

Use of extracorporeal circulation (ECLS/ECMO) for cardiac and circulatory failure. Short version of the S3 guideline

U. Boeken · S. Ensminger · A. Assmann · C. Schmid · K. Werdan · G. Michels · O. Miera · F. Schmidt · S. Klotz · C. Starck · K. Pilarczyk · A. Rastan · M. Burckhardt · M. Nothacker · R. Muellenbach · Y. Zausig · N. Haake · H. Groesdonk · M. Ferrari · M. Buerke · M. Hennesdorf · M. Rosenberg · T. Schaible · H. Köditz · S. Kluge · U. Janssens · M. Lubnow · A. Flemmer · S. Herber-Jonat · L. Wessel · D. Buchwald · S. Maier · L. Krüger · A. Fründ · R. Jaksties · S. Fischer · K. Wiebe · C. Hartog · O. Dzembali · D. Zimpfer · E. Ruttman-Ulmer · C. Schlensak · M. Kelm · A. Beckmann

► **Zitierweise:** Boeken U, Ensminger S, Assmann A, Schmid C, Werdan K, Michels G et al: Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen. *Anästh Intensivmed* 2021;62:Boeken_Online-First

S3-Leitlinie

Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen

KURZVERSION*

* Beschluss des Engeren Präsidiums der DGAI vom 09.02.2021.

AWMF-Reg.-Nr.: 011–021

Dieser Beitrag erscheint parallel in den Zeitschriften *Der Anaesthetist*, *Der Kardiologe*, *Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *Zeitschrift für Herz-, Thorax und Gefäßchirurgie* sowie *Anästhesiologie & Intensivmedizin*.

Interessenkonflikt

Details sind in der auf der A&I-Website open access verfügbaren digitalen Version dieses Beitrags enthalten: ai-online.info

Schlüsselwörter

EKZ – ECLS – Herzinsuffizienz – Kardiomyopathie – Mechanische Kreislaufunterstützung – Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.

Keywords

ECC – ECLS – Cardiac Failure – Cardiomyopathy – Mechanical Circulatory Support – Association of the Scientific Medical Societies in Germany

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren ist eine stetige Zunahme des Einsatzes von mechanischen extrakorporalen Herz-Kreislauf- und Lungenunterstützungssystemen (ECLS/ECMO) zu verzeichnen. So wurden seit 2015 in Deutschland jährlich bei etwa 3.000 Patienten ECLS/ECMO-Systeme implantiert. Trotz dieser häufigen Anwendung der passageren Unterstützungssysteme existieren zurzeit national und international nur Leitlinien zum Einsatz der ECMO/ECLS, die erkrankungsbezogene Teilaspekte komplexer Therapiekaskaden adressieren. Vor diesem Hintergrund erschien es notwendig, evidenzbasierte Empfehlungen zur ECLS/ECMO-Therapie im Hinblick auf Indikationen und das komplexe Patientenmanagement zu verfassen, in denen personelle, prozessuale und infrastrukturelle Anforderungen definiert werden. Aus diesem Grund erfolgte im Juli 2015 durch die Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) die Anmeldung einer diesbezüglichen S3-Leitlinie bei der zuständigen Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF). Im Mittelpunkt der Leitlinie steht die klinische Anwendung der ECLS/ECMO-Therapie; ergänzend werden auch strukturelle und ökonomische Aspekte adressiert. Unter Federführung der DGTHG wurde mit Einbindung von Experten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, delegiert aus 11 AWMF-Fachgesellschaften, 5 weiteren Fachgesellschaften sowie der

Patientenvertretung, die S3-Leitlinie im Februar 2021 publiziert. Dieser Artikel stellt eine kurze Zusammenfassung des methodischen Konzepts sowie aller konsentierten Empfehlungen für jede bearbeitete Fragestellung der Leitlinie dar.

Summary

In Germany, a remarkable increase regarding the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) and extracorporeal life support (ECLS) systems has been observed in recent years, with approximately 3,000 ECLS/ECMO implantations annually since 2015. Despite the widespread use of ECLS/ECMO, evidence-based recommendations or guidelines are still lacking regarding indications, contraindications, limitations and management of ECMO/ECLS patients. Therefore, in 2015, the German Society of Thoracic and Cardiovascular Surgery (GSTCVS) registered the multidisciplinary S3 guideline “Use of Extracorporeal Circulation (ECLS/ECMO) for Cardiac and Circulatory Failure” to develop evidence-based recommendations for ECMO/ECLS systems according to the requirements of the Association of the Scientific Medical Societies in Germany (AWMF). Although the clinical application of ECMO/ECLS represents the main focus, the presented guideline also addresses structural and economic issues. Experts from 17 German, Austrian and Swiss scientific societies and a patients’ organisation, guided by the GSTCVS, completed the project in February 2021. In this report we present a summary of

the methodical concept and tables displaying the recommendations for each chapter of the guideline.

Einleitung

In den letzten 10 Jahren hat die Zahl der Anwendungen einer venoarteriellen ECMO (sog. va-ECMO oder „extracorporeal life support“ = ECLS) für Patienten mit Herz-Kreislaufversagen dramatisch zugenommen. Allein in Deutschland ist ein Anstieg von ca. 300 Anwendungen im Jahr 2010 auf mehr als 3.000 jährlich seit 2015 zu verzeichnen [1,2]. Trotz der immer weiter zunehmenden Anwendung und der immensen medizinischen und sozioökonomischen Bedeutung dieser invasiven und komplexen Therapieoption gibt es weiterhin kaum evidenzbasierte, interdisziplinäre Empfehlungen zur ECLS-Therapie. In diesem Zusammenhang konnte kürzlich in einer bundesweiten Umfrage der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) die Heterogenität bezüglich Organisation, Struktur, technischer Anwendung und auch der Nachsorge in den einzelnen Institutionen gezeigt werden [3].

Der Erfolg einer ECLS-Therapie hängt, neben den patientenbezogenen Faktoren, vor allem von einer effektiven interdisziplinären sowie berufsgruppenübergreifenden Teamarbeit ab. Das Team sollte qualifizierte Ärzte diverser Fachgebiete, Gesundheits- und Krankenpflegekräfte und klinische Perfusionisten (Kardioteknik) einschließen, um einen optimalen Entscheidungsprozess hinsichtlich Indikationsstellung, Behandlung, Komplikationsmanagement, Weaning und Nachsorge zu ermöglichen. Gerade dazu ist die Organisation struktureller und personeller Ressourcen von großer Bedeutung. Die vorliegende S3-Leitlinie umfasst alle bisher erwähnten Aspekte, wobei alle konsentierten Empfehlungen unter Berücksichtigung der bestverfügbaren Evidenz erarbeitet wurden. Einerseits ermöglicht die Leitlinie wissenschaftlich fundierte Entscheidungen für den angemessenen klinischen Einsatz der ECMO/ECLS-Thera-

pie; andererseits zeigt sich anhand der konsentierten Empfehlungen eindeutig, dass weiterhin umfassender Forschungsbedarf besteht.

Methodik

Ziel und Adressaten der Leitlinie

Die vorliegende S3-Leitlinie dient der Implementierung von evidenz- und konsensusbasierten Empfehlungen für die bestmögliche Versorgung von Patienten, die aufgrund eines Herz-Kreislaufversagens ein passageres ECLS-Unterstützungssystem benötigen. Adressaten dieser Leitlinie sind alle Berufsgruppen, die mit der stationären Behandlung des akuten Herz-Kreislaufversagens befasst sind, vor allem in den Fachbereichen Herzchirurgie, Kardiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Pneumologie, Unfallchirurgie und Kinderheilkunde. Aufgrund der Besonderheiten der ECLS-Therapie in der Pädiatrie wird in diesem Manuskript bewusst auf die Darstellung verzichtet. Die diesbezüglichen Empfehlungen finden sich unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html> in der Langversion der Leitlinie [4].

Selbstverständlich beinhaltet die Leitlinie auch Informationen zur Rehabilitation, Physiotherapie, speziellen Krankenpflege und Wissenswertes für betroffene Patienten und deren Angehörige.

Evaluierung der Evidenz und Klassifizierung der Empfehlungen

Die primäre Literaturrecherche (PubMed, Cochrane Library, CINAHL, EMBASE, Leitliniendatenbanken (G-I N, AHRQ), ELSO („extracorporeal life support or-

Tabelle 1

Qualität der Evidenz.

Level	Evidenz
++++	hohe Qualität
+++	moderate Qualität
++	niedrige Qualität
+	sehr niedrige Qualität
EK	Expertenkonsens (keine „relevante“ Evidenz vorhanden)

Definition der Evidenzlevel in Anlehnung an GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation [5]).

ganization“)-Internetseite und Clinical Trials.gov) umfasste alle relevanten Publikationen von 2010 bis 2018 (9.801 Treffer), von denen 68 Artikel den Evidenzkriterien entsprachen [4]. Die jeweiligen Evidenzlevel wurden anhand der GRADE-Kriterien (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation [5]) zugeordnet (Tab. 1). Basierend auf der vorhandenen Evidenz wurden in einem verbindlich strukturierten Konsensusprozess gewichtete Empfehlungen gegeben (Tab. 2; [6]).

Ergebnisse

Insgesamt konnten 71 Empfehlungen zur ECLS-Therapie bei akutem Herz-Kreislaufversagen konsentiert werden. Details bezüglich der zugrunde liegenden Literatur, aber auch ausführliche Begründungen zur Festlegung der Empfehlungsgrade (COR) und der Evidenzlevel (LOE) sind unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html> der Langversion der Leitlinie zu entnehmen [4].

Tabelle 2

Graduierung von Empfehlungen.

Empfehlungsgrad	Beschreibung	Syntax
A	starke Empfehlung	„soll“ bzw. „soll nicht“
B	Empfehlung	„sollte“ bzw. „sollte nicht“
0	offene Empfehlung	„kann erwogen werden“ bzw. „kann verzichtet werden“

Definition der Empfehlungsgrade in Anlehnung an GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation [6]).

In den **Tabellen 3, 4, 5, 6, 7 und 8** finden sich konsentrierte Empfehlungen für jedes Kapitel:

- Indikationen und Kontraindikationen (**Tab. 3**)
- Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS (**Tab. 4**)
- Therapiemanagement und Überwachung bei ECLS-Therapie (**Tab. 5**)
- Maßnahmen bei Komplikationen (**Tab. 6**)
- Entwöhnung vom ECLS-System (**Tab. 7**)
- Nachsorge nach ECLS-Therapie (**Tab. 8**).

Tabelle 3

Indikationen und Kontraindikationen.

Empfehlung	COR	LOE
Die Entscheidung bezüglich einer ECLS sollte nach Abwägung von Pro- und Kontrakriterien individuell, im klinischen Kontext und im ECLS-Team erfolgen (adaptiert nach eCPR-Konsensuspapier 2018 [7]).	B	EK
Im kardiogenen Schock kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden [8–12].	0	+ /+++
Bei In-Hospital Cardiac Arrest (IHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden.	0	+++
Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden [13–16].	B	+++
Bei Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA) kann eine ECLS-Therapie (eCPR) in ausgewählten Fällen erwogen werden.	0	++ /+++
Diese Entscheidung sollte frühzeitig getroffen werden [17–19].	B	++ /+++
Zur Vermeidung eines postoperativen Herz-Kreislaufversagens nach kardiochirurgischen Eingriffen sollte schon intraoperativ die Indikation für eine ECLS-Initiierung geprüft werden.	B	EK
Im Schock verursacht durch (Medikamenten-)Intoxikation kann eine ECLS in Erwägung gezogen werden [20].	0	+
Es können keine studienbasierten Empfehlungen zur Restriktion der ECLS-Therapie bei längerer Reanimationsdauer oder Alter des Patienten gegeben werden [21–24].	0	+

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Tabelle 4

Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS.

Empfehlung	COR	LOE
Generelle Struktur		
a) Für das Erreichen eines ausreichenden Therapieerfolgs durch die ECLS kann auf der Basis der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnis keine Mindestmenge an Implantationen pro Jahr definiert werden.	0	+
b) Eine Implantationszahl von mindestens 20 ECLS/Jahr sollte angestrebt werden [25,26].	B	EK
Die Abläufe der Initiierung, der Weiterversorgung, des Trainings und der Mitarbeiterqualifikation des multiprofessionellen ECLS-Teams sollen durch den ärztlichen Leiter des ECLS-Programms je nach institutioneller Struktur koordiniert werden [7,27,28].	A	EK
Die Fortbildung des multiprofessionellen Teams auf der Intensivstation soll regelmäßig nach einem definierten internen Curriculum erfolgen. Dabei richtet sich der Schulungsbedarf nach dem zentrumsspezifischen ECLS-Volumen und der individuellen Erfahrung der Mitarbeiter [27].	A	EK
ECLS-Initiierung		
Die ECLS-Initiierung (Indikation und Implantation) beim Erwachsenen soll durch ein multiprofessionelles ECLS-Team erfolgen. Die Implantation soll dabei idealerweise in einem ECLS-Zentrum mit ausreichender Expertise vorgenommen werden durch ein bezüglich Implantation und Indikation erfahrenes ECLS-Team [7,27].	A	EK
Für die ECLS-Initiierung sollen entsprechend den Fachabteilungen eine spezifische Mindest-Ausrüstung und strukturelle Ausstattung vorgehalten werden [7,27].	A	EK
Für die ECLS-Implantation soll eine den lokalen Gegebenheiten angepasste, standardisierte Vorgehensweise verschriftlicht vorliegen [29].	A	EK
Der die ECLS-initiiierende Arzt sowie die beteiligten Fachkräfte sollen sich im Vorfeld theoretisch und praktisch mit allen Aspekten der ECLS-Therapie und des Systemaufbaus auseinandergesetzt haben.	A	EK
Krankenhäuser ohne ausreichende Expertise sollten eine strukturierte medizinische Kooperation zu einer Klinik mit einem ECLS-Programm besitzen [7,27].	B	EK
Das klinische Setting (IHCA vs. OHCA) allein sollte keinen entscheidenden Einfluss auf die Initiierung einer ECLS-Therapie haben.	B	EK
Der Einsatz mobiler ECLS-Teams zur Versorgung von Patienten in externen Krankenhäusern sollte im Einzelfall erwogen werden [30].	B	+
a) Eine extrahospitale ECLS-Initiierung kann im Einzelfall erwogen werden.	0	EK
b) Diese Einsätze sollten in einem Register erfasst werden.	B	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 4 – Fortsetzung

Strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Initiierung und Betreuung der ECLS.

Empfehlung	COR	LOE
ECLS-Fortführung		
Die ECLS-Fortführung soll in einem Zentrum mit vollumfänglicher intensivmedizinischer Behandlungsmöglichkeit in einem standardisierten, multidisziplinären und multimodalen Ansatz unter Leitung eines mit dieser Methode erfahrenen Facharztes mit der Zusatzbezeichnung Intensivmedizin erfolgen [27,28].	A	EK
Bei der ECLS-Fortführung des Erwachsenen soll die Einbindung ärztlicher Vertreter aller medizinischen Fachgebiete erfolgen können, die für das Management der potenziellen ECLS-Komplikationen erforderlich sind [27].	A	EK
Je nach medizinischem und pflegerischem Aufwand soll im multidisziplinären Ansatz der Pflegeschlüssel auf der Intensivstation für die Versorgung der ECLS-Patienten von Schicht zu Schicht individuell festgelegt werden.	A	EK
Die Möglichkeit einer 1:1-pflegerischen Betreuung sollte sichergestellt sein [28].	B	EK
Neben der ärztlichen und pflegerischen Behandlung soll die technische Überprüfung des ECLS-Systems mindestens einmal täglich durch einen Kardiotechniker oder eine in der ECLS-Therapie speziell geschulte Fachkraft erfolgen.	A	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; LOE: „Level of Evidence“/Evidenzlevel; EK: Expertenkonsens.

Tabelle 5

Therapiemanagement und Überwachung bei ECLS-Therapie.

Empfehlung	COR	LOE
ECLS-System und Kanülierung		
Für ECLS sollen nur Zentrifugalpumpen verwendet werden [31,32].	A	+
Für oder gegen pulsatilen ECLS-Fluss kann gegenwärtig keine studienbasierte Empfehlung ausgesprochen werden.	O	EK
Bei inadäquatem Abfall eines erhöhten Laktatpiegels oder bei unzureichender zentralvenöser O ₂ -Sättigung sollte unter Berücksichtigung des klinischen Zustands des Patienten auch eine Anpassung des Pumpenflusses erwogen werden.	B	EK
a) Die Auswahl der arteriellen Kanülierungsstelle sollte nach patientenindividuellen Aspekten erfolgen. b) Bei Erwachsenen kann entweder eine periphere (A. femoralis) oder eine zentrale (A. subclavia; Ao. ascendens) Kanülierung erfolgen.	B O	EK EK
Für ECLS sollten bevorzugt beschichtete Komponenten verwendet werden.	B	EK
Antikoagulation und Medikation		
Die Antikoagulation sollte mit unfraktioniertem Heparin erfolgen.	B	EK
Unter ECLS sollten die Katecholamine möglichst weit reduziert werden.	B	EK
Begleitende Therapie und Sedierung		
Physiotherapie, Atemtherapie und Lagerungsmaßnahmen sollten im Rahmen einer ECLS-Therapie durchgeführt werden.	B	EK
Eine Frühmobilisation sollte bei stabiler Flusssituation im erfahrenen Team mit erfahrenen Physiotherapeuten angestrebt werden.	B	EK
Auch während ECLS-Therapie sollten unter Berücksichtigung der Therapiesicherheit ... eine adäquate Analgesie erfolgen /... die Sedierungstiefe so gering wie möglich gehalten werden /... eine Extubation angestrebt werden.	B	EK
Monitoring		
Bei Patienten unter ECLS-Therapie soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik, der kardialen Entlastung, der Oxygenierung, der Antikoagulation und der Funktionalität des ECLS-Systems erfolgen [33–35].	A	EK
Bei femoral arterieller Kanülierung sollen die Kontrolle einer adäquaten Oxygenierung mittels Messung der peripheren Sauerstoffsättigung an der rechten oberen Extremität und Blutgasanalysen durch Blutentnahme aus Arterien der rechten oberen Extremität erfolgen.	A	EK
Bei peripherer Kanülierung soll eine Überwachung der Perfusion der distalen Extremitäten erfolgen.	A	EK
Unter ECLS-Therapie soll eine engmaschige Kontrolle der Antikoagulation erfolgen.	A	EK
Unter ECLS-Therapie sollen eine klinisch-neurologische Basisuntersuchung täglich und eine Kontrolle der Pupillomotorik mehrmals täglich erfolgen.	A	EK
Aufgrund fehlender belastbarer Daten kann keine darüber hinausreichende apparative Methode zur Routineüberwachung der neurologischen Funktionen empfohlen werden.	O	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; LOE: „Level of Evidence“/Evidenzlevel; EK: Expertenkonsens.

Tabelle 6

Maßnahmen bei Komplikationen.

Empfehlung	COR	LOE
Bei Patienten unter ECLS-Therapie soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik, der kardialen Entlastung, der Oxygenierung, der Antikoagulation, des Neurostatus und der Funktionalität des ECLS-Systems erfolgen, um Komplikationen der Therapie frühzeitig erfassen zu können [23,36–43].	A	+
Bestehende Infektionen sollen vor ECLS-Implantation antimikrobiell therapiert werden, ohne damit den Beginn einer notwendigen ECLS-Therapie zu verzögern [37].	A	+
Bei femoraler arterieller Kanülierung soll eine distale Perfusionskanüle zur Vermeidung einer entsprechenden Extremitätenischämie eingeführt werden.	A	EK
Bei femoraler Kanülierung sollte eine seitendifferente Kanülierung von Arterie und Vene bevorzugt werden.	B	EK
Bei Vorliegen einer linksventrikulären Distension soll nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen eine aktive Entlastung des linken Ventrikels durchgeführt werden [44–46].	A	EK
Eine zentrale Hypoxie (durch ein Wasserscheidenphänomen) unter ECLS-Therapie bei femoral-arterieller Kanülierung soll – nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen – sofort nach Diagnosestellung behandelt werden. Es eignen sich z. B. folgende Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Wechsel auf zentrale Kanülierung (z. B. via rechte A. axillaris), • Einbringen einer weiteren Kanüle (z. B. via rechte V. jugularis interna) und Wechsel der Konfiguration auf venoarteriovenös (V-AV), • Einbringen einer weiteren venösen Drainagekanüle (VV-A-Konfiguration). 	A	EK
Entscheidet man sich unter ECLS-Therapie für ein Nierenersatzverfahren, sollte zur optimalen Volumensteuerung ein (semi-)kontinuierliches Verfahren zum Einsatz kommen.	B	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Tabelle 7

Entwöhnung vom ECLS-System.

Empfehlung	COR	LOE
Entwöhnung		
Folgende Kriterien sollten evaluiert werden, bevor ein ECLS-Weaning nach standardisiertem Protokoll schnellstmöglich eingeleitet wird [47,48]. <ol style="list-style-type: none"> 1. pulsatiler arterieller Blutdruck und Nachweis einer biventrikulären Kontraktilität in der Echokardiographie 2. mittlerer arterieller Blutdruck (MAD) > 60 mm Hg 3. $S_vO_2 \geq 65\%$ ($S_{cO_2} \geq 60\%$) 4. Laktat normwertig (≤ 2 mmol/l) oder fallend 5. Vasopressoren-/Inotropikadosierung niedrig oder fallend 6. ausreichende pulmonale Oxygenierungs-/CO₂-Eliminationsleistung unter lungenprotektiver Beatmung 7. kompensierte Endorganfunktionen, v. a. Leberfunktion (Nierenersatzverfahren schließen ein erfolgreiches Weaning aber nicht aus) 	B	+
Zudem sollten vor ECLS-Explantation die Kriterien 1–7 unter einem niedrigen ECLS-Fluss (<2,0 l/min) und bei niedrigem Gasfluss (<2 l/min) erfüllt sein.	B	+
Bei Patienten unter ECLS-Therapie im Weaningprozess sollen jeweils etwa 30 min nach Reduktion des ECLS-Blutflusses eine arterielle BGA zur Überwachung der Oxygenierung und CO ₂ -Elimination sowie eine zentralvenöse BGA zur Überwachung der Kreislauffunktion entnommen werden [33,34].	A	EK
Bei schwierigem Weaning kann ein invasives Monitoring mittels Rechtsherzkatheter durchgeführt werden.	0	EK
Für eine Empfehlung zur Levosimendantherapie im Rahmen des ECLS-Weanings reicht die Evidenz aus Sicht der Leitliniengruppe nicht aus [49].	0	++
Unter laufender ECLS-Behandlung (inkl. Weaning) soll nicht routinemäßig ein zusätzliches mechanisches Kreislaufunterstützungssystem implantiert werden [44,50–54].	A	+
Ist vor ECLS-Anlage eine intraaortale Ballonpumpe (IABP) oder Mikroaxialpumpe implantiert worden, kann diese Therapie während der ECLS-Therapie fortgeführt werden.	0	EK
Bei Weaningversagen sollte in Rücksprache mit einem spezialisierten Zentrum (Herz-Kreislauf-Zentrum mit Ventricular-Assist-Device(VAD)-Expertise) die Implantation eines permanenten Unterstützungssystems erwogen werden.	B	EK
Der optimale Zeitpunkt zum Wechsel von ECLS auf ein Langzeitunterstützungssystem ist gemäß Evidenzlage gegenwärtig unklar [55,56].	0	+

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 7 – Fortsetzung

Entwöhnung vom ECLS-System.

Empfehlung	COR	LOE
ECLS-Explantation		
Bei offen-chirurgischer Kanülierung sollte die Explantation der Kanülen ebenfalls chirurgisch erfolgen. Die Art der chirurgischen Versorgung (z. B. Übernähung, Patch, Prothesenligatur) richtet sich nach dem Lokalbefund.	B	EK
Bei perkutaner Kanülierung sollte die Dekanülierung in Abhängigkeit von patienten- und prozedurspezifischen Charakteristika (Größe der Kanüle, Schwierigkeiten/Komplikationen bei der Implantation, Größe der nativen Gefäße, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Blutungskomplikationen) per manueller Kompression, mittels perkutaner Verschlussysteme oder offen-chirurgisch erfolgen.	B	EK
Die Technik der Dekanülierung sollte sich nicht an der ECLS-Therapiedauer orientieren.	B	EK
Therapiezieländerungen/-limitationen bei ECLS-Patienten sollen unter Berücksichtigung von medizinischen und ethischen Aspekten als patientenzentrierte Entscheidung mit dem interprofessionellen Behandlungsteam erfolgen [57–59]. Ein solches Szenario liegt vor, wenn das angestrebte Therapieziel nicht erreicht werden kann oder das Therapieziel vom Patienten nicht gewünscht ist [60].	A	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Tabelle 8

Nachsorge nach ECLS-Therapie.

Empfehlung	COR	LOE
Bei intensivpflichtigen Patienten in der frühen Phase nach Explantation eines ECLS-Systems soll eine kontinuierliche Überwachung der Perfusion, der Hämodynamik (mit invasiver arterieller Blutdruckmessung) sowie der Oxygenierung erfolgen.	A	EK
Eine Echokardiographie soll zeitnah nach ECLS-Explantation sowie täglich in der frühen Phase nach Explantation und bei Auftreten einer kardiopulmonalen Instabilität durchgeführt werden.	A	EK
In der frühen Phase nach Dekanülierung eines peripher implantierten ECLS-Systems soll mindestens einmal täglich eine klinische Untersuchung der Kanülierungsstellen erfolgen. Ebenso soll routinemäßig nach Dekanülierung eine Ultraschalluntersuchung der kanülierten Gefäße erfolgen.	A	EK
Im Rahmen der Versorgung von Patienten nach ECLS-Therapie auf der Normalstation soll neben der täglichen Evaluation aller Organsysteme im Rahmen der betseitigen Visite insbesondere die Beachtung kardialer Dekompensationszeichen im Vordergrund stehen sowie auf Folgen kanülierungsbedingter Komplikationen (Infektion, Thrombose oder Ischämie) geachtet werden.	A	EK
Bei Patienten nach ECLS-Therapie soll eine möglichst stationäre rehabilitative Maßnahme durchgeführt werden.	A	EK
Patienten nach einer ECLS-Therapie sollen in Abhängigkeit von ihrer Grunderkrankung regelmäßig, engmaschig und langfristig kardiologisch und abhängig von der Krankheitskomplexität in einer interdisziplinären Spezialambulanz kontrolliert werden.	A	EK

COR: „Class of Recommendation“/Empfehlungsgrad; **LOE:** „Level of Evidence“/Evidenzlevel; **EK:** Expertenkonsens.

Diskussion

Auf Grundlage eines strukturierten Verfahrens mit interdisziplinärem und berufsgruppenübergreifendem Ansatz konnte im Februar 2021 die erste evidenz- und konsensusbasierte AWMF-S3-Leitlinie zur ECMO/ECLS-Therapie bei Herz- und Kreislaufversagen publiziert werden [4].

Die vorliegende Zusammenfassung gibt einen aggregierten und prägnanten Überblick über das methodische Konzept und die konsentierten Empfehlungen. Die Mehrzahl der Empfehlungen musste letztlich auf Basis eines Expertenkon-

senses verabschiedet werden, da derzeit wissenschaftliche Studien mit höherer Evidenz zu diesem Thema nicht existieren. Hieraus ergibt sich zwangsläufig die dringende Notwendigkeit, zukünftig Forschungsprojekte zu allen Aspekten der ECLS-Therapie zu initiieren. Hierbei gilt es insbesondere zu berücksichtigen, dass randomisierte prospektive Studien zu dieser Therapie verständlicherweise aus verschiedenen Gründen kaum realisierbar sind. Dennoch ermöglicht die nun vorliegende Leitlinie eine kritische Reflektion publizierter Studien zu diesem Thema. Interdisziplinäre bzw. fachgebietsübergreifende Forschungsprojekte für

den Bereich der extrakorporalen Kreislaufunterstützung müssen in Zukunft durch alle involvierten Fachgesellschaften und Organisationen nachhaltig unterstützt werden.

Gültigkeit und Aktualisierung

Alle Empfehlungen der Leitlinie sind nach entsprechender Literaturrecherche begründet durch die aktuell beste verfügbare Evidenz für die Anwendung der ECLS und wurden vollständig durch die beteiligten Fachgesellschaften konsentiert.

Die Leitlinie ist gültig bis zum 19.08.2025.

Guidelines and Recommendations

Special Articles

Literatur

1. Karagiannidis C, Brodie D, Strassmann S, Stoelben E, Philipp A, Bein T, et al: Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality. *Intensive Care Med* 2016; 42(5):889–896
2. Beckmann A, Meyer R, Lewandowski J, Markewitz A, Gummert J: German heart surgery report 2020: the annual updated registry of the German society for thoracic and cardiovascular surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 2021;69(4):294–307
3. Assmann A, Boeken U, Klotz S, Harringer W, Beckmann A: Organization and application of ECLS therapy – A nationwide survey in German cardiothoracic departments. *Thorac Cardiovasc Surg* 2019;67(3):164–169. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675597>
4. Extrakorporale Zirkulation (ECLS/ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen. S3-Leitlinie. AWMF-RN 011-021. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html>. (Zugriffsdatum: 25.08.2021)
5. Balshem H, Helfand M, Schunemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al: GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 2011; 64(4):401–406
6. Andrews J, Guyatt G, Oxman AD, Alderson P, Dahm P, Falck-Ytter Y, et al: GRADE guidelines: 14. Going from evidence to recommendations: the significance and presentation of recommendations. *J Clin Epidemiol* 2013;66(7):719–725
7. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C, Dohmen C, Bottiger BW, Bauersachs J, et al: Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC. *Clin Res Cardiol* 2019; 108(5):455–464
8. Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjauw KD, Engstrom AE, Lagrand WK, et al: Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 2016;42(12): 1922–1934
9. Chen SW, Tsai FC, Lin YS, Chang CH, Chen DY, Chou AH, et al: Long-term outcomes of extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;154(2):469–477e2
10. Chang JJ, Lin MS, Chen TH, Chen DY, Chen SW, Hsu JT, et al: Heart failure and mortality of adult survivors from acute myocarditis requiring intensive care treatment – a nationwide cohort study. *Int J Med Sci* 2017;14(12):1241–1250
11. Schiller P, Hellgren L, Vikholm P: Survival after refractory cardiogenic shock is comparable in patients with Impella and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation when adjusted for SAVE score. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2019;8(4):329–337
12. El Sibai R, Bachir R, El Sayed M: Outcomes in cardiogenic shock patients with extracorporeal membrane oxygenation use: a matched cohort study in hospitals across the United States. *Biomed Res Int* 2018;2428648. DOI: 10.1155/2018/2428648
13. Blumenstein J, Leick J, Liebetrau C, Kempfert J, Gaede L, Gross S, et al: Extracorporeal life support in cardiovascular patients with observed refractory in-hospital cardiac arrest is associated with favourable short and long-term outcomes: a propensity-matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2016;5(7):13–22
14. Lin JW, Wang MJ, Yu HY, Wang CH, Chang WT, Jerng JS, et al: Comparing the survival between extracorporeal rescue and conventional resuscitation in adult in-hospital cardiac arrests: propensity analysis of three-year data. *Resuscitation* 2010;81(7):796–803
15. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, et al: Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: a comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2011;39(1):1–7
16. Shin TG, Jo IJ, Sim MS, Song YB, Yang JH, Hahn JY, et al: Two-year survival and neurological outcome of in-hospital cardiac arrest patients rescued by extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Int J Cardiol* 2013;168(4):3424–3430
17. Choi DS, Kim T, Ro YS, Ahn KO, Lee EJ, Hwang SS, et al: Extracorporeal life support and survival after out-of-hospital cardiac arrest in a nationwide registry: A propensity score-matched analysis. *Resuscitation* 2016;99:26–32
18. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y: Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med* 2013;41(5): 1186–1196
19. Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW: An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. *Crit Care* 2014;18(5):535
20. Masson R, Colas V, Parienti JJ, Lehoux P, Massetti M, Charbonneau P, et al: A comparison of survival with and without extracorporeal life support treatment for severe poisoning due to drug intoxication. *Resuscitation* 2012;83(11):1413–1417
21. Chang CH, Chen HC, Caffrey JL, Hsu J, Lin JW, Lai MS, et al: Survival analysis after extracorporeal membrane oxygenation in critically ill adults: a nationwide cohort study. *Circulation* 2016;133(24): 2423–2433
22. Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, Mendiratta P, Prodhan P, Rycus P, et al: Venous extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock in elderly patients: trends in application and outcome from the Extracorporeal life support organization (ELSO) registry. *Ann Thorac Surg* 2017; 104(1):62–69
23. Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, Pellegrino VA, Rycus PT, Pilcher DV: ECMO Cardio-pulmonary resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. *Resuscitation* 2017;112:34–40
24. Schmidt M, Burrell A, Roberts L, Bailey M, Sheldrake J, Rycus PT, et al: Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *Eur Heart J* 2015;36(33):2246–2256
25. Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, Paden ML, Bartlett RH, Davis MM, et al: Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am J Respir Crit Care Med* 2015; 191(8):894–901
26. Huesch MD: Volume-outcome relationships in extracorporeal membrane oxygenation: retrospective analysis of administrative data from Pennsylvania, 2007–2015. *ASAIO J* 2018;64(4):450–457
27. Abrams D, Garan AR, Abdelbary A, Bacchetta M, Bartlett RH, Beck J, et al: Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. *Intensive Care Med* 2018;44(6): 717–729
28. Combes A, Brodie D, Bartlett R, Brochard L, Brower R, Conrad S, et al: Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs

Special Articles

Guidelines and Recommendations

- for acute respiratory failure in adult patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;190(5):488–496
29. Annabi N, Yue K, Tamayol A, Khademhosseini A: Elastic sealants for surgical applications. *Eur J Pharm Biopharm* 2015;95(Pt A):27–39
 30. Beurtheret S, Mordant P, Paoletti X, Marijon E, Celermajer DS, Leger P, et al: Emergency circulatory support in refractory cardiogenic shock patients in remote institutions: a pilot study (the cardiac-RESCUE program). *Eur Heart J* 2013;34(2):112–120
 31. Barrett CS, Jaggars JJ, Cook EF, Graham DA, Yarlagadda VV, Teele SA, et al: Pediatric ECMO outcomes: comparison of centrifugal versus roller blood pumps using propensity score matching. *ASAIO J* 2013;59(2):145–151
 32. Byrnes J, McKamie W, Swearingen C, Prodhon P, Bhutta A, Jaquiss R, et al: Hemolysis during cardiac extracorporeal membrane oxygenation: a case-control comparison of roller pumps and centrifugal pumps in a pediatric population. *ASAIO J* 2011;57(5):456–461
 33. Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, Haimerl G, Merkle F, Mestres C, et al: Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40(3):676–680
 34. Pichler P, Antretter H, Dunser M, Eschertzhuber S, Gottardi R, Heinz G, et al: Use of ECMO in adult patients with cardiogenic shock: a position paper of the Austrian Society of Cardiology. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2015;110(6):407–420
 35. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) guidelines for adult cardiac failure 2014. <https://www.elseo.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/e76ef78eabcusersshydocumentselseo-guidelinesforadultcardiacfailure1.3.pdf>. (Zugriffsdatum: 25.08.2021)
 36. Bizzarro MJ, Conrad SA, Kaufman DA, Rycus P, Extracorporeal Life Support Organization Task Force on Infections EMO: Infections acquired during extracorporeal membrane oxygenation in neonates, children, and adults. *Pediatr Crit Care Med* 2011;12(3):277–281
 37. Vogel AM, Lew DF, Kao LS, Lally KP: Defining risk for infectious complications on extracorporeal life support. *J Pediatr Surg* 2011;46(12):2260–2264
 38. Lorusso R, Barili F, Mauro MD, Gelsomino S, Parise O, Rycus PT, et al: In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from the Extracorporeal life support organization registry. *Crit Care Med* 2016;44(10):e964–e972
 39. Dalton HJ, Garcia-Filion P, Holubkov R, Moler FW, Shanley T, Heidemann S, et al: Eunice Kennedy shriver national institute of child H, human development collaborative pediatric critical care research N. association of bleeding and thrombosis with outcome in extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16(2):167–174
 40. Polito A, Barrett CS, Wypij D, Rycus PT, Netto R, Cogo PE, et al: Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data. *Intensive Care Med* 2013;39(9):1594–1601
 41. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, et al: Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16(3):276–288
 42. Werho DK, Pasquali SK, Yu S, Donohue J, Annich GM, Thiagarajan RR, et al: Epidemiology of stroke in pediatric cardiac surgical patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2015;100(5):1751–1757
 43. Wightman A, Bradford MC, Symons J, Brogan TV: Impact of kidney disease on survival in neonatal extracorporeal life support. *Pediatr Crit Care Med* 2015;16(6):576–582
 44. Pappalardo F, Schulte C, Pieri M, Schrage B, Contri R, Soeffker G, et al: Concomitant implantation of Impella((R)) on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock. *Eur J Heart Fail* 2017;19(3):404–412
 45. Schmack B, Seppelt P, Weymann A, Alt C, Farag M, Arif R, et al: Extracorporeal life support with left ventricular decompression-improved survival in severe cardiogenic shock: results from a retrospective study. *PeerJ* 2017;5:e3813
 46. Patel SM, Lipinski J, Al-Kindi SG, Patel T, Saric P, Li J, et al: Simultaneous venoarterial extracorporeal membrane oxygenation and percutaneous left ventricular decompression therapy with Impella is associated with improved outcomes in refractory Cardiogenic shock. *ASAIO J* 2019;65(1):21–28
 47. Smith M, Vukomanovic A, Brodie D, Thiagarajan R, Rycus P, Buscher H: Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry. *Crit Care* 2017;21(1):45
 48. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) ultrasound guidance for extra-corporeal membrane oxygenation 2015. https://www.elseo.org/Portals/0/Files/elseo_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf (Zugriffsdatum: 25.08.2021)
 49. Distelmaier K, Roth C, Schrutka L, Binder C, Steinlechner B, Heinz G, et al: Beneficial effects of levosimendan on survival in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation after cardiovascular surgery. *Br J Anaesth* 2016;117(1):52–58
 50. Aso S, Matsui H, Fushimi K, Yasunaga H: The effect of Intraaortic balloon pumping under venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of cardiogenic patients: an analysis using a nationwide inpatient database. *Crit Care Med* 2016;44(11):1974–1979
 51. Brechot N, Demondion P, Santi F, Lebreton G, Pham T, Dalakidis A, et al: Intra-aortic balloon pump protects against hydrostatic pulmonary oedema during peripheral venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2018;7(1):62–69
 52. Lin LY, Liao CW, Wang CH, Chi NH, Yu HY, Chou NK, et al: Effects of additional intra-aortic balloon counterpulsation therapy to cardiogenic shock patients supported by extra-corporeal membranous oxygenation. *Sci Rep* 2016;6:23838
 53. Park TK, Yang JH, Choi SH, Song YB, Hahn JY, Choi JH, et al: Clinical impact of intra-aortic balloon pump during extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *BMC Anesthesiol* 2014;14:27
 54. Ro SK, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, Chung CH, Lee JW: Extracorporeal life support for cardiogenic shock: influence of concomitant intra-aortic balloon counterpulsation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;46(2):186–192 (discussion 192)
 55. Cheng R, Ramzy D, Azarbal B, Arabia FA, Esmailian F, Czer LS, et al: Device strategies for patients in INTERMACS profiles 1 and 2 cardiogenic shock: double bridge with extracorporeal membrane oxygenation and initial implant of more durable devices. *Artif Organs* 2017;41(3):224–232

Guidelines and Recommendations

Special Articles

56. Fukuhara S, Takeda K, Kurlansky PA, Naka Y, Takayama H: Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155(4):1607–1618e6
57. Davidson JE, Aslakson RA, Long AC, Puntillo KA, Kross EK, Hart J, et al: Guidelines for family-centered care in the neonatal, pediatric, and adult ICU. *Crit Care Med* 2017;45(1):103–128
58. White DB, Angus DC, Shields AM, Buddadhumaruk P, Pidro C, Paner C, et al: Randomized Trial of a Family-Support Intervention in Intensive Care Units. *N Engl J Med* 2018;378(25):2365–2375
59. Bundesärztekammer: Grundsätze der Bundesärztekammer zur ärztlichen Sterbebegleitung. *Dtsch Arztebl Int* 2011;108(7):346–348
60. Neitzke G, Burchardi H, Duttge G, Hartog C, Erchinger R, Gretenkort P, et al: Limits of the meaningfulness of intensive care medicine: position paper of the ethics section of DIVI. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2016;111(6):486–492.

Korrespondenz-
adresseBild bitte
an **AKTIV**
sendenProf. Dr. med.
Udo BoekenKlinik für Herzchirurgie
Universitätsklinikum Düsseldorf
Heinrich-Heine-Universität
Moorenstraße 5
40225 Düsseldorf, DeutschlandE-Mail:
udo.boeken@med.uni-duesseldorf.deORCID-ID: [bitte ergänzen](#)

An der Erstellung der Leitlinie „Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen“ haben maßgeblich mitgewirkt:

Udo BoekenHeinrich Heine University Medical School,
Department of Cardiac Surgery, Düsseldorf,
Deutschland**Stephan Ensminger**University Hospital of Schleswig-Holstein,
Department of Cardiac and Thoracic Vascular
Surgery, Lübeck, Deutschland**Alexander Assmann**Heinrich Heine University Medical School,
Department of Cardiac Surgery, Düsseldorf,
Deutschland**Christof Schmid**University Medical Center Regensburg,
Department of Cardiothoracic Surgery,
Regensburg, Deutschland**Karl Werdan**Martin Luther University Halle-Wittenberg,
Clinic for Internal Medicine III, University
Hospital Halle (Saale), Halle-Wittenberg,
Deutschland**Guido Michels**St Antonius Hospital Eschweiler, Department
of Acute and Emergency Care, Eschweiler,
Deutschland**Oliver Miera**German Heart Center Berlin, Department
of Congenital Heart Disease – Pediatric
Cardiology, Berlin, Deutschland**Florian Schmidt**Medical School Hannover, Department of
Pediatric Cardiology and Intensive Care
Medicine, Hannover, Deutschland**Stefan Klotz**Segeberger Kliniken, Department of Cardiac
Surgery, Bad Segeberg, Deutschland**Christoph Starck**German Heart Center, Department of
Cardiothoracic and Vascular Surgery, Berlin,
Deutschland**Kevin Pilarczyk**Inland Hospital Rendsburg, Department
for Intensive Care Medicine, Rendsburg,
Schleswig-Holstein, Deutschland**Ardawan Rastan**Philipps University Hospital Marburg,
Department of Cardiac and Vascular Thoracic
Surgery, Marburg, Deutschland**Marion Burckhardt**Baden-Wuerttemberg Cooperative State
University (DHBW) – Stuttgart, Department
of Health Sciences and Management, Stuttgart,
Deutschland**Monika Nothacker**Universität Marburg, Institute for Medical
Knowledge Management, Association
of the Scientific Medical Societies (AWMF),
Marburg, Deutschland**Ralf Muellenbach**Campus Kassel of the University of
Southampton, Department of Anesthesiology
and Critical Care Medicine, Kassel, Deutschland**York Zausig**Aschaffenburg-Alzenau Hospital, Department
of Anesthesiology and Operative Intensive
Care Medicine, Aschaffenburg, Deutschland**Nils Haake**Inland Hospital Rendsburg, Department
for Intensive Care Medicine, Rendsburg,
Deutschland**Heinrich Groesdonk**Helios Clinic Erfurt, Department of Intensive
Care Medicine, Erfurt, Deutschland**Markus Ferrari**Helios-Kliniken, HSK, Clinic of Internal
Medicine I, Wiesbaden, Deutschland**Michael Buerke**St. Marienkrankenhaus Siegen, Department of
Cardiology, Angiology and Internal Intensive
Care Medicine, Siegen, Deutschland**Marcus Hennersdorf**SLK-Kliniken Heilbronn, Department of
Cardiology, Pneumology, Angiology and
Internal Intensive Care Medicine, Heilbronn,
Deutschland**Mark Rosenberg**Hospital Aschaffenburg-Alzenau, Department
of Internal Medicine I, Aschaffenburg-Alzenau,
Deutschland**Thomas Schaible**University of Heidelberg, Department of
Neonatology, University Children's Hospital
Mannheim, Mannheim, Deutschland**Harald Köditz**Medical University Children's Hospital,
Hannover, Deutschland**Stefan Kluge**University Medical Center Hamburg-
Eppendorf, Department of Intensive Care,
Hamburg, Deutschland**Uwe Janssens**St Antonius Hospital, Medical Clinic and
Medical Intensive Care Medicine, Eschweiler,
Deutschland**Matthias Lubnow**University Hospital Regensburg, Department
of Internal Medicine II, Regensburg,
Deutschland

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Andreas Flemmer

LMU Munich, Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children's Hospital and Perinatal Center Munich-Grosshadern, Munich, Deutschland

Susanne Herber-Jonat

LMU Munich, Division of Neonatology, Dr. v. Hauner Children's Hospital and Perinatal Center Munich-Grosshadern, Munich, Deutschland

Lucas Wessel

University of Heidelberg, Department of Pediatric Surgery, Medical Faculty Mannheim, Heidelberg, Deutschland

Dirk Buchwald

Ruhr University, Department of Cardiothoracic Surgery, University Hospital Bergmannsheil, Bochum, Deutschland

Sven Maier

Heart Center Freiburg University, Department of Cardiovascular Surgery, Freiburg, Deutschland

Lars Krüger

Ruhr University, Division of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Heart and Diabetes Center NRW, Bochum, Deutschland

Andreas Fründ

Ruhr University, Bochum, Department of Physiotherapy, Heart and Diabetes Center NRW, Bochum, Deutschland

Rolf Jaksties

German Heart Foundation, Frankfurt am Main, Deutschland

Stefan Fischer

Ibbenbueren General Hospital, Department of Thoracic Surgery and Lung Support, Ibbenbueren, Deutschland

Karsten Wiebe

Münster University Hospital, Department of Cardiothoracic Surgery, Münster, Deutschland

Christiane Hartog

Charité, Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health, Department of Anesthesiology and Operative Intensive Care Medicine, Berlin, Deutschland

Omer Dzemali

Triemli City Hospital Zurich, Department of Cardiac Surgery, Zurich, Schweiz

Daniel Zimpfer

Medical University of Vienna, Department of Cardiac Surgery, Vienna, Österreich

Elfriede Ruttman-Ulmer

Medical University of Innsbruck, Department of Cardiac Surgery, Innsbruck, Österreich

Christian Schlensak

University of Tübingen, Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery, Tübingen, Deutschland

Malte Kelm

Heinrich Heine University Medical School, Department of Cardiology, Pulmonology and Vascular Medicine, Düsseldorf, Deutschland

Andreas Beckmann

Langenbeck-Virchow-Haus, German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery, Berlin, Deutschland