebliche methodische Heterogenität der Studien die Aussagekraft ein [9].
- **Hypnose** stellt eine weitere komplementäre Methode dar. Studien belegen eine signifikante Reduktion des Analgetikaverbrauchs unter der Geburt, wenngleich sich die Rate an Epiduralanesthesien nicht signifikant verändert. Eine Metaanalyse ergab eine durchschnittliche Reduktion der Schmerzintensität um 1,45 Punkte [10,11].
- Darüber hinaus sind **Entspannungsverfahren** wie kontrollierte Atemtechniken, Yoga, Musik und Achtsamkeitsübungen weit verbreitet. Obwohl die Datenlage zur isolierten Wirksamkeit begrenzt ist, können diese Methoden in Kombination mit anderen Verfahren zur verbesserten Schmerzbewältigung beitragen [12].
- Weitere komplementäre Ansätze wie **Aromatherapie**, **Massagen**, **transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)** und **Hydrotherapie** zeigen in einzelnen Studien ebenfalls positive Effekte.

Voraussetzung für die Anwendung nicht pharmakologischer Verfahren ist die Einbindung entsprechend geschulter Personals sowie die Berücksichtigung individueller Wünsche der Gebärenden.

Die S3-Leitlinie ‚Vaginale Geburt am Termin‘ empfiehlt ausdrücklich die Integration nicht pharmakologischer Maßnahmen als ergänzende Bestandteile einer modernen geburtshilflichen Schmerztherapie [5,13].

Regionalanästhesiologische Techniken

Obwohl regionalanästhesiologische Verfahren in der klinischen Geburtshilfe durch die breite Verfügbarkeit der neuraxialen Analgesie zunehmend in den

Hintergrund treten, stellen sie weiterhin eine wertvolle und situationsabhängige Alternative in der geburtshilflichen Schmerztherapie dar. Ein Cochrane-Review, der 12 randomisiert kontrollierte Studien (RCTs) einschloss, konnte sowohl eine Überlegenheit regionalanästhesiologischer Verfahren gegenüber Placebo als auch gegenüber einer systemischen Opioidanalgesie zeigen. Die Aussagekraft dieser Ergebnisse wird jedoch durch die insgesamt niedrige methodische Qualität der eingeschlossenen Studien eingeschränkt [14].

Eine etablierte Technik ist der **Pudendusblock**, der insbesondere im letzten Abschnitt der vaginalen Geburt zur Anwendung kommt und typischerweise durch die Geburtshelfer:innen selbst durchgeführt wird. Typische **Indikationen** sind

- operative vaginale Entbindungen,
- Episiotomien sowie
- die Nahtversorgung von Geburtsverletzungen.

Die Blockade des Nervus pudendus erfolgt in der Regel transvaginal auf Höhe der Spina ischiadica, wo der Nerv durch das Foramen ischiadicum minus durchtritt. Unter digitaler Palpation wird eine Nadel an die Spina ischiadica herangeführt und – nach sorgfältiger Aspiration – das Lokalanästhetikum injiziert. Der Vorgang wird beidseits durchgeführt. Eine Alternative – wenngleich seltener angewandte Technik – stellt der transperineale Zugang dar. Zur Anwendung kommen üblicherweise 8 bis 10 ml Lidocain 1 % oder Ropivacain 0,2 bis 0,5 % pro Seite.

Der Pudendusblock bewirkt eine zuverlässige Analgesie im Bereich von Damm, Vulva und distalem Vaginalabschnitt, beeinflusst jedoch nicht den viszeralen Wehenschmerz der Eröffnungs- oder frühen Austreibungsphase.

Zu den **Vorteilen** zählen die rasche Durchführbarkeit, die gute Verträglichkeit sowie die Möglichkeit eines gezielten Einsatzes auch ohne neuraxiale Anästhesie. Risiken bestehen insbesondere in Gefäßpunktionen, Hämatom-

bildung oder einer unvollständigen Blockade, was maßgeblich von der anatomischen Orientierung und Erfahrung der anwendenden Person abhängt. Insgesamt stellt der Pudendusblock ein sicheres, praxisnahes und effektives regionalanästhesiologisches Verfahren für ausgewählte geburtshilfliche Situationen dar und sollte als ergänzende Option im klinischen Setting präsent bleiben.

Neuraxiale Analgesie

Allgemeine Betrachtungen

Für die Durchführung einer neuraxialen Analgesie stehen heute verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich in ihrer Technik, dem Wirkungseintritt und der Steuerbarkeit unterscheiden. Das am häufigsten eingesetzte Verfahren ist die **Periduralanästhesie (PDA)**. Sie gilt als Goldstandard in der geburtshilflichen Analgesie und kann **ohne Berücksichtigung einer bestimmten Muttermundweite** durchgeführt werden. Klassische Punktionshöhen sind die lumbalen Segmente L3/4 bzw. L4/5. Darüber hinaus haben sich auch modifizierte Techniken wie die **kombinierte Spinal-Epidural-Analgesie (CSE)** und die **Dural Puncture Epidural (DPE)** etabliert (Abb. 2). Sowohl CSE als auch DPE werden üblicherweise in der so genannten **„needle-through-needle“-Technik** durchgeführt.

Alle genannten Verfahren gelten als **sicher, effektiv und gut steuerbar**. Zudem ermöglichen sie bei Bedarf eine Umstellung auf eine chirurgische Anästhesie, beispielsweise im Rahmen einer sekundären Sectio caesarea [15]. Die Auswahl der Methode richtet sich primär nach

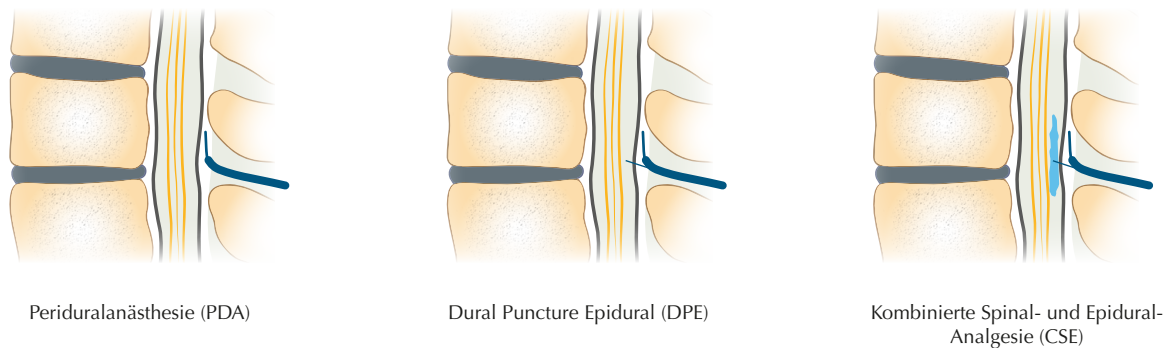
- der individuellen klinischen Situation,
- den institutionellen Standards, der verfügbaren Ausrüstung sowie
- der Erfahrung und Präferenz des durchführenden Anästhesiepersonals.

Darüber hinaus sind spezifische **Kontraindikationen** zu beachten (Tab. 1).

Strukturelle Voraussetzungen

Die Durchführung neuraxialer Verfahren in der Geburtshilfe erfordern spezifische strukturelle und organisatorische Voraus-

Abbildung 2



Techniken zur neuraxialen Analgesie (modifiziert nach [16]).

Tabelle 1

Übersicht der Kontraindikationen für neuraxiale Analgesieverfahren.

Kontraindikation	Erläuterung / Beispiel
Ablehnung durch die Gebärende	Wunsch nach effektiver Analgesie ohne neuraxiales Verfahren (z. B. Remifentanyl-PCA als Alternative)
Gerinnungsstörung	z. B. HELLP-Syndrom, Hämophilie, therapeutische Antikoagulation
Unverträglichkeiten	z. B. Allergie gegen Lokalanästhetika
Kreislaufinstabilität	z. B. Blutung
Infektion im Punktionsbereich	z. B. Hautinfektion, Abszess
Spezielle neurologische oder vaskuläre Risikokonstellationen	z. B. arteriovenöse Malformationen, durale AV-Fisteln, andere neurovaskuläre Fehlbildungen im Punktionsbereich, erhöhter intrakranieller Druck

PCA: Patient Controlled Analgesia; **HELLP:** Haemolysis, Elevated Liver Enzymes und Low Platelet Count; **AV:** arterio-venös.

setzungen. Die Analgesie sollte daher in **geeigneten Räumen** erfolgen, die eine obligate kontinuierliche Überwachung von Mutter und Kind ermöglichen. Beatmungs- und Reanimationsausrüstung müssen zudem jederzeit verfügbar sein. Vor der Anlage muss eine **Risikoaufklärung** erfolgen. Aufzuklären ist vor allem über neurologische Beeinträchtigungen (inklusive seltener, aber schwerwiegender Komplikationen wie dauerhafte Lähmungen bis hin zur Paraplegie), Blutungen/Hämatombildung, Infektionen/Abszessbildung, Harnverhalt, eine unzureichende Analgesie, motorische Blockaden bis hin zur totalen Spinalanästhesie und eine potenzielle Lokalanästhetika-Toxizität. Weiterhin erfordern Regionalanästhesien in der geburtshilflichen Anästhesie eine besondere **fachliche Kompetenz** und sollten daher nur durch

entsprechend qualifizierte Ärztinnen und Ärzte oder unter deren unmittelbarer Supervision durchgeführt werden. Auch in Einrichtungen mit begrenzter personeller Ausstattung, etwa ohne permanente fachärztliche Präsenz im Nachtdienst, muss sichergestellt sein, dass das eingesetzte Personal über ausreichende Erfahrung in der Durchführung dieser Verfahren verfügt. Es muss in der Lage sein, sämtliche potenziellen Komplikationen – einschließlich einer kardiopulmonalen Reanimation – sicher zu beherrschen. Zudem ist die Anwesenheit einer **geschulten Assistenzperson** erforderlich.

Vor Beginn des Verfahrens ist ein **peripher-venöser Zugang** zu etablieren und während der gesamten Maßnahme aufrechtzuerhalten. Die kontinuierliche Überwachung und Dokumentation der

maternalen Vitalparameter ist obligat. Die durchführende Person bleibt vor Ort, bis die Analgesie voll wirksam und ein stabiler Kreislaufzustand gewährleistet ist. Gemäß Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e. V. (DGGG) sowie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) ist ein zügiger Beginn der Analgesie nach deren Anforderung sicherzustellen. Qualitätsindikatoren sehen hierbei vor, dass in mindestens 90 % der Fälle mit der Therapie innerhalb von 30 Minuten nach deren Anforderung begonnen wird [17].

Periduralanästhesie (PDA)

Die PDA erfolgt nach steriler Vorbereitung in medianer oder paramedianer Technik mittels Punktion des Periduralraums mit einer Tuohy-Nadel und anschließendem Einführen eines Katheters. Um Fehllagen zu vermeiden, wird empfohlen, den Periduralraum vorsichtig mit Kochsalz zu expandieren und so genannte ‚soft tip‘-Katheter zu verwenden. Eine **geringe Katheterinsertionstiefe** (≤ 6 cm nach dem ‚loss of resistance‘) kann das Risiko einer ungewollten Duraperforation reduzieren.

Eine formelle Testdosis ist bei fraktionierter Gabe niedrig dosierter Lokalanästhetika nicht zwingend erforderlich, sofern die Bolusgaben einzeln die Menge einer Testdosis nicht überschreiten.

Die **versehentliche intravasale Injektion** führt in der Regel nicht zu systemischer Toxizität, sondern äußert sich klinisch durch eine unzureichende Analgesie. Auch Adrenalinzusätze sind zur Detektion intravasaler Fehllagen in der Geburtshilfe wenig geeignet [17].

Kombinierte Spinal-Epidural-Analgesie (CSE)

Bei der CSE wird zunächst über die Tuohy-Nadel eine dünne Spinalnadel eingeführt, durch welche Lokalanästhetika und/oder Opioide direkt in den Liquorraum injiziert werden. Anschließend erfolgt die Platzierung eines Katheters in den Periduralraum. Die CSE vereint somit den **raschen Wirkungseintritt** der Spinalanalgesie mit der Möglichkeit einer **kontinuierlichen Weiterführung** über den Katheter. Dieses Verfahren bietet insbesondere bei **fortgeschrittener Eröffnungsphase** oder **starker Schmerzbelastung** einen raschen Analgesieeffekt [18].

Dural Puncture Epidural (DPE)

Die DPE ist eine Modifikation der klassischen PDA, bei der die Dura mater zunächst mit einer dünnen Spinalnadel bewusst punktiert wird. Im Gegensatz zur CSE erfolgt hierbei jedoch **keine intrathekale Applikation** von Medikamenten. Diese werden nach dem Einführen des Katheters in den Periduralraum verabreicht. Ziel ist eine durch die zuvor entstandene durale Perforation verbesserte Diffusion der epidural verabreichten Medikamente. Dies führt zu einem **schnelleren Wirkungseintritt** und einer **gleichmäßigeren Segmentverteilung der Analgesie** im Vergleich zur herkömmlichen PDA [19].

Aufrechterhaltung der epiduralen Analgesie

Zur Aufrechterhaltung der epiduralen Analgesie stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

Die **kontinuierliche epidurale Anästhesie (CEI)** stellt eine einfache Methode dar, ist jedoch mit Nachteilen verbunden. Bei der CEI wird eine definierte Medikamentenmenge über einen Perfusor appliziert. Das Verfahren ist somit einfach umzusetzen, zeigt jedoch

Schwächen hinsichtlich der Medikamentenverteilung und der individuellen/selbstbestimmten Steuerbarkeit durch die Gebärende. So kommt es häufiger zu asymmetrischen analgetischen Blockaden oder segmentalen Durchbruchschmerzen. Zudem besteht ein erhöhtes Risiko für motorische Blockaden.

Die **patientenkontrollierte epidurale Analgesie (PCEA)** hingegen ermöglicht eine selbstbestimmte Schmerztherapie während der Geburt. Bei Bedarf können Gebärende hierbei selbstständig und individuell Bolusgaben innerhalb eines festgelegten Sicherheitsintervalls abrufen. Studien zeigen Vorteile gegenüber der reinen CEI insbesondere hinsichtlich einer höheren Patientinnenzufriedenheit, geringerem Medikamentenverbrauch und einer niedrigeren Rate an motorischen Blockaden [20–22].

Da es jedoch auch bei der Kombination einer niedrig dosierten CEI mit einer PCEA zu Durchbruchschmerzen und motorischen Schwächen kommen kann, wurde die Therapieform des **programmierten intermittierenden Bolus (PIEB)** als Alternative entwickelt. Dieses Verfahren kombiniert die Vorteile einer gleichmäßigen epiduralen Medikamentenverteilung mit der Flexibilität der PCEA. Hierbei wird die Medikamentenmenge der CEI nicht kontinuierlich, sondern in festgelegten Intervallen (z. B. alle 60 Minuten) als programmierter Bolus verabreicht. Durch das größere Volumen und die intermittierende Gabe wird die laterale und segmentale Medikamentenverteilung im Epiduralraum verbessert, was zu einer **gleichmäßigeren Analgesie** führt. Dennoch können

sich die Gebärenden – zusätzlich zur automatischen Bolusgabe – bei Bedarf nach Ablauf einer entsprechenden Sperrzeit auch weiterhin eigenständig einen PCEA-Bolus abrufen. Der folgende programmierte Bolus wird dann wiederum bis zum Ablauf der Sperrzeit verzögert. Im Vergleich zur CEI zeigte PIEB in randomisierten Studien eine **höhere Zufriedenheit** der Gebärenden und **weniger motorische Blockaden**. Weiterhin benötigten die Patientinnen bei PIEB weniger PCEA-Boli als diejenigen der CEI-Gruppe [21–25]. Ein entscheidender Aspekt bei der Anwendung von PIEB ist jedoch die genaue Kenntnis der Dosierung der verabreichten Lokalanästhetika und Opioide in der eigenen Einrichtung.

Generell sollten im Rahmen der geburtshilflichen Anästhesie niedrig-dosierte Lokalanästhetika mit Opioidzusatz verwendet werden.

Ziel ist es, einen **synergistischen Effekt** beider Medikamente zu nutzen und durch eine mögliche Dosisreduktion der Lokalanästhetika das Risiko für motorische Blockaden so gering wie möglich zu halten. Bei den im Kreißaal eingesetzten ‚lokalen Mischungen‘ sollte beachtet werden, dass bei einer geringeren Konzentration der Lokalanästhetika sowohl die Dosis der PIEB- und PCEA-Boli erhöht oder alternativ die Sperrzeit verkürzt werden sollte (Tab. 2).

Die Aussagekraft der bisherigen Studien zum PIEB ist jedoch durch methodische Heterogenität – insbesondere hinsichtlich der verwendeten Lokalanästhetika, deren Konzentration sowie der Applika-

Tabelle 2

Beispielhafte PIEB-Konzepte.

Konzept 1	Konzept 2
Ropivacain 0,16 %	Ropivacain 0,145 %
Gerinnungsstörung	z. B. HELLP-Syndrom, Hämophilie, therapeutische Antikoagulation
Sufentanil 0,5 µg/ml	Sufentanil 0,45 µg/ml
PIEB: 5 ml alle 60 Minuten	PIEB: 6 ml alle 60 Minuten
PCEA: 4 ml, Sperrzeit 20 Minuten	PCEA: 6 ml, Sperrzeit 20 Minuten

PIEB: programmierter intermittierender epiduraler Bolus; **PCEA:** patientenkontrollierte epidurale Analgesie.

tionsparameter wie Bolusgröße und -frequenz – teilweise limitiert. Zukünftige Untersuchungen sollten sich daher auf die präzise Feinabstimmung von PIEB-Protokollen fokussieren. Von zentraler Bedeutung sind

- die Auswahl und Kombination der Medikamente,
- die optimale Bolusgröße,
- das Applikationsintervall und
- die Verabreichungsgeschwindigkeit.

Diese Faktoren sind besonders im Kontext der jeweils verwendeten neuraxialen Technik (PDA vs. CSE vs. DPE) differenziert zu betrachten. Darüber hinaus ist die Sicherheit der Verfahren, vor allem bei speziellen Patientinnengruppen wie adipösen Schwangeren oder Hochrisikopatientinnen, weiter zu evaluieren.

Rescue Spinal/Low-dose Spinal

In der Praxis ergeben sich jedoch bestimmte geburtshilfliche Situationen, in denen eine Katheteranlage nicht mehr praktikabel erscheint, etwa bei **rasch fortschreitender Geburt** oder **erschwerter Katheterplatzierung**. In diesen Fällen kann die so genannte ‚rescue spinal‘ oder ‚low-dose spinal‘ eine praktikable Alternative darstellen. Hierbei erfolgt die **einmalige intrathekale Applikation von Opioiden** alleine oder in Kombination mit einem niedrig dosierten Lokalanästhetikum. Durch den synergistischen Effekt beider Substanzklassen kann die Kombination die analgetische Potenz verbessern und Nebenwirkungen minimieren [26]. Typische Kombinationen umfassen:

- 1–2,5 mg Bupivacain,
- 2,5–5 µg Sufentanil.

Die **Vorteile** liegen in der schnellen Durchführung, dem verlässlichen Wirkungseintritt und der geringeren Invasivität, bei gleichzeitig geringem Einfluss auf den Feten. Die Wirkdauer beträgt bis zu 130 Minuten ohne signifikante motorische Einschränkung. Zu beachten ist allerdings die **fehlende Möglichkeit einer Nachinjektion**. Bei prolongiertem Geburtsverlauf oder einer möglichen sekundären Sectio kann daher eine zusätzliche PDA-Anlage erforderlich werden. Das Vorgehen bei der CSE und DPE impliziert hierbei, dass die Anlage eines Periduralkatheters auch nach stattgehab-

ter Duraperforation nicht kontraindiziert ist. Die Überwachung von Mutter und Kind entspricht hierbei den Standards für neuraxiale Verfahren [24].

Alternativen zur neuraxialen Analgesie

Allgemeine Betrachtungen

Ist eine neuraxiale Analgesie nicht durchführbar, medizinisch kontraindiziert oder wird sie von der Gebärenden abgelehnt, sollten alternative Analgesieverfahren angeboten werden. Zu den klinisch etablierten Optionen zählen hierbei systemische Opiode und die Inhalation eines Distickstoffmonoxid-Sauerstoff-Gemisches (N_2O/O_2 ; Lachgas).

Systemische Opiode

Systemische Opiode gehören zu den am häufigsten eingesetzten Analgetika in der geburtshilflichen Schmerztherapie – insbesondere dann, wenn neuraxiale Verfahren nicht verfügbar, kontraindiziert oder von Gebärenden abgelehnt sind. Trotz einer für die Wehentätigkeit suboptimalen Pharmakokinetik kommen sie aufgrund ihrer breiten Verfügbarkeit und einfachen Applikation weiterhin häufig zum Einsatz. Grundsätzlich können verschiedene Opiode zur peripartalen Analgesie verwendet werden. Die in der klinischen Praxis am häufigsten eingesetzten Substanzen sind Pethidin (Meperidin) und Meptazinol [5]. Eine Sonderrolle nimmt Remifentanil als Patient Controlled Analgesia (PCA) ein.

Pethidin (Meperidin) ist ein synthetisches Phenylpiperidinderivat mit hoher Affinität zum μ -Opioidrezeptor. Es ist seit Jahrzehnten in der geburtshilflichen Analgesie etabliert und wird üblicherweise intravenös oder intramuskulär verabreicht. Die Standarddosierung beträgt 50 mg; 10 mg Pethidin entsprechen hierbei ungefähr 1 mg Morphin. Nach intravenöser Gabe tritt die Wirkung bereits nach 5 bis 10 Minuten ein, bei intramuskulärer Applikation nach etwa 40 Minuten. Wiederholte Gaben können im Abstand von 1 bis 3 Stunden erfolgen. Die analgetische Potenz wird etwa mit jener der inhalativen Analgesie durch Lachgas verglichen [27]. Zu

den häufigsten Nebenwirkungen zählen Übelkeit, Erbrechen, Sedierung und Atemdepression. Pethidin kann beim Neugeborenen – insbesondere bei Applikation in zeitlicher Nähe zur Geburt – zu einer postpartalen Atemdepression führen [28,29].

Meptazinol ist ein synthetisches Opioid mit partiell agonistisch-antagonistischen Eigenschaften. Zusätzlich zur Wirkung an Opioidrezeptoren besitzt es eine zentral cholinerge Aktivität. Im Vergleich zu Pethidin zeigt Meptazinol einen schnelleren Wirkungseintritt, eine kürzere Halbwertszeit sowie tendenziell geringere sedierende und atemdepressive Effekte. Die empfohlene Dosierung beträgt gewichtsadaptiert 100–150 mg (2 mg pro kg Körpergewicht).

Die **patientenkontrollierte intravenöse Analgesie mit Remifentanil** (Remifentanil-PCA) stellt derzeit die effektivste pharmakologische Alternative zur neuraxialen Analgesie dar – insbesondere bei Kontraindikationen gegen Peridural-/Spinalverfahren oder bei explizitem Wunsch nach einem nicht invasiven Verfahren. Remifentanil ist ein hochpotentes, ultrakurzwirksames Opioid mit einem Wirkungseintritt innerhalb einer Minute und einer Wirkdauer von 3 bis 5 Minuten. Der Metabolismus erfolgt rasch durch unspezifische Esterasen im Plasma, was eine präzise, patientenkontrollierte Dosierung durch die Gebärende erlaubt. Eine verbale Anleitung ist hierbei essenziell, da der PCA-Bolus bereits bei Antizipation der Wehe aktiviert werden muss, um das Wirkmaximum zur Wehenspitze zu erreichen. Die S1-Leitlinie zur geburtshilflichen Analgesie empfiehlt ein standardisiertes PCA-Protokoll (Tab. 3) [17]. Der Einsatz von Remifentanil als PCA erfolgt jedoch **off-label** und erfordert daher eine umfassende ärztliche Aufklärung. Zudem sind umfangreiche organisatorische Voraussetzungen notwendig [5,17], darunter:

- ein interdisziplinär abgestimmtes Behandlungskonzept,
- kontinuierliche Überwachung mittels Pulsoxymetrie und Kardiokotografie (CTG),
- Möglichkeit zur Sauerstoffgabe,
- idealerweise Kapnografie zur Früherkennung einer Bradypnoe,

Tabelle 3

Beispielhafte Programmierung der Remifentanil-PCA.

Parameter	Einstellung
Konzentration	20 µg/ml
Bolus	1,0 ml
Sperrintervall	2 Minuten
Basalrate	keine

- permanente Anwesenheit einer eingewiesenen medizinischen Fachperson (nicht der Begleitperson).

Diese Anforderungen stellen in vielen Einrichtungen die wesentliche Limitierung für den flächendeckenden Einsatz dar. In Bezug auf die analgetische Wirksamkeit zeigt die Remifentanil-PCA eine signifikant bessere Schmerzlinderung im Vergleich zu klassischen systemischen Opioiden wie Pethidin oder Meptazinol [30], bleibt jedoch in ihrer Effektivität hinter der neuraxialen Analgesie zurück [31,32]. Remifentanil passiert zwar die Plazenta, jedoch sind bei sachgemäßer Anwendung und rechtzeitigem Absetzen (etwa 5 Minuten vor Geburt) relevante neonatale Atemdepressionen selten.

Insgesamt bietet die Remifentanil-PCA eine gut steuerbare und effektive Option zur Schmerzlinderung unter der Geburt, erfordert jedoch ein strukturiertes Vorgehen, kontinuierliche Überwachung und eine sorgfältige Indikationsstellung.

Eine beispielhafte Programmierung der Remifentanil-PCA ist in Tabelle 3 dargestellt.

Distickstoffmonoxid-Sauerstoff Gemische

Die Inhalation eines 1:1-Gemischs aus 50 % Distickstoffmonoxid (N₂O; Lachgas) und 50 % Sauerstoff (O₂) stellt eine niederschwellige und schnell einsetzbare pharmakologische Option zur Schmerzlinderung während der vaginalen Geburt dar.

Die analgetische Wirkung beruht auf der Aktivierung endogener Opioidrezeptoren sowie einer ausgeprägten anxiolytischen und sedierenden Komponente. Die Inhalation erfolgt über ein von der Gebärenden selbst geführtes Mundstück oder eine Maske. Die Wirkung tritt rasch ein und lässt innerhalb weniger Minuten nach Beendigung der Inhalation wieder nach. Dies ermöglicht eine flexible und selbstbestimmte Nutzung – insbesondere in frühen bis mittleren Geburtsphasen sowie während der Austreibungsphase. Die schmerzlindernde Wirkung ist geringer als bei neuraxialen Verfahren und der Remifentanil-PCA [33,34]. Dennoch berichten viele Gebärenden von hoher Zufriedenheit, was auf die Kombination aus Autonomiegefühl, Sedierung und Angstlösung zurückgeführt wird [35,36]. N₂O ist plazentagängig, wird aber rasch abgeatmet und reichert sich nicht im fetalen Kreislauf an [37]. Bei sachgerechter Anwendung – insbesondere bei Therapieende vor Geburtsbeginn – ist keine relevante neonatale Atemdepression zu erwarten [34,35,38]. Typische Nebenwirkungen umfassen

- Übelkeit und Schwindel,
- Benommenheit und
- gelegentlich Dysphorie [33,39].

Eine präventive Aufklärung über die begrenzte analgetische Wirkung und potenzielle unerwünschte Effekte ist daher essenziell.

Aus arbeitsmedizinischer Perspektive ist auf die Einhaltung gesetzlicher Raumluftgrenzwerte zu achten. Lachgas gilt als klimarelevantes Gas mit einem Treibhauspotential, das etwa 300-fach über dem von CO₂ liegt. Die Anwendung sollte deshalb ausschließlich unter Verwendung von Zersetzungseinheiten erfolgen, die Lachgas in Sauerstoff und Stickstoff spalten und somit eine nahezu emissionsfreie Nutzung ermöglichen.

Fazit

Der Geburtsschmerz ist kein statisches Phänomen, sondern Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels aus viszerale und somatischen Reizen, psychologischer Verarbeitung und individueller Erwartung. Während die zugrunde lie-

genden physiologischen Mechanismen gut beschrieben sind, unterscheidet sich das subjektive Schmerzerleben erheblich zwischen den Gebärenden. Ob medikamentöse Verfahren wie die Periduralanästhesie und die Remifentanil-PCA, regionale Techniken wie der Pudendusblock oder nichtpharmakologische Maßnahmen wie Musiktherapie und Hypnose – die Auswahl an analgetischen Strategien ist vielfältig und sollte stets an den Bedürfnissen der Gebärenden orientieren. Schmerzfürsorge allein ist dabei kein Garant für ein positives Geburtserlebnis – entscheidend ist vielmehr, dass sich die Gebärende gut informiert, unterstützt und in ihren Entscheidungen ernst genommen fühlt. Ob mit Akupressur, Periduralanästhesie oder ganz ohne Intervention: Die Wahl der Methode sollte den Wünschen der Gebärenden entsprechen und frei sowie selbstbestimmt getroffen werden. Schließlich ist die Geburt mehr als ein medizinisches Ereignis – sie ist ein einzigartiges Moment im Leben, der einfühlsame Betreuung, fachliche Kompetenz und manchmal auch ein bisschen Bauchgefühl erfordert.

Korrespondenzadresse

**Dr. med.
Clemens Eichelsbacher, MHBA**



Klinik für Anästhesiologie
Department für perioperative und intersektorale Medizin
JGU Universitätsmedizin Mainz
Langenbeckstraße 1
55131 Mainz, Deutschland
Tel.: 06131 17-3296
E-Mail: clemens.eichelsbacher@unimedizin-mainz.de
ORCID-ID: 0009-0008-1485-787X

Literatur

1. Labor S, Maguire S: The Pain of Labour. *Rev Pain* 2008;2:15–19
2. Origoni M, Leone Roberti Maggiore U, Salvatore S, Candiani M: Neurobiological mechanisms of pelvic pain. *Biomed Res Int* 2014;2014:903848
3. Shatil B, Smiley R: Neuraxial analgesia for labour. *BJA Educ* 2020;20:96–102
4. Benyamini Y, Delicate A, Ayers S, Dikmen-Yildiz P, Gouni O, Jonsdottir SS, et al: Key dimensions of women's and their partners' experiences of childbirth: A systematic review of reviews of qualitative studies. *PLoS One* 2024;19:e0299151
5. Helmer P, Skazel T, Wenk M, von Kaisenberg C, Abou-Dakn M, Papsdorf M, et al: S3-Leitlinie „Vaginale Geburt am Termin“ aus anästhesiologischer Sicht. *Anaesthesist* 2021;70:1031–1039
6. Bohren MA, Hofmeyr GJ, Sakala C, Fukuzawa RK, Cuthbert A: Continuous support for women during childbirth. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;7:CD003766
7. Dickinson JE, Paech MJ, McDonald SJ, Evans SF: Maternal satisfaction with childbirth and intrapartum analgesia in nulliparous labour. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2003;43:463–468
8. Larki M, Karimi L, Jahanfar S, Mohammadi S, Makvandi S: Unveiling the latest evidence: an updated systematic review and meta-analysis and GRADE assessment on the effectiveness of acupressure in managing labor pain. *BMC Complement Med Ther* 2025;25:170
9. Smith CA, Collins CT, Levett KM, Armour M, Dahlen HG, Tan AL, et al: Acupuncture or acupressure for pain management during labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2020;2:CD009232
10. Madden K, Middleton P, Cyna AM, Matthewson M, Jones L: Hypnosis for pain management during labour and childbirth. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;2016:CD009356
11. Wang R, Lu J, Chow KM: Effectiveness of mind-body interventions in labour pain management during normal delivery: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud* 2024;158:104858
12. Suarez-Easton S, Erez O, Zafran N, Carmeli J, Garmi G, Salim R: Pharmacologic and nonpharmacologic options for pain relief during labor: an expert review. *Am J Obstet Gynecol* 2023;228:S1246–S1259
13. Hu Y, Lu H, Huang J, Zang Y: Efficacy and safety of non-pharmacological interventions for labour pain management: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. *J Clin Nurs* 2021;30:3398–3414
14. Novikova N, Cluver C: Local anaesthetic nerve block for pain management in labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;2012:CD009200
15. Coviello A, Iacovazzo C, Frigo MG, Ianniello M, Cirillo D, Tierno G, et al: Technical aspects of neuraxial analgesia during labor and maternity care: an updated overview. *J Anesth Analg Crit Care* 2025;5:6
16. A Hole Lot Better: The Dural Puncture Epidural Technique. *Anesth Analg* 2017;124:375.
17. Bremerich DH, Greve S: Die neue S1-Leitlinie „Geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ – Vorstellung und Kommentar. *Anaesthesist* 2021;70:229–236
18. Wallenborn J, Artmann T, Kranke P: Kombinierte Spinal-Epidural-Analgesie (CSE). *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2017;52:168–182
19. Chau A, Bibbo C, Huang CC, Elterman KG, Cappiello EC, Robinson JN, et al: Dural Puncture Epidural Technique Improves Labor Analgesia Quality With Fewer Side Effects Compared With Epidural and Combined Spinal Epidural Techniques: A Randomized Clinical Trial. *Anesth Analg* 2017;124:560–569
20. van der Vyver M, Halpern S, Joseph G: Patient-controlled epidural analgesia versus continuous infusion for labour analgesia: a meta-analysis. *Br J Anaesth* 2002;89:459–465
21. Bullingham A, Liang S, Edmonds E, Mathur S, Sharma S: Continuous epidural infusion vs programmed intermittent epidural bolus for labour analgesia: a prospective, controlled, before-and-after cohort study of labour outcomes. *Br J Anaesth* 2018;121:432–437
22. Hussain N, Lagnese CM, Hayes B, Kumar N, Weaver TE, Essandoh MK, et al: Comparative analgesic efficacy and safety of intermittent local anaesthetic epidural bolus for labour: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2020;125:560–579
23. Carvalho B, George RB, Cobb B, McKenzie C, Riley ET: Implementation of Programmed Intermittent Epidural Bolus for the Maintenance of Labor Analgesia. *Anesth Analg* 2016;123:965–971
24. Chappell D, Bremerich DH, Eichelsbacher C, Girard T, Greve S, Mutlak H, et al: Neues aus der geburtshilflichen Anästhesie - Zusammenfassung der 23. Jahrestagung des Wissenschaftlichen AK Geburtshilfliche Anästhesie der DGAI. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2025;60:440–451
25. Rodriguez-Campoo MB, Curto A, Gonzalez M, Aldecoa C: Patient intermittent epidural boluses (PIEB) plus very low continuous epidural infusion (CEI) versus patient-controlled epidural analgesia (PCEA) plus continuous epidural infusion (CEI) in primiparous labour: a randomized trial. *J Clin Monit Comput* 2019;33:879–885
26. Ngan Kee WD, Khaw KS, Ng FF, Ng KK, So R, Lee A: Synergistic interaction between fentanyl and bupivacaine given intrathecally for labor analgesia. *Anesthesiology* 2014;120:1126–1136
27. Suarez-Easton S, Zafran N, Garmi G, Dagilayske D, Inbar S, Salim R: Meperidine Compared With Nitrous Oxide for Intrapartum Pain Relief in Multiparous Patients: A Randomized Controlled Trial. *Obstet Gynecol* 2023;141:4–10
28. Smith LA, Burns E, Cuthbert A: Parenteral opioids for maternal pain management in labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;6:CD007396
29. Reynolds F: Labour analgesia and the baby: good news is no news. *Int J Obstet Anesth* 2011;20:38–50
30. Wilson MJA, MacArthur C, Hewitt CA, Handley K, Gao F, Beeson L, et al: Intravenous remifentanyl patient-controlled analgesia versus intramuscular pethidine for pain relief in labour (RESPITE): an open-label, multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2018;392:662–672
31. Lei X, Yu Y, Li M, Fang P, Gan S, Yao Y, et al: The efficacy and safety of remifentanyl patient-controlled versus epidural analgesia in labor: A meta-analysis and systematic review. *PLoS One* 2022;17:e0275716
32. Liu ZQ, Chen XB, Li HB, Qiu MT, Duan T: A comparison of remifentanyl parturient-controlled intravenous analgesia with epidural analgesia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Anesth Analg* 2014;118:598–603
33. Klomp T, van Poppel M, Jones L, Lazet J, Di Nisio M, Lagro-Janssen AL: Inhaled analgesia for pain management in labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;2012:CD009351
34. Broughton K, Clark AG, Ray AP: Nitrous Oxide for Labor Analgesia: What We Know to Date. *Ochsner J* 2020;20:419–421

35. Dammer U, Weiss C, Raabe E, Heimrich J, Koch MC, Winkler M, et al: Introduction of Inhaled Nitrous Oxide and Oxygen for Pain Management during Labour - Evaluation of Patients' and Midwives' Satisfaction. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2014;74:656–660
36. Richardson MG, Lopez BM, Baysinger CL, Shotwell MS, Chestnut DH: Nitrous Oxide During Labor: Maternal Satisfaction Does Not Depend Exclusively on Analgesic Effectiveness. *Anesth Analg* 2017;124:548–553
37. Sanders RD, Weimann J, Maze M: Biologic effects of nitrous oxide: a mechanistic and toxicologic review. *Anesthesiology* 2008;109:707–722
38. Rooks JP: Safety and risks of nitrous oxide labor analgesia: a review. *J Midwifery Womens Health* 2011;56:557–565
39. Jones L, Othman M, Dowswell T, Alfirevic Z, Gates S, Newburn M, et al: Pain management for women in labour: an overview of systematic reviews. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;2012: CD009234.

Die aktuelle AWMF-S1-Leitlinie „Geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ 2026 – Neuerungen, Kehrtwenden und klinisch relevante Änderungen gegenüber 2020

The current AWMF-S1-Guideline “Obstetric Analgesia and Anaesthesia” 2026 – Innovations, complete reversals and clinically relevant modifications compared with 2020

D. H. Bremerich · H. Mutlak¹

Sie finden die komplette Version der Leitlinie unter www.ai-online.info/Leitlinien

► **Zitierweise:** Bremerich DH, Mutlak H: Die aktuelle AWMF-S1-Leitlinie „Geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ 2026 – Neuerungen, Kehrtwenden und klinisch relevante Änderungen gegenüber 2020. *Anästh Intensivmed* 2026;67:358–363. DOI: 10.19224/ai2026.358

Zusammenfassung

Sechs Jahre nach der letzten Fassung liegt die S1-Leitlinie „Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ (AWMF 001–038) nun in einer vollständig überarbeiteten und wesentlich erweiterten Version vor. Die Neufassung von 2026 löst damit die Version von 2020 ab, die methodisch noch in der Tradition amerikanischer Practice Guidelines stand. Die aktuelle Leitlinie basiert nun ausschließlich auf dem Expertenkonsens der 27 Mitwirkenden und der bis Juli 2025 verfügbaren Evidenz. Die überarbeitete Fassung enthält 157 Empfehlungen und 14 vollständig neue Kapitel.

Inhaltlich neu sind unter anderem Kapitel zum Umgang mit der Sprachbarriere im Kreißaal, zur Sonographie bei rückenmarknahen Blockaden, zur unzureichenden Wirkung von PDAs unter der Geburt sowie zur unzureichenden Wirksamkeit rückenmarknaher Regionalanästhesieverfahren bei der Sectio caesarea. Weitere neue Kapitel behandeln Uterotonika, das Placenta-accreta-Spektrum (PAS), die maschinelle Autotransfusion, Fruchtwasserembolie, ERAS-Konzepte (enhanced recovery after surgery) nach Sectio caesarea, die peripartale Eisenmangelanämie, Anästhesieverfahren bei Schwangerschaftsabbruch und palliativer Geburt, die peripartale Echokardiographie sowie Training, Simulation und Personalausstattung.

Darüber hinaus enthält die Leitlinie mehrere klinisch relevante Kehrtwen-

den: Vasopressoren sollen bei der Sectio caesarea in Spinalanästhesie nun prophylaktisch – nicht mehr nur therapeutisch – eingesetzt werden. Lokal-anästhetika sollen bei Adipositas in unveränderter Dosierung gegeben werden, was der Empfehlung von 2020 zur Dosisreduktion widerspricht. Die routinemäßige Linksseitenlage bei der Sectio caesarea wird nicht mehr generell empfohlen. Inhalationsanästhetika werden bei der Sectio-Vollnarkose nun mit einer starken Empfehlung versehen. Der Thrombozyten-Schwellenwert für rückenmarknahe Verfahren wurde von ≥ 80.000 auf $\geq 70.000/\mu\text{l}$ abgesenkt. Der Ergebnisindikator „Konversionsrate $\leq 5\%$ “ zur Vollnarkose bei der Sectio caesarea wurde gestrichen, da dieser einen Anreiz darstellen könnte, bei inadäquater intraoperativer Analgesie nicht zu konvertieren.

Die vorliegende Kurzfassung der S1-Leitlinie erläutert die wesentlichen Neuerungen kapitelweise und hebt die klinisch unmittelbar handlungsrelevanten Änderungen hervor.

Summary

Six years after the previous edition, the S1 guideline “Obstetric Analgesia and Anaesthesia” (AWMF 001–038) is now available in a completely revised and substantially expanded version. The 2026 revision replaces the 2020 version, which was still methodologically rooted in the tradition of American Practice Guidelines; the new edition is based exclusively on the expert consensus of

Für den Wissenschaftlichen Arbeitskreis Geburtshilfliche Anästhesie der DGAI

AWMF-Registernummer: 001–038 · Gültig bis 2031

1 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie, Sana Klinikum Offenbach GmbH, Offenbach am Main (Chefarzt: Prof. Dr. H. Mutlak)

Danksagung

Wir danken Elisabeth Friedrich-Würstlein für die wertvolle Unterstützung bei der Erstellung des Literaturverzeichnisses und der redaktionellen Arbeit.

Interessenkonflikt

Die Autorin und der Autor des vorliegenden Beitrags sind zugleich Autorin bzw. Autor sowie Koordinatorin bzw. Koordinator der S1-Leitlinie 2026 (AWMF 001–038). Weitere Interessenkonflikte, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem vorliegenden Beitrag stehen, bestehen nicht. Die vollständigen Interessenkonfliktangaben aller Leitlinienautorinnen und -autoren sind im Volltext der Leitlinie hinterlegt und auf der AWMF-Website einsehbar.

Schlüsselwörter

Geburtshilfe – Analgesie – Anästhesie – Leitlinie – Sectio caesarea – vaginale Geburt – Vasopressoren – ERAS

Keywords

Obstetrics – Analgesia – Anaesthesia – Clinical Guideline – Caesarean Section – Vaginal Delivery – Vasopressors – ERAS

27 contributors and relies on evidence up to July 2025. The revised edition comprises 157 recommendations and 14 entirely new chapters.

New content includes chapters on managing language barriers in the delivery room, ultrasound guidance for neuraxial blocks, inadequate labour epidural analgesia, insufficient efficacy of neuraxial regional anaesthesia for Caesarean delivery, uterotonics, placenta accreta spectrum (PAS), cell salvage (intraoperative autotransfusion), amniotic fluid embolism, ERAS concepts after Caesarean delivery, peripartum iron-deficiency anaemia, anaesthetic management for termination of pregnancy and palliative birth, peripartum echocardiography, and training, simulation, and staffing.

In addition the guideline also includes several clinically significant reversals: vasopressors should now be administered prophylactically – rather than only therapeutically – during Caesarean delivery under spinal anaesthesia. Local anaesthetics should be given in unchanged dosage to parturients with obesity, contradicting the 2020 recommendation for dose reduction. The routinely applied left lateral tilt during Caesarean delivery is no longer generally recommended. Volatile anaesthetics now carry a strong recommendation for general anaesthesia in Caesarean delivery. The platelet threshold value for neuraxial procedures has been lowered from $\geq 80,000$ to $\geq 70,000/\mu\text{l}$. The outcome indicator “conversion rate $\leq 5\%$ ” for general anaesthesia during Caesarean delivery has been abolished, as it might encourage to abstain from conversion in cases of inadequate intraoperative analgesia.

This brief summary of the S1 guideline outlines the key changes chapter by chapter and highlights the changes relating to actions of immediate clinical relevance.

Einleitung

Die AWMF-S1-Leitlinie „Die geburts-hilfliche Analgesie und Anästhesie“ wurde mit der vorliegenden Fassung [1]

vollständig überarbeitet und wesentlich erweitert. Das Besondere aller geburts-hilflichen Analgesie- und Anästhesie-verfahren bleibt dabei unverändert: Grundsätzlich sind immer mindestens zwei Patient:innen betroffen – Mutter und Kind – und bei der anästhesiologischen Verfahrenswahl sind mögliche Auswirkungen auf das Kind stets mit zu berücksichtigen.

Die Überarbeitung der S1-Leitlinie fällt in eine Zeit tiefgreifender struktureller Veränderungen: Mit der niedrigsten Geburtenzahl seit 1946 war 2025 der geburtenschwächste Jahrgang der Nachkriegsgeschichte. Die Zahl geburtshilflicher Kliniken ist auf rund 570 Standorte gesunken und nimmt weiter ab. Die Zentralisierung auf leistungsfähige Perinatalzentren ist dabei keine gesundheitspolitische Zukunftsvision mehr, sondern gelebte Versorgungsrealität in Deutschland. Für die Perinatalzentren bedeutet das eine zunehmende Konzentration komplexer Risikoschwangerschaften mit steigenden Anforderungen an die anästhesiologische Vorhaltung, Expertise sowie Struktur- und Ergebnisqualität. Perinatale Schwerpunkte und Geburtskliniken hingegen betreuen ein zunehmend selektionierte Kollektiv unkomplizierter Schwangerschaften – mit der damit verbundenen Herausforderung, die anästhesiologische Kompetenz für seltene, aber potenziell lebensbedrohliche Notfallsituationen dennoch vorzuhalten und zu trainieren. Dass die geburtshilfliche Anästhesie weiterhin wesentlicher Bestandteil der Musterweiterbildungsordnung für Fachärzt:innen für Anästhesiologie ist, unterstreicht den bleibenden Stellenwert dieses Teilbereichs unabhängig von der strukturellen Entwicklung. In diesem Kontext versteht sich die vorliegende S1-Leitlinie als evidenzbasierter klinischer Behandlungskorridor, der zugleich interdisziplinäre und interprofessionelle Absprachen im Kreißaal strukturiert und erleichtert.

Gegenüber der Fassung von 2020 [2], die methodisch noch an amerikanischen Practice Guidelines orientiert war und jede Empfehlung mit dem Ergebnis eines formalen Teilnehmendenvotums aus-

wies, basiert die 2026er Fassung [1] ausschließlich auf dem Expertenkonsens der Leitliniengruppe. Das Autor:innenteam ist auf 27 Mitwirkende gewachsen, die Evidenzbasis reicht bis Juli 2025, das Themenspektrum wurde um 14 neue Kapitel erweitert und insgesamt umfasst die Leitlinie nun 157 Empfehlungen.

Die vorliegende Kurzfassung der S1-Leitlinie gibt einen strukturierten Überblick über die klinisch relevanten Neuerungen, Kehrtwenden und klinisch relevante Änderungen. Bekannte und unverändert gebliebene Empfehlungen werden nicht wiederholt; der Fokus liegt auf dem, was sich verändert hat.

14 neue Kapitel – Erweiterung des klinischen Anspruchs

Die wichtigsten neu hinzugekommenen Kapitel mit unmittelbarer praktischer Relevanz adressieren Anforderungen, die bislang ohne leitliniengestützte Handlungsempfehlungen geblieben sind – von der Versorgung komplexer Risikokollektive über seltene Notfallsituationen bis hin zu strukturellen und organisatorischen Mindeststandards in der geburtshilflichen Analgesie und Anästhesie.

Die Sprachbarriere im Kreißaal wird nun erstmals als eigenständiger anästhesiologischer Risikofaktor geführt – sowohl in einem eigenen Kapitel als auch in der erweiterten Risikofaktorentabelle für Hochrisikoschwangerschaften. Grundlage ist der MBRRACE-UK-Report 2023, dem zufolge bei 5 % der im Vereinigten Königreich verstorbenen Mütter eine Sprachbarriere bestand [3]. Diese Zahlen lassen den Schluss zu, dass geringe oder keine Sprachkenntnisse einen Risikofaktor zur Müttersterblichkeit darstellen. Die S1-Leitlinie fordert den Einsatz professioneller Dolmetscher:innen oder von Videodolmetscherdiensten – bilinguale Angehörige sollen nur unterstützend herangezogen werden – sowie mehrsprachige Aufklärungsbögen. Eine festgestellte Sprachbarriere einer Schwangeren kann bereits in der Geburtsplanung die Indikation für eine anästhesiologische Vorstellung begründen.

Der Einsatz des präprozeduralen Ultraschalls bei rückenmarknahen Blockaden in der geburtshilflichen Analgesie und Anästhesie wird als „Kann“-Empfehlung formuliert – gestützt auf zwei Metaanalysen mit 22 randomisierten Studien und 2.462 Patientinnen. Die Datenlage ist überzeugend: Die Erfolgsrate beim ersten Punktionsversuch steigt, Komplikationen wie blutige Punktion und das Auftreten von postpunktionellem Kopfschmerz (**post dural puncture headache**, PDPH) sinken signifikant, ohne dass sich die Gesamtpunktionsdauer relevant verlängert [4]. Die ESAIC-Leitlinie PERSEUS [5] hatte diese Empfehlung bereits 2021 ausgesprochen; die aktualisierte geburtshilfliche S1-Leitlinie folgt ihr nun entsprechend.

Ein eigenständiges Kapitel zur Anwendung von Uterotonika fehlte in der bisherigen S1-Leitlinie trotz ihrer zentralen Rolle in der peripartalen Blutungsprophylaxe und -therapie [6,7]. Die aktuelle Version schließt diese Lücke: Klare Dosierungsangaben, Kontraindikationen und eine strukturierte Therapieeskalation werden nun verbindlich formuliert. Bei vorausgegangener exogener Oxytocinexposition und unzureichender Uteruskontraktion nach Gabe von Oxytocinagonisten soll ohne Verzögerung auf Sulproston gewechselt werden – die klinische Oxytocinresistenz erhält damit erstmals eine explizite leitliniengestützte Handlungsempfehlung. Ausdrücklich gewarnt wird vor der Kombination von Methylergotamin mit anderen Uterotonika aufgrund des Risikos schwerer kardiovaskulärer Nebenwirkungen [8]. Alternativ zu Oxytocin kann sowohl bei der vaginalen Entbindung als auch bei Sectio caesarea die Applikation von Carbetocin zur Prophylaxe einer periportalen Hämorrhagie (PPH) erwogen werden.

Die gelegentlich unzureichende Wirksamkeit rückenmarknaher Verfahren bei der Sectio caesarea greift einen Sachverhalt auf, der in der klinischen Praxis in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus gerückt ist. Intraoperative Schmerzen sind die häufigste Ursache von Schadensersatzklagen in der ge-

burtshilflichen Anästhesie [9]. Nach einer Metaanalyse von Patel et al. [10] beträgt die Rate inadäquater intraoperativer Analgesie nach Spinalanästhesie zur Sectio caesarea rund 10 %, nach Periduralanästhesie sogar bis zu 30 %. Eine Konversion zur Vollnarkose erfolgte jedoch nur bei 0,1 % der betroffenen Patientinnen. In 48–66 % der daraus resultierenden Schadensersatzfälle wurde eine mangelhafte Dokumentation festgestellt, in 70 % Kommunikationsdefizite. Die aktuelle S1-Leitlinie formuliert hierzu klare Handlungsempfehlungen: Die sensorische Blockadehöhe und das Ausmaß der motorischen Blockade nach Anlage der rückenmarknahen Verfahren sollen vor dem Hautschnitt standardisiert getestet und dokumentiert werden. Treten intraoperativ Schmerzen auf, soll die Operation – soweit möglich – unterbrochen und das weitere Vorgehen gemeinsam mit der Patientin festgelegt werden. Den Schmerzäußerungen der Patientin ist dabei stets zu glauben. Ergänzend gefordert werden eine lückenlose Dokumentation der Kommunikation, eine interprofessionelle Entscheidungsfindung und ein postoperatives Debriefing. Das Kapitel stärkt damit nicht nur die Patientinnensicherheit, sondern schafft zugleich die Voraussetzungen für eine belastbare Dokumentation im Haftungsfall.

Das umfangreichste neue Kapitel ist dem Placenta-accreta-Spektrum gewidmet. Es formuliert eine Forderung mit erheblichen organisatorischen Konsequenzen: Die Versorgung dieser Patientinnen soll in Schwerpunktzentren durch dezidierte multidisziplinäre, erfahrene Teams erfolgen. Anästhesiologisch wird die primäre Periduralanästhesie mit sekundärer Konversion zur Allgemeinanästhesie als potenziell überlegen bewertet, da notfallmäßige Intubationen vermieden werden können; invasives Monitoring, Massentransfusionsvorbereitung und maschinelle Autotransfusion – der ebenfalls ein neues eigenständiges Kapitel gewidmet ist – werden als obligat eingestuft [11,12].

Die Fruchtwasserembolie gehört zu den gefürchtetsten geburtshilflichen Notfäl-

len und mit einem Anteil von 5 bis 15 % zu den führenden Ursachen direkter mütterlicher Todesfälle. Das neue Kapitel beschreibt die klassische klinische Trias aus Hypoxie, Hypotonie und Koagulopathie, skizziert humorale und immunologische Pathomechanismen und stellt einen praxisorientierten Therapiealgorithmus bereit – einschließlich der Option einer veno-arteriellen ECLS (= Extracorporeal Life Support, extrakorporale Lebenserhaltung) bei protrahiertem kardiogenem Schock [13,14].

Das ERAS-Konzept nach Sectio caesarea erhält erstmals ein eigenständiges Kapitel mit einem vollständigen prä-, intra- und postoperativen Maßnahmenpaket: von präoperativem Carbohydrate Loading und begrenzter Nüchternheit über intraoperative Normothermie und optimierte PONV-Prophylaxe (PONV = postoperative nausea and vomiting, postoperative Übelkeit und Erbrechen) bis hin zu früher Mobilisation und strukturierter multimodaler Analgesie. Damit knüpft diese S1-Leitlinie an internationale ERAS-Empfehlungen an, die in der Geburtshilfe bislang nur verzögert implementiert wurden [15,16].

Zwei weitere neue Kapitel sind organisatorisch-struktureller Natur, berühren aber unmittelbar haftungsrechtlich relevante Fragestellungen: Training und Simulation sowie Personalausstattung geburtshilflich-anästhesiologischer Abteilungen. Ersteres unterscheidet konsequent zwischen Skills-, Team- und Ablauftraining und fordert ein regelmäßiges interdisziplinäres Simulationstraining unter geburtshilflicher Leitung. Das Kapitel zur Personalausstattung verweist auf die höchstrichterliche Rechtsprechung zur fachärztlichen Verfügbarkeit und adressiert darüber hinaus die strukturellen Voraussetzungen für eine qualifizierte Weiterbildung: Um sicherzustellen, dass Ärztinnen und Ärzte in Weiterbildung den Facharztstandard erlernen, wird ein adäquates Einarbeitungskonzept mit Doppelbesetzung gefordert – eine Anforderung, die angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels und der sinkenden Fallzahlen gerade an kleineren Standorten eine besondere organisatorische Herausforderung darstellt.

Klinisch relevante Kehrtwenden

Neben der inhaltlichen Erweiterung der S1-Leitlinie sind es diese grundlegend revidierten Empfehlungen, die einen unmittelbaren Handlungsbedarf erzeugen – sie erfordern eine Überprüfung bestehender klinikinterner SOPs (= standard operating procedures, verbindliche Arbeitanweisungen für wiederkehrende Abläufe) sowie interdisziplinärer und interprofessioneller Absprachen.

Am weitreichendsten ist die Neubewertung der Vasopressortherapie bei der Sectio caesarea in Spinalanästhesie. Während 2020 empfohlen wurde, Vasopressoren therapeutisch und nicht prophylaktisch einzusetzen, wird nun die prophylaktische Anwendung empfohlen. Mehrere Metaanalysen, zuletzt Kang et al. 2024 mit 21 randomisierten Studien und 1.628 Patientinnen [17], zeigten keinen Unterschied im neonatalen pH-Wert zwischen prophylaktischer und therapeutischer Gabe, jedoch eine bessere hämodynamische Stabilität und weniger maternale Bradykardien bei prophylaktischem Einsatz. Die S1-Leitlinie empfiehlt daher, den Vasopressor bereits mit Anlage der Spinalanästhesie zu applizieren – sowohl als Bolus als auch als kontinuierliche Infusion. Noradrenalin wird dabei erstmals explizit als gleichwertige Alternative zu Phenylephrin empfohlen, mit dem spezifischen Vorteil einer niedrigeren maternalen Bradykardierate.

Auch die Neubewertung der Lokalanästhetikadosierung bei adipösen Schwangeren markiert einen Paradigmenwechsel. Während die 2020er Fassung der S1-Leitlinie noch eine Dosisreduktion bei Spinal- und Periduralanästhesie empfahl, wird diese nun nicht mehr empfohlen [18]. Die pathophysiologische Prämisse der früheren Empfehlung – eine durch vermehrtes periepidurales Fettgewebe bedingte Zunahme des Periduraldrucks mit konsekutiv erweiterter Ausbreitung des Lokalanästhetikums – ist durch die aktuelle Evidenz nicht belegt.

Die Datenlage zur Linksseitenlage bei der Sectio caesarea hat sich grundlegend verändert: Das klassische aortokavale

Kompressionssyndrom diene Jahrzehnte lang als Begründung für die obligate 15°-Kippung des OP-Tisches, mindestens bis zur Entwicklung des Kindes. Neuere MRT-Studien konnten jedoch keine signifikante aortale Kompression bei Schwangeren in Rückenlage nachweisen [19]; eine Cochrane-Analyse mit 857 Frauen zeigte keinen Einfluss der Linksseitenlage auf den arteriellen Blutdruck. Gleichzeitig zeigen die Daten, dass erst ein Kippwinkel von mindestens 30° zur Teilentlastung der Vena cava führt – bei einem 15°-Winkel bleibt der Effekt aus, während die Operationsbedingungen und der Patientinnenkomfort beeinträchtigt werden. Die S1-Leitlinie schlussfolgert daraus, auf eine routinemäßige Linksseitenlage von 15 bis 20° zu verzichten; bei tatsächlich auftretender maternaler Hypotonie kann eine Kippung von mindestens 30° vor der Kindsentwicklung erwogen werden [20].

Die Empfehlung zum Einsatz von Inhalationsanästhetika bei der Sectio caesarea in Allgemeinanästhesie wurde in ihrer Empfehlungsstärke deutlich aufgewertet. Während die Fassung von 2020 den Einsatz von Inhalationsanästhetika ab Narkoseeinleitung noch als „Kann“-Empfehlung formulierte, gilt 2026 eine „Soll“-Empfehlung: Inhalationsanästhetika sollen zur Awareness-Prophylaxe von Beginn der Allgemeinanästhesie an bei der Sectio caesarea eingesetzt werden.

Die zusätzliche intrathekale Gabe von Morphin (50–100 µg) zum Lokalanästhetikum und Opioid wird nun als „Kann“-Empfehlung zur Verbesserung der postoperativen Analgesie nach Sectio caesarea geführt, da Morphin im Gegensatz zu den lipophilen Opioiden eine deutlich verlängerte Wirkdauer von 14 bis 36 Stunden aufweist [21,22].

Bei Patientinnen mit Präeklampsie wurde der Thrombozytenschwellenwert, unterhalb dessen rückenmarknahe Verfahren nach individueller Nutzen-Risiko-Abwägung noch vertretbar sind, von $\geq 80.000/\mu\text{l}$ auf $\geq 70.000/\mu\text{l}$ abgesenkt – gestützt auf das interdisziplinäre SOAP-Konsensudokument von 2021 [23] (SOAP = Society of Obstetric Anesthesia and

Perinatology.) Die S1-Leitlinie betont ausdrücklich, dass der absolute Thrombozytenwert allein nicht entscheidend ist: Die Dynamik eines raschen Thrombozytenabfalls kann höhere Schwellenwerte für eine Regionalanästhesie sinnvoll erscheinen lassen.

Der bisherige Ergebnisindikator „Konversionsrate von rückenmarknaher zu Allgemeinanästhesie $\leq 5\%$ “ wurde aus der Liste der Qualitätsindikatoren gestrichen. Die S1-Leitlinie begründet dies damit, dass dieser Indikator einen systemischen Fehlanreiz erzeugte: Eine niedrige Konversionsrate ist kein valider Surrogatparameter für Versorgungsqualität, sondern kann im Gegenteil Ausdruck einer unzureichenden Reaktion auf inadäquate intraoperative Analgesie sein – mit unmittelbarer Gefährdung der Patientin. Als Sentinel-Event tritt an seine Stelle der Indikator „Neugeborene mit Azidose (pH < 7,00)“, für den bereits eine Veröffentlichungspflicht im Qualitätsbericht der Krankenhäuser besteht.

Weitere relevante Aktualisierungen

Über die klinisch relevanten Kehrtwenden hinaus enthält die S1-Leitlinie eine Reihe von Aktualisierungen, die zwar weniger grundsätzlicher Natur sind, in der klinischen Routine jedoch unmittelbare Konsequenzen haben.

Bei der Behandlung des PDPH wurde das Zielvolumen des epiduralen Blutpatches von 20 ml auf 20–30 ml angehoben, gestützt auf eine internationale Konsensus-Praxisleitlinie aus dem Jahr 2023 [24]. Darüber hinaus wird erstmals explizit definiert, welche Maßnahmen nicht routinemäßig in der Therapie des PDPH eingesetzt werden sollen: Akupunktur, die Ganglion-sphenopalatinum-Blockade, epidurales oder spinales Morphin sowie die epidurale Applikation von Dextran, Gelatine oder Hydroxyethylstärke.

Eine weitere praxisrelevante Änderung betrifft die Durchführung periduraler Nachinjektionen bei der „Walking Epidural“ zur schmerzarmen Geburt. Während die 2020er Fassung peridurale

Bolusgaben im Stehen noch zu vermeiden empfahl, lässt die Version von 2026 Top-ups (und programmierte intermittierende epidurale Boli, PIEB) ausdrücklich lageunabhängig zu. Diese Änderung trägt der klinischen Realität Rechnung, dass eine strikte Lageabhängigkeit der Applikation den Vorteil der erhaltenen Mobilität unter laufender Periduralanästhesie konterkariert.

In der postpartalen Schmerztherapie nach Sectio caesarea nimmt die S1-Leitlinie eine klare Position ein, die von den PROSPECT-Empfehlungen aus dem Jahr 2021 [25] abweicht: Paracetamol wird nicht mehr als Analgetikum der ersten Wahl zur Basisanalgesie empfohlen. Die aktuelle S3-Leitlinie zur Behandlung akuter perioperativer Schmerzen [26] belegt keinen zusätzlichen analgetischen Effekt von Paracetamol gegenüber Placebo bei vorausgegangener Spinalanästhesie mit intrathekalen Morphingabe; die S1-Leitlinie greift diese Bewertung auf. Als Basisanalgetikum wird Ibuprofen 4 × 600 mg empfohlen, ergänzt durch die einmalige intravenöse Gabe von 8 mg Dexamethason nach Abnabelung des Kindes; Paracetamol bleibt als additives Analgetikum möglich.

Hinsichtlich der peripartalen Volumentherapie vollzieht die Leitlinie eine sachlich bedeutsame Korrektur: Die bis 2020 geltende Restriktion kolloidaler Lösungen auf Notfallsituationen – seinerzeit aus der S3-Leitlinie zur intravasalen Volumentherapie abgeleitet – wurde in der aktualisierten Fassung dieser S1-Leitlinie nicht aufrechterhalten. Kolloide kommen damit wieder als vertretbare Option zur Hypotonieprophylaxe im Rahmen der Spinalanästhesie zur Sectio caesarea in Betracht; substanzspezifische Anwendungsbeschränkungen, insbesondere für hydroxyethylstärkehaltige Lösungen, bleiben davon unberührt.

Schlussfolgerungen

Die S1-Leitlinie „Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie“ – 2. überarbeitete und erweiterte Version 2026 der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e. V. (DGGG) und der Schweizer Gesellschaft für Anästhesiologie und Perioperative Medizin (SSAPM) – stellt eine substanzielle Überarbeitung dar, die in Umfang und inhaltlicher Tiefe weit über eine turnusmäßige Aktualisierung hinausgeht. Mit 14 neuen Kapiteln und insgesamt 157 Empfehlungen trägt sie dem gewachsenen Evidenzkorpus sowie der zunehmenden Komplexität der peripartalen anästhesiologischen Versorgung Rechnung. Die grundlegend revidierten Kernempfehlungen – darunter die prophylaktische Vasopressortherapie, unveränderte Lokalanästhetikadosierung bei Adipositas und Verzicht auf die routinemäßige Linksseitenlage bei der Sectio caesarea – machen eine systematische Überprüfung bestehender klinikinterner SOPs sowie interprofessioneller Behandlungspfade erforderlich.

Übergeordnetes Ziel der S1-Leitlinie bleibt die Sicherheit von Mutter und Kind in der peripartalen Phase. Diesem Ziel dienen nicht nur die klinischen Empfehlungen, sondern explizit auch die neu formulierten Kapitel zu Training, Simulation, Personalausstattung und zur unzureichenden Wirksamkeit rückenmarknaher Verfahren bei der Sectio caesarea, die haftungsrechtlich relevante Sachverhalte unmittelbar adressieren und damit eine institutionelle Auseinandersetzung einfordern, die über den rein klinischen Diskurs hinausgeht.

In einer Zeit, in der geburtshilfliche Abteilungen zunehmend konzentriert

werden und die Perinatalzentren mit wachsender Fallkomplexität konfrontiert sind, während kleinere Standorte anästhesiologische Kernkompetenz für seltene Notfallsituationen vorhalten müssen, kommt einer konsequenten Implementierung der Leitlinienempfehlungen eine besondere Bedeutung zu.

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med.
Dorothee Bremerich**

65817 Eppstein, Deutschland

E-Mail:

dorothee.bremerich@t-online.de

ORCID-ID: 0000-0003-3105-0337

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med. habil.
Haitham Mutlak**

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie
Sana Klinikum Offenbach GmbH
Starkenburgring 66
63069 Offenbach am Main,
Deutschland

E-Mail: Anaesthesie-sof@sana.de

ORCID-ID: 0000-0003-3066-2251

Literatur

1. S1-Leitlinie: Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie – 2. überarbeitete und erweiterte Version 2026. *Anästh Intensivmed* 2026;67:LL129–LL195.
2. Bremerich D, Annecke T, Chappell D, Hanß R, Kaufner L, Kehl F et al: S1-Leitlinie: Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie. *Anästh Intensivmed* 2020;61:S300–S339
3. Knight M, Bunch K, Felker A, Patel R, Kotnis R, Kenyon S, et al (Hrsg): MBRACE-UK – Saving Lives, Improving Mothers' Care 2023 – Lessons learned to inform maternity care from the UK and Ireland Confidential Enquiries into Maternal Deaths and Morbidity 2019–21. Oxford: National Perinatal Epidemiology Unit, University of Oxford 2023
4. Young B, Onwochei D, Desai N: Conventional landmark palpation vs. preprocedural ultrasound for neuraxial analgesia and anaesthesia in obstetrics – a systematic review and meta-analysis with trial sequential analyses. *Anaesthesia* 2021;76:818–831
5. Boselli E, Hopkins P, Lamperti M, Estèbe JP, Fuzier R, Biasucci DG, et al: European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Guidelines on peri-operative use of ultrasound for regional anaesthesia (PERSEUS regional anaesthesia): Peripheral nerves blocks and neuraxial anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 2021;38:219–250
6. Kimura T, Tanizawa O, Mori K, Brownstein MJ, Okayama H: Structure and expression of a human oxytocin receptor. *Nature* 1992;356:526–529
7. Uvnäs-Moberg K: The physiology and pharmacology of oxytocin in labor and in the peripartum period. *Am J Obstet Gynecol* 2024;230:S740–S758
8. Tsui BC, Stewart B, Fitzmaurice A, Williams R: Cardiac arrest and myocardial infarction induced by postpartum intravenous ergonovine administration. *Anesthesiology* 2001;94:363–364
9. McCombe K, Bogod DG: Learning from the law. A review of 21 years of litigation for nerve injury following central neuraxial blockade in obstetrics. *Anaesthesia* 2020;75:541–548
10. Patel R, Kua J, Sharawi N, Bauer ME, Blake L, Moonesinghe SR, et al: Inadequate neuraxial anaesthesia in patients undergoing elective caesarean section: a systematic review. *Anaesthesia* 2022;77:598–604
11. Enste R, Cricchio P, Dewandre PY, Braun T, Leonards CO, Niggemann P, et al: Placenta Accreta Spectrum Part I: anesthesia considerations based on an extended review of the literature. *J Perinat Med* 2022;51:439–454
12. Enste R, Cricchio P, Dewandre PY, Braun T, Leonards CO, Niggemann P, et al: Placenta Accreta Spectrum Part II: hemostatic considerations based on an extended review of the literature. *J Perinat Med* 2022;51:455–467
13. Fitzpatrick KE, van den Akker T, Bloemenkamp KWM, Deneux-Tharaux C, Kristufkova A, Li Z, et al: Risk factors, management, and outcomes of amniotic fluid embolism: A multi-country, population-based cohort and nested case-control study. *PLoS Med* 2019;16:e1002962
14. Metodiev Y, Ramasamy P, Tuffnell D: Amniotic fluid embolism. *BJA Educ* 2018;18:234–238
15. Bollag L, Lim G, Sultan P, Habib AS, Landau R, Zakowski M, et al: Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology: Consensus Statement and Recommendations for Enhanced Recovery After Cesarean. *Anesth Analg* 2021;132:1362–1377
16. Adshead D, Wrench I, Woolnough M: Enhanced recovery for elective Caesarean section. *BJA Educ* 2020;20:354–357
17. Kang H, Sung TY, Jee YS, Kwon W, Cho SA, Ahn S, et al: A Comparison of Norepinephrine versus Phenylephrine to Prevent Hypotension after Spinal Anesthesia for Cesarean Section: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pers Med* 2024;14:803
18. Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe e. V. (DGGG): S3-Leitlinie Adipositas und Schwangerschaft. AWMF-Reg-Nr. 015–081. 2019
19. Higuchi H, Takagi S, Zhang K, Furui I, Ozaki M: Effect of lateral tilt angle on the volume of the abdominal aorta and inferior vena cava in pregnant and nonpregnant women determined by magnetic resonance imaging. *Anesthesiology* 2015;122:286–293
20. Liu T, Zou S, Guo L, Niu Z, Wang M, Xu C, et al: Effect of Different Positions During Surgical Preparation With Combined Spinal-Epidural Anesthesia for Elective Cesarean Delivery: A Randomized Controlled Trial. *Anesth Analg* 2021;133:1235–1243
21. Sultan P, Halpern SH, Pushpanathan E, Patel S, Carvalho B: The Effect of Intrathecal Morphine Dose on Outcomes After Elective Cesarean Delivery: A Meta-Analysis. *Anesth Analg* 2016;123:154–164
22. Crandon R, Storr N, Parker P, Nair R, Pietrobuono M, Hughes I: Enhanced recovery after caesarean section: an intrathecal morphine dosing study. *Perioper Med (Lond)* 2025;14:108
23. Bauer ME, Arendt K, Beilin Y, Gernsheimer T, Perez Botero J, James AH, et al: The Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology Interdisciplinary Consensus Statement on Neuraxial Procedures in Obstetric Patients With Thrombocytopenia. *Anesth Analg* 2021;132:1531–1544
24. Uppal V, Russell R, Sondekoppam R, Ansari J, Baber Z, Chen Y, et al: Consensus Practice Guidelines on Postdural Puncture Headache From a Multisociety, International Working Group: A Summary Report. *JAMA Netw Open* 2023;6:e2325387
25. Roofthoof E, Joshi GP, Rawal N, Van de Velde M: PROSPECT guideline for elective caesarean section: updated systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Anaesthesia*. 2021;76:665–680
26. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI): S3-Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen. AWMF-Reg-Nr. 001–025. 2021.

Akutes Lungenversagen als Erstmanifestation eines muzinösen Adenokarzinoms

Acute pulmonary failure as an initial manifestation of a mucinous adenocarcinoma

D. Burgert¹ · S. Möller¹ · M. Erath¹ · E. Mantel² · T. F. E. Barth² · M. Neubert¹ · E. Barth¹ · K. Träger¹ · B. Jungwirth¹ · N. Andrees¹

► **Zitierweise:** Burgert D, Möller S, Erath M, Mantel E, Barth TFE, Neubert M et al: Akutes Lungenversagen als Erstmanifestation eines muzinösen Adenokarzinoms. *Anästh Intensivmed* 2026;67:365–370. DOI: 10.19224/ai2026.365

Zusammenfassung

Das akute Lungenversagen (ARDS) stellt trotz multimodaler Therapieoptionen ein weiterhin komplexes intensivmedizinisches Krankheitsbild mit einer anhaltend hohen Mortalität dar. Während infektiöse Ursachen meist im Vordergrund stehen, werden seltenere Differentialdiagnosen trotz fehlendem Infektnachweis wenig bedacht. Wir berichten über eine 57-jährige Patientin mit schwerem ARDS und der Behandlungsindikation mit einer VV-EMCO-Therapie. Die kausale Diagnosesicherung eines bipulmonalen muzinösen Adenokarzinoms der Lunge als seltene ARDS-Ursache konnte erst spät im Verlauf nach offener Lungenbiopsie mit anschließender histopathologischer Untersuchung erfolgen.

Summary

Despite the availability of multimodal therapy options ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) is still a complex intensive medical disease associated with a constant high mortality rate. Whereas infectious causes most often predominate, less often occurring differential diagnoses are taken into consideration to a lesser degree despite absent proof of infection. We now report the case of a 57-year-old female patient with serious ARDS and a treatment indication which included VV-ECMO therapy. The diagnostic confirmation of the underlying cause consisting of a bilateral pulmonary mucinous adenocarcinoma of the lung was discovered to be the rare cause

of ARDS only in the later course, after an open lung biopsy with subsequent histopathological examination.

Einleitung

Das akute Lungenversagen (Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS) stellt trotz modernster Therapiemaßnahmen ein komplexes intensivmedizinisches Krankheitsbild mit einer anhaltend hohen Mortalität von bis zu 46 % dar [1,2,3]. Weltweit lassen sich etwa drei Millionen Krankheitsfälle pro Jahr verzeichnen [3]. Das ARDS wird anhand der Berlin-Definition und der neu vorgeschlagenen globalen ARDS-Definition in drei Schweregrade eingeteilt (mild: P_aO_2/F_iO_2 -Quotient ≤ 300 mmHg bis >200 mmHg; moderat: P_aO_2/F_iO_2 -Quotient ≤ 200 mmHg bis >100 mmHg; schwer: P_aO_2/F_iO_2 -Quotient ≤ 100 mmHg). Hierbei müssen folgende Kriterien bei intubierten Patientinnen und Patienten erfüllt sein: akute Hypoxämie sowie bipulmonale, röntgenologisch oder sonographisch nachgewiesene Infiltrate, welche nicht durch eine kardiale Ursache oder Überwässerung erklärt sind [4,5]. Die Schweregrade-Einteilung erfolgt unter Bewertung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks (P_aO_2) oder der abgeleiteten peripheren Sauerstoffsättigung (SpO_2), der inspiratorischen Sauerstoff-Fraktion (F_iO_2) sowie des positiv endexpiratorischen Atemwegsdrucks (PEEP) [5]. Epidemiologische Daten zeigen, dass etwa 10 % aller Neuaufnahmen auf die Intensivstation

- 1 Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Universitätsklinik Ulm
(Ärztliche Direktorin: Prof. Dr. med. B. Jungwirth)
- 2 Institut für Pathologie
Universitätsklinik Ulm
(Ärztliche Direktorin: Prof. Dr. med. Dr. nat. med. N. Gaisa)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

ARDS – ECMO-Therapie – Muzinöses Adenokarzinom – Chemotherapie – Offene Lungenbiopsie

Keywords

Acute Respiratory Distress Syndrome – ECMO Therapy – Mucinous Adenocarcinoma – Chemotherapy – Open Lung Biopsy

und bis zu 25 % aller invasiv beatmeter Patientinnen und Patienten ein ARDS mit unterschiedlichem Schweregrad aufweisen [3]. Ursächlich stehen vor allem pulmonale (Pneumonie, Aspiration, Lungenkontusion) sowie extrapulmonale (Sepsis, Trauma, Schock, Ischämie/Reperfusion) Faktoren im Vordergrund [1,3]. Aktuelle Übersichtsarbeiten betonen die ausgeprägte Heterogenität hinsichtlich Pathophysiologie, klinischer Phänotypisierung und Therapieansprechen. Dies erschwert nicht nur die Identifikation der zugrunde liegenden Ätiologie, sondern auch die zeitnahe Optimierung des individuellen und kausalen Therapieansatzes, insbesondere bei seltenen Ursachen oder atypischen Verläufen. Während infektiöse bzw. septische Ursachen in der Mehrzahl der Fälle im Vordergrund stehen, sind seltenere Ätiologien im klinischen Alltag oftmals nicht in die Differentialdiagnostik einbezogen. Zu den seltenen, aber

klinisch relevanten Ursachen zählen auch maligne Lungenerkrankungen, die sich bildmorphologisch mit Pneumonie-ähnlichen, bilateralen Infiltraten präsentieren können. Im Folgenden berichten wir über einen solchen ungewöhnlichen Fall eines ARDS und diskutieren die daraus resultierenden diagnostischen und therapeutischen Konsequenzen.

Falldarstellung

Wir berichten über eine bis dato klinisch inapparente, berufstätige 57-jährige Patientin, die sich über die Zentrale Notaufnahme eines externen Krankenhauses mit zunehmender Atemnot vorstellte. Anamnestisch bestand bereits seit sechs Monaten eine fluktuierende Symptomatik mit Dyspnoe sowie Husten mit teils zähem Bronchialsekret. Bei CT-graphisch ausgedehnten, bipulmonal großflächigen und fleckigen Konsolidierungen konnte die Diagnose eines ARDS

zeitnah gestellt werden. Bei Versagen einer nichtinvasiven Ventilationstherapie (NIV-Therapie), erfolgte an Tag 3 des Krankenhausaufenthaltes die Intubation und der Therapieversuch mittels Bauchlagen (siehe Abb. 1). Bei ausbleibender Besserung wurde an Behandlungstag 6 die Verlegung an unser ARDS-Zentrum veranlasst. Bei Aufnahme zeigte sich die Patientin im moderaten ARDS mit einem P_aO_2/F_iO_2 -Quotienten von 120 mmHg. Die Durchführung einer lungenprotektiven Beatmung war problemlos umsetzbar (F_iO_2 0,6; Compliance 58 l/bar; Vt 440 ml; AMV 7,7 l/min; P_{max} 23 mbar; PEEP 15 mbar). Laborchemisch zeigte sich keine aggravierte Infektkonstellation (CRP 18,2 mg/l (Ref. <5 mg/l); PCT 0,031 µg/l (Ref. 0,046 µg/l); Leukozyten 10,4 Giga/l (Ref. 4,4–11,3 Giga/l)).

Nach einem weiteren Therapieversuch mittels Bauchlage erfolgte am nächsten Tag bei erneuter progredienter Verschlechterung des Gasaustausches

Abbildung 1

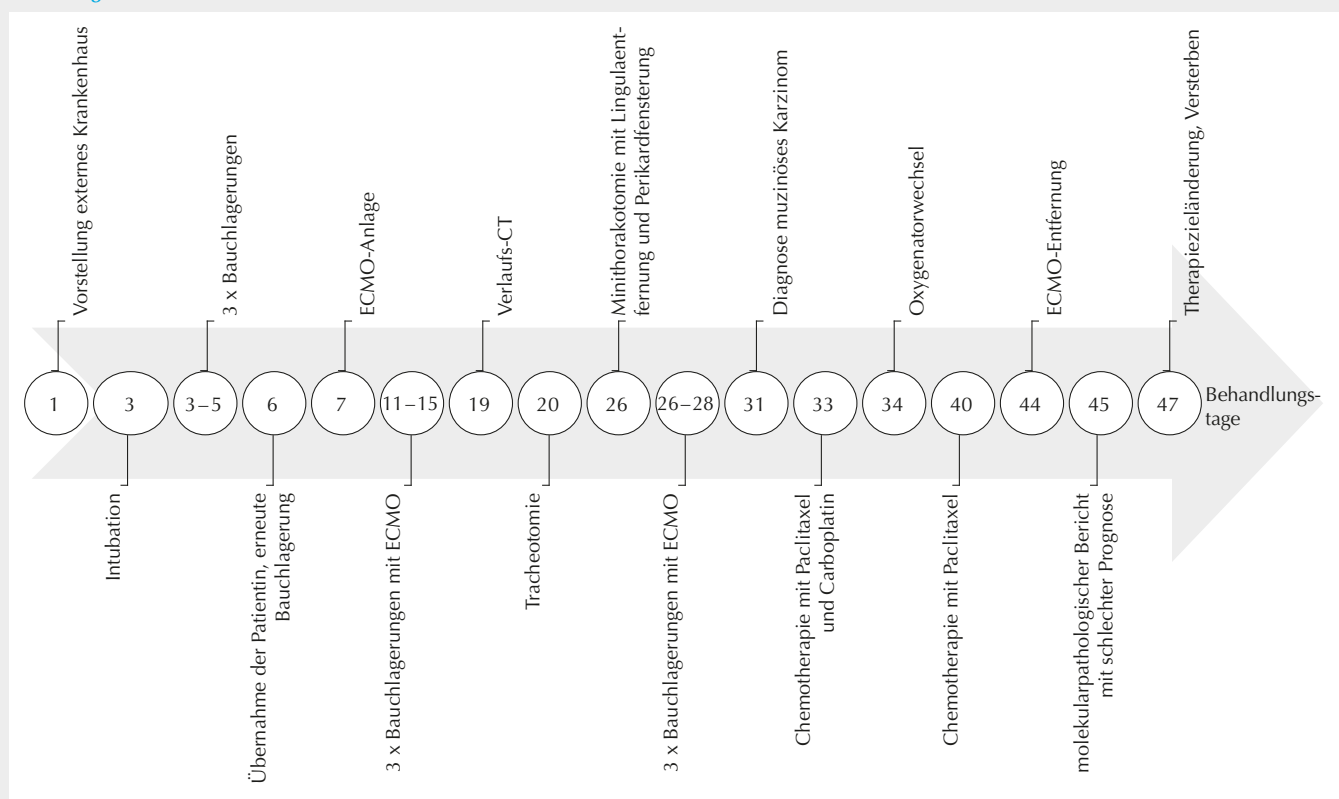
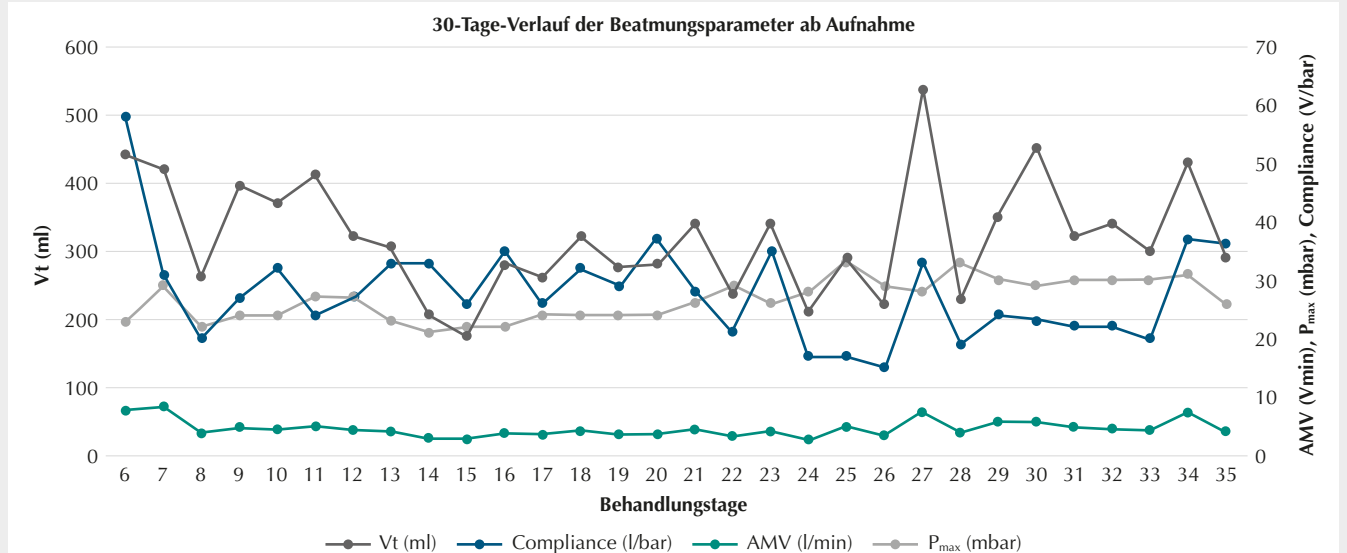


Abbildung 2



30-Tage-Verlauf der Beatmungsparameter Tidalvolumen (ml), Compliance (l/bar), Atemminutenvolumen (l/min) sowie Spitzendruck (mbar). **Vt**: Tidalvolumen; **AMV**: Atemminutenvolumen; **P_{max}**: Spitzendruck; **ml**: Milliliter; **l**: Liter.

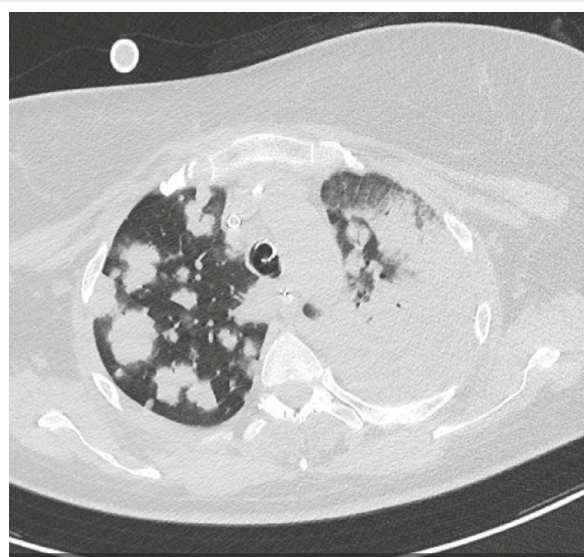
und fehlendem Ansprechen auf die Lagerungstherapie die komplikationslose Anlage einer VV-ECMO ($V_{ir}-V_{jr}$). Bei Verdacht auf eine mögliche autoimmune Genese bei vorbekannter, jedoch bis dato symptomloser Sarkoidose, wurde mit einer kalkulierten Steroidtherapie begonnen (siehe Abb. 1). Eine Vaskulitis konnte bereits ex-domo ausgeschlossen werden. Unter zunächst anhaltender F_iO_2 von 1,0 an der ECMO und regelmäßiger Bronchialtoilette bei sehr hoher Sekretlast kam es zu keiner erkennbaren Besserung der Oxygenierung, sodass unter ECMO-Therapie bis Behandlungstag 13 drei weitere Bauchlagen erfolgten. Hierunter zeigte sich eine gute Ansprechbarkeit (Responder), sodass eine sukzessive Reduktion der F_iO_2 auf 0,5 erfolgen konnte. Während dieser Zeit zeigten sich die dynamische Lungencompliance, das Tidalvolumen sowie die Beatmungsdrücke anhaltend ungewöhnlich unauffällig (siehe Abb. 2).

Bei weiterhin unklarer Ursache des ARDS wurde die Steroidtherapie reduziert und eine erneute CT-Bildgebung durchgeführt. Hier zeigten sich eine subtotale Konsolidierung der linken Lunge und fleckig konfluierende Infiltrate der

rechten Lunge (siehe Abb. 3 und 4). Es konnte erstmalig der mikrobiologische Nachweis von *Candida albicans* im Trachealsekret erfolgen, woraufhin die antiinfektive Therapie um Caspofungin erweitert wurde. Einen laborchemischen Anhalt für eine systemische Mykose gab es nie. Das Bronchialsekret zeigte sich klinisch weiterhin dickflüssig, jedoch

ohne putriden Charakter. Ein bakterieller Erregernachweis gelang im gesamten Krankheitsverlauf nicht. Eine transbronchiale Biopsie zur Gewinnung einer Histologie wurde mit den Kolleginnen und Kollegen der Pulmologie diskutiert, aber bei erhöhtem Blutungsrisiko unter VV-ECMO assoziierter Antikoagulation negativ beschieden.

Abbildung 3



Axiale Ansicht der Computertomographie vom Thorax mit fleckig konfluierenden Infiltraten der rechten Lunge und subtotaler Konsolidierung der linken Lunge an Behandlungstag 19.

Abbildung 4



Thorax-Röntgenaufnahme in anterior-posterior-Projektion mit konfluierenden Verschattungen in der rechten Lunge sowie einer linksseitigen subtotalen Verschattung an Behandlungstag 20.

An Behandlungstag 20 erfolgte die komplikationslose, unter ECMO durchgeführte dilatative Tracheotomie (siehe Abb. 1). Im weiteren Verlauf zeigte sich nebenbefundlich ein zunehmender, am ehesten reaktiv bedingter Perikarderguss mit beginnender Kreislaufinstabilität, welcher an Behandlungstag 26 durch eine Perikardfensterung operativ entlastet wurde. Ferner erfolgte im Rahmen dieses Eingriffs bei weiterhin unklarer ARDS-Ursache die chirurgische Entnahme der Lingulaspitze zur weiteren mikrobiologischen und histologischen Aufarbeitung. Bei erneuter pulmonaler Verschlechterung wurden postoperativ drei erneute Bauchlagerungen durchgeführt (Behandlungstage 26–28), welche sich wiederum als effektiv im Sinne einer verbesserten Oxygenierung erwiesen (siehe Abb. 1).

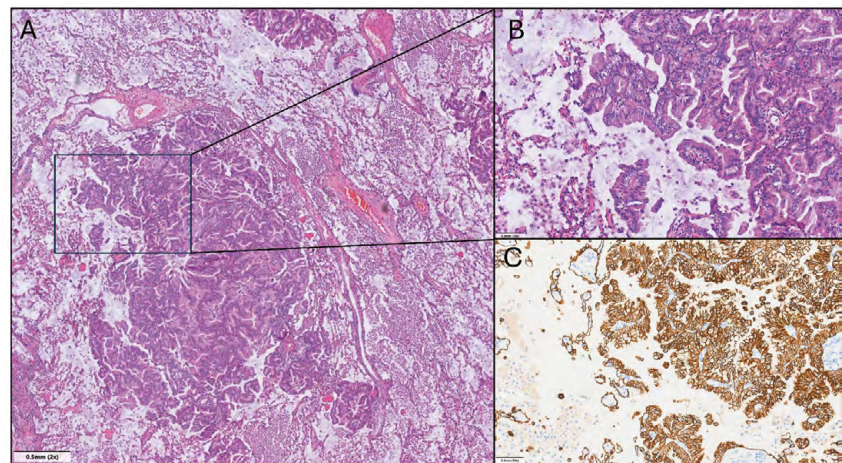
An Behandlungstag 31 konnte durch die Kolleginnen und Kollegen der Pathologie an einem 5,2 x 3,5 x 0,5 cm messenden Lungenteilresektat der Lingulaspitze links die mutmaßliche Ursache des ARDS geklärt werden. Histologisch kamen im Lungenparenchym immer wieder kleine Verbände eines invasiven, hoch differenzierten Adenokarzinoms mit teils lepidischem Wachstumsmuster und mäßiger Schleimbildung zur Darstellung

(siehe Abb. 5 A). Dabei schienen teilweise Tumorzellen in den Alveolen zu flottieren (siehe Abb. 5 B). Immunhistochemisch zeigte sich eine deutliche Anfärbung für Cytokeratin 7 (siehe Abb. 5 C). Bei fehlendem, konkurrierendem Primarius sprach der Befund für ein pri-

mär pulmonales, invasives, muzinöses Adenokarzinom. Daraufhin begannen wir im interdisziplinären Konsens mit den Onkologinnen und Onkologen an Behandlungstag 33 unter ECMO-Therapie eine zytoreduktive Chemotherapie-induktion mittels Paclitaxel und Carboplatin als Rescueversuch, da ein gutes Ansprechen trotz des ausgeprägten Befundes denkbar erschien. Der pulmonale Gasaustausch zeigte sich darunter zunehmend gebessert, sodass eine Dekalation der ECMO-Unterstützung erfolgen konnte. Sechs Tage später erfolgte die zweite Chemotherapie-Gabe mittels Paclitaxel. Am Behandlungstag 44 konnte nach erfolgreichem Weaning die ECMO komplikationslos entfernt werden (siehe Abb. 1).

Nach Beendigung der ECMO-Therapie zeigte sich der pulmonale Gasaustausch zunächst stabil. Es waren jedoch wiederholt Bronchoskopien notwendig, um die Atemwegsverlegung durch die wieder steigend hohe Sekretlast zu adressieren. In der immunhistologischen und molekularpathologischen Analyse zeigten sich am Behandlungstag 45 eine STK11-Funktionsverlustmutation, die in retro-

Abbildung 5



Histologie der Lingulaspitze links.

A: Hämatoxylin-Eosin (HE)-Färbung: Lungengewebe mit Verbänden eines invasiven muzinösen Adenokarzinoms.

B: HE-Färbung: In stärkerer Vergrößerung werden teils in Alveolen flottierende Tumorzellen deutlich.

C: Immunhistochemische Färbung für Cytokeratin 7 (CK7): Die Tumorzellen zeigen eine deutliche Anfärbung für CK7. Der Teilstrich entspricht in A 0,5 mm (2 x Vergrößerung), in B und C 0,1 mm (10 x Vergrößerung).

spektiven Studien mit einem schlechteren Ansprechen auf eine Immuntherapie korrelierte [6].

Onkologisch betrachtet zeigte sich nun nach gänzlicher molekularpathologischer Aufarbeitung, bei fehlender zielgerichteter Therapieoption, eine nunmehr schlechte Gesamtprognose. Im ausführlichen Gespräch mit den Angehörigen erfolgte auf Grundlage des mutmaßlichen Patientenwillens eine Therapiezieländerung hin zu einer Best-Supportive-Care-Strategie. Die Patientin verstarb am Behandlungstag 47.

Diskussion

Unser Fallbericht beschreibt eine seltene intrapulmonale Ursache eines akuten Lungenversagens aufgrund eines muzinösen Adenokarzinoms der Lunge. Trotz ausgeprägter Oxygenierungsstörung zeigte sich bereits früh im Krankheitsverlauf eine unerwartet gut erhaltene pulmonale Compliance. Dieses Phänomen wurde bereits von Chiumello et al. bei Patienten mit COVID-19-assoziiertem ARDS beschrieben [7]. In Abbildung 2 sind neben der Compliance die Beatmungsparameter Tidalvolumen, Atemminutenvolumen sowie Spitzendruck im 30-Tages-Verlauf dargestellt. Hierbei zeigt sich nebst der nie relevant kompromittierten Lungencompliance, dass eine lungenprotektive Beatmung mit überraschend niedrigen Spitzendrücken über weite Strecken problemlos durchführbar war (Abb. 2). Jedoch nicht dazu passend zeigte sich keine nachhaltige Besserung der Oxygenierung als Surrogat einer möglichen besseren Prognose. Durch die mehrfach durchgeführten Bauchlagerungen unter ECMO-Therapie zeigte sich jedoch eine zumindest kurzfristige Besserung der Oxygenierung. Angesichts der stets erhaltenen Lungencompliance sowie der Durchführbarkeit einer lungenprotektiven Beatmung war dies im Sinne einer Rekrutierbarkeit nicht zwingend zu erwarten.

Mikrobiologisch gelang im gesamten Verlauf, bis auf eine am ehesten sekundäre Isolation von *Candida albicans*, kein Erregernachweis. Den diagnosti-

schen Durchbruch brachte die histopathologische Aufarbeitung einer chirurgischen Lingula-Biopsie, die wir erst spät im Verlauf an Behandlungstag 26 durchführten (siehe Abb. 1 und 5). Retrospektiv wäre eine Diagnosestellung mithilfe dieser gleichwohl invasiven Maßnahme zu einem früheren Zeitpunkt möglich gewesen und hätte damit früher eine spezifische onkologische Therapie ausgelöst. Meistens gelingt im akuten Lungenversagen eine Abklärung der Ätiologie mithilfe klinischer, laborchemischer, mikrobiologischer bzw. radiologischer Verfahren. Im Einzelfall gelingt es dem Intensivmediziner trotz umfangreicher Diagnostik nicht immer, die möglichen Differentialdiagnosen zu klären [8]. Führen alle herkömmlichen diagnostischen Maßnahmen zu keiner definitiven Diagnose, ist die Indikation zur offenen oder transbronchialen Lungenbiopsie mit anschließender feingeweblichen Untersuchung in individueller Nutzen-Risiko-Abwägung zu erwägen [8]. In unserem Fall wurde aus pulmonologischer Sicht die transbronchiale Biopsie unter ECMO-Therapie mit notwendiger Antikoagulation als zu risikoreich eingeschätzt. Hier hätte zumindest eine weniger invasive endobronchiale Bürstenbiopsie als mögliche Alternative erwogen werden können. Trotz der insgesamt geringen Sensitivität hätte ein Tumorzellnachweis wegweisenden Charakter gehabt. Es liegen einige Fallserien mit über 500 Patientinnen und Patienten vor, welche die Sicherheit sowie die diagnostische Wertigkeit einer chirurgischen Lungenbiopsie bei ARDS-Patienten*innen untersucht haben [8, 9, 10]. Hierbei wurde etwa das Blutungsrisiko als gering eingestuft, bei weniger als 2 % der Patientinnen und Patienten trat eine interventionspflichtige (Transfusion bzw. Reoperation) Blutung auf [8]. Kritikerinnen und Kritiker der chirurgischen Lungenbiopsie im ARDS verweisen auf das Risiko einer prozedurassoziierten Verschlechterung der ohnehin kritischen Beatmungssituation [8, 11]. Paradoxerweise könnte auf Grundlage dieser Argumentation gerade den kränksten Patientinnen und Patienten, welche am dringendsten einer korrek-

ten Diagnosestellung bedürfen, eine notwendige Diagnostik vorenthalten werden [8]. Demnach liegt hier der mögliche Nutzen einer offenen Lungenbiopsie im Erkennen einer bislang nicht bekannten Diagnose, welche eine potenziell kurative Therapie nach sich zieht [8]. Auch zum Ausschluss seltener Differentialdiagnosen kann die Lungenbiopsie einen nützlichen Beitrag leisten. Hierbei kann möglicherweise auf empirisch verabreichte, teils organotoxische Therapeutika, verzichtet werden [8]. Letztendlich kann, wie in unserem Fall, eine biopsisch gesicherte Diagnose auch eine faktenbasierte Deeskalation der laufenden Therapiemaßnahmen nach sich ziehen. Hierbei können den Patientinnen und Patienten nicht indizierte Intensivmaßnahmen erspart bleiben und Ressourcen geschont werden [8]. Auch in unserem Fallbericht ergab sich aus der biopsisch gesicherten Diagnose eine klare Änderung im weiteren Behandlungspfad. Bei potenziell kurativem Adenokarzinom erfolgte unmittelbar die Einleitung einer zytoreduktiven Therapie. Nach im Verlauf dann vorliegender molekulargenetischer Befundung mit einer zu erwartenden schlechten Prognose wurde das weitere Therapieziel geändert. Demnach hatten die offene Lungenbiopsie und die damit einhergehende ätiologische Abklärung in unserem Fall einen entscheidenden Einfluss auf den weiteren Krankheitsverlauf.

Wir plädieren zukünftig bei ausgewählten Patientinnen und Patienten im akuten Lungenversagen mit ätiologischer Unklarheit (trotz umfangreicher diagnostischer Abklärung), eine Lungenbiopsie unter strenger individueller Nutzen-Risiko-Abwägung durchzuführen.

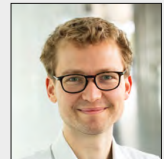
Leider bestätigte sich auch in dem hier präsentierten Fall, dass trotz Beginn einer Chemotherapie unter noch laufender ECMO-Therapie keine gute Prognose für die Patientin vorlag, auch wenn das ARDS im Verlauf gebessert und die ECMO-Therapie beendet werden konnte. Kochanek et al. untersuchten retrospektiv zwischen 2009 und 2019 insgesamt 297 Tumorpatientinnen und -patienten mit der Fragestellung, ob

Tumorpatientinnen und -patienten mit schwerem Lungenversagen von einer VV-ECMO-Behandlung profitieren oder nicht [12]. Hierbei zeigte sich, dass bei ohnehin hoher Mortalität vor allem eine neu diagnostizierte Tumorerkrankung einen negativen prognostischen Faktor für das Überleben darstellte [12].

Literatur

1. Gottschaldt U, Reske AW: Pathophysiologie des Lungenversagens. *Anästh Intensivmed* 2018;59:249–264
2. Villar J, Schultz MJ, Kacmarek RM: The LUNG SAFE: A biased presentation of the prevalence of ARDS. *Crit Care* 2016;20:108
3. Banavasi H, Nguyen P, Osman H, Soubani AO: Management of ARDS – What Works and What Does Not. *AM J Med Sci* 2021;362:13–23
4. Lotz C, Ritter O, Muellenbach RM: Assisted beating of the ischemic heart: How to manage the pulseless ST – segment-elevation myocardial infarction patient. *Circulation* 2014;130:1095–1104
5. Matthay MA, Arabi Y, Arroliga AC, Bernard G, Bersten AD, Brochard LJ, et al: A New Global Definition of Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2024;209:37–47
6. Shire NJ, Klein AB, Golozar A, Collins JM, Fraeman KH, Nordstrom BL, et al: STK11(LKB1) mutations in metastatic NSCLS: Prognostic value in the real world. *PLoS ONE* 2020;15:e0238358
7. Chiumello D, Busana M, Coppola S, Romitti F, Formenti P, Bonifazi M, et al: Physiological and quantitative CT-scan characterization of COVID-19 and typical ARDS: a matched cohort study. *Intensive Care Med* 2020;46:2187–2196
8. Baumann HJ, Meyer A, Klose H, Kluge S: Stellenwert der invasiven Diagnostik beim akuten Lungenversagen. *Pneumologie* 2010;64:488–495
9. Parambil JG, Myers JL, Aubry MC, Ryu JH: Causes and prognosis of diffuse alveolar damage diagnosed on surgical lung biopsy. *Chest* 2007;132:50–57
10. Chuang ML, Lin IF, Tsai YH, Vintch JR, Pang LC: The utility of open lung biopsy in patients with diffuse pulmonary infiltrates as related to respiratory distress, its impact on decision making by urgent intervention, and the diagnostic accuracy based on the biopsy location. *J Intensive Care Med* 2003;18:21–28
11. Oddo M, Liaudet L: Open-lung biopsy for ARDS patients. *Chest* 2004;126: 1003–1004
12. Kochanek M, Kochanek J, Böll B, Eichenauer DA, Beutel G, Bracht H, et al: Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (vv-ECMO) for severe respiratory failure in adult cancer patients: a retrospective multicenter analysis. *Intensive Care Med* 2022;48:332–342.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Stephan Möller**

Klinik für Anästhesiologie und
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Ulm
Albert-Einstein-Allee 23
89081 Ulm, Deutschland

Tel.: 0731 500-60273

Fax: 0731 500-60002

E-Mail:

stephan.moeller@uniklinik-ulm.de

ORCID-ID: 0009-0008-1564-1771

Linezolid als möglicher Auslöser einer Rhabdomyolyse bei einem Patienten mit Fournier-Gangrän

Linezolid as potential cause for rhabdomyolysis in a patient with Fournier's gangrene

A. Tonfack Yamedji¹ · M. Dürbaum¹ · S. Schröder¹

► **Zitierweise:** Tonfack Yamedji A, Dürbaum M, Schröder S: Linezolid als möglicher Auslöser einer Rhabdomyolyse bei einem Patienten mit Fournier-Gangrän. *Anästh Intensivmed* 2026;67:371–376. DOI: 10.19224/ai2026.371

Zusammenfassung

Ein 58-jähriger Patient mit Fournier-Gangrän entwickelte unter der Therapie mit Linezolid wegen einer Infektion durch *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) eine ausgeprägte Rhabdomyolyse, die sich durch eine massive Erhöhung der Kreatinkinase im Serum (CK i. S.) äußerte. Nach dem Ausschluss anderer Ursachen und dem Absetzen von Linezolid normalisierte sich die CK i. S. rasch.

Dieser Fall spricht dafür, dass Linezolid ein möglicher Auslöser für eine induzierte Rhabdomyolyse sein kann. Er unterstreicht die Bedeutung einer frühzeitigen Diagnostik, einer engmaschigen Kontrolle der CK i. S. sowie des konsequenten Absetzens potenziell auslösender Medikamente. Zusätzlich kann eine Hämoabsorption in Betracht gezogen werden, um Myoglobin und Kreatinkinase im Serum zu senken.

Der Fall dient als Grundlage für eine Literaturrecherche zu den Ursachen und Behandlungsmöglichkeiten einer Rhabdomyolyse.

Summary

A 58-year-old patient with Fournier's gangrene developed severe rhabdomyolysis while receiving linezolid for treatment of an infection caused by *Enterococcus faecium* (resistant to vancomycin). The rhabdomyolysis was characterised by a significant increase in serum creatine kinase (CK i.s.). After ruling out other causes and discontinu-

ing linezolid therapy, CK i.s. normalised rapidly.

This case suggests that linezolid may trigger rhabdomyolysis. It highlights the importance of early diagnosis, close monitoring of CK i.s., and consistent discontinuation of potentially causative medications. Additionally, haemoabsorption may be considered to lower serum myoglobin and creatine kinase i.s..

This case provides the basis for a literature review of the causes and treatment options for rhabdomyolysis.

Kasuistik

Ein 58-jähriger Patient (180 cm Körpergröße, 90 kg Körpergewicht) befand sich aufgrund einer Fournier-Gangrän im Bereich der Leiste, des Hodens und der Gesäßmuskulatur in einem septischen Schock. Sofort wurden eine Behandlung mit dem Breitbandantibiotikum Piperacillin/Tazobactam und Clindamycin sowie ein notfallmäßiges chirurgisches Débridement eingeleitet, um den Fokus zu sanieren. Postoperativ wurde der Patient intubiert und beatmet auf die Intensivstation aufgenommen.

Am darauffolgenden Tag wurde nach einer CT-Diagnostik von Abdomen und Becken, bei der Lufteinschlüsse nachgewiesen wurden, die sich bis zur Glutealmuskulatur und beidseits zu den Leistenkanälen erstreckten, eine Second-Look-Operation durchgeführt. Im Rahmen dieser Operation wurde infiziertes

¹ Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Artemed Krankenhaus Dören (Chefarzt: Prof. Dr. S. Schröder)

Interessenkonflikt

Alle Autoren geben an, selbst keine Interessenkonflikte zu haben. Sie legen jedoch offen, dass sie den Fall mit dem befreundeten Intensivpfleger Sebastian Gust diskutiert haben. Dieser war zuvor bei der Firma CytoSorbents tätig und arbeitet aktuell bei der Firma Dräger. Ihnen ist es wichtig, Herrn Gust für seine engagierte und konstruktive Unterstützung zu danken, die zur inhaltlichen Qualität dieses Manuskripts beigetragen hat.

Schlüsselwörter

Linezolid – Rhabdomyolyse – Kreatinkinase – Sepsis – Fournier-Gangrän – *Enterococcus faecium* – Hämoabsorption

Keywords

Linezolid – Rhabdomyolysis – Creatine Kinase – Sepsis – Fournier's Gangrene – *Enterococcus faecium* – Hemoadsorption

Gewebe in der glutealen, ischiorektalen Region und in der Leiste nachreseziert. Zudem erfolgte eine protektive subkutane Verlagerung der Hoden in die Oberschenkelregion. Im intraoperativ entnommenen Probematerial konnte eine floride, granulierende Entzündung mit Infiltration der Skelettmuskulatur und fokalen Rhabdomyolysen bestätigt werden.

Am vierten Behandlungstag wurde aufgrund eines Mitbefalls des Darmes eine tiefe anteriore Rektumresektion mit Blindverschluss und Anlage eines endständigen Descendostomas vorgenommen.

Nachdem *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) in der Blutkultur nachgewiesen worden war, wurde die Therapie am zweiten Behandlungstag mit zweimal täglicher intravenöser Gabe von 600 mg Linezolid begonnen. Einen Tag nach Beginn der Therapie stieg die Kreatinkinase im Serum (CK i. S.) zunehmend an. Es wurden sowohl eine forcierte Diurese mit Furosemid als auch eine Alkalisierung des Urins eingeleitet.

Bei einem weiteren Anstieg der CK i. S. wurde in der Nacht vom fünften zum sechsten Behandlungstag das SLEDD-Dialyseverfahren (Slow Low-Efficient Daily Dialysis) mit dem GENIUS 90®-Therapiesystem (Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Homburg, Deutschland) bei einem Blutfluss von 150 ml/min mit einer Ultrafiltrationsrate von 50 ml/h und einer geplanten Dauer von 8 Stunden in Kombination mit einer CytoSorb®-Hämoabsorption (CytoSorbents Corporation, Berlin/USA) begonnen. Der CytoSorb®-Adsorber enthält Polymer-Beads (vernetztes Divinylbenzol mit Polyvinylpyrrolidon-Beschichtung), die Substanzen (vornehmlich hydrophobe) im Bereich bis ca. 55 kD adsorbieren. Während Myoglobin mit 17 kD und einem Siebkoeffizienten von 0,6 gut dialysierbar [1–3] und hauptverantwortlich für ein Nierenversagen ist [2,4,5], wird die CK mit rd. 80 kD und einem Siebkoeffizient von 0 [3] nicht effektiv mittels Dialyse entfernt. Letztere wird primär als Verlaufsmarker und nicht als therapeutisches Ziel genutzt:

„Myoglobin macht den Schaden – CK i. S. zeigt ihn nur an“ [4].

Aufgrund eines rapiden Abfalls der Natriumkonzentration im Serum (von 168 auf 153 mmol/l) wurde die Behandlung nach sechs Stunden vorzeitig beendet. Dieser Abfall wurde jedoch nicht als ursächlicher Zusammenhang mit dem verwendeten Hämoabsorptionsverfahren interpretiert, sondern eher als ein begleitender Effekt der Dialyse.

Da eine Reaktion auf Linezolid nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde die Behandlung mit dem Medikament nach sechs Tagen und bei fallenden Infektparametern ersatzlos beendet. In der Folge war die CK i. S. rückläufig und die Diurese nahm zu, sodass im weiteren Verlauf keine Dialysetherapie notwendig war. Es lagen keine weiteren Zeichen einer Linezolid-Toxizität vor. Die Thrombozytenzahl war normwertig.

Der Patient erlitt einen komplexen Krankheitsverlauf mit einer Weaningtherapie nach Tracheotomie sowie regelmäßigen operativen Wechseln des Vakuumverbandes in der Leiste und im Genitalbereich. In der Folge konnten signifikante Verbesserungen der Wundverhältnisse beobachtet werden, sodass der Patient kardiopulmonal stabil und ohne antiinfektive Therapie in eine Klinik für Plastische Chirurgie zur plastischen Deckung verlegt werden konnte.

Die Ethik-Kommission der Ärztekammer Nordrhein hat zu Kasuistiken sowie zu retrospektiven epidemiologischen Forschungsvorhaben grundsätzliche Stellungnahmen abgegeben. Demnach besteht bei einer retrospektiven Aufarbeitung mit vollständig anonymisierten Patientendaten keine Beratungspflicht (Bearbeitungsnummern 74/2021 und 156/2021).

Diskussion

Die Fournier-Gangrän ist eine lebensbedrohliche Weichteilinfektion, die sich durch eine schnelle Ausbreitung von Nekrosen der betroffenen Faszien auszeichnet. Dabei stellt die Fournier-Gangrän eine Sonderform der nekrotisierenden Fasiitis dar, welche das äußere

Genitale und das angrenzende Perineum befällt. Es handelt sich um eine bakterielle Infektion, die grundsätzlich alle Faszienstrukturen des Körpers betreffen kann. Besonders die stammnahen Fälle einer nekrotisierenden Fasiitis sind in der Regel mit einer polymikrobiellen, teilweise anaeroben Flora assoziiert [6,7]. Im vorliegenden Fall war die Infektion mit einem septischen Schock assoziiert. Eine Sepsis ist eine gefährliche Erkrankung mit hoher Morbidität und Mortalität, die einen hohen Ressourcenaufwand erfordert [8–12]. In diesem Kontext ist zur Fokussanierung u. a. eine sorgfältige Indikationsstellung und Auswahl der antiinfektiven Therapie erforderlich. Eine frühzeitige Diagnose und Behandlung sind entscheidend, um die Sterblichkeitsrate zu reduzieren [8–12]. Im beschriebenen Fall wurde unter anderem Linezolid verabreicht, da bei dem Patienten *Enterococcus faecium* (Vancomycin-resistent) in der Blutkultur nachgewiesen wurde. In diesem Zusammenhang wurde bei einer deutlich erhöhten CK i. S. eine Linezolid-assoziierte Rhabdomyolyse vermutet [13,14]. Hierbei ist es wichtig, die pathophysiologische Rolle des Myoglobins zu berücksichtigen. Während CK i. S. als Marker für die Muskelschädigung dient, ist Myoglobin maßgeblich für die Entwicklung des akuten Nierenversagens verantwortlich [4]. Der Einsatz der Hämoabsorption dient hierbei nicht primär der Reduzierung der CK i. S., sondern zielt auf die effektive Entfernung von Myoglobin ab [4,15].

Mögliche Ursachen für eine erhöhte Kreatinkinase im Serum

Eine Erhöhung der CK i. S. kann verschiedene Ursachen haben. Zu den häufigsten Ursachen zählen – unabhängig der Intensivmedizin – neuromuskuläre Erkrankungen wie beispielsweise Muskeldystrophien [4,16,17]. Letztere konnten bei diesem Patienten durch eine Muskelbiopsie ausgeschlossen werden.

Ein weiterer potenzieller Faktor für die Erhöhung der CK i. S. kann ein Liegetrauma sein [4]. Der Begriff beschreibt die zusätzlichen körperlichen Schäden, die durch verlängertes Liegen und

inadäquate Bewegung entstehen, wenn die betroffene Person sich nicht mehr selbstständig bewegen kann. In der Studie von Hüser et al. wurde bei 85 % der Patient:innen mit Liegetrauma eine erhöhte CK-Aktivität (≥ 190 U/l) festgestellt. Dabei wurde bei der initialen CK-Bestimmung zum Zeitpunkt der ersten Blutabnahme bei 58 % der Patient:innen ein Wert von ≥ 1.000 U/l und bei 21 % der Patient:innen ein Wert von ≥ 5.000 U/l festgestellt [18]. In unserem Fall ist ein Liegetrauma als Ursache für die Erhöhung der CK i. S. unwahrscheinlich, da der Patient regelmäßig gelagert und physiotherapeutisch durchbewegt wurde. Natürlich können die Erkrankung als solche und interventionelle/chirurgische Eingriffe zu einer Erhöhung der CK i. S. beitragen. In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die CK i. S. nach jedem operativen Eingriff anstieg.

In der wissenschaftlichen Literatur konnten zudem verschiedene Medikamente identifiziert werden, die eine Rhabdomyolyse mit stark erhöhter CK i. S. auslösen können. Dazu zählen Statine, Amiodaron, Steroide, selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, D-Penicillinamin, antiretrovirale Medikamente (z. B. Zidovudin) sowie Propofol [4,19]. In der Fachliteratur wurden einige Fälle dokumentiert, die nach der Anwendung von Propofol aufgetreten

sind. Das Propofol-Infusionssyndrom (PRIS) ist eine seltene, insbesondere bei Kindern auftretende, schwerwiegende Nebenwirkung, die nach Langzeitgabe von Propofol emergent werden kann. Charakteristisch hierfür sind eine metabolische Azidose, eine Rhabdomyolyse sowie eine Dysfunktion des Herz-Kreislauf-Systems [20–22]. Im vorliegenden Fall wurde die Anwendung von Propofol nach drei Tagen beendet und die Laborbefunde zeigten keinen Hinweis auf ein PRIS.

In mehreren Studien wurde darüber hinaus nachgewiesen, dass bestimmte Antibiotika eine signifikante Rolle bei der Entwicklung einer Rhabdomyolyse spielen können [19]. Ein charakteristisches Beispiel hierfür ist Linezolid, bei dem bei schwer erkrankten Patient:innen nach der Therapie schwerwiegende Nebenwirkungen beobachtet wurden [13,14]. In einem Fallbericht von Lechner et al. entwickelten zwei Patienten unterschiedlichen Alters mit einer Sepsis trotz engmaschiger Kontrolle des Linezolid-Plasmaspiegels eine lebensbedrohliche Rhabdomyolyse mit einer steigenden CK i. S. und Niereninsuffizienz als Folge [13]. Diese Beobachtung stützt die Hypothese, dass die postulierte myotoxische Wirkung nicht auf toxisch hohe Konzentrationen des Antibiotikums zurückzuführen ist. Es liegen Hinweise da-

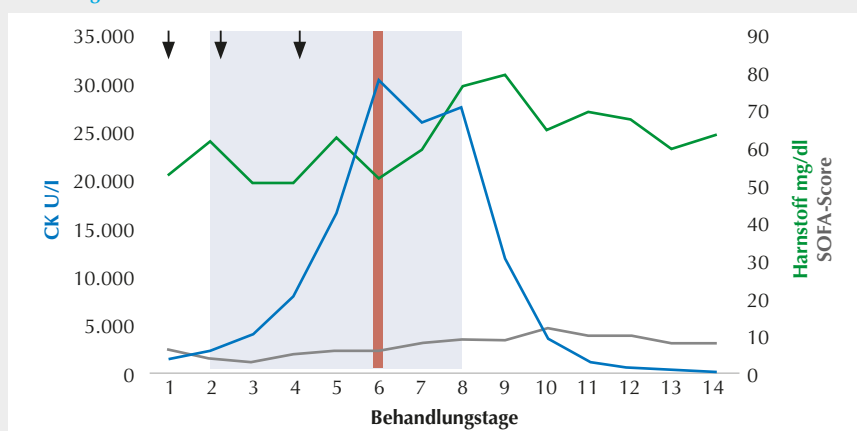
rauf vor, dass die Rhabdomyolyse auf eine durch Linezolid induzierte Hemmung der mitochondrialen Proteinsynthese zurückzuführen ist [13,14]. Die Hemmung der Funktion der Atmungskette durch Linezolid führt zur Beeinträchtigung der mitochondrialen Produktion von Adenosintriphosphat (ATP). Der daraus resultierende Energiemangel kann zum Muskelzerfall und zur Rhabdomyolyse führen. Im beschriebenen Fall wurden nach zwei Behandlungstagen mit Linezolid eine CK i. S. von 8.095 U/l und nach vier Tagen der Spitzenwert von 30.530 U/l gemessen. Nach einer Reihe von Differenzialdiagnosen wurde die Therapie mit Linezolid nach sechs Behandlungstagen beendet. Im weiteren Verlauf war die CK i. S. rückläufig.

Die Rhabdomyolyse kann weitere unterschiedliche Ursachen haben. Zu den potenziellen Auslösern zählen beispielsweise die maligne Hyperthermie, verschiedene virale Infektionen durch Epstein-Barr-Virus, Echoviren, Adenoviren und weiteren Viren, Endokrinopathien – ein Beispiel hierfür ist die Hypothyreose – sowie Toxine, wie sie beispielsweise bei der Einnahme von Alkohol, Kokain oder Heroin auftreten können [4]. In unserem Fall wurden die TSH-Werte engmaschig kontrolliert und lagen im Normbereich. Mittels eines Viren-Screenings konnte darüber hinaus eine Infektion mit dem Coronavirus (SARS-CoV-2), Influenzavirus A und B, Adenoviren, Cytomegalievirus (CMV) sowie Epstein-Barr-Virus ausgeschlossen werden.

Diagnostik und Therapie der Rhabdomyolyse

Bislang ist keine standardisierte Definition der Rhabdomyolyse etabliert. Zur Diagnose einer Rhabdomyolyse ist die Bestimmung der Serumwerte von CK und Myoglobin von besonderer Relevanz. Aufgrund der kürzeren Eliminationszeit aus Blut und Urin eignet sich Myoglobin jedoch weniger als Verlaufparameter. Die CK i. S. wird daher als sensitiver und wichtigster laborchemischer Diagnosemarker angesehen [4]. Der Anstieg dieses Enzyms erfolgt im Vergleich zu Myoglobin verzögert: Erst 2 bis 12

Abbildung 1



Verlauf von CK i. S. (Kreatinkinase im Serum), Harnstoff im Serum und des SOFA-Scores über die Behandlungstage. Die hellblaue Fläche zeigt die Dauer der Linezolid-Therapie mit zweimal täglicher intravenöser Gabe von jeweils 600 mg. Die rote Fläche zeigt die Dauer der Hämoabsorptionstherapie über sechs Stunden. Die schwarzen Pfeile entsprechen den Operationszeitpunkten.

Stunden nach der Muskelverletzung ist ein Anstieg festzustellen, der Peak wird nach 24 bis 36 Stunden erreicht, in einigen Fällen auch erst nach 72 Stunden. Vor diesem Hintergrund kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass der CK-Spitzenwert am 6. Behandlungstag operationsbedingt bedingt war.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass die Diagnose einer Rhabdomyolyse gemäß aktueller Literatur ab einer CK-Erhöhung auf über 1.000 U/l oder das Fünffache der jeweiligen Norm gestellt werden kann, sofern kein akuter Myokardinfarkt vorliegt [4]. Die Interpretation der CK gestaltet sich außerdem als schwierig, wenn neben der Skelettmuskulatur auch das Herz betroffen ist. Eine myokardiale Beteiligung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben, wenn CK-MB 5 % der Gesamt-CK überschreitet. In der vorliegenden Kasuistik sind die CK-Erhöhrungen – unabhängig von der Gabe von Linezolid als möglichem medikamentösem Trigger – durch die ausgedehnten Weichteilnekrosen und Muskelschädigungen sowie die wiederholten Débridements erklärbar. Eine Isoenzym-Bestimmung, die in unserem Fall nicht erfolgt ist, ändert die unmittelbare Therapie nicht. Ausschlaggebend sind der Verlauf, das Ausmaß der Nekrosen, Sepsiszeichen und die Organfunktion. In unserem Fall gab es keinen Anhalt für eine kardiale Mitbeteiligung.

Myoglobin- und Harnsäureausfällungen beeinflussen die Perfusion in die renalen Tubuli und bewirken eine Vasokonstriktion der renalen Arteriolen. Dies konnte in Tierversuchen beobachtet werden [4]. Ein Ausfall der genannten Substanzen wird durch Dehydratation begünstigt und kann eine akute renale Tubulusnekrose auslösen. Aus pathophysiologischer Sicht ist Myoglobin von entscheidender Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die Nierenfunktion [4]. Allerdings wird die Bestimmung von Myoglobin in unserem Labor nicht routinemäßig angeboten, da es in der Herzdiagnostik durch hochsensible Troponine weitgehend verdrängt wurde. Myoglobin wird nur bei Bedarf über ein externes Zentrallabor angefordert. Somit

bleibt die CK der „Goldstandard“ in der Diagnostik in Kombination mit Klinik und Anamnese, während das Myoglobin im Serum dieses Bild ergänzen kann.

Aktuell existieren keine Leitlinien für die Therapie der Rhabdomyolyse [4]. Die Behandlung dieser Erkrankung erfolgt auf Grundlage einer Vielzahl von Fallberichten, tierexperimentellen Untersuchungen sowie primär retrospektiver Analysen [4]. Die initiale Therapiemaßnahme besteht, sofern dies realisierbar ist, in der Beseitigung der auslösenden Ursache, um weitere Komplikationen zu verhindern. Wenn das auslösende Ereignis beispielsweise auf ein Kompartmentsyndrom zurückzuführen ist, wird zusätzlich zur unterstützenden Therapie eine frühe Fasziotomie durchgeführt. Auch das Absetzen auslösender Medikamente ist von entscheidender Bedeutung, um die Letalität zu reduzieren [4]. Im präsentierten Fall normalisierte sich die CK i. S. nach Beendigung der antiinfektiven Therapie mit Linezolid.

In jedem Fall sollte eine diuretische Therapie zur beschleunigten Ausscheidung von Myoglobin und anderen nephrotoxischen Substanzen eine gegebenenfalls erforderliche Nierenersatztherapie nicht verzögern [4]. In schwerwiegenden Fällen wird eine Hämodialyse eingesetzt [4,15,23,24]. Die Indikation für eine Nierenersatztherapie sollte sich jedoch nicht ausschließlich auf erhöhte Konzentrationen bzw. Aktivitäten spezifischer Laborwerte wie Myoglobin oder CK stützen, die typisch für eine Rhabdomyolyse sind. Im Vordergrund steht eine sorgfältige Evaluation des Ausmaßes der renalen Schädigung. Diese sollte anhand einer Reihe von Symptomen erfolgen, die eine konservative Behandlung übersteigen und zu einer lebensbedrohlichen Elektrolytentgleisung, einer metabolischen Azidose, Anurie oder Urämie sowie einer schweren Hyperhydratation führen können. Eine präventive Hämofiltration bei Rhabdomyolyse oder eine frühzeitige Dialyse bei Nierenversagen wird derzeit nicht empfohlen [4]. Ein Nachteil der konventionellen Dialyseformen ist die geringere Clearance und Eliminationsrate von Myoglobin und CK i. S.. Um eine effektive Elimination von

Myoglobin zu gewährleisten, wird der Einsatz eines High-Cut-off-Filters oder ein Hämoadsorptionsverfahren empfohlen [4]. Letzterer Ansatz ermöglicht eine Entfernung der erhöhten Myoglobin-Werte über Adsorption und hat sich im Vergleich mit der Filtration als überlegen erwiesen [23,24].

Im vorliegenden Fall wurden eine ausreichende Volumentherapie sowie eine forcierte Diurese mit Furosemid und Harnalkalisierung angestrebt. Bei einem signifikanten Anstieg der CK auf über 30.000 U/l wurde das SLEDD-Dialyseverfahren in Kombination mit einer Hämoadsorption eingesetzt. In der Literatur wird diskutiert, dass die Hämoadsorption erfolgreich Moleküle entfernt, die möglicherweise eine Rolle bei der Pathogenese der Rhabdomyolyse spielen [2,25]. Die während der kombinierten Anwendung von SLEDD und Hämoadsorption beobachtete Abnahme der CK i. S. um etwa 4.000 U/l ist differenziert zu betrachten und lässt sich nicht eindeutig einem der beiden Verfahren allein zuschreiben (siehe Abb. 1). Grundsätzlich ist die CK mit einer Molekülgröße von rund 80 kD ein vergleichsweise großes Enzym, das durch konventionelle Dialyseverfahren wie SLEDD nur begrenzt eliminiert werden kann. Für die Hämoadsorption von CK i. S. existieren nur begrenzt Daten, eine relevante direkte Elimination ist nicht eindeutig belegt. Im Gegensatz dazu ist für kleinere Moleküle wie Myoglobin mit 17 kD eine effektive Entfernung durch Hämoadsorption gut beschrieben [23,24]. Vor diesem Hintergrund erscheint es wahrscheinlich, dass die beobachtete Abnahme der CK i. S. weniger auf eine direkte extrakorporale Elimination zurückzuführen ist, sondern vielmehr das Ergebnis einer Kombination aus der Beendigung der Linezolid-Therapie, Abnahme der muskulären Schädigung infolge operativer Eingriffe und gestiegenem metabolischem Abbau durch unterstützende Maßnahmen, insbesondere durch Verbesserung der Mikrozirkulation ist.

Aufgrund eines rapiden Abfalls der Natriumkonzentration im Serum (von 168 auf 153 mmol/l) wurde die Behandlung

nach sechs Stunden vorzeitig beendet. Dieser Abfall ist am ehesten durch dialysebedingte Effekte im Rahmen der SLEDD-Therapie zu erklären. Ursächlich hierfür ist insbesondere der ausgeprägte Konzentrationsgradient zwischen der initialen Hypernatriämie des Patienten und der niedrigeren Natriumkonzentration des Dialysats (ca. 140 mmol/l). Dieser führt zu einer schnellen, diffusionsgetriebenen Natriumverschiebung aus dem Blut in das Dialysat. Dieser Effekt wird durch die relativ lange Behandlungsdauer mit ursprünglich geplanten acht Stunden bei gleichzeitig moderatem Blutfluss von 150 ml/min zusätzlich verstärkt. Da das GENIUS 90®-Tankverfahren systembedingt keine dynamische Anpassung der Dialysatzusammensetzung während der laufenden Therapie erlaubt, bleibt eine initial hohe Natriumdifferenz über einen längeren Zeitraum bestehen. Die parallel eingesetzte Hämoadsorption mittels CytoSorb® ist hingegen nicht als ursächlicher Faktor für die Natriumverschiebung anzusehen, da kleine, freigelöste Elektrolyte wie Natrium nicht relevant adsorbiert werden. Der beobachtete Abfall der Serumkonzentration des Natriums übersteigt die empfohlenen Korrekturraten und ist potenziell mit einem erhöhten Risiko für zerebrale Komplikationen assoziiert. Der Fall unterstreicht daher die Notwendigkeit einer sorgfältigen Therapieplanung bei Hypernatriämie unter extrakorporalen Verfahren. Insbesondere sollten Blutfluss, Behandlungsdauer und – sofern möglich – die Dialysatzusammensetzung angepasst sowie engmaschige Kontrollen der Serumelektrolyte durchgeführt werden, um eine zu rasche Korrektur zu vermeiden.

Für die Hämoadsorption mit dem CytoSorb®-System konnte tierexperimentell gezeigt werden, dass die Clearance von

Linezolid durch das Verfahren relevant erhöht ist [26]. Wie in diesem Modell nachgewiesen, beträgt die additive Clearance durch das CytoSorb®-Verfahren ca. 4,5 l/h, was nahezu einer Verdoppelung entspricht [26].

Das CytoSorb®-Verfahren konnte auch bei einem Kind erfolgreich im Rahmen einer durch Influenza B und Enterovirus ausgelösten, viral bedingten Rhabdomyolyse eingesetzt werden. Dadurch sanken die Marker der Muskel- und Nierenschädigung deutlich und es traten keine relevanten Komplikationen der Therapie auf [27].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die deutliche Abnahme der CK i. S. mit Beendigung der Linezolid-Therapie eintrat. Linezolid war daher höchstwahrscheinlich die Ursache der Rhabdomyolyse mit einer massiven Erhöhung der CK i. S.-Werte.

Fazit

Dieser Fall zeigt, dass eine Rhabdomyolyse unter einer Linezolid-Therapie auftreten kann, weshalb eine sorgfältige Überwachung der CK i. S. erforderlich ist. Aus pathophysiologischer Sicht ist aber Myoglobin der entscheidendere Faktor, insbesondere im Hinblick auf die Nierenfunktion. Allerdings wird die Bestimmung von Myoglobin zunehmend seltener routinemäßig angeboten, da es in der Herzdiagnostik durch hochsensibile Troponine weitgehend verdrängt wurde und eher bei speziellen Fragestellungen (z. B. Rhabdomyolyse, Muskeltrauma) genutzt wird. Bei Bedarf ist eine Bestimmung meist über das jeweilige Einsendelabor (externes Zentrallabor) möglich. Somit bleibt die CK i. S. der diagnostische „Goldstandard“ in Kombination mit Klinik und Anamnese, während das Myoglobin i. S. dieses Bild ergänzen kann.

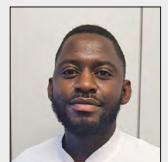
In ausgewählten Fällen kann der Einsatz einer Hämoadsorption sinnvoll sein, um Myoglobin effektiv zu entfernen, während die CK i. S. primär zur Verlaufskontrolle genutzt wird.

Eine frühzeitige Diagnostik und Therapieeinleitung sind entscheidend, um Komplikationen wie eine akute Nierenschädigung zu verhindern.

Dieser Fall hat dazu geführt, dass in unserer Klinik eine Standard-Operating-Procedure (SOP) zum Vorgehen bei einer Rhabdomyolyse entwickelt wurde. Diese SOP definiert feste Marker für den Beginn einer Nierenersatztherapie (kontinuierliche veno-venöse Hämodialyse, CVVHD) und den gezielten Einsatz einer Hämoadsorption, um eine frühzeitige, standardisierte Therapie zu gewährleisten.

Korrespondenz- adresse

**Arthur Tonfack
Yamedji**



Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie
Artemed Krankenhaus Düren
Roonstraße 30
52351 Düren, Deutschland
Tel.: 02421 301369
E-Mail: arthur.tonfack@artemed.de
ORCID-ID: 0000-0003-4123-7306

Literatur

1. Amyot SL, Leblanc M, Thibeault Y, Geadah D, Cardinal J : Myoglobin clearance and removal during continuous venovenous hemofiltration. *Intensive Care Med* 1999;25:1169–1172
2. Dilken O, Ince C, van der Hoven B, Thijssse S, Ormskerk P, de Geus HRH: Successful Reduction of Creatine Kinase and Myoglobin Levels in Severe Rhabdomyolysis Using Extracorporeal Blood Purification (CytoSorb®). *Blood Purif* 2020;49:743–747
3. Hulko M, Haug U, Gauss J, Boschetti-de-Fierro A, Beck W, Krause B: Requirements and Pitfalls of Dialyzer Sieving Coefficients Comparisons. *Artif Organs* 2018;42:1164–1173
4. Gaik C, Wiesmann T: Rhabdomyolyse. Ein Überblick zu Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie. *Anästhesiol Intensivmed* 2020;61:302–319
5. Petejova N, Martinek A: Acute kidney injury due to rhabdomyolysis and renal replacement therapy: a critical review. *Crit Care* 2014;18:224
6. Kranz J, Wagenlehner FME, Steffens J, Hakenberg OW, Schneidewind L: Behandlungssituation der Fournier-Gangrän an deutschen Universitätskliniken – eine nationale Umfrage zur Deskription aktueller Standards und resultierende Implikationen zur Planung einer Registerstudie. *Urologe A* 2021;60:610–616
7. Stephan A, Spitzer C, Horn LC, Teichmann G: Fournier-Gangrän der Frau – Kasuistik, Differentialdiagnostik und Therapie. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2013;73:P2_3
8. Desposito L, Bascara C: Review: Sepsis guidelines and core measure bundles. *Postgrad Med* 2024;136:702–711
9. Oczkowski S, Alshamsi F, Belley-Cote E, Centofanti JE, Hylander Møller M, Nunnally ME, et al: Surviving Sepsis Campaign guidelines 2021: Highlights for the practicing clinician. *Pol Arch Intern Med* 2022;132:16290
10. Faix JD: Biomarkers of sepsis. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2013;50:23–36
11. Srzić I, Nesek Adam V, Tunjić Pejok D: Sepsis definition: What's new in the treatment guidelines. *Acta Clin Croat* 2022;61:67–72
12. O'Brien JM, Ali NA, Abernethy SK, Abraham E : Sepsis. *Am J Med* 2007;120:1012–1022
13. Lechner AM, Past E, Porsche U, Kern JM, Hoppe U, Pretsch I: Two cases of serious rhabdomyolysis during linezolid treatment. *Infection* 2017;45:563–566
14. Carroll MW, Choi H, Min S, Hwang S, Park H, Song T, et al: Rhabdomyolysis in a patient treated with linezolid for extensively drug-resistant tuberculosis. *Clin Infect Dis* 2012;54:1624–1627
15. Forni L, Aucella F, Bottari G, Büttner S, Cantaluppi V, Fries D, et al: Hemoadsorption therapy for myoglobin removal in rhabdomyolysis: Consensus of the hemoadsorption in rhabdomyolysis task force. *BMC Nephrol* 2024;25:247
16. van de Velde NM, Koeks Z, Signorelli M, Verwey N, Overzier M, Bakker JA, et al: Longitudinal Assessment of Creatine Kinase, Creatine/ Creatinineratio, and Myostatin as Monitoring Biomarkers in Becker Muscular Dystrophy . *Neurology* 2023;100:e975–e984
17. Zygmunt AM, Wong BL, Horn PS, Lambert J, Bange JE, Rybalsky I, et al: A longitudinal study of creatine kinase and creatinine levels in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle Nerve* 2023;67:138–145
18. Hüser C, Hackl M, Suárez V, Gräff I, Bernhard M, Burst V et al: Liegetrauma: Retrospektive Analyse einer Patientenkohorte aus einer universitären Notaufnahme. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2023;118:220–227
19. Teng C, Baus C, Wilson JP, Frei CR: Rhabdomyolysis Associations with Antibiotics: A Pharmacovigilance Study of the FDA Adverse Event Reporting System (FAERS). *Int J Med Sci* 2019;16:1504–1509
20. Singh A, Anjankar AP: Propofol-related infusion syndrome: A clinical review. *Cureus* 2022;14:e30383
21. Hemphill S, McMenamin L, Bellamy MC, Hopkins PM: Propofol infusion syndrome: A structured literature review and analysis of published case reports. *Br J Anaesth* 2019;122:448–459
22. Van S, Lam V, Patel K, Humphries A, Siddiqi J: Propofol-related infusion syndrome: A bibliometric analysis of the 100 most-cited articles. *Cureus* 2023;15:e46497
23. Albrecht F, Schunk S, Fuchs M, Volk T, Geisel J, Fliser D, et al: Rapid and Effective Elimination of Myoglobin with CytoSorb® Hemoadsorber in Patients with Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purif* 2023; 53:88–95
24. Moresco E, Rugg C, Ströhle M, Thoma M: Rapid reduction of substantially increased myoglobin and creatine kinase levels using a hemoadsorption device (CytoSorb®) – A case report. *Clin Case Rep* 2022;10:e05272
25. Daum HC, Schmidt BMW, Napp LC: Effects of Hemoadsorption with CytoSorb during Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purif* 2021;50:268–269
26. Schneider AG, André P, Scheier J, Schmidt M, Ziervogel H, Buclin T, et al: Pharmacokinetics of anti-infective agents during CytoSorb hemoadsorption. *Sci Rep* 2021;11:10493
27. Padiyar S, Deokar A, Birajdar S, Walawalkar A, Doshi H: Cytosorb for Management of Acute Kidney Injury due to Rhabdomyolysis in a Child. *Indian Pediatr* 2019;56:974–976.

Bakteriämische Melioidose mit pulmonaler Manifestation bei einem Reiserückkehrer: Fallbericht mit Mini-Review der globalen Evidenzlage

Pulmonary manifestation of bacteremic melioidosis in a traveler returning from abroad: Case report plus mini-review of the global evidence

L. Wolf³ · A. Both¹ · W. Wenzel² · H. Granzer² · A. Müller³ · R. Müller³ · A. Tillmann⁴ · N. Neumann⁵

► **Zitierweise:** Wolf L, Both A, Wenzel W, Granzer H, Müller A, Müller R et al: Bakteriämische Melioidose mit pulmonaler Manifestation bei einem Reiserückkehrer: Fallbericht mit Mini-Review der globalen Evidenzlage. *Anästh Intensivmed* 2026;67:379–384. DOI: 10.19224/ai2026.379

Zusammenfassung

Die Melioidose ist eine in Europa seltene, potenziell lebensbedrohliche Infektion durch *Burkholderia pseudomallei*, die bei Reiserückkehrern aus tropischen Endemiegebieten differenzialdiagnostisch früh berücksichtigt werden sollte. Wir berichten über einen 66-jährigen Patienten mit Diabetes mellitus, der nach einem touristischen Aufenthalt in Südwestthailand mit Fieber, Abgeschlagenheit, respiratorischer Beeinträchtigung, beginnendem Nierenversagen und multiplen bipulmonalen Infiltraten vorgestellt wurde. Entscheidend für die Diagnosestellung war die bereits bei der Erstvorstellung erfolgte Blutkulturabnahme. Aus positiven Blutkulturen wurden gramnegative Stäbchen isoliert, zunächst als *Burkholderia thailandensis* eingeordnet und im Verlauf als *B. pseudomallei* bestätigt. In Zusammenschau aus Reiseanamnese, Barfußexposition in Mangrovegebieten und vorbestehendem Diabetes ergab sich früh der klinische Verdacht auf eine akute bakteriämische Melioidose. Nach initial kalkulierter Antibiotikatherapie wurde leitliniengerecht auf Ceftazidim mit Ergänzung von Cotrimoxazol umgestellt. Unter interdisziplinärem intensivmedizinischem Management mit High-Flow-/NIV-Therapie, supportiver Ernährung und engmaschigem Monitoring konnte eine invasive Beatmung ebenso wie eine Katecholamintherapie vermieden werden. Nach neun Tagen erfolgte die Verlegung auf die Normal-

station; die intravenöse Therapie wurde ambulant fortgeführt und anschließend in eine orale Eradikationstherapie überführt. Der Fall unterstreicht die Bedeutung früher Blutkulturdiagnostik, strukturierter Reise- und Expositionsanamnese, spezialisierter mikrobiologischer Infrastruktur sowie enger infektiologischer und intensivmedizinischer Zusammenarbeit. In nicht-endemischen Ländern sollte die Melioidose bei fieberhaften Tropenrückkehrern mit Pneumonie, Sepsis oder viszeraler Organbeteiligung konsequent in die Differenzialdiagnose einbezogen werden.

Summary

Melioidosis is a rare but potentially life-threatening infection in Europe caused by *Burkholderia pseudomallei* and should be considered early in the differential diagnosis of travelers returning from tropical endemic regions. We report the case of a 66-year-old man with diabetes mellitus who, after travelling to southwestern Thailand, presented with fever, malaise, respiratory compromise, incipient renal failure, and multiple bilateral pulmonary infiltrates. Early blood culture sampling at first presentation was pivotal for diagnosis. Gram-negative bacilli were recovered from positive blood cultures, initially identified as *Burkholderia thailandensis* and subsequently confirmed as *B. pseudomallei*. The combination of travel history, barefoot exposure in mangrove areas, and preexisting diabetes led to an early clinical suspicion of acute bacteremic

- 1 Klinik X Anästhesie, Intensiv und Notfallmedizin, BwKrhs Berlin (Klinischer Direktor: Dr. M. H.-J. Benker, MBA)
- 2 Abteilung XXI Mikrobiologie, BwKrhs Berlin (Abteilungsleiter: Dr. W. Wenzel)
- 3 Abteilung XVI Laboratoriumsmedizin, BwKrhs Berlin (Abteilungsleiter: Dr. R. Müller)
- 4 Abteilung VIII Radiologie, BwKrhs Berlin (Abteilungsleiterin: Dr. A. Tillmann)
- 5 Klinik I Innere Medizin, BwKrhs Berlin (Klinische Direktorin: Dr. N. Müller)

Danksagung

Wir danken den Kollegen und Kolleginnen der Mikrobiologie, der IMC und der Labormedizin für die exzellente interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Melioidosis – *Burkholderia pseudomallei* – Sepsis – Pneumonia – Bacterial – Travel-Related Illness

Keywords

Melioidosis – *Burkholderia pseudomallei* – Sepsis – Pneumonia – Bacterial – Travel-Related Illness

meliodosis. Following initial empirical antimicrobial treatment, therapy was adjusted according to guideline-based recommendations to ceftazidime with the addition of cotrimoxazole. Interdisciplinary intensive care management, including high-flow oxygen/noninvasive ventilation, nutritional support, and close monitoring, allowed stabilisation without invasive mechanical ventilation or vasopressor therapy. The patient was transferred to the general ward after 9 days; intravenous therapy was continued in the outpatient setting and followed by oral eradication therapy. This case highlights the importance of early blood culture diagnostics, structured travel and exposure history, specialised microbiological infrastructure, and close collaboration between infectious diseases, microbiology, and intensive care specialists. In non-endemic countries, meliodosis should be consistently considered likely to affect travelers who present with pneumonia, sepsis, or visceral organ involvement upon their return from tropical regions.

Einleitung

Die Melioidose ist eine in Europa seltene, potenziell lebensbedrohliche Infektionserkrankung, verursacht durch das Umweltbakterium **Burkholderia pseudomallei** (**B. pseudomallei**) [1]. Die Erkrankung manifestiert sich typischerweise nach Kontakt mit kontaminiertem Boden oder Wasser in Endemiegebieten, insbesondere in Südostasien und Nordaustralien [2], kommt jedoch weltweit in tropischen und subtropischen Regionen vor – einschließlich Teilen Afrikas, Südamerikas sowie der Südstaaten der USA. Die klinische Präsentation ist häufig unspezifisch und stellt eine erhebliche diagnostische Herausforderung dar [3]. Im folgenden Artikel berichten wir über einen intensivmedizinisch behandelten Fall einer akuten bakteriämischen Melioidose nach Thailandaufenthalt, der sich als Sepsis mit Organbeteiligung von Niere und Lunge präsentierte. Im weiteren Verlauf beleuchten wir die klinischen, diagnostischen und therapeutischen Besonderheiten dieser tro-

penmedizinisch relevanten Infektion. Ziel dieses Beitrags ist es, ausgehend von der klinischen Erfahrung eine strukturierte Diskussion zu Diagnostik, Therapie und intensivmedizinischem Management abzuleiten.

Kasuistik

Ein 66-jähriger Patient stellte sich im Juni 2025 in unserer zentralen interdisziplinären Notaufnahme (ZINA) mit Abgeschlagenheit und Fieber nach geplant zweiwöchigem touristischem Aufenthalt im Südwesten Thailands vor. Bereits nach einer Woche im Urlaubsgebiet war es zu Symptombeginn mit Durchfall, Schwäche und undulierendem Fieber gekommen, die zum Abbruch des Urlaubs an Tag zehn führten.

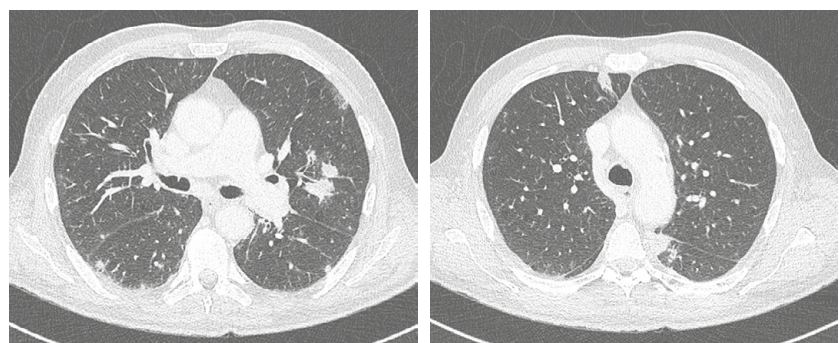
Erstmalig wurde der Patient daraufhin an Tag elf mit dysurischen Beschwerden in der ZINA unseres Hauses vorstellig. Über die symptomorientierte Diagnostik (inkl. Malaria) hinaus wurden Blutkulturen abgenommen. Eine stationäre Aufnahme wurde vom Patienten zu diesem Zeitpunkt abgelehnt. Bei Verdacht auf komplizierten Harnwegsinfekt wurde der Patient mit einer oralen Antibiose mit Cefpodoxim in die Häuslichkeit entlassen.

Bei aggravierter Symptomatik wurde der Patient jedoch an Tag 13 erneut in der Rettungsstelle vorstellig. Es erfolgte die Aufnahme auf die Intermediate-Care-Station (IMC) bei V. a. Sepsis unklarer Genese mit respiratorischer Beein-

trächtigung bei massiv erhöhten Entzündungswerten, Fieber, Ödemen und einem beginnenden Nierenversagen. Initial erhielt der Patient eine kalkulierte intravenöse Antibiose mit Piperacillin/Tazobactam und Levofloxacin. CT- und Röntgenbefunde zeigten multiple bipulmonale Infiltrate (siehe Abb. 1).

Aus den in der ZINA bei initialer Vorstellung abgenommenen Blutkulturen zeigte sich nach durchschnittlich 18h Bebrütungsdauer in allen aeroben Blutkulturflaschen ein Wachstum gramnegativer Stäbchenbakterien, die zunächst als **B. thailandensis** identifiziert wurden. In späteren weiterführenden Untersuchungen wurde die Identifizierung auf **B. pseudomallei** korrigiert. Die Ergebnisse lagen bereits kurz nach Aufnahme auf die IMC vor. Unmittelbar nach IMC-Aufnahme erfolgte eine infektiologisch-tropenmedizinische Mitbetreuung. Anamnestisch berichtete der Patient von einem Barfußaufenthalt in Mangrovengebieten während einer Thailandreise – in Kombination mit der bekannten Diabetes-Erkrankung ergab sich hieraus frühzeitig der klinische Verdacht auf eine Melioidose. In der Folge wurde leitliniengerecht eine gezielte antibiotische Therapie mit Ceftazidim eingeleitet und zeitnah um Cotrimoxazol ergänzt [4]. Mittels High-Flow-/NIV-Therapie konnte eine ausreichende pulmonale Stabilisierung erreicht werden, jedoch war temporär eine parenterale Ernährung notwendig. Eine Katecholamintherapie konnte aufgrund der zeitnahen

Abbildung 1



Schnittbildgebung der pulmonalen Abszesse.

kardiopulmonalen und infektiologischen Stabilisierung vermieden werden.

Der Patient wurde nach 9 Tagen kardiopulmonal stabil auf die Normalstation der Infektiologie verlegt. Die i.v.-Therapie wurde ambulant mittels APAT (= Ambulante parenterale Antiinfektiva-Therapie) bis Mitte Juli fortgeführt (entsprechend den Empfehlungen der deutschen S1-Leitlinie zur ambulanten parenteralen Antiinfektiva-Therapie [5]). Anschließend wurde eine dreimonatige orale Eradikationstherapie mit Cotrimoxazol begonnen.

Epidemiologie und Pathogenese der Melioidose

Die Melioidose ist eine durch das Umweltbakterium *B. pseudomallei* verursachte Infektionskrankheit, die endemisch in vielen tropischen und subtropischen Regionen der Welt auftritt – insbesondere in Südostasien, Nordaustralien, Teilen Südasiens, Afrikas und Südamerikas sowie zunehmend auch in der Karibik und im Golfküstenraum der USA (z. B. Louisiana, Mississippi, Texas und Puerto Rico) [2,3,6–8]. Melioidose ist jedoch weltweit unterdiagnostiziert. Stand 2016 wurden global jährlich ca. 165.000 Fälle mit 89.000 Todesfällen geschätzt [3]. Genetische Analysen zeigen einen Ursprung von *B. pseudomallei* in Australien mit späterer Ausbreitung über Asien nach Afrika und Amerika [9].

In Thailand – einem der globalen Hotspots – wurde im ersten Halbjahr 2025 ein massiver Anstieg gemeldet: Über 2.000 Melioidose-Fälle mit 92 Todesfällen, insbesondere bei Landarbeitern in den nordöstlichen Provinzen Mukdahan, Yasothorn und Nakhon Phanom [10]. Die Erkrankung betrifft dort überwiegend Männer mittleren Alters mit Vorerkrankungen, insbesondere Diabetes mellitus. Die Exposition erfolgt typischerweise beim Barfußlaufen oder Arbeiten mit ungeschützten Händen auf schlammigen Feldern während oder nach der Regenzeit. Global gesehen erfolgt die Infektion typischerweise durch perkutanen Kontakt mit kontaminiertem Boden oder Wasser, inhalativ oder seltener

oral [1,11], was sich in diesen aktuellen Daten erneut zeigt. Besonders gefährdet sind bei globaler Betrachtung Personen mit chronischen Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus, Alkoholabusus, chronischen Lungenerkrankungen oder Immunsuppression [12]. In Australien, insbesondere im „Top End“ rund um Darwin, wird die Melioidose seit über 30 Jahren systematisch erfasst. Die Darwin Prospective Melioidosis Study [12] hat gezeigt, dass die meisten Infektionen während der Regenzeit (November–April) auftreten und dass nahezu alle Todesfälle bei Patienten mit relevanten Vorerkrankungen auftraten.

Diese epidemiologische Situation unterstreicht die Relevanz der Melioidose auch für Reiserückkehrer mit Risikoprofil und ländlicher Exposition.

Klinische Manifestationen und Verlaufsformen

Klinisch reicht das Spektrum von lokalisierten Infektionen bis hin zu schweren septischen Verläufen [13] mit Pneumonie, Leber- oder Prostataabszessen [8,11]. In der 30-jährigen Kohorte der Darwin Prospective Melioidosis Study [12] waren Pneumonie (52 %) und Bakteriämie (56 %) die häufigsten Manifestationen, was durch die Queensland-Studie [11] mit 65 % als pneumonische Manifestation bestätigt wurde. Neurologische und viszerale Beteiligung treten zwar seltener auf, sind aber prognostisch relevant. Chronische Verläufe imitieren oft Tuberkulose, Reaktivierungen aus Latenz sind jedoch tendenziell selten [2,11].

Die aktuelle Letalität liegt bei ca. 12 %, kann jedoch durch frühe Diagnose und leitlinienbasierte Therapie auf unter 10 % reduziert werden [12]. Hier muss jedoch relativiert werden, denn global gesehen variiert die Letalität in Abhängigkeit von Versorgungsstruktur und Krankheitsform zwischen 10 und 50 % [11].

Diagnostische Strategien

Goldstandard bleibt der kulturelle Nachweis in einem spezialisierten Re-

ferenzlabor. MALDI-TOF ist für die standardisierte Diagnostik aus der klinisch-mikrobiologischen Praxis nicht mehr wegzudenken [14], jedoch tendenziell suboptimal, da *B. pseudomallei* aus Biosicherheitsgründen in zivilen Datenbanken oftmals fehlt [2]. PCR-Methoden und WGS sind ergänzende Tools, vor allem bei neurologischem Verdacht (z. B. Liquor-PCR durch spezialisierte Referenzzentren). Frühzeitige Blutkulturen bleiben somit essenziell [2] sind jedoch in der täglichen klinischen Tätigkeit multifaktoriell bedingt leider nicht immer vorhanden. Im vorliegenden Fall war die bereits bei der ersten Vorstellung in der ZINA erfolgte Blutkulturabnahme – noch vor gesicherter Verdachtsdiagnose – der entscheidende diagnostische Schritt und ermöglichte die rasche mikrobiologische Einordnung nach Aufnahme auf die IMC. Die Indikation zur Blutkulturdiagnostik sollte bei fieberhaften Tropenrückkehrern mit systemischen Entzündungszeichen daher niedrigschwellig gestellt werden [15–17].

Therapieoptionen und Resistenzlage weltweit

Die Therapie erfolgt leitliniengerecht in zwei Phasen: initial 10 Tage mit intravenösem Ceftazidim oder Meropenem [2], anschließend mit oraler Eradikationstherapie (zumeist Cotrimoxazol) über drei bis sechs Monate [2]. Eine adäquate Compliance in beiden Therapiephasen ist entscheidend, da eine unvollständige Therapie zu Rezidiven führt [4]. Die Resistenzlage ist trotz vereinzelt zunehmender Resistenzen selektiver Genotypen derzeit insgesamt günstig [18]. Frühzeitige Resistenztestung ist jedoch v. a. in Endemiegebieten entscheidend, wie die Queensland-Studie [11,19] exemplarisch zeigt. Neue molekulardiagnostische Werkzeuge wie das Antimicrobial Resistance Detection and Prediction Tool (ARDaP) ermöglichen eine detaillierte Analyse von Resistenzmechanismen bei *B. pseudomallei*, einschließlich chromosomaler Punktmutationen, Insertionen, Deletionen und struktureller Genomveränderungen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Tools

detektiert ARDaP nicht nur klassische Resistenzgene, sondern auch subtile genomische Veränderungen, die insbesondere bei intrinsisch resistenten Erregern wie *B. pseudomallei* von klinischer Relevanz sind [20].

Intensivmedizinische Besonderheiten bei schwerer Melioidose

Etwa 20–25 % der Patienten entwickeln einen septischen Schock [12] rund 15–20 % benötigen mechanische Beatmung. NIV kann bei enger Überwachung in vielen Fällen erfolgreich eingesetzt werden. Der Erfolg ist eng verknüpft mit intensiver infektiologischer Steuerung, initialer mikrobiologischer Diagnostik ohne Verzug und rascher Diagnosestellung [2,4].

Bedeutung der mikrobiologischen Infrastruktur in der Melioidose-Diagnostik

Sowohl die Queensland- als auch die Darwin-Studie [11,12] belegen: Ohne spezialisierte Referenzlabore ist weder die Identifikation noch die Resistenztestung gesichert möglich. Der konkrete Fall illustriert zudem eine diagnostische Besonderheit nicht-endemischer Länder: *B. pseudomallei* ist aus Biosicherheitsgründen in zivilen MALDI-TOF-IVD-Datenbanken häufig nicht hinterlegt, wodurch eine Ausgabe als *B. thailandensis* oder unspezifisch als „gramnegatives Stäbchen“ möglich ist [2]. Die initiale Spezieszuordnung mittels Bruker MALDI-TOF Sepsityper® direkt aus den positiven Blutkulturflaschen musste im Verlauf auf *B. pseudomallei* korrigiert werden; die militärische Datenbank der Bundeswehr ermöglichte hier eine frühzeitige Bestätigung. Die bereits angesetzte Resistenztestung konnte nach korrigierter Identifizierung für die gezielte Therapie genutzt werden. Nach sicherer Identifikation als Biosicherheitsstufe-3-Erreger wäre eine weiterführende Resistenztestung außerhalb spezialisierter Labore nicht mehr ohne Weiteres möglich gewesen. Die Behandlung im Bundeswehrkrankenhaus stellte

somit aufgrund der Besonderheiten i.R.d. militärischen Auftragserfüllung für den Patienten eine glückliche Fügung dar. Der Zeitverzug, welcher im zivilen Setting bis zur gesicherten Diagnosestellung denkbar wäre, hat für das Patientenoutcome drastische Folgen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit strukturierter mikrobiologischer Netzwerke und interdisziplinärer Zusammenarbeit sowie eine enge Verzahnung klinischer und diagnostischer Fachgebiete.

Ergänzende Perspektiven: Melioidose bei Reiserückkehrern und Differenzialdiagnostik

In nicht-endemischen Ländern wie Deutschland stellt die Melioidose eine diagnostische Herausforderung dar – insbesondere bei Patient:innen mit fieberhaften Erkrankungen nach Fernreisen. In mehreren Übersichtsarbeiten wird betont, dass *B. pseudomallei* in mitteleuropäischen Laboratorien häufig als Kontaminant oder als *Pseudomonas*-Spezies fehlinterpretiert wird [1,8], was zu Therapie- und Diagnoseverzögerungen führt.

Ein besonders wichtiger klinischer Hinweis ist das Vorliegen einer unklaren Pneumonie mit systemischen Entzündungszeichen, gegebenenfalls in Kombination mit viszerale Abszessen, insbesondere in der Leber oder Milz [8]. Diese Kombination ist bei Tropenrückkehrern zwar unspezifisch, sollte jedoch eine gezielte mikrobiologische Diagnostik in die Wege leiten. Insbesondere, wenn ein Aufenthalt in Südostasien, Nordaustralien oder Nordindien vorausging. Die Inkubationszeit ist meist kurz (Tage bis wenige Wochen), jedoch sind auch Reaktivierungen nach Monaten bis Jahren beschrieben – v. a. bei immunsupprimierten Personen oder Kindern [21].

Im Vergleich zu anderen Erregern tropischer Fiebererkrankungen weist die Melioidose folgende differenzialdiagnostische Besonderheiten auf:

- Laborchemisch oft sehr hohe CRP-Werte, teils mit nur leicht erhöhter Leukozytose,

- Radiologisch multilobäre, teils kavernierende Pneumonien mit Pleurabeteiligung,
- Klinisch schnelles Fortschreiten bis zum septischen Schock, auch bei jüngeren Patient:innen ohne relevante Vorerkrankungen.

Zudem berichten mehrere Fallserien von initialen Fehldiagnosen als Tuberkulose, bakterielle Leberabszesse oder atypische Pneumonie, was die Bedeutung einer differenzialdiagnostischen Reflexion in Rücksprache mit Tropeninstituten oder infektiologischen Zentren unterstreicht [4,22]. Die Laborsicherheit spielt eine weitere Rolle: *B. pseudomallei* gilt als „select agent“ und erfordert in vielen Ländern ein gezieltes Handling unter Biosicherheitsstufe 3 [2]. Deshalb sollte bei Verdacht eine vorherige Rücksprache mit dem Labor erfolgen.

Didaktisch lässt sich festhalten: Die Melioidose ist zwar selten, aber behandelbar – und kann bei der Reiseanamnese erkannt werden, sofern gezielt danach gefragt wird. Die Kombination aus tropischem Aufenthalt, atypischer Pneumonie und Abszessen sollte frühzeitig an diese Diagnose denken lassen.

Fazit

Melioidose ist eine seltene, aber schwerwiegende Erkrankung die differenzialdiagnostisch bei Reiserückkehrern aus tropischen Endemiegebieten, insbesondere Südostasien und Nordaustralien in Betracht gezogen werden muss. Die Infektion mit *B. pseudomallei* tritt vor allem bei Patient:innen mit Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus, Alkoholabusus oder chronischen Lungenerkrankungen auf und verläuft unbehandelt häufig fulminant. Typische klinische Manifestationen wie multilobäre Pneumonien, Leber- oder Milzabszesse sowie septische Krankheitsbilder lassen sich jedoch mit gezielter Anamnese und Wachsamkeit frühzeitig einordnen.

Im klinischen Alltag sind eine strukturierte Reiseanamnese, die Berücksichtigung von Expositionen (z. B. barfuß in Reisfeldern) und die gezielte mikrobiologische Diagnostik entscheidend.

Da *B. pseudomallei* in europäischen Laboratorien als seltener Erreger gilt und unter Biosicherheitsstufe 3 fällt, ist eine Laborwarnung bei Verdachtsfällen unerlässlich. Diagnostisch bleibt der kulturelle Nachweis Goldstandard; PCR-Verfahren und moderne bioinformatische Tools wie ARDaP können ergänzend wichtige Hinweise auf Resistenzmechanismen liefern.

Therapeutisch ist die Einleitung einer adäquaten Antibiotikatherapie mit Cef-tazidim oder Meropenem (Akutphase), gefolgt von einer oralen Eradikations-therapie mit Cotrimoxazol, leitlinien-konform umzusetzen. Entscheidend ist dabei die Konsultation infektiologisch-tropenmedizinischer Expertise. Bei recht-

zeitiger Diagnose und Behandlung kann die Letalität signifikant reduziert werden.

Für nicht-endemische Länder gilt daher: Die Melioidose muss trotz ihrer Seltenheit in der differenzialdiagnostischen Reflexion präsent sein – insbesondere bei Tropenrückkehrern mit pulmonalen oder viszerale Symptomen und entsprechenden Risikofaktoren.

Korrespondenz- adresse



**Dr. rer. biol. hum.
Lorenz Wolf**

Abteilung XVI Laboratoriumsmedizin,
BwKrhs Berlin
Scharnhorststraße 13
10115 Berlin, Deutschland

E-Mail: lorenzwolf@bundeswehr.org

ORCID-ID: 0000-0003-3028-9936

Digitale Hilfe für Ihr Notfallmanagement

Die elektronische Gedächtnis und Entscheidungshilfe für Notfälle in der Anästhesie



- ✓ Kostenlose App von BDA und DGAI
- ✓ Download direkt unter <https://egena-app.de>, nicht im Google- oder iTunes Store
- ✓ Installation als Progressive Web Application (PWA): Inhalte sind offline verfügbar
- ✓ Für alle Betriebssysteme geeignet
- ✓ Läuft auf allen Smartphones, Tablets und Computern

- ✓ Kostenlose Registrierung für eine individualisierte Version von Kliniken und Praxen
- ✓ Über einen Editor hauseigene Notfallnummern, Aufbewahrungsorte selten genutzter Medikamente und Standorte von Equipment einpflegen

- ✓ Nach Usability-Kriterien entwickelt: unterstützt die klinische Behandlungslogik
- ✓ 98 Notfallkarten, anhand Leitlinien und Empfehlungen erstellt
- ✓ Enthält alle in der Helsinki-Deklaration geforderten Notfallalgorithmen
- ✓ Einbindung von CRM-Inhalten unterstützt die Teamarbeit
- ✓ Unterschiedliche Modi für Erfahrene und Berufsanfänger

- ✓ Schulungsmaterial zur Implementierung steht kostenlos zum Download bereit
- ✓ Ausführliche Informationen auf den Webseiten von BDA und DGAI



[https://www.bda.de/
projekte-themen/egena.html](https://www.bda.de/projekte-themen/egena.html)



[https://www.dgai.de/
projekte/egena.html](https://www.dgai.de/projekte/egena.html)

Literatur

1. Meyer CG: Tropenmedizin – Infektionskrankheiten. Bd. 2. Landsberg: Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, ecomed Medizin; 2007
2. Meumann EM, Limmathurotsakul D, Dunachie SJ, Wiersinga WJ, Currie BJ: Burkholderia pseudomallei and melioidosis. Nat Rev Microbiol 2024;22(3):155–169
3. Limmathurotsakul D, Golding N, Dance DAB, Messina JP, Pigott DM, Moyes CL, et al: Predicted global distribution of Burkholderia pseudomallei and burden of melioidosis. Nat Microbiol 2016;1(1)
4. Dance D: Treatment and prophylaxis of melioidosis. Int J Antimicrob Agents. April 2014;43(4):310–318. PubMed Central PMCID: PMC4236584
5. Stegemann M, Leise C, Trost U, Jürgens L, Achterberg S, Arenz L, et al: S1-Leitlinie Ambulante parenterale Antiinfektivtherapie (APAT), Version 1.2. AWMF-Registernr. 092-004. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/092-004> (Zugriffsdatum: 16.07.26)
6. Doker TJ, Quinn CL, Salehi ED, Sherwood JJ, Benoit TJ, Glass Elrod M, et al: Fatal Burkholderia pseudomallei infection initially reported as a Bacillus species, Ohio, 2013. Am J Trop Med Hyg. 20140804. Aufl. Oktober 2014;91(4):743–746. Located at: 25092821
7. Melioidosis and Cases Around the World. CDC – U.S. Centers for disease control and prevention; 2025. <https://www.cdc.gov/melioidosis/risk-factors/index.html> (Zugriffsdatum: 21.09.25)
8. Wiersinga WJ, Virk HS, Torres AG, Currie BJ, Peacock SJ, Dance DAB, et al: Melioidosis. Nat Rev Dis Primers 2018;4:17107. PubMed Central PMCID: PMC6456913.
9. Chewapreecha C, Holden MT, Vehkala M, Välimäki N, Yang Z, Harris SR, et al: Global and regional dissemination and evolution of Burkholderia pseudomallei. Nat Microbiol. 2017;2:16263. PubMed Central PMCID: PMC5300093
10. Jacquerioz F. Thailand: Melioidosis – surge of cases. In ECTM Weekly Epinews. Swiss Expert Committee for Travel Medicine. 2025
11. Gassiep I, Burnard D, Permana B, Bauer MJ, Cuddihy T, Forde BM, et al: Melioidosis Queensland: An analysis of clinical outcomes and genomic factors. PLoS Negl Trop Dis 2023;17(10):e0011697. PubMed Central PMCID: PMC10610085
12. Currie BJ, Mayo M, Ward LM, Kaestli M, Meumann EM, Webb JR, et al: The Darwin Prospective Melioidosis Study: a 30-year prospective, observational investigation. Lancet Infect Dis. Dezember 2021;21(12):1737–1746
13. Jena J, Behera B, Mohanty S, Mishra B, Mohapatra PR, Patnaik A: Study of the association of Burkholderia pseudomallei lipopolysaccharide genotypes and variable virulence factors with different clinical manifestations of melioidosis. Indian J Med Microbiol 2025;57:100937
14. Watthanaworawit W, Roberts T, Hopkins J, Gassiep I, Norton R, Robinson MT, et al: A multi-country study using MALDI-TOF mass spectrometry for rapid identification of Burkholderia pseudomallei. BMC Microbiol 2021;21(1):213
15. Brunkhorst FM, Adamzik M, Axer H, Bauer M, Bode C, Bone HG, et al: S3 guideline on sepsis-prevention, diagnosis, therapy, and follow-up care-update 2025. Med Klin Intensiv Notfmed
16. DSG (Deutsche Sepsis-Gesellschaft), DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.), DIVI (Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin): S3-Leitlinie: Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge – Update 2025. AWMFonline, Herausgeber. 079–001. 2025
17. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al: Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. Crit Care Med 2021;49(11):e1063–e1143
18. Meumann EM, Kaestli M, Mayo M, Ward L, Rachlin A, Webb JR, et al: Emergence of Burkholderia pseudomallei Sequence Type 562, Northern Australia. Emerg Infect Dis. 2021;27(4):1057–1067. PubMed Central PMCID: PMC8007296.
19. Gassiep I, Chatfield MD, Permana B, Burnard D, Bauer MJ, Cuddihy T, et al: The Genomic Epidemiology of Clinical Burkholderia pseudomallei Isolates in North Queensland, Australia. Pathogens. 15. Juli 2024;13(7). PubMed Central PMCID: PMC11279585
20. Madden DE, Webb JR, Steinig EJ, Currie BJ, Price EP, Sarovich DS: Taking the next-gen step: Comprehensive antimicrobial resistance detection from Burkholderia pseudomallei. EBioMedicine 2021;63:103152. PubMed Central PMCID: PMC7724162
21. McLeod C, Morris PS, Bauert PA, Kilburn CJ, Ward LM, Baird RW, et al: Clinical presentation and medical management of melioidosis in children: a 24-year prospective study in the Northern Territory of Australia and review of the literature. Clin Infect Dis 2015;60(1):21–26
22. Cheng AC, Currie BJ: Melioidosis: epidemiology, pathophysiology, and management. Clin Microbiol Rev 2005;18(2):383–416. PubMed Central PMCID: PMC1082802.

Leserbriefe zum Beitrag:

Schnorrenberg V, Layer B, Andraos I, Schröder S: Fehllage eines High-Flow-Dreilumen-Katheters in der Arteria carotis: Falldarstellung und Diskussion auf Basis einer Literaturanalyse

(Anästh Intensivmed 2026;67:35–40)

M. Pohl · E. Moresco · M. Thoma · G. Capozzoli

Zwischen Routine und Risiko: Wie strukturierte Ultraschalltechniken Komplikationen reduzieren

Zusammenfassung

Die Vermeidung arterieller Fehllagen bei zentralvenösen Kathetern erfordert eine konsequente Ultraschallstrategie, die über die bloße Punktion hinausgeht. Durch die Wahl der In-plane-Technik und die gezielte Visualisierung des Führungsdrahtes im Supraclavicular-View oder subxyphoidal vor der Dilatation lassen sich Fehlplatzierungen rechtzeitig erkennen. Ergänzend minimieren der Einsatz von Mikropunktionssets, die Prüfung von Alternativen wie PICC-Lines sowie die abschließende Lagekontrolle mittels Bubble-Test das Komplikationsrisiko entscheidend. Letztlich schützt nur die lückenlose sonographische Überwachung jedes Arbeitsschrittes vor den Gefahren einer unbemerkten arteriellen Fehlpunktion.

Mit großem Interesse haben wir den Artikel „Fehllage eines High-Flow-Dreilumen-Katheters in der Arteria carotis: Falldarstellung und Diskussion auf Basis einer Literaturanalyse“ [1] gelesen. Wir danken den Autorinnen und Autoren für diesen wichtigen Beitrag, der verdeutlicht, dass auch Routinemaßnahmen das Potenzial für schwerste Komplikationen bergen. Mit unserem Beitrag möchten wir darauf hinweisen, dass sich die Anlage eines zentralen Venenkatheters

mit einer Reihe von Maßnahmen – im Speziellen der gekonnten Anwendung von Ultraschall – sicher und komplikationsarm gestalten lässt. Ergänzend zur Darstellung im Originalartikel wollen wir Strategien erörtern, die eine arterielle Fehllage vermeiden helfen. In Ermangelung einer deutschsprachigen Leitlinie zur Anlage zentralvenöser Katheter empfehlen wir in diesem Zusammenhang die Lektüre der amerikanischen Leitlinie aus dem Jahr 2020 [2,3], die Leitlinie zur ultraschallgezielten Gefäßpunktion der American Society of Echocardiography [4] sowie die Publikationen ECHOTIP [5] und ECHOTIP-II [6] der Italian Group of Venous Access Devices (GAVeCeLT). Zusätzlich verweisen wir auf deutschsprachige Empfehlungen zur Gefäßzugangsanlage im Schockraum, die Aspekte der Indikationsstellung und Zugangsstrategien adressieren [7].

Zusammenfassend haben wir die relevant erscheinenden ergänzenden Punkte herausgearbeitet: kritische Indikationsstellung des Zugangswegs, Punktion unter optimierten Verhältnissen, Tip Navigation, Tip Location sowie schonende Dilatation.

Kritische Indikationsstellung des Zugangswegs: Im dargestellten Fall konnten bereits zu Beginn keine peripheren großlumigen Zugänge etabliert werden. Allerdings bleibt im Artikel offen, ob bei dem Patienten ein erschwerter Venenstatus vorlag und ob bei der Anlage

der peripheren Zugänge Ultraschall eingesetzt wurde. Stolz et al. konnten in ihrer Metaanalyse zeigen, dass die Erfolgsrate der ultraschallgestützten peripheren Venenpunktion im Vergleich zu konventionellen Techniken signifikant höher ist [8]. Durch die Etablierung eines großlumigen (≤ 16 G) peripheren Zugangs wäre die Anlage eines High-Flow-Dreilumenkatheters ggf. nicht indiziert gewesen. Nach Angaben von Schnorrenberg et al. kam ein 12 French 3-Lumen-High-Flow-ZVK (Arrow International, USA) zum Einsatz. Da ein größerer Durchmesser mit einem höheren Komplikationsrisiko einhergeht, sollte grundsätzlich der kleinstmögliche Durchmesser gewählt werden [3].

Vor allem bei antikoagulierten Patienten kann mit kleinelumigen ZVKs unter ausreichender Power-Injectability die gewünschte Durchflussrate erreicht und katheterisierungsassoziierte Komplikationen großlumiger Zugänge vermieden werden. Hierfür eignen sich beispielsweise einlumige Katheter (4 French) oder zwei- bis dreilumige Katheter (5–6 French) [9].

Gerade bei antikoagulierten Patienten bietet der PICC (peripher eingeführter zentraler Venenkatheter), der über eine tiefe Armvene auf Höhe des mittleren Oberarms platziert wird, anatomisch bedingte Vorteile: Eine akzidentelle arterielle Kanülierung lässt sich an dieser Lokalisation einfacher beherrschen

und Blutungskomplikationen sind im Vergleich zu zentralen Zugängen im Halsbereich mit geringerem Risiko verbunden. Darüber hinaus ist im Rahmen einer PICC-Anlage eine mechanische Komplikation (z. B. Pneumothorax) kaum denkbar. PICCs sind je nach Indikation in ein-, zwei- oder dreilumiger Ausführung verfügbar und weisen auch für größere Eingriffe ausreichende Durchflussraten auf. Sie eignen sich jedoch nicht für Patienten mit Dialyse- oder Apheresebedarf, da hierfür sehr hohe Durchflussraten erforderlich sind. Im beschriebenen Fall wurde die Anlage eines PICC nicht in Betracht gezogen.

Punktion unter optimierten Verhältnissen: Bei kollabierten Vv. jugulares internae können folgende Maßnahmen den Füllungszustand verbessern und die Punktion sicherer gestalten:

- Erhöhung des PEEP [10],
- Trendelenburg-Lagerung [11],
- Volumengabe bzw. -shift: Bolus von 250–500 ml kristalloider Infusionslösung, Passive Leg Raise (PLR) oder hepatojugulärer Reflux [12].

Zudem ist eine korrekte ultraschallgezielte Punktionstechnik nicht trivial. Aus unserer Erfahrung wird vor allem im Zusammenhang mit der sog. „out-of-plane“-Technik auch von erfahrenen Anwendern oft der Nadelschaft und nicht die Nadelspitze dargestellt, was die Unsicherheit der Punktion wesentlich erhöht. Vor allem im Rahmen der Punktion der Vena jugularis interna zeigt sich oft eine erhebliche Mobilität der Gefäßwand mit plötzlichem Resistenzverlust und „Hineinfallen der Nadel“, sodass eine Punktion der Rückwand – und im ungünstigen Fall auch der A. carotis – möglich ist.

Als Alternative bietet sich die In-plane-Punktion der V. jugularis aus der langen Achse an: Gegenüber der Short-axis-out-of-plane-Technik zeigt dieser Ansatz nachweislich eine geringere Rate an Hinterwandperforationen [13] und ermöglicht eine präzisere Beurteilung von Insertionswinkel, Gefäßverlauf und Punktionstiefe. Der In-plane-Approach wird daher in der Literatur als Alternative empfohlen [9]. Die oblique Schallkopf-

position stellt eine weitere Option dar, die sowohl eine verbesserte Visualisierung von Nadelschaft und -spitze als auch die umgebenden Strukturen im selben Bild erfasst – und damit die Vorteile des Short-axis- und des Long-axis-Ansatzes kombiniert [14].

Durch Kopfpositionierung und Schallkopf-Kippen („rocking“) kann die V. jugularis sonographisch neben der A. carotis dargestellt werden. Bei lateral-nach-medialer Schallkopfausrichtung hingegen erscheint die Arterie hinter der V. jugularis, sodass das Risiko einer transvenösen arteriellen Punktion – vor allem beim out-of-plane Approach – zunimmt.

Die Wahl einer 21G-Mikropunktionsnadel für die Punktion, die Anwendung einer modifizierten Seldingertechnik sowie die Verwendung eines Nitinol-Führungsdrahts mit weicher Spitze haben sich in verschiedenen klinischen Anwendungen bewährt [15] und haben nach unserer Ansicht das Potenzial, punktionsassoziierte Komplikationen auch im Bereich der ZVK-Anlage zu reduzieren.

Tip Navigation: Die sichere Darstellung des Führungsdrahtes in der richtigen anatomischen Position ist fundamental, da zu diesem Zeitpunkt – vor erfolgter Dilatation – eine Fehllage noch problemlos korrigiert werden kann. Hierzu empfiehlt es sich, den Draht unter kontinuierlicher sonographischer Kontrolle vorzuschieben, seinen Verlauf bis zur Spitze zu verfolgen und anhand der Tiefenmarkierung die korrekte Positionierung der späteren Katheterspitze abzuschätzen. Kim et al. beschrieben hierfür bereits 2014 den sogenannten supraclavicular fossa view, der eine Echtzeit-Visualisierung des Drahtverlaufs bis in die ideale Position in der unteren V. cava superior – unter Darstellung der rechten A. pulmonalis – ermöglicht und so das Risiko von Fehlplatzierungen reduziert [16]. Hierfür ist vorzugsweise eine mikrokonvexe Ultraschallsonde geeignet, die jedoch meist eingeschränkt verfügbar ist; alternativ kann eine endokavitäre Sonde eingesetzt werden [17].

In der Falldarstellung ließ sich der Seldinger-Draht lediglich bis auf Höhe der Klavikula verfolgen. In solchen Situationen bietet sich die echokardiographische Kontrolle der korrekten Drahtlage an, idealerweise in subxyphoidaler Position. Ergänzend können weitere Schallfenster im 4-Kammer-Blick oder in der transhepatischen koronaren Längsachsenansicht genutzt werden.

Dies bietet sich vor allem dann an, wenn man die ZVK-Anlage von der Seite des Patienten – und nicht vom Kopfende – durchführt (Single-operator-Vorgehen) [18].

Gerade bei bereits liegender TEE-Sonde kann auch die transösophageale Echokardiographie genutzt werden, um den Führungsdraht in korrekter Position zu verifizieren. Der Vollständigkeit halber sei die im dargestellten Setting eher unpraktikable Möglichkeit einer intraoperativen Röntgenkontrolle zur Verifizierung der Drahtposition erwähnt.

Tip Location: Wie im Fall dargestellt, wurde die Fehllage des ZVK durch eine zweifach durchgeführte Blutgasanalyse verifiziert. Bei Verdacht auf eine intraarterielle Katheterlage kann ein invasives Druckmonitoring angeschlossen und die zentrale Venendruckkurve – oder in diesem Fall die arterielle Druckkurve – schnell und zuverlässig abgeleitet werden [3,19]. Zur Überprüfung einer korrekten Katheterlage eignet sich auch die intrakavitär abgeleitete EKG-Ableitung, die jedoch nicht zuverlässig zwischen venöser und arterieller Katheterlage unterscheiden kann [20] und bei Arrhythmie (z. B. Vorhofflimmern) nur eingeschränkt anwendbar ist. Auch in diesem Kontext bleibt Ultraschall das essentielle Verfahren zur Verifizierung der korrekten Katheterlage und Positionierung der Katheterspitze.

Der sonographische Nachweis eines unmittelbaren Auftretens von „Bubbles“ im rechten Vorhof nach Injektion weniger Milliliter NaCl gilt als sicherer indirekter Hinweis auf die korrekte Lage der Katheterspitze [6]. Ergänzend kann ein pulsed-wave-Doppler auf Höhe der Trikuspidalklappe eingesetzt werden [6].

Auf die Durchführung eines postinterventionellen Thoraxröntgens kann verzichtet werden, wenn die ZVK-Anlage durchgehend unter sonographischer Kontrolle erfolgt ist, der Führungsdraht sowie der Katheter eindeutig in korrekter Position mittels Ultraschall oder EKG nachgewiesen wurden, sonographisch keine Hinweise für einen Pneumothorax bestehen und klinisch keine Hinweise auf Komplikationen vorliegen [21–24].

Schonende Dilatation: Die Dilatation soll – nach erfolgreichem Nachweis des Drahtes in korrekter Position – gefühlvoll und nur so weit wie nötig durchgeführt werden. Bei unvorsichtiger Dilatation ist eine Gefäßperforation durch den Dilator auch bei primär korrekt liegendem Führungsdraht nicht auszuschließen. Das Einführen des Dilators soll in Drahtverlaufsrichtung erfolgen und nur so weit, dass sein maximaler Durchmesser gerade im venösen Gefäß liegt. Die notwendige Einführtiefe kann im Rahmen der sonographischen Lagekontrolle des Drahtes abgeschätzt werden. Eine Hautinzision kann notwendig sein, um den Hautwiderstand zu reduzieren und ein kontrolliertes Vorschieben zu ermöglichen. Um eine sichere Dilatation sicherzustellen, soll der Dilator am Draht entlang gleiten und diesen nicht vor sich herschieben.

Die genaue Genese der Katheterfehlage konnte im vorliegenden Fallbericht nicht sicher eruiert werden. Hinweise auf sekundäre Katheterdislokationen bei korrekt platziertem – und kontrolliertem – Führungsdraht finden sich in der Literatur kaum. Die Hauptursache arterieller Katheterlagen wird in einer Analyse von 241 arteriellen Fehlpunktionen in der primär fehlerhaften Punktion ohne ausreichende Kontrolle des Führungsdrahtes gesehen [25]. Als Mechanismen werden diskutiert: die initial arterielle Fehlpunktion aufgrund falsch interpretierter Ultraschallbilder (Verwechslung von Vene und Arterie) sowie die häufiger vorkommende „through-and-through“-Punktion der Vene ohne ausreichend proximale Darstellung des Drahtes mit anschließender arterieller Dilatation [25].

Die für eine sichere ultraschallgestützte Punktion erforderlichen Kompetenzen sollten nicht unterschätzt werden. Wesentliche Verfahren – wie die out-of-plane-Punktion, die Darstellung im supraclavicular fossa view, der subxyphoideale Nachweis des Führungsdrahtes oder der Bubble-Test – werden in der klinischen Ausbildung häufig unzureichend vermittelt. Eine unzureichend beherrschte Technik kann zu trügerischer Sicherheit führen und das Komplikationsrisiko erhöhen.

Ebenso bedeutsam sind die situativen Herausforderungen im perioperativen Setting. Psychischer Druck – etwa durch zeitkritische operative Abläufe, knappe OP-Kapazitäten oder zahlreiche Anwesende – kann zu beschleunigter und dadurch weniger sorgfältiger Arbeitsweise verleiten. Gerade bei komplexen Patientinnen und Patienten hat sich eine frühzeitige Vorbereitung in dafür vorgesehenen Bereichen – beispielsweise im Aufwachraum – als hilfreich erwiesen.

Zusammenfassend überwiegen im Rahmen der Risikominimierung die Vorteile einer konsequent korrekten und routinierten Anwendung der Sonographie. Dies betrifft nicht nur die ultraschallgestützte Punktion selbst, sondern insbesondere die direkte Visualisierung des Führungsdrahtes vor der Dilatation, die das Risiko einer arteriellen Fehlpunktion maßgeblich reduziert. Darüber hinaus lässt sich durch eine fundierte und regelmäßig trainierte Anwendung von Ultraschalltechniken sowie moderner Kathetertechniken (Mikropunktionsset, Nitinol-Führungsdraht, PICC) die allgemeine Komplikationsrate auf ein Minimum senken. Ebenso wichtig wie die technische Kompetenz sind eine strukturierte Ausbildung in den beschriebenen Verfahren sowie geeignete organisatorische Rahmenbedingungen – nur so lässt sich das Sicherheitspotenzial der Ultraschalltechnik im klinischen Alltag voll ausschöpfen.

M. Pohl, Bozen (Italien)

E. Moresco, Bozen (Italien)

M. Thoma, Linz (Österreich)

G. Capozzoli, Bozen (Italien)

Literatur

1. Schnorrenberg V, Layer B, Andraos I, Schröder S: Fehllage eines High-Flow-Dreilumen-Katheters in der Arteria carotis: Falldarstellung und Diskussion auf Basis einer Literaturanalyse. *Anästh Intensivmed* 2026;67:35–40. DOI: 10.19224/ai2026.035
2. Armbruster W, Eichholz R, Notheisen T: Amerikanische Praxis-Leitlinie für den zentralen Venenzugang aus dem Jahr 2020 (Practice Guidelines for Central Venous Access 2020 – Time for German Guidelines). *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2024;59(4):252–262. doi:10.1055/a-1690-5730. PMID:38684160
3. American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access: Practice Guidelines for Central Venous Access 2020: An Updated Report. *Anesthesiology* 2020;132(1):8–43. doi:10.1097/ALN.0000000000002864. PMID:31821240
4. Vegas A, Wells B, Braum P, Denault A, Miller Hance WC, et al: Guidelines for Performing Ultrasound-Guided Vascular Cannulation: Recommendations of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2025;38(2):57–91. doi:10.1016/j.echo.2024.12.004. PMID:39909653
5. Greca AL, Iacobone E, Elisei D, et al: ECHOTIP: A structured protocol for ultrasound-based tip navigation and tip location during placement of central venous access devices in adult patients. *J Vasc Access* 2021;24(4):535–544. doi:10.1177/11297298211044325
6. Annetta MG, Elli S, Gidaro A, Giustivi D, Iacobone E, Pittiruti M: Ultrasound-based tip navigation and tip location during placement of central venous access devices in adult patients: The ECHOTIP protocol revisited. *J Vasc Access* 2025;27(2):409–415. doi:10.1177/11297298251347084
7. Struck MF, Hilbert-Carius P, Hossfeld B, Brokmann JC, Hinkelbein J, Gräsner JT, et al: Gefäßzugänge bei der Erstversorgung von erwachsenen Notfallpatienten im Schockraum. *Anästh Intensivmed* 2022;63:362–371. doi:10.19224/ai2022.362
8. Stolz LA, Stolz U, Howe C, Farrell JJ, Adhikari S: Ultrasound-guided peripheral venous access: a meta-analysis and systematic review. *J Vasc Access* 2015;16(4):321–326. doi:10.5301/jva.5000346. PMID:25656255

9. Chopra V, Flanders SA, Saint S, Woller SC, O'Grady NP, Safdar N, et al: Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC) Panel. The Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC): Results From a Multispecialty Panel Using the RAND/UCLA Appropriateness Method. *Ann Intern Med* 2015;15:163(6 Suppl):S1–S40. doi:10.7326/M15-0744. PMID:26369828
10. Joseph A, Petit M, Vieillard-Baron A: Hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure. *Curr Opin Crit Care* 2024;30(1):10–19. doi:10.1097/MCC.0000000000001124. PMID:38085886
11. Marcus HE, Bonkat E, Dagtekin O, Schier R, Petzke F, Wippermann J, et al: The impact of Trendelenburg position and positive end-expiratory pressure on the internal jugular cross-sectional area. *Anesth Analg* 2010;111(2):432–436. doi:10.1213/ANE.0b013e3181e2fe41. PMID:20484538
12. Vaidya Y, Bhatti H, Dhamoon AS: Hepatojugular Reflux. 2026 Jan 26. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing 2026 Jan. PMID:30252353
13. AlGhamdi F, AlJoaiib N, Aldawood A, AlGhamdi M, AlMulhim A: Comparing short-axis versus long-axis ultrasound-guided techniques for internal jugular vein cannulation: A meta-analysis of clinical outcomes and safety. *Australas J Ultrasound Med* 2024;29;27(3):149–158. doi:10.1002/ajum.12385. PMID:39328253
14. Phelan M, Hagerty D: The oblique view: an alternative approach for ultrasound-guided central line placement. *J Emerg Med* 2009;37(4):403–408. doi:10.1016/j.jemermed.2008.02.061. PMID:18829208
15. Nickel B, Gorski L, Kleidon T, Kyes A, DeVries M, Keogh S, et al: Infusion Therapy Standards of Practice, 9th Edition. *J Infus Nurs* 2024;47(1S Suppl 1):S1–S285. doi:10.1097/NAN.0000000000000532. PMID:38211609
16. Kim SC, Klebach C, Heinze I, Hoeft A, Baumgarten G, Weber S: The supraclavicular fossa ultrasound view for central venous catheter placement and catheter change over guidewire. *J Vis Exp* 2014;23;(94):52160. doi:10.3791/52160. PMID:25548874
17. Stone MB, Moon C: A novel use of the endocavity (transvaginal) ultrasound probe: central venous access in the ED. *Am J Emerg Med* 2003;21(3):220–222. doi:10.1016/S0735-6757(02)42253-X
18. Bedel J, Vallée F, Mari A, Silva S, Riu B, Rocchisani JM, et al: Guidewire localization by transthoracic echocardiography during central venous catheter insertion: a periprocedural method to evaluate catheter placement. *Intensive Care Med* 2013;39(11):1932–1937. doi:10.1007/s00134-013-3097-3
19. Weber F, Buitenhuis M, Lequin MH: Determination of the optimal length of insertion of central venous catheters in pediatric patients by endovascular ECG. *Minerva Anesthesiol* 2013;79(4):379–384. PMID:23370122
20. Schummer W, Schummer C, Schelenz C, Brandes H, Stock U, Müller T, et al: Central venous catheters – the inability of 'intra-atrial ECG' to prove adequate positioning. *Br J Anaesth* 2004;93(2):193–198. doi:10.1093/bja/aeh191. PMID:15220179
21. Chui J, Saeed R, Jakobowski L, Wang W, Eldeyasty B, Zhu F, et al: Is Routine Chest X-Ray After Ultrasound-Guided Central Venous Catheter Insertion Choosing Wisely?: A Population-Based Retrospective Study of 6,875 Patients. *Chest* 2018;154(1):148–156. doi:10.1016/j.chest.2018.02.017. PMID:29501497
22. Hourmozdi JJ, Markin A, Johnson B, Fleming PR, Miller JB: Routine Chest Radiography Is Not Necessary After Ultrasound-Guided Right Internal Jugular Vein Catheterization. *Crit Care Med* 2016;44(9):e804–e808. doi:10.1097/CCM.0000000000001737. PMID:27035241
23. Smit JM, Raadsen R, Blans MJ, Petjak M, Van de Ven PM, Tuinman PR: Bedside ultrasound to detect central venous catheter misplacement and associated iatrogenic complications: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2018;13;22(1):65. doi:10.1186/s13054-018-1989-x. PMID:29534732
24. Hart PW, Beddoes P, Burtle D, Bradshaw ML: Arterial trauma due to central venous catheter insertion: an analysis of incidents reported to the National Reporting and Learning System for England and Wales 2013–2023. *Anaesthesia* 2025;80(6):673–683. doi:10.1111/anae.16570. PMID:39980268.

Leserbrief zum Beitrag:

de Pay A W, Sefrin V P: Algorithmen: Leitplanken oder Fesseln? Stehen sie über der ärztlichen Entscheidung? – Ein Statement

(Anästh Intensivmed 2026;67:300)

M. Deicke

Der Notarzt als Teil des Systems

De Pay und Sefrin ist darin zuzustimmen, dass Algorithmen die individuelle klinische Beurteilung eines Patienten nicht ersetzen können. Kein Algorithmus kann jede notfallmedizinische Situation abbilden, sodass im Einzelfall eine Abweichung vom Standard medizinisch notwendig sein kann. Das im Beitrag vermittelte Rollenverständnis des Notarztes erscheint für einen modernen Rettungsdienst jedoch zu undifferenziert. Insbesondere die Aussage, der Notarzt trage die „medizinische Gesamtverantwortung“ und benötige bei einer Abweichung „keine Rechtfertigung, aber eine Erklärung“, greift zu kurz [1].

Die Rolle des Notarztes

Der Notarzt wird im öffentlich-rechtlichen Rettungsdienst nicht als unabhängiger Einzelarzt tätig. Er ist Teil eines umfassenden Versorgungssystems, für dessen Organisation und Qualität der Rettungsdienststräger Verantwortung trägt. Breuer et al. beschreiben die Ärztliche Leitung Rettungsdienst (ÄLRD) als verantwortlich für die fachliche Gesamtkonzeption der Patientenversorgung und das medizinische Qualitätsmanagement [2]. Gerade weil Notärzte auf sehr unterschiedliche Weise in den Rettungsdienst eingebunden sind, bedarf es verbindlicher, qualitätsgesicherter Verfahren. Für das notärztliche Personal werden eine zuverlässige Integration in die Organisationsstrukturen, die Einhaltung rettungsdienstlicher Standards so-

wie Supervision und Feedback gefordert [2]. Auch die rechtlichen Rahmenbedingungen in Niedersachsen folgen diesem Gedanken. Die ÄLRD leitet den Rettungsdienst in medizinischen Angelegenheiten, verantwortet das medizinische Qualitätsmanagement und legt medizinisch-organisatorische Versorgungsrichtlinien auch für arztbesetzte Rettungsmittel fest [3]. In anderen Bundesländern sind darüber hinaus ausdrückliche fachliche Weisungsbefugnisse der ÄLRD auch gegenüber dem ärztlichen Personal normiert, so etwa in Bayern [4] und Sachsen [5]. Die individuelle Verantwortung des Notarztes für die konkrete Behandlungsentscheidung bleibt davon unberührt. Aus ihr lässt sich aber keine grundsätzliche Freiheit von den im Rettungsdienstsystem festgelegten Standards ableiten.

Clinical Governance als gemeinsamer Bezugsrahmen

Genau hier setzt Clinical Governance an. Sie beschreibt einen Rahmen, in dem Verantwortung, Transparenz und Rechenschaftspflicht mit der kontinuierlichen Verbesserung medizinischer Versorgungsqualität verbunden werden [6]. Medizinische Qualität darf nicht allein von individueller Erfahrung oder persönlichen Behandlungspräferenzen abhängen. Gemeinsame Standards, Aus- und Fortbildung, Fallbesprechungen, Clinical Effectiveness, Risikomanagement und eine offene Lernkultur bilden

hierfür wesentliche Elemente [6]. SOPs und Algorithmen sind in diesem Verständnis keine Hilfsmittel für weniger erfahrene Anwender, sondern bilden einen gemeinsamen medizinischen Bezugsrahmen für ein multiprofessionelles und lernendes System.

Notfallsanitäter übernehmen heute zahlreiche diagnostische und therapeutische Maßnahmen eigenständig. Breuer et al. sehen gerade in diesen erweiterten Kompetenzen einen zunehmenden Bedarf an medizinischer Fachaufsicht, Qualitätssicherung und standardisierten Versorgungsprozessen [2]. Mit der zunehmenden Etablierung der Telenotfallmedizin gewinnt ein gemeinsamer medizinischer Bezugsrahmen zusätzlich an Bedeutung. Sie setzt voraus, dass Notfallsanitäter, Telenotärzte und Notärzte vor Ort ein gemeinsames Verständnis von Indikationen, Behandlungsstandards, Kompetenzen und Eskalationskriterien haben. Es wäre schwer nachvollziehbar, Notfallsanitäter anhand definierter Standards auszubilden und zu überprüfen und darauf telemedizinische Strukturen aufzubauen, während dieselben Standards für den Notarzt nur eine unverbindliche Orientierung darstellen.

Abweichung vom Standard als Teil des Systems

Standardisierung und individuelle ärztliche Entscheidungsverantwortung sind dabei kein Widerspruch. SOPs sind

keine starren Vorgaben, sondern müssen durch praktische Erfahrung und neue Evidenz kontinuierlich weiterentwickelt werden [6]. Erfordert der individuelle Patientenfall ein abweichendes Vorgehen, muss dies möglich sein. Der Aussage, eine solche Entscheidung bedürfe „keiner Rechtfertigung, aber einer Erklärung“ [1], ist dennoch ausdrücklich zu widersprechen. Wer bewusst von einem festgelegten Standard abweicht, muss die dafür maßgeblichen medizinischen Erwägungen darlegen können. Diese gehören in die Dokumentation und müssen einer späteren Qualitätsbetrachtung zugänglich sein.

Gerade die systematische Betrachtung solcher Abweichungen ist Bestandteil von Clinical Governance. Kritische Ereignisse einschließlich Abweichungen von Standards sollen analysiert werden, um Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen [6]. Als möglicher Qualitätsindikator wird ausdrücklich die Frage genannt, wie konsequent SOPs eingehalten werden und welche Gründe für Abweichungen bestehen. Nur so lässt sich beurteilen, ob die Abweichung Ausdruck individualisierter Patientenversorgung war, ob der bestehende Standard verbessert werden muss oder ob lediglich eine persönliche Behandlungspräferenz an seine Stelle getreten ist. Dadurch wird die Erfahrung

des Einzelnen für das gesamte System nutzbar.

Auch wenn ein Notfallsanitäter eine solche Abweichung erkennt und anspricht, ist dies keine Verunsicherung, sondern professionelles „Speaking up“ und damit Teil einer funktionierenden Sicherheitskultur. Clinical Governance setzt gerade darauf, dass sicherheitsrelevante Ereignisse offen angesprochen und ohne vorschnelle Schuldzuweisung analysiert werden können [6].

Der moderne Notarzt steht nicht über dem Rettungsdienstsystem. Er ist ein hochqualifizierter Teil dieses multiprofessionellen und lernenden Systems. Seine besondere Kompetenz zeigt sich nicht darin, von gemeinsamen Standards grundsätzlich frei zu sein, sondern auch darin, deren Grenzen beim einzelnen Patienten zu erkennen. Algorithmen sind tatsächlich Leitplanken und keine Fesseln. Eine medizinisch notwendige Abweichung muss jederzeit möglich sein. Wer aber die Leitplanken bewusst verlässt, muss medizinisch rechtfertigen und dokumentieren können, warum dies für den konkreten Patienten erforderlich war. Das beschränkt ärztliche Entscheidungsverantwortung nicht – es ist Ausdruck dieser Verantwortung in einem modernen, qualitätsgesicherten Rettungsdienst.

M. Deicke, Osnabrück

Literatur

1. de Pay AW, Sefrin P: Algorithmen: Leitplanken oder Fesseln? Stehen sie über der ärztlichen Entscheidung? – Ein Statement. *Anästh Intensivmed* 2026;67:300
2. Breuer F, Beckers S, Blunck D, Bohn A, Lechleuthner A, Schröder H et al: Ärztliche Leitungen Rettungsdienst in Deutschland: Struktur, Verantwortung, Selbstwahrnehmung. *Notfall Rettungsmed* 2026. DOI:10.1007/s10049-026-01741-6
3. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport: Landesausschuss „Rettungsdienst“ nach § 13 NRettDG; Ärztliche Leitung Rettungsdienst. *Bek. d. MI v. 24.04.2019 – 35.22-41576-10-13/0* (Nds. MBl. S. 873)
4. Bayerisches Rettungsdienstgesetz (BayRDG) vom 22.07.2008 (GVBl. S. 429), Art. 12 Abs. 1 Satz 3
5. Sächsische Landesrettungsdienstplanverordnung (SächsLRettDPVO) vom 05.12.2006 (SächsGVBl. S. 532), § 11 Abs. 2
6. Strobel J, Rücker K, Stanley M, Dahmen J: Clinical Governance – Perspektiven für eine bessere prähospitalen Notfallversorgung. Was wir aus internationalen Modellen lernen können und wie die Umsetzung in Deutschland gelingen kann. *Notfall Rettungsmed* 2026. DOI:10.1007/s10049-025-01677-3.

Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters

Cardiac Arrest Center 2025

S. Seewald^{1,2} · M. Fischer^{1,3} · J.-T. Gräsner^{1,2,3} · J. Wnent^{1,2,3} · A. Ramshorn-Zimmer⁴ · L. Rück^{1,3} · H. Hoffmann^{1,3} · B. Bein^{1,5}
und die teilnehmenden Kliniken im Deutschen Reanimationsregister

► **Zitierweise:** Seewald S, Fischer M, Gräsner J-T, Wnent J, Ramshorn-Zimmer A, Rück L et al:
Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Cardiac Arrest Center 2025.
Anästh Intensivmed 2026;67:V103–V106. DOI: 10.19224/ai2026.V103

Deutsches
Reanimationsregister



Im Jahr 2007 wurde das Deutsche Reanimationsregister zum Zweck des Qualitätsmanagements und der Qualitätssicherung im Bereich der außer- und innerklinischen Reanimationen gegründet. Die Versorgung des Herz-Kreislauf-Stillstands stellt einen Prozess dar, der sich in der Regel über mehrere Sektoren erstreckt und viele an der Versorgung Beteiligte involviert. Für eine abschließende Bewertung der Therapie ist – neben der Analyse der außerklinischen Erstversorgung durch Notarzt- und Rettungsdienste sowie der innerklinischen Akut- und Notfallversorgung – auch die Auswertung der anschließenden Weiterversorgung erforderlich.

Zur Erfassung der Weiterversorgung (WV) nach Reanimation bietet das Deutsche Reanimationsregister zwei Datensätze, den „WV Basis“ und den „WV Cardiac Arrest Center (CAC)“ an. Mit dem „WV CAC“ können alle teilnehmenden Kliniken unabhängig von der Dokumentation einer Erstversorgung innerklinische Weiterbehandlungen erfassen und auswerten. Mit dem Jahresbericht 2019 konnte erstmals ein umfassender, transsektoraler Überblick über das Behandlungsergebnis nach Reanimation in Deutschland mit Fokus auf die klinische Weiterversorgung gegeben werden [1].

Im Jahr 2025 wurden im Deutschen Reanimationsregister insgesamt 4.055 WV-Basis- und 8.479 CAC-Datensätze aus Deutschland, Österreich und der Schweiz angelegt. Dieser Jahresbericht

beschränkt sich auf die Auswertung der 8.245 CAC-Datensätze aus 127 Kliniken in Deutschland und orientiert sich an den internationalen Empfehlungen (sog. Utstein-Report) [2,3].

Die ausgewerteten Daten stellen aufgrund des freiwilligen Charakters der Teilnahme am Deutschen Reanimationsregisters eine Stichprobe dar.

In 6.537 von 8.245 Fällen handelte es sich bei den ausgewerteten Datensätzen um eine Weiterversorgung nach außerklinischer Reanimation durch den Notarzt- und Rettungsdienst. In den übrigen 1.708 Fällen wurde die Weiterversorgung einer innerklinischen Reanimation dokumentiert. Im CAC-Datensatz werden nur die Patientinnen und Patienten erfasst, die in ein Krankenhaus bzw. auf eine weiterversorgende Station mit Spontankreislauf (ROSC) oder unter laufender Reanimation aufgenommen wurden. Die Analysen der außer- und innerklinischen Erstversorgung aus dem Jahr 2025, welche zusätzlich auch Patientinnen und Patienten beinhalten, die vor einer etwaigen Weiterversorgung verstorben sind, wurden bereits in unseren Jahresberichten „Außerklinische Reanimation“ und „Innerklinische Reanimation“ publiziert [4, 5].

Soziodemografische Daten

Das Patientenkollektiv, der in ein Krankenhaus bzw. auf eine weiterversorgende Station Aufgenommenen, ist mehrheitlich männlich. Das Durchschnittsalter der Patientinnen und Pa-

- 1 Deutsches Reanimationsregister, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V., Nürnberg
- 2 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel
- 3 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel
- 4 Abteilung für Medizinmanagement, Abteilung für klinisches Prozessmanagement, Universitätsklinikum Leipzig
- 5 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Asklepios Klinik St. Georg, Hamburg

tienten, die innerklinisch wiederbelebt wurden, liegt etwa 5 Jahre über dem der außerklinisch Reanimierten. Auch der Anteil der über 80-Jährigen liegt in der Gruppe der innerklinisch Reanimierten um etwa 10 % höher (Tab. 1).

Aufnahmestatus

Der Aufnahmestatus unterscheidet sich grundsätzlich in beiden Gruppen: Während nach einer außerklinischen Reanimation die Übergabe vom Rettungsdienst an die weiterbehandelnde Klinik z. B. im Schockraum, im Herzkatheterlabor oder auf der Intensivstation erfolgt und damit zeitlich und örtlich definiert werden kann, ist dies bei der innerklinischen Reanimation in vielen Fällen nicht möglich. Hier handelt es sich oft um dasselbe Team, welches die Patientin bzw. den Patienten als Notfallteam reanimiert und z. B. auf der Intensivstation weiterversorgt. Entsprechend findet eine klassische Übergabe vom Notfallteam an die weiterversorgenden Kolleginnen und Kollegen häufig nicht statt. Daher sind die folgenden Angaben möglicherweise nur begrenzt vergleichbar.

Während Patientinnen und Patienten nach außerklinischer Reanimation in etwa einem Drittel der Fälle unter laufender Reanimation in ein Krankenhaus aufgenommen wurden, erfolgte nach innerklinischer Reanimation nur in jedem fünften Fall die dokumentierte Übergabe unter laufender Reanimation (Tab. 2).

Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstands

Die Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands werden per Definition des Utstein-Datensatzes in verschiedenen Kategorien erfasst [2,3]. Die Variablenausprägung „medizinisch“ umfasst neben kardialen auch respiratorische Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstands. Die „medizinische“ Ursache ist in beiden Gruppen dominierend. Bei Patientinnen und Patienten nach innerklinischer Reanimation spielt die Asphyxie als Ursache für den Herz-Kreislauf-Stillstand tendenziell eine etwas größere Rolle (Tab. 3).

Tabelle 1

Soziodemografische Daten.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
männlich	69,0 %	70,1 %	64,8 %	68,3 %
weiblich	31,0 %	29,9 %	35,1 %	31,7 %
Durchschnittsalter	66,5 +/- 16,2 Jahre	65,2 +/- 16,3 Jahre	71,5 +/- 14,5 Jahre	67,0 Jahre
unter 18 Jahren	1,1 %	1,2 %	0,6 %	0,9 %
über 80 Jahre	21,1 %	18,4 %	31,8 %	22,3 %

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation.

Tabelle 2

Aufnahmestatus.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
Aufnahme mit ROSC	69,3 %	66,4 %	80,2 %	69,6 %
Aufnahme unter lfd. CPR	30,7 %	33,6 %	19,8 %	30,4 %
Fälle mit fehlenden Angaben	8	5	3	6

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation; ROSC: Rückkehr des Spontankreislaufs.

Tabelle 3

Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstands.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
medizinisch	78,9 %	78,1 %	82,1 %	79,4 %
Trauma	2,0 %	2,3 %	1,1 %	1,7 %
Beinahe-Ertrinken	0,7 %	0,8 %	0,1 %	0,5 %
Asphyxie	6,3 %	5,6 %	9,0 %	6,3 %
Intoxikation	1,7 %	2,0 %	0,5 %	1,4 %
sonstige	2,5 %	2,2 %	3,9 %	2,3 %
nicht bekannt	7,8 %	9,0 %	3,3 %	8,4 %

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation.

Innerklinische Diagnostik und Therapie

Die Therapie nach Herz-Kreislauf-Stillstand und Reanimation wird von vielen unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Neben neueren Therapieverfahren, wie z. B. der Anlage von hämodynamischen

Unterstützungsverfahren (Extracorporeal Life Support, ECLS), bilden die interventionelle Koronarangiographie und das Temperaturmanagement die diagnostisch-therapeutischen Hauptsäulen nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand. Ergänzend zu den oben genannten Therapien

spielt die Koronarangiographie in der Versorgung innerklinisch reanimierter Patientinnen und Patienten eine geringere Rolle im Vergleich zu außerklinisch Reanimierten. Im Vergleich zum Vorjahr ergeben sich keine Veränderungen (Tab. 4).

Wenn ein Temperaturmanagement durchgeführt wurde, wurde als Zieltemperatur am häufigsten der Bereich von 34 bis 36 °C (40,5 %) bzw. 32–34 °C (30,2 %) gewählt. Im Jahr 2025 nahm der Anteil von Patientinnen und Patienten mit einem Zieltemperaturbereich von 34 bis 36 °C zu (Tab. 5).

Neuroprognostische Tests liefern wichtige Erkenntnisse zur individuellen Prognoseabschätzung von Patientinnen und Patienten nach Herz-Kreislauf-Stillstand und Reanimation. Am häufigsten wurden hierzu die neuronenspezifische Enolase (NSE) bestimmt und eine Computertomographie des Kopfes (cCT) durchgeführt (Tab. 6).

Ergebnis der Versorgung

Das patientenindividuelle Ergebnis der Versorgung nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Deutlich wird, dass Patientinnen und Patienten, die nach einem innerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstand und anschließender Reanimation auf eine weiterversorgende Station aufgenommen wurden, trotz höheren Alters eine bessere Prognose besitzen: Insgesamt können etwa 32 % der aufgenommenen Patientinnen und Patienten nach außerklinischer Reanimation und ca. 36 % nach innerklinischer Reanimation lebend entlassen werden. Zwischen 26 % und 30 % der aufgenommenen Patientinnen und Patienten, bezogen auf die Gesamtzahl der in die Klinik Aufgenommenen (n = 8.245), können mit einem guten neurologischen Ergebnis (CPC 1 oder 2) entlassen werden. Eine Veränderung zum Vorjahr ergibt sich nicht. Angaben zum neurologischen Status vor der Reanimation liegen nur in wenigen Fällen vor und werden daher an dieser Stelle nicht berichtet.

Die höhere Entlassungsrate nach innerklinischer Reanimation ist möglicher-

Tabelle 4

Innerklinische Diagnostik und Therapie.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
Koronarangiographie	37,8 %	41,1 %	25,1 %	36,9 %
Lyse	3,4 %	3,7 %	2,3 %	4,7 %
ECLS, vor ROSC (eCPR)	5,8 %	6,0 %	5,2 %	5,5 %
ECLS, nach ROSC	1,5 %	1,5 %	1,5 %	
IABP	0,1 %	0,1 %	0,2 %	0,1 %
IMPELLA	4,0 %	3,8 %	4,9 %	3,1 %
Temperaturmanage- ment	34,8 %	38,0 %	22,7 %	33,2 %

CPR: Reanimation; ECLS: Extracorporeal Life Support; IABP: Intraaortale Ballonpumpe; ROSC: Rückkehr des Spontankreislaufs; WV: Weiterversorgung.

Tabelle 5

Zieltemperatur, wenn ein Temperaturmanagement erfolgte.

	WV gesamt 2025 n = 2.873	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 2.486	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 387	WV gesamt 2024 n = 2.276
<32 °C	0,1 %	0,1 %	0,3 %	0 %
32–34 °C	30,2 %	31,5 %	22,0 %	38,7 %
34–36 °C	40,5 %	40,3 %	42,1 %	32,9 %
36–37 °C	25,0 %	23,7 %	33,6 %	24,5 %
nicht bekannt	4,1 %	4,4 %	2,1 %	3,9 %

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation.

Tabelle 6

Neuroprognostische Tests.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
SSEP	6,6 %	7,4 %	3,5 %	6,6 %
NSE	32,8 %	34,7 %	25,7 %	34,5 %
EEG	13,9 %	14,0 %	13,2 %	15,7 %
cCT	42,2 %	43,4 %	37,8 %	41,9 %
MRT des Kopfes (cMRT)	3,8 %	4,0 %	3,1 %	4,4 %

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation; SSEP: Somatosensorisch evozierte Potentiale; NSE: Neuronenspezifische Enolase; EEG: Elektroenzephalographie; cCT: Computertomographie des Kopfes; cMRT: Magnetresonanztomographie des Kopfes.

weise auf die kürzere Eintreffzeit der professionellen Helfenden sowie den schnelleren Beginn von Reanimationsmaßnahmen zurückzuführen. Entspre-

chend dem Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters erreicht der Rettungsdienst den Einsatzort im Durchschnitt in 7,1 Minuten und die mittlere

Zeit zwischen Kollaps und Start der Reanimationsmaßnahmen liegt bei 5,6 Minuten [5], während das innerklinische Notfallteam nach 4 Minuten eintrifft und in 80 % der Fälle bereits vorher mit Reanimationsmaßnahmen begonnen wurde [4] (Tab. 7).

Fazit

Das Deutsche Reanimationsregister bildet mit den Datensätzen zur außer- und innerklinischen Erstversorgung (EV und NT), zur Weiterversorgung (WV Basis und WV CAC) sowie zur Langzeitversorgung (LV) alle Versorgungsabschnitte nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand ab. Der vorliegende Jahresbericht fasst die Versorgung von Patientinnen und Patienten mit begonnener Reanimation durch Rettungsdienst oder Notfallteam nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand mit Aufnahme im Cardiac Arrest Center zusammen. Er liefert mit insgesamt 8.245 Fällen aus 127 Kliniken belastbare Zahlen für Deutschland. An dieser Stelle möchten wir den teilnehmenden Standorten, die im Jahr 2025 Daten in das Deutsche Reanimationsregister eingebracht haben, herzlich danken!

Das Deutsche Reanimationsregister wird auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag zum notfallmedizinischen Qualitätsmanagement leisten. Es bietet den teilnehmenden Kliniken durch die transsektorale Erhebung longitudinal des Behandlungsverlaufes umfassende Möglichkeiten für ein sektorenübergreifendes Qualitätsmanagement. Den Teilnehmenden stehen umfangreiche Auswertungen in der Online-Datenbank sowie ein ausführlicher Jahresbericht und Möglichkeiten zur regionalen und überregionalen Vernetzung und zum Benchmarking zur Verfügung. Damit bietet das Deutsche Reanimationsregister den Kliniken ideale Voraussetzungen für die erfolgreiche Zertifizierung als Cardiac Arrest Center [6].

Im Rahmen der kontinuierlichen Weiterentwicklung arbeitet das Deutsche Reanimationsregister an einer Standardisierung der Datensätze, um nicht nur die Kompatibilität mit bestehenden

Tabelle 7

Ergebnis der Versorgung.

	WV gesamt 2025 n = 8.245	WV nach außerklinischer CPR 2025 n = 6.537	WV nach innerklinischer CPR 2025 n = 1.708	WV gesamt 2024 n = 6.848
24-h-Überleben	59,5 %	57,7 %	66,2 %	59,8 %
lebend entlassen	32,9 %	32,2 %	35,5 %	31,7 %
CPC 1 oder 2 bei Entlassung	26,9 %	26,0 %	30,1 %	26,6 %

WV: Weiterversorgung; CPR: Reanimation; CPC: Cerebral Performance Categories.

Krankenhausinformationssystemen zu verbessern, sondern auch – im Kontext des fortschreitenden Ausbaus der digitalen Infrastruktur in den teilnehmenden Zentren – perspektivisch eine automatisierte, prozessbegleitende und möglichst vollständige Datenübermittlung in das Register zu gewährleisten. Die zu erwartende Steigerung der Datenqualität sowie die Reduktion des manuellen Dokumentationsaufwands sollen neben der gewonnenen Effizienz auch die Präzision der Auswertungen steigern und somit einen Beitrag zur Weiterentwicklung der datengestützten Qualitätssicherung und Versorgungsforschung im Bereich der Reanimationsversorgung in Deutschland leisten.

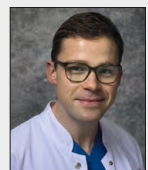
Literatur

1. Seewald S, Ristau P, Fischer M, Gräsner JT, Brenner S, Wnent J et al: Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters – Cardiac Arrest Center 2019. *Anästh Intensivmed* 2020;61:V143–145
2. Nolan JP, Berg RA, Andersen LW, Bhanji F, Chan PS, Donnino MW, et al: Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein Resuscitation Registry Template for In-Hospital Cardiac Arrest: A Consensus Report From a Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation. *Resuscitation* 2019;144:166–177
3. Gräsner JT, Bray JE, Nolan JP, Iwami T, Ong MEH, Finn J, et al: Cardiac arrest and cardio-pulmonary resuscitation outcome reports: 2024 update of the Utstein Out-of-Hospital Cardiac Arrest Registry template. *Resuscitation* 2024;201:110288

4. Seewald S, Fischer M, Gräsner JT, et al: Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Innerklinisches Notfallmanagement 2025. *Anästh Intensivmed* 2026;67:V107–V112
5. Fischer M, Wnent J, Gräsner JT et al: Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation im Notarzt- und Rettungsdienst 2025. *Anästh Intensivmed* 2026;67:1–12.
6. Rott N, Böttiger BW, Busch HJ, Frey N, Kelm M, Scholz KH et al: Qualitätskriterien und strukturelle Voraussetzungen für Cardiac Arrest Zentren – Update 2024. *Notfall Rettungsmed* 2025;28:108–112.

Korrespondenz- adresse

**Priv.-Doz. Dr. med.
Stephan Seewald**



Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH), Campus Kiel
Arnold-Heller-Straße 3, Haus R3
24105 Kiel, Deutschland

E-Mail: Stephan.Seewald@uksh.de
seewald@reanimationsregister.de

ORCID-ID: 0000-0002-7233-921X

Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters

Innerklinisches Notfallmanagement 2025

S. Seewald^{1,2} · M. Fischer^{1,3} · J.-T. Gräsner^{1,2,3} · J. Wnent^{1,2,3} · H. Hoffmann^{1,3} · L. Rück^{1,3} · A. Ramshorn-Zimmer^{1,4} · B. Bein^{1,5}
und die teilnehmenden Kliniken im Deutschen Reanimationsregister

► **Zitierweise:** Seewald S, Fischer M, Gräsner J-T, Wnent J, Hoffmann H, Rück L et al:
Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Innerklinisches Notfallmanagement 2025.
Anästh Intensivmed 2026;67:V107–V112. DOI: 10.19224/ai2026.V107

Deutsches
Reanimationsregister



Als Grundlage des Jahresberichts „Innerklinisches Notfallmanagement“ des Deutschen Reanimationsregisters dienen 11.103 Datensätze aus 158 Kliniken in Deutschland.

Die ausgewerteten Daten stellen aufgrund des freiwilligen Charakters der Teilnahme am Deutschen Reanimationsregister eine Stichprobe dar, ermöglichen jedoch eine Aussage zur Notfallbehandlung in Krankenhäusern im Erfassungsbereich des Deutschen Reanimationsregisters.

Im vorliegenden Bericht wird nur ein Teil der erfassten Informationen vorgestellt. Die Zusammenstellung orientiert sich in erster Linie am Utstein Report, einer international anerkannten Berichtsform für Reanimationen [1], und umfasst erstmals alle dokumentierten Einsätze von Notfallteams, unabhängig davon, ob eine Reanimation erfolgte.

Ausgewertet werden im Folgenden die Gesamtdaten aller im Deutschen Reanimationsregister erfassten Notfallteamein-

sätze vom 01.01.2025 bis einschließlich 31.12.2025 sowie die Daten einer Referenzgruppe von 55 teilnehmenden Kliniken aus demselben Zeitraum, welche die folgenden Einschlusskriterien für Einsätze mit Herz-Kreislauf-Stillstand erfüllen:

- jemals ROSC (Return of spontaneous circulation) < 80 %
- Anteil an dokumentierten Weiter-
versorgungen von mindestens 60 %

Als Vergleichsgruppe für die Behandlung nach innerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand dient die Referenzgruppe von 57 Kliniken aus dem Jahr 2024. Die Daten zur Notfallteamversorgung ohne Reanimation werden in diesem Jahr erstmalig berichtet.

Durch Ermittlung der Referenzdaten werden die Ergebnisse genauer und es können insbesondere Aussagen zur Entlassungsrate und zum neurologischen Ergebnis bei Entlassung gemacht werden.

- 1 Deutsches Reanimationsregister, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V., Nürnberg
- 2 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel
- 3 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel
- 4 Abteilung für Medizinmanagement, Abteilung für klinisches Prozessmanagement, Universitätsklinikum Leipzig
- 5 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Asklepios Klinik St. Georg, Hamburg

Übersicht (Tab. 1)

Tabelle 1

Verteilung der Notfallteameinsätze.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Anzahl Notfallteameinsätze [n]	11.103	4.691	
Anzahl Kliniken	158	55	57
Notfallversorgung ohne Reanimation [n, (%)]	4.837 (43,6)	1.909 (40,7)	
Reanimation [n, (%)]	6.135 (55,3)	2.727 (58,1)	2.659
Todesfeststellung [n, (%)]	131 (1,2)	55 (1,2)	

Demografische Daten

Etwa zwei Drittel der vom Notfallteam im Krankenhaus versorgten Patientinnen und Patienten im Krankenhaus sind Männer. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass ein großer Anteil (29,6 %) der innerklinisch vom Notfallteam versorgten Patientinnen und Patienten zu der Altersgruppe der über 80-Jährigen gehört. Das mittlere Alter der im Krankenhaus reanimierten Patientinnen und Patienten liegt relevant über dem vom Notfallteam Versorgten ohne Reanimation (Tab. 2).

Ort des Notfalls

Im Krankenhaus erfolgt der überwiegende Teil der Notfälle, die vom Notfallteam versorgt werden, auf Normalstationen. Hier sind die Patientinnen und Patienten hauptsächlich nicht mit Monitoren überwacht, die Überwachung findet in erster Linie durch das Pflegepersonal statt. Darüberhinaus stellt der Funktionsbereich einen häufigen Einsatzort für das Notfallteam dar (Tab. 3).

Vorerkrankungen

Patientinnen und Patienten mit innerklinischen Notfallereignissen sind häufig schwer vorerkrankt (Tab. 4).

Notfallversorgung ohne CPR

Ziel eines gut etablierten innerklinischen Notfallmanagements ist die Vermeidung des Eintretens eines Herz-Kreislauf-Still-

Tabelle 2

Alter und Geschlecht der vom Notfallteam versorgten Patientinnen und Patienten.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Geschlecht, männlich [n, (%)]	6.647 (59,9)	2.760 (58,8)
Alter [Jahre, MW (STD)]	69,2 (17,9)	69,1 (18,1)
Altersgruppe ≤ 60 Jahre [n, (%)]	2.747 (24,7)	1.185 (25,3)
61 bis ≤ 70 Jahre [n, (%)]	2.331 (21,0)	961 (20,5)
71 bis ≤ 80 Jahre [n, (%)]	2.736 (24,6)	1.142 (24,3)
81 bis ≤ 90 Jahre [n, (%)]	2892 (26,0)	1.247 (26,6)
> 91 Jahre [n, (%)]	395 (3,6)	154 (3,3)
< 18 Jahre [n, (%)]	163 (1,5)	73 (1,6)
Alter nur Notfallversorgung ohne CPR [Jahre, MW (STD)]	64,0 (20,3)	63,3 (20,5)
Alter nur CPR [Jahre, MW (STD)]	73,2 (14,6)	73,0 (14,9)

MW: Mittelwert; **STD:** Standardabweichung; **CPR:** Reanimation.

Tabelle 3

Ort des Notfalls.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Normalstation [n, (%)]	6.053 (54,5)	2.559 (54,6)
Funktionsbereich [n, (%)]	1.506 (13,6)	667 (14,2)
Notaufnahme/Schockraum [n, (%)]	948 (8,5)	343 (7,3)
IMC, Intensivstation [n, (%)]	1.316 (11,9)	574 (12,2)
OP/Aufwachraum [n, (%)]	128 (1,2)	63 (1,3)
Gelände [n, (%)]	686 (6,2)	328 (7,0)

IMC: Intermediate-Care-Station.

standes. Aus diesem Grund berichtet der Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregister in diesem Jahr erstmalig über die Notfallversorgung ohne CPR,

die in den folgenden Tabellen dargestellt ist. Eine frühzeitige Versorgung durch das Notfallteam kann eine Verschlechterung des Patienten bzw. der Patientin und damit das Eintreten eines Herz-Kreislauf-Stillstandes verhindern.

Am häufigsten wurde das Team zu C-Problemen alarmiert, danach folgten die D-Probleme (Tab. 5).

Vorausgegangener Aufenthalt auf der Intensivstation

Bei einem Anteil von fast 10 % der durch das Notfallteam behandelten Patientinnen und Patienten ist ein Aufenthalt auf der Intensivstation im Rahmen des Klinikaufenthaltes vorausgegangen. Aber nur etwas über 1% der Betroffenen wurden innerhalb der letzten 24 Stunden von der Intensivstation verlegt (Tab. 6).

Tabelle 4

Bestehende Vorerkrankungen.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Ohne Vorerkrankungen (PES1) [n, (%)]	362 (3,3)	150 (3,2)
VE ohne nennenswerte Einschränkung des tgl. Lebens (PES2) [n, (%)]	1.845 (16,6)	838 (17,9)
VE mit nennenswerter Einschränkung des tgl. Lebens (PES3) [n, (%)]	6.283 (56,6)	2.585 (55,1)
Normales tgl. Leben unmöglich (PES4) [n, (%)]	1.394 (12,6)	537 (11,4)
Moribunde/r PatientIn (PES5) [n, (%)]	41 (0,4)	18 (0,4)
Unbekannt [n, (%)]	1.178 (10,6)	563 (12,0)
PES1+2 nur Notfallversorgung ohne CPR [n, (%)]	1.298 (26,8)	562 (29,4)
PES1+2 nur CPR [n, (%)]	900 (14,7)	421 (15,4)

VE: Vorerkrankung; **PES:** Pre-Emergency-Score; **CPR:** Reanimation.

Durchgeführte Diagnostik

Bei einem wesentlichen Anteil der durch das Notfallteam durchgeführten Diagnostik handelt es sich um Basismaßnahmen des Monitorings. Die Ergebnisse unterstreichen, dass Notfallteamsätze ohne Reanimation nicht lediglich als Vorstufe einer Reanimation, sondern als eigenständiger und quantitativ bedeutsamer Bestandteil der innerklinischen Notfallversorgung einzuordnen sind. Die strukturierte Erfassung von Vitalparametern und die rasche apparative Basisdiagnostik schaffen die Grundlage, um reversible Ursachen einer akuten Verschlechterung frühzeitig zu erkennen, die Dringlichkeit der weiteren Versorgung einzuschätzen und eine zielgerichtete Eskalation, beispielsweise auf einer Überwachungs- oder Intensivstation, einzuleiten (Tab. 7).

Durchgeführte Therapie

Das Spektrum der durchgeführten therapeutischen Maßnahmen verdeutlicht die zentrale Funktion des Notfallteams bei der unmittelbaren Stabilisierung kritisch erkrankter Patientinnen und Patienten außerhalb regulärer Intensivbereiche. Neben vergleichsweise häufigen Basismaßnahmen wie Sauerstoffgabe und nichtinvasiver Unterstützung der Spontanatmung ist bei einem relevanten Anteil der Patientinnen und Patienten auch eine Atemwegssicherung mittels endotrachealer Intubation erfolgt. Damit bildet die Versorgung ohne CPR einen wesentlichen Baustein der Prävention innerklinischer Herz-Kreislauf-Stillstände und zugleich eine wichtige Schnittstelle zur nachfolgenden intensivmedizinischen Behandlung (Tab. 8).

Reanimationsversorgung

Herz-Kreislauf-Stillstand beobachtet

Bei etwa zwei Drittel der Patientinnen und Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand wird der Kollaps im Krankenhaus durch das Pflegepersonal oder andere anwesende Personen beobachtet. Das stellt eine günstige Ausgangslage für den sofortigen Beginn von Reanima-

Tabelle 5

Alarmierungsgrund für das Notfallteam.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Alarmierungsgrund Atemweg (A) [n, (%)]	494 (10,2)	203 (10,6)
Alarmierungsgrund Beatmung (B) [n, (%)]	1.170 (24,2)	475 (24,9)
Alarmierungsgrund Kreislauf (C) [n, (%)]	2.123 (43,9)	813 (42,6)
Alarmierungsgrund Herz-Kreislauf-Stillstand [n, (%)]	210 (4,3)	79 (4,1)
Alarmierungsgrund Neurologie (D) [n, (%)]	1.407 (29,1)	526 (27,6)
Alarmierungsgrund Sonstiges (E) [n, (%)]	157 (3,2)	73 (3,8)
Alarmierungsgrund Team besorgt [n, (%)]	485 (10,0)	223 (11,7)

Tabelle 6

Vorausgegangener Aufenthalt auf der Intensivstation.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Vorausgegangener ITS-Aufenthalt [n, (%)]	475 (9,8)	143 (7,5)
Vorausgegangener ITS-Aufenthalt <24h [n, (%)]	74 (1,5)	23 (1,2)
Zeit Alarm bis Ankunft am Einsatzort [Minuten, MW (STD)]	4,0 (3,5)	3,6 (2,7)

ITS: Intensivstation; MW: Mittelwert; STD: Standardabweichung.

Tabelle 7

Durch das Notfallteam durchgeführte Diagnostik.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Pulsoximetrie – durch Notfallteam [n, (%)]	2.598 (53,7)	1.110 (58,1)
Pulsoximetrie – bereits vorhanden [n, (%)]	1.790 (37,0)	582 (30,5)
12-Kanal-EKG – durch Notfallteam [n, (%)]	603 (12,5)	137 (7,2)
12-Kanal-EKG – bereits vorhanden [n, (%)]	232 (4,8)	30 (1,6)
Invasive Blutdruckmessung – durch Notfallteam [n, (%)]	221 (4,6)	44 (2,3)
Invasive Blutdruckmessung – bereits vorhanden [n, (%)]	170 (3,5)	54 (2,8)

Tabelle 8

Therapie des Notfallteams.

	Gesamt 2025	Referenz 2025
Sauerstoffinsufflation – durch Notfallteam [n, (%)]	730 (15,1)	277 (14,5)
Sauerstoffinsufflation – bereits vorhanden [n, (%)]	1.523 (31,5)	497 (26,0)
NIV/CPAP/Beutel-Masken-Beatmung – durch Notfallteam [n, (%)]	434 (9,0)	197 (10,3)
NIV/CPAP/Beutel-Masken-Beatmung – bereits vorhanden [n, (%)]	157 (3,2)	47 (2,5)
SGA-Einlage – durch Notfallteam [n, (%)]	29 (0,6)	17 (0,9)
SGA-Einlage – bereits vorhanden [n, (%)]	8 (0,2)	1 (0,1)
Endotracheale Intubation – durch Notfallteam [n, (%)]	408 (8,4)	160 (8,4)
Endotracheale Intubation – bereits vorhanden [n, (%)]	60 (1,2)	17 (0,9)

tionsmaßnahmen dar. Die Beobachtung durch Ersthelfende und durch Pflegepersonal zeigt im Vergleich zum Vorjahr keine Veränderung (Tab. 9).

Reanimation vor Eintreffen des Notfall-/Reanimationsteams

In knapp 80 % der Herz-Kreislauf-Stillstände im Krankenhaus wurde mit den Reanimationsmaßnahmen vor Eintreffen des Notfall-/Reanimationsteams (Medical Emergency Team, MET) begonnen. Dieser Anteil ist im Vergleich zum Vorjahr abnehmend. Ziel sollte es sein, diesen Anteil weiter zu erhöhen (Tab. 10).

Ursache

Die Angaben zu den Ursachen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes in der Klinik basieren auf den Angaben der Ärztinnen und Ärzte des Notfall-/Reanimationsteams. Die Hauptursache für den innerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstand ist nach diesen Angaben vermutlich ein kardiales Geschehen, vor respiratorischen/hypoxischen Ursachen. Das Trauma spielt im Krankenhaus eine untergeordnete Rolle. Im Vergleich der Referenzkrankenhäuser zeigen sich keine Veränderungen im Vergleich zum Vorjahr (Tab. 11).

Erster abgeleiteter EKG-Rhythmus

Der Anteil der defibrillierbaren Rhythmen beim Erst-EKG nach Herz-Kreislauf-Stillstand ist mit unter 15 % weiterhin sehr gering und zeigt sich zu 2024 recht konstant (Tab. 12).

Während der Reanimation durchgeführte Maßnahmen

Neben den Thoraxkompressionen sind die ersten Maßnahmen nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand hier aufgeführt: Die Intubation und die Gabe von Adrenalin sind die häufigsten erweiterten Maßnahmen nach Herz-Kreislauf-Stillstand. Im Vergleich zum Vorjahr nahm die Etablierung eines intraossären Zugangs im Rahmen der Reanimationsversorgung zu (Tab. 13).

Im Hinblick auf die Reanimationsleitlinien des ERC (European Resuscitation Council) 2025 [2] sowie Studien aus

Tabelle 9

Anteil beobachteter Herz-Kreislauf-Stillstände.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Ersthelfende/Besuchende [n, (%)]	363 (5,9)	129 (4,7)	143 (5,4)
Durch Pflegepersonal [n, (%)]	2.918 (47,6)	1.295 (47,5)	1.295 (48,7)
Durch MET-/CPR-Team [n, (%)]	655 (10,7)	343 (12,6)	277 (10,4)

MET: Notfallteam; **CPR:** Reanimation.

Tabelle 10

CPR vor Eintreffen des Notfallteams.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Durch Pflegepersonal [n, (%)]	4.632 (75,5)	2.082 (76,3)	2.088 (87,7)
Durch Ersthelfende/Besuchende [n, (%)]	303 (4,9)	83 (3,0)	93 (3,9)

Tabelle 11

Vermutete Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Kardial [n, (%)]	2.872 (46,8)	1.215 (44,6)	1.257 (47,8)
Hypoxie/respiratorisch [n, (%)]	1.896 (30,9)	859 (31,5)	821 (30,9)
Trauma [n, (%)]	34 (0,6)	17 (0,6)	9 (0,3)
Kardial und unbekannt [n, (%)]	3270 (53,3)	1.390 (51,0)	1.507 (56,7)

Tabelle 12

Erster abgeleiteter EKG-Rhythmus.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Erster Rhythmus VF/pVT [n, (%)]	789 (12,9)	307 (11,3)	283 (10,6)
Erster Rhythmus PEA [n, (%)]	2.368 (38,6)	1.105 (40,5)	1.053 (39,6)
Erster Rhythmus Asystolie [n, (%)]	2.960 (48,2)	1.306 (47,9)	1.323 (49,8)

VF: Kammerflimmern; **pVT:** pulslose ventrikuläre Tachykardie; **PEA:** pulslose elektrische Aktivität.

Tabelle 13

Weitere Maßnahmen während der Reanimation.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
Adrenalin [n, (%)]	4.720 (76,9)	2.200 (80,7)	1.907 (71,7)
Amiodaron [n, (%)]	609 (9,9)	262 (9,6)	196 (7,4)
Atropin [n, (%)]	99 (1,6)	61 (2,2)	48 (1,8)
Endotracheale Intubation (ETI) [n, (%)]	4.321 (70,4)	2.011 (73,7)	1.848 (69,5)
SGA [n, (%)]	512 (8,3)	221 (8,1)	323 (12,1)
Feedback-System [n, (%)]	445 (7,3)	206 (7,6)	213 (8,0)
Mechanische CPR [n, (%)]	587 (9,6)	276 (10,1)	198 (7,4)
IOZ [n, (%)]	257 (4,2)	124 (4,5)	96 (3,6)

SGA: Supraglottische Atemwegsilfe; **CPR:** Reanimation; **IOZ:** intraossärer Zugang.

dem Deutschen Reanimationsregister und der PARAMEDIC-2 Studie [3,4] sind i.v.-Zugänge im Rahmen der Reanimation zu bevorzugen und sollten bei stationär behandelten Patientinnen und Patienten zum Standard gehören.

Nach der Reanimation durchgeführte Maßnahmen

Temperaturmanagement und Koronarangiographie gehören zu den von den Leitlinien empfohlenen Maßnahmen nach Reanimation [5]. Eine Veränderung zum Vorjahr zeigt sich hier nicht (Tab. 14).

Ergebnis der Erst- und Weiterversorgung

Dokumentiert wird hier das Ergebnis der Erstversorgung durch das Notfallteam. „ROSC-Rate“ bedeutet, dass der Patient bzw. die Patientin zu einem beliebigen Zeitpunkt der Reanimationsmaßnahmen einen Spontankreislauf wiedererlangt hat.

Als „Verlegung auf die weiterbehandelnde Einheit“ ist die Aufnahme mit ROSC oder laufender CPR zur weiteren Behandlung auf eine Station/einen Funktionsbereich definiert. Hierunter fallen die Intensivstation aber auch das Herzkatheterlabor oder der OP.

Als weitere Ergebnisse wurden das 24-h-Überleben, das 30-Tage-Überleben und die Entlassung aus dem Krankenhaus erfasst. Weiterhin wird das gute neurologische Ergebnis bei Entlassung berichtet.

Im Vergleich zum Vorjahr ergaben sich keine wesentlichen Veränderungen (Tab. 15).

Reanimationsversorgung in Bereichen ohne Monitoring (Normalstation und Gelände)

Die gesonderte Betrachtung von Normalstation und Klinikgelände ist besonders relevant, da in diesen Bereichen in der Regel keine kontinuierliche apparative Überwachung besteht und eine kritische Verschlechterung daher vor allem durch klinische Beobachtung erkannt werden muss. Dass in 88,4 % (Referenzstandorte 88,0 %) der Fälle bereits vor Eintreffen des MET-/CPR-Teams mit Reanima-

Tabelle 14

Maßnahmen nach erfolgreicher Reanimation.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
TTM [n, (% aller Aufnahmen)]	253 (14,5)	194 (13,7)	193 (13,6)
Koronarangiographie [n, (% aller Aufnahmen)]	346 (19,8)	272 (19,2)	253 (17,8)

TTM: Temperaturmanagement.

Tabelle 15

Ergebnis der Versorgung nach innerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand und Reanimation.

	Gesamt 2025	Referenz 2025	Referenz 2024
ROSC-Rate [n, (%)]	3.544 (57,8)	1.608 (59,0)	1.508 (56,7)
Verlegung weiterbehandelnde Einheit mit CPR [n, (%)]	348 (5,7)	151 (5,5)	156 (5,9)
Verlegung weiterbehandelnde Einheit mit ROSC [n, (%)]	3.022 (49,3)	1.361 (49,9)	1.268 (47,7)
Fehlende Daten: Versorgung im Krankenhaus [n]	n. d.	92	106
24-h-Überleben [n, (%)]	n. d.	972 (35,6)	880 (33,1)
30-Tage-Überleben/Lebend entlassen [n, (%)]	n. d.	513 (18,8)	514 (18,8)
Krankenhausentlassung mit CPC 1/2 [n, (%)]	n. d.	337 (12,4)	335 (12,6)
Krankenhausentlassung mit CPC 3/4 [n, (%)]	n. d.	37 (1,4)	24 (0,9)

ROSC: Rückkehr des Spontankreislaufs; CPR: Reanimation; CPC: Cerebral performance categories.

tionsmaßnahmen begonnen wurde, unterstreicht die entscheidende Bedeutung von unmittelbar handlungsfähigen Ersthelfenden und des Stationspersonals. Gleichzeitig liegen die ROSC-Rate mit 49,2 % (Referenz 50,3 %) und das 30-Tage-Überleben, beziehungsweise die Anzahl lebend aus dem Krankenhaus entlassener Patientinnen und Patienten,

in der Referenzgruppe mit 12,9 % unter den Ergebnissen der Gesamtgruppe aller überwachten sowie unüberwachten Orte. Dies verdeutlicht die besondere Vulnerabilität unüberwachter Versorgungsbereiche und die Bedeutung früher Erkennung, niedrigschwelliger Alarmierung sowie regelmäßiger Reanimationsschulungen (Tab. 16).

Tabelle 16

Ergebnis der Versorgung nach innerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand und Reanimation in Bereichen ohne Monitoring (Normalstation und Klinikgelände).

	Gesamt 2025	Referenz 2025
n	3.587	1.613
Kollaps beobachtet durch Ersthelfende/Besuchende [n, (%)]	220 (6,1)	84 (5,2)
Kollaps beobachtet durch Pflegepersonal [n, (%)]	1.324 (36,9)	612 (37,9)
Kollaps beobachtet durch MET-/CPR-Team [n, (%)]	114 (3,2)	57 (3,5)
CPR Start vor MET-/CPR-Team-Ankunft [n, (%)]	3171 (88,4)	1419 (88,0)
CPR Start durch MET-/CPR-Team [n, (%)]	376 (10,5)	181 (11,2)
ROSC-Rate [n, (%)]	1.766 (49,2)	811 (50,3)
Verlegung weiterbehandelnde Einheit mit CPR [n, (%)]	222 (6,2)	105 (6,5)
Verlegung weiterbehandelnde Einheit mit ROSC [n, (%)]	1.494 (41,7)	688 (42,7)
30-Tage-Überleben/Lebend entlassen [n, (%)]	n.d.	208 (12,9)

ROSC: Rückkehr des Spontankreislaufs; CPR: Reanimation; CPC: Cerebral performance categories; MET: Notfallteam.

Fazit

Der vorliegende Jahresbericht „Innerklinische Notfallversorgung 2025“ des Deutschen Reanimationsregisters zeigt die Daten von 11.103 Patientinnen und Patienten (158 Kliniken) in der Gesamtgruppe und von 4.691 Patientinnen und Patienten von 55 Referenzstandorten im Jahr 2025. Im Vergleich zum Vorjahr zeigen sich in wenigen Bereichen relevante Veränderungen. Insgesamt konnten im Berichtsjahr 2025 18,8 % der Patientinnen und Patienten mit innerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand und Reanimation lebend aus dem Krankenhaus entlassen werden.

Erstmalig wird in diesem Berichtsjahr die Häufigkeit sowie die durchgeführte Diagnostik und Therapie von Behandlungen durch das Notfallteam ohne Reanimation berichtet. Damit wird die wesentliche Bedeutung des Notfallteams zur Prävention innerklinischer Herz-Kreislauf-Stillstände unterstrichen.

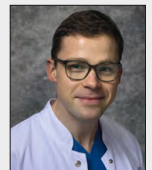
Wir möchten uns sehr herzlich bei den teilnehmenden 158 Standorten, die im Jahr 2025 Daten in das Register eingebracht haben, bedanken. Nur durch das umfassende Engagement der Verantwortlichen vor Ort ermöglicht das Deutsche Reanimationsregister einen guten Überblick über die innerklinische Reanimations- und Notfallversorgung in Deutschland und bildet ein wichtiges Werkzeug der Versorgungsforschung.

Literatur

1. Nolan JP, Berg RA, Andersen LW, Bhanji F, Chan PS, Donnino MW, et al: Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein Resuscitation Registry Template for In-Hospital Cardiac Arrest. A Consensus Report From a Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia). *Resuscitation* 2019;144:166–177
2. Soar J, Böttiger BW, Carli P, Jimenez FC, Cimpoesu D, Cole G, et al: European Resuscitation Council Guidelines 2025: Adult advanced life support. *Resuscitation* 2025;215:110769
3. Monaco T, Fischer M, Michael M, Hubar I, Westenfeld R, Rauch S, et al: Impact of the route of adrenaline administration in patients suffering from out-of-hospital cardiac arrest on 30-day survival with good neurological outcome (ETIVIO study). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2023;31:14
4. Knapp J, Huber M, Gräsner JT, Bernhard M, Fischer M: Outcome differences between PARAMEDIC2 and the German Resuscitation Registry: a secondary analysis of a randomized controlled trial compared with registry data. *Eur J Emerg Med* 2022;29:421–430
5. Nolan JP, Sandroni C, Cariou A, Cronberg T, D'Arrigo S, Haywood K,

et al: European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine Guidelines 2025 Post-Resuscitation Care. *Resuscitation* 2025;215:110809.

Korrespondenz- adresse



**Priv.-Doz. Dr. med.
Stephan Seewald**

Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH), Campus Kiel
Arnold-Heller-Straße 3, Haus R3
24105 Kiel, Deutschland

E-Mail: Stephan.Seewald@uksh.de
seewald@reanimationsregister.de

ORCID-ID: 0000-0002-7233-921X

EU-Verordnung SoHO (= Substances of Human Origin)

Wichtig für alle Transfusionsverantwortlichen: Registrierung aller Einrichtungen, die Blutbestandteile transfundieren oder andere Substanzen menschlichen Ursprungs anwenden, beginnt voraussichtlich am 5.9.2026

Die entsprechende EU-Verordnung (SoHO = Substances of Human Origin) gilt unmittelbar in allen Mitgliedstaaten. Art. 68 und 69, die sich mit der Registrierung auf der Datenplattform beschäftigen, sind bereits seit 7.8.2024 wirksam; alle übrigen Vorschriften ab 7.8.2027. Die Registrierung auf der SoHO-Plattform erfolgt online und muss bis spätestens 6.8.2027 abgeschlossen sein. Neben Bluttransfusionen werden auch alle Behandlungen mit Geweben und Zellen erfasst. Ausgenommen sind lediglich Organtransplantation und Muttermilch für das eigene Kind.

Vorbehaltlich einer entgegengesetzten Regelung im deutschen Überführungsgesetz sind rein intraoperative, autologe Verfahren, z. B. Maschinelle Autotransfusion, Mesh-graft, autologe Knorpel- oder Knochentransplantation, wahrscheinlich nicht betroffen.

Einrichtungen, die Präparate aus SoHO herstellen, gelten als „Betriebsstätten“ und benötigen wie bisher eine Erlaubnis der Landesbehörde. Eine vorhandene Herstellungserlaubnis nach dem Arzneimittelgesetz wird automatisch in das neue Recht überführt.

Einladung zu den ordentlichen Mitgliederversammlungen der Landesverbände der DGAI und des BDA



Baden-Württemberg • Rheinland-Pfalz • Saarland • Hessen

28.11.2026, 08.00 – 08.45 Uhr, im Rahmen der SAT im Universitätsklinikum Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3, 68167 Mannheim (Haus 12; Hörsaal 5)

- Tagesordnung:**
1. Bericht der Landesvorsitzenden
 2. Aussprache
 3. Verschiedenes

GEMEINSAM STARK: AUF DEM LAUFENDEN BLEIBEN MIT DER PUSH-APP „BDA.DIREKT“

„Gemeinsam stark“ lautet das Statement, das der BDA seiner Arbeit voranstellt. Mit der neuen Informationsplattform „**BDA.direkt**“ wird das nun auch für alle Mitglieder sichtbar.

Per Push-Nachricht aufs Handy erfahren Sie ab jetzt regelmäßig

- Aktuelles aus der berufspolitischen Verbandsarbeit – etwa über den Einsatz unserer Vertreter in der politischen Arbeit in Berlin
- Neuigkeiten aus Projektarbeit des BDA, Rechtsabteilung und Unternehmenskommunikation
- Termine und Anmeldemöglichkeiten für Veranstaltungen und Seminare des BDA
- Informationen rund um die Kongresse von BDA und DGAI

So funktioniert es

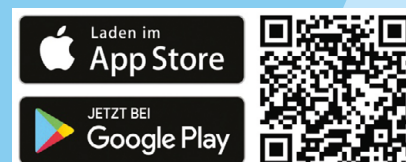
- BDA.direkt unter der Adresse www.bda-direkt.de, im App-Store von Apple oder im Google Play Store herunterladen. Über den QR-Code gelangen Sie direkt zum Store.
- Für die Registrierung benötigen Sie Ihre E-Mail, Ihr Geburtsdatum und Ihre BDA-Mitgliedsnummer.
- Nach der Registrierung stehen Ihnen die Nachrichtenkanäle „Aktuelles“ und „Veranstaltungen“ des BDA zur Verfügung.
- Durch Anhaken der entsprechenden Kanäle können Sie selbst bestimmen, welche Sie abonnieren möchten.
- Ist der Haken gesetzt, erhalten Sie Informationen aus diesem Kanal als „Push-Nachricht“ direkt auf Ihr Smartphone. Dafür müssen Sie zusätzlich die Push-Nachrichten für die App aktivieren.

Bei Fragen zur App oder zur Mitgliedsnummer helfen Ihnen die Kolleginnen und Kollegen der Geschäftsstelle unter (0911) 93378-0 oder per Mail an bda@bda-ev.de gern weiter.



BDA.DIREKT

Weitere Informationen: www.bda-direkt.de



**Behandlungszentrum
Aschau GmbH**
Bernauer Straße 18
83229 Aschau im Chiemgau

Kontakt:
Priv.-Doz. DDr.
Clemens Miller, MA, MHBA
Chefarzt Anästhesiologie
c.miller@kiz-chiemgau.de

Für unser anästhesiologisches Ärzt:innen-Team der **orthopädischen Kinderklinik Aschau** suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen

Fellow oder Facharzt:in für Anästhesiologie
(m/w/d) in Teilzeit (ganze Tage)
bis an die Grenze der Vollständigkeit

Unser Fokus liegt auf orthopädischer Chirurgie der unteren Extremität und Wirbelsäule bei Kindern mit schweren Beeinträchtigungen. Besonders wichtig sind eine effiziente Regionalanästhesie, Kenntnis der seltenen Erkrankungen und eine adäquate Vor- und Nachbereitung (u.a. Telekonsultationen, PBM-Management, Akutschmerzdienst).

Verbinden Sie eine anspruchsvolle berufliche Aufgabe mit hoher Lebensqualität – in einer attraktiven Region am Fuße der Kampenwand, die vielfältige Freizeit-, Kultur und Familienangebote bietet.

Mehr Informationen finden Sie unter www.kiz-chiemgau.de und über den QR-Code




HIER FINDEN SIE IHRE NEUEN MITARBEITER

Wussten Sie schon? Diese Anzeige lesen rund 27.000 Anästhesisten, Mitarbeiter aus Pflege und Labor, Medizinstudenten und Praktikanten.

A&I

ANÄSTHESIOLOGIE & INTENSIVMEDIZIN

**Zielsicher suchen –
erfolgreich finden!**
Ihre Stellenanzeige in

Ihre Ansprechpartner

Verlagsrepräsentanz: Jürgen Distler
Neuwieder Straße 9 · 90411 Nürnberg
Tel.: 0171 9432534

oder direkt
beim Verlag unter
Tel.: 09522 943570
E-Mail: anzeigen@aktiv-druck.de

**AKTIV
DRUCK**

 **PSUHELPLINE**
kostenfrei - vertraulich - anonym

für alle BDA-Mitglieder zur Unterstützung bei besonderen Belastungssituationen und schwerwiegenden Ereignissen in Klinik und Praxis

Die HELPLINE ist erreichbar unter:

0911 933 78 79

täglich von 09.00h bis 21.00h



Die Nutzung der HELPLINE ist kostenfrei!
Ihr Anliegen behandeln wir selbstverständlich vertraulich.
Wenn Sie eine Nachricht an unsere PSU-Berater*innen schicken möchten, erreichen Sie uns unter

beratung@psu-helpline.de

Der PSU-Akut e.V. kooperiert im Rahmen der PSU-HELPLINE mit

BDA BERUFSVERBAND
DEUTSCHER
ANÄSTHESISTINNEN UND
ANÄSTHESISTEN

psu-helpline.de



Abrufbar unter
www.ai-online.info

OrphanAnesthesia Supplements

OrphanAnesthesia – ein krankheitsübergreifendes Projekt des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.

orphananesthesia
a project of the German Society
of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine
www.orphananesthesia.eu

DGAI
Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin
www.dgai-ev.de

Liebe Leserin, lieber Leser,

bitte beachten Sie, dass aufgrund eines Beschlusses der Herausgeberverbände der A&I Supplements in der Regel nicht in gedruckter Form zugestellt werden, sondern – in bewährter Aufmachung – unter **www.ai-online.info** einsehbar und herunterladbar sind. Die Supplements sind Bestandteil der A&I und daher auch zitierfähig. Sonderdrucke können gegen Entgelt bestellt werden. Wir bitten für diese kosten- und ressourcensparende Maßnahme um Ihr Verständnis.

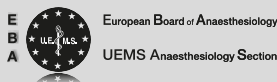
Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an

Aktiv Druck & Verlag GmbH · Tel.: 09522 9435-70 · E-Mail: ai@aktiv-druck.de

Anästhesie-Ausweis der DGAI

Der **Anästhesie-Ausweis der DGAI** ist zum Preis von € 0,41 zzgl. MwSt. für DGAI-Mitglieder (€ 0,52 zzgl. MwSt. für Nicht-Mitglieder) mit nachstehendem Bestellschein erhältlich über

Aktiv Druck & Verlag GmbH · An der Lohwiese 36 · 97500 Ebelsbach · Fax: 09522 943567, Mail: bestellung@aktiv-druck.de



Europäische Vereinigung der Fachärzte (UEMS)
Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensiv-
medizin (DGAI)

Anästhesie-Ausweis

Union Européenne des Médecins Spécialistes (UEMS)
German Society of Anaesthesiology and Intensive Care
Medicine (DGAI)

Anaesthesia Problem Card

DGAI-Geschäftsstelle:
Neuwieder Straße 9, 90411 Nürnberg
Tel.: +49 (0)911 933780, E-Mail: dgai@dgai-ev.de

Bestellschein

DGAI-Mitglied ☐ ja Mitgliedsnummer: _____ ☐ nein

Hiermit bestelle ich _____ Stück des Anästhesieausweises der DGAI.

Name: _____

Anschrift: _____

Ich möchte das ausgewählte Angebot verbindlich kaufen und akzeptiere mit meiner Unterschrift die AGB von Aktiv Druck & Verlag GmbH, welche ich unter www.aktiv-druck.de zur Kenntnis nehmen konnte.

Datum, Unterschrift _____

Preisliste - Konditionen

Stückpreis: € 0,41 zzgl. MwSt. (€ 0,52 für Nicht-Mitglieder)

Mindestauftragswert: 40 Exemplare

Ab einer Abnahme von 100 Stück wird ein Preisnachlass von 10 % gewährt. Die Preise verstehen sich zzgl. Versandkosten.

Herausgeber



DGAI

Deutsche Gesellschaft
für Anästhesiologie und
Intensivmedizin e. V.
Präsident: Prof. Dr. G. Marx,
Aachen



BDA

Berufsverband Deutscher
Anästhesistinnen und
Anästhesisten e. V.
Präsidentin: Prof. Dr.
G. Beck, Mannheim

Schriftleitung

Präsident/in der Herausgeberverbände

Gesamtschriftleiter/Editor-in-Chief:
Prof. Dr. Dr. Kai Zacharowski,
ML FRCA FESAIC, Frankfurt

Stellvertretender Gesamtschriftleiter/
Deputy Editor:

Prof. Dr. T. Volk, Homburg/Saar

CME-Schriftleiter/CME-Editor:

Prof. Dr. W. Zink, Ludwigshafen

Redaktionskomitee/Editorial Board

Priv.-Doz. Dr. E. Adam, Frankfurt

Prof. Dr. M. Adamzik, Bochum

Dr. J. Aulenkamp, Essen

Prof. Dr. G. Beck, Mannheim

Prof. Dr. T. Brenner, Essen

Prof. Dr. A. Brinkmann, Heidenheim

Prof. Dr. M. Coburn, Bonn

Prof. Dr. S.M. Coldewey, Zürich

Prof. Dr. V. von Dossow, Bad Oeynhausen

Prof. Dr. B. Ellger, Dortmund

Prof. Dr. K. Engelhard, Mainz

Prof. Dr. M. Fischer, Göttingen

Prof. Dr. D. Fries, Innsbruck

Prof. Dr. J.-T. Gräsner, Kiel

Prof. Dr. K. Hahnenkamp, Greifswald

Prof. Dr. A.R. Heller, Augsburg

Prof. Dr. B. Jungwirth, Ulm

Prof. Dr. T. Loop, Freiburg

Prof. Dr. K. Meissner, Göttingen

Prof. Dr. W. Meißner, Jena

Prof. Dr. P. Meybohm, Würzburg

Prof. Dr. T. Müller-Wolff, Ludwigsburg

Prof. Dr. H. Mutlak, Offenbach

Prof. Dr. C. Nau, Lübeck

Prof. Dr. V. Neef, Frankfurt

Prof. Dr. B. O'Brien, Berlin

Dr. B. Oehler, Heidelberg

Prof. Dr. S.G. Sakka, Koblenz

Prof. Dr. M. Sander, Gießen

Prof. Dr. B. Saugel, Hamburg

Prof. Dr. S. Schäfer, Oldenburg

Priv.-Doz. Dr. H. Schöchl, Salzburg

Prof. Dr. A. Steinbicker, Köln

Dr. M.T. Völker, Leipzig

Prof. Dr. N.-M. Wagner, Würzburg

Prof. Dr. F. Wappler, Köln

Prof. Dr. M. Weigand, Heidelberg

Redaktion/Editorial Staff

Korrespondenzadresse:

Neuwieder Straße 9 | 90411 Nürnberg |

Deutschland | Tel.: 0911 9337812

E-Mail: redaktion@ai-online.info

Verlag & Druckerei

Aktiv Druck & Verlag GmbH

An der Lohwiese 36 |

97500 Ebelsbach | Deutschland

www.aktiv-druck.de



Geschäftsführung

Wolfgang Schröder | Jan Schröder |

Tel.: 09522 9435-0 | Fax: 09522 9435-67

E-Mail: info@aktiv-druck.de

Anzeigen | Vertrieb

Pia Müller | Tel.: 09522 9435-70

E-Mail: anzeigen@aktiv-druck.de

Verlagsrepräsentanz

Jürgen Distler

Neuwieder Straße 9 | 90411 Nürnberg

Tel.: 0171 9432534

E-Mail: jdistler@bda-ev.de

Herstellung | Gestaltung

Robert Kux | Tel.: 09522 9435-71

E-Mail: ai@aktiv-druck.de

Titelbild

Bildmaterial: DGAI Jahreskongress-
Plakat 2026

Gestaltung: Georg Hahn

Gronauer Straße 8 | 60385 Frankfurt/M.

E-Mail: info@aufgeweckte-werbung.de

www.aufgeweckte-werbung.de

Erscheinungsweise 2026

Der 67. Jahrgang erscheint 6x pro Jahr
alle zwei Monate, beginnend ab Februar.

**Die A&I ist die Verbandszeitschrift von
DGAI und BDA.**

**Für Mitglieder der DGAI und/oder
des BDA ist der Bezug der Zeitschrift
im Mitgliedsbeitrag enthalten.**

Der Verlag veröffentlicht die Beiträge in der
von den Autorinnen und Autoren gewählten
Genderform.

Allgemeine Geschäfts- und Lieferbedingungen

Die allgemeinen Geschäfts- und Lieferbedingungen entnehmen Sie bitte dem Impressum auf www.ai-online.info

Indexed in CINAHL; Current Contents®/
Clinical Medicine, EBSCO; EMBASE/
Excerpta Medica; Medical Documenta-
tion Service; Research Alert;
Sci Search; Scopus; SUBIS Current
Awareness in Biomedicine; VINITI;
Russian Academy of Science.

Nachdruck | Urheberrecht

Die veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Art von Vervielfältigungen – sei es auf mechanischem, digitalem oder sonst möglichem Wege – bleibt vorbehalten. Die Aktiv Druck & Verlags GmbH ist allein autorisiert, Rechte zu vergeben und Sonderdrucke für gewerbliche Zwecke, gleich in welcher Sprache, herzustellen. Anfragen hierzu sind nur an den Verlag zu richten. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Wichtiger Hinweis

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag und den Herausgebern keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Gleiches gilt für berufs- und verbandspolitische Stellungnahmen und Empfehlungen.

Die Beiträge aus der A&I
finden Sie online unter:
www.ai-online.info

Bitte beachten Sie!

Lediglich offizielle Veranstaltungen von DGAI / BDA werden an dieser Stelle abgedruckt; sie sind grundsätzlich CME-zertifiziert. Diese und weitere Veranstaltungen für die Folgejahre finden Sie außerdem unter www.ai-online.info; dort können auch neue Veranstaltungen eingetragen werden.

2026

11. – 14.11.2026
Stuttgart-Fellbach

KIDS Stuttgart (ehemals Stuttgarter Kinderanästhesietage – SKAT)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH |
Tel.: 0911 3931639 (Frau Quanz) | Fax: 0911 3931620 | www.kids-stuttgart.de

27. – 28.11.2026
Mannheim

41. Südwestdeutsche Anästhesietage (SAT)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931616 (Frau Veith) |
Fax: 0911 3931656 | E-Mail: info-sat@mcn-nuernberg.de | www.regionaltagungen.de

02. – 04.12.2026
Hamburg

26. Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI26)

Auskünfte: DIVI e. V. | Tel.: 030 40005636 (Frau Seewaldt) | E-Mail: kongress@divi.de | www.kongress.divi.de

2027

13. – 15.01.2027
Berlin

Forum Interdisziplinäre Intensivmedizin (FII)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931639 (Frau Quanz) |
Fax: 0911 3931620 | E-Mail: info-fii@mcn-nuernberg.de | www.fii-kongress.de

22. – 23.01.2027
Lübeck

38. Norddeutsche Anästhesietage (NAT)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931616 (Frau Veith) |
Fax: 0911 3931656 | E-Mail: info-nat@mcn-nuernberg.de | www.regionaltagungen.de

26. – 27.02.2027
Bonn

Westdeutsche Anästhesietage (WAT)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931645 (Frau Stähler) |
Fax: 0911 3931678 | E-Mail: info-wat@mcn-nuernberg.de | www.regionaltagungen.de

04. – 05.03.2027
Koblenz

Deutscher Interdisziplinärer Notfallmedizin Kongress (DINK)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931614 (Frau Sharp) |
Fax: 0911 3931678 | E-Mail: info-dink@mcn-nuernberg.de | www.dink-kongress.de

15. – 18.03.2027
digital

DGAI2Torial – Nachwuchs trifft Expertise

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931645 (Frau Stähler) |
Fax: 0911 3931678 | E-Mail: info-dgai2torial@mcn-nuernberg.de | www.dgai2torial.de

23. – 24.04.2027
Augsburg

26. Geburtshilfliches Anästhesiesymposium 2027

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931645 (Frau Stähler) |
Fax: 0911 3931678 | E-Mail: staehler@mcn-nuernberg.de | www.mcn-nuernberg.de

04. – 05.06.2027
Lindau

Bodensee Symposium Anästhesie · Notfall · Intensiv (BANIS)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931616 (Frau Veith) |
Fax: 0911 3931656 | E-Mail: info-banis@mcn-nuernberg.de | www.banis-online.eu

22. – 24.09.2027
Kassel

DGAI 2027 – Der Jahreskongress (DGAI)

Auskünfte: MCN Medizinische Congressorganisation Nürnberg GmbH | Tel.: 0911 3931616 (Frau Veith) |
Fax: 0911 3931656 | E-Mail: info-dgai-jk@mcn-nuernberg.de | www.dgai-jahreskongress.de