

Präklinische Versorgung des Herz-Kreislauf-Stillstandes mit und ohne extrakorporales Life-Support-System (ECLS)

Zusammenfassung

Der prähospitaler Herz-Kreislauf-Stillstand ist mit einer europaweiten Inzidenz von 27–91/100.000 Einwohnern/Jahr ein regelmäßiger Einsatzgrund im Rettungsdienst und wird häufig von Laien beobachtet. In Deutschland lag die Inzidenz im Jahr 2021 bei 72,2/100.000 Einwohnern/Jahr. In 42,6 % der Fälle wurde eine Reanimation durch umstehende Personen vor Eintreffen des Rettungsdienstes durchgeführt. Bei 40,8 % der Patient*innen konnte ein Spontankreislauf etabliert werden und 11,1 % der Patient*innen wurden lebend aus dem Krankenhaus entlassen. In dem vorliegenden Artikel werden die aktuellen Leitlinien zur Reanimation des European Resuscitation Councils aus dem Jahr 2021 rekapituliert und ein Fokus auf die Reanimation unter Einsatz eines extrakorporalen Verfahrens gelegt.

Summary

Out-of-hospital cardiac arrest, with a Europe-wide incidence of 27–91/100,000 inhabitants/year, is a regular reason for rescue service calls and is frequently observed by laypersons. In Germany, the incidence in 2021 was 72.2/100,000 inhabitants/year. In 42.6 % of the cases, resuscitation had been carried out by bystanders before the emergency services arrived. Spontaneous circulation was established in 40.8% of the patients, and 11.1 % were discharged alive from the hospital. This article summarises the current guidelines of the European

Preclinical treatment of cardiac arrest with and without an extracorporeal life support system (ECLS)

C. Metelmann¹ · J. Wnent² · O. Kofler³

► **Zitierweise:** Metelmann C, Wnent J, Kofler O: Präklinische Versorgung des Herz-Kreislauf-Stillstandes mit und ohne extrakorporales Life-Support-System (ECLS). *Anästh Intensivmed* 2023;64:94–103. DOI: 10.19224/ai2023.094

Resuscitation Council from 2021 and additionally focuses on resuscitation using extracorporeal life support.

Stärkung der Rettungskette

Bei einem Herzkreislaufstillstand muss die Wiederbelebung schnellstmöglich begonnen werden. In dem Bild der Rettungskette werden die unterschiedlichen Akteure und Aktionen als Kettenglieder, die ineinander greifen, dargestellt. Die Rettungskette illustriert, dass der Bevölkerung mit dem Erkennen des Herzkreislaufstillstands und der folgenden Alarmierung des Rettungsdienstes eine wichtige Rolle zukommt.

Um die **Rettungskette** noch weiter zu stärken und die Reanimationsmaßnahmen so früh wie möglich zu beginnen, werden zwei verschiedene Konzepte verfolgt:

- Strategien zum schnelleren Eintreffen der Rettungsmittel und
- verstärkte Einbindung der Bevölkerung als Ersthelfende.

Schnelleres Eintreffen der Rettungsmittel

Für ein noch schnelleres Eintreffen der Rettungsmittel werden die **strategische Verteilung der Rettungswachen** regelmäßig evaluiert und ggf. Wachen umgesetzt. Zudem werden Prozesse in den Leitstellen optimiert, um eine schnellstmögliche Disponierung zu ermöglichen [3]. In zunehmend mehr Leitstellen wird die Disponierung nach der **Next-best-**

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 Anästhesie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin, Universitätsmedizin Greifswald (Direktor: Prof. Dr. K. Hahnenkamp)
- 2 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (Direktor: Prof. Dr. J.-T. Gräsner)
- 3 Klinik für Anästhesiologie, Sektion Notfallmedizin, Universitätsklinikum Heidelberg (Direktor: Prof. Dr. M. Weigand)

Interessenkonflikt

Die Erklärung zum Interessenkonflikt der Autorinnen und Autoren findet sich am Ende des Beitrags.

Schlüsselwörter

Herz-Kreislauf-Stillstand – Kardiopulmonale Reanimation – Extrakorporales Life-Support-System – ECMO

Keywords

Cardiac Arrest – Cardiopulmonary Resuscitation – Extracorporeal Life Support System – ECMO

Strategie eingeführt. Dabei werden, anders als bei der traditionellen Ausrückordnung, nicht nur die Rettungswachen in der Umgebung des Einsatzortes berücksichtigt, sondern auch die **aktuelle Position von weiteren Fahrzeugen**, die einsatzbereit sind (Status 1) und sich zufällig gerade in der Nähe befinden. In mehreren Regionen werden in Fällen von vermutetem Herz-Kreislauf-Stillstand zusätzlich zum Rettungswagen (RTW) und Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) auch weitere Fahrzeuge der Polizei oder Feuerwehr disponiert. Ziel dieser zusätzlichen Disponierung ist es, weiteres Personal, welches regelmäßig Reanimation trainiert, sowie Automatisierte Externe Defibrillatoren (AED) frühestmöglich zum Einsatzort zu bringen.

Einbindung der Bevölkerung

Auch die Einbindung der Bevölkerung durch **Schulung und Rekrutierung von Ersthelfenden** strebt an, die Zeit ohne Reanimationsmaßnahmen und insbesondere ohne Herzdruckmassage zu verkürzen. Da in zwei Dritteln aller Fälle eines außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstandes Personen vor Ort sind, liegt hier ein großes Potenzial [1,4]. Sowohl die europäischen als auch die amerikanischen Reanimationsleitlinien betonen die **zentrale Rolle der Laienreanimation** in der Rettungskette [5,6]. Als Laienreanimation werden Wiederbelebungsmaßnahmen durch zufällig anwesende Personen bezeichnet. Dabei gibt es international eine Vielzahl an Kampagnen, die medizinische Laien für das Thema Herz-Kreislauf-Stillstand sensibilisieren und hierin unterrichten sollen.

Die Bevölkerung soll in die Lage versetzt werden, einen Herz-Kreislauf-Stillstand zu erkennen, Hilfe zu alarmieren und Wiederbelebungsmaßnahmen zu beginnen. In Deutschland werden im Rahmen der jährlichen Woche der Wiederbelebung diese drei Schritte mit den Schlagworten Prüfen – Rufen – Drücken erklärt [7].

Hierbei beschränkt sich die Ausbildung der Laien auf die **Herzdruckmassage**

und verzichtet auf das Trainieren der Mund-zu-Mund-Beatmung, um die Komplexität der Wiederbelebung und mögliche Scheu zu reduzieren mit dem Ziel, mehr medizinische Laien zu motivieren. In Schweden wurden ähnliche „**compression only**“-Schulungskonzepte mit großem Erfolg umgesetzt [8]. Es wird zudem versucht, die vielen internationalen Bestrebungen jährlich am 16. Oktober am sogenannten **World Restart a Heart Day** zu bündeln, um noch mehr mediale Aufmerksamkeit zu erlangen [9]. Beachtet werden muss jedoch, dass eine Wiederbelebung mit Beatmung mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eines Überlebens assoziiert ist als eine reine Herzdruckmassage [10]. Daher sollten Personen, die in der Beatmung geschult sind, diese auch durchführen.

Telefonreanimation

Um die Ersthelfenden in dieser für sie außergewöhnlichen und potenziell überfordernden Situation zu unterstützen, wurde das Konzept der **Telefonreanimation** eingeführt. Stellen die Disponierenden in der Leitstelle fest, dass ein Herz-Kreislauf-Stillstand vorliegen könnte, führen sie die Anrufenden durch die Situation, indem sie **konkrete Anweisungen und Hinweise** geben. Dabei werden die Anrufenden durch die Disponierenden telefonisch in der Herzdruckmassage angeleitet. Häufig wird die korrekte Frequenz der Herzdruckmassage (100–120 bpm) durch ein Metronom oder durch Mitzählen des Disponierenden vorgegeben. Eine Analyse der Daten des Deutschen Reanimationsregisters zeigte, dass ein Anstieg der Telefonreanimation mit einem Anstieg der Laienreanimation einhergeht [11]. In einer Multizenter-Studie aus asiatischen Ländern mit sehr unterschiedlichen Rettungsdienstsystemen überlebten nach der Implementierung der Telefonreanimation mehr Personen mit guter neurologischer Funktion [12]. Dennoch wird derzeit in Deutschland nur bei etwa einem Viertel der außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstände eine Telefonreanimation durchgeführt [2]. Ziel sollte es sein, die Telefonreanimation bei allen

Patient*innen mit außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand durchzuführen [13]. Um die Rate an Telefonreanimationen zu steigern, sollten das Leitstellenpersonal regelmäßig geschult, wissenschaftlich evaluierte standardisierte Abfragesysteme genutzt und Einsätze nachbesprochen werden [13].

Smartphone-basierte Disponierung von Ersthelfenden

Tritt ein Herz-Kreislauf-Stillstand ein, können die Leitstellendisponierenden in zunehmend mehr Regionen Deutschlands zusätzlich zum Rettungsdienst noch freiwillige Ersthelfende alarmieren, wenn diese sich zufällig in räumlicher Nähe befinden. Dabei findet die **Alarmierung häufig per Smartphone-App** statt. Erste Studien deuten darauf hin, dass diese Ersthelfenden-Systeme einen positiven Einfluss auf die Überlebenschancen haben [14]. In den aktuellen Leitlinien wird daher die Einführung der Ersthelfenden-Systeme empfohlen [15].

Die **Ersthelfenden-Systeme** sind derzeit sehr unterschiedlich organisiert [16]. Beispielsweise werden in vielen Regionen Deutschlands nur Personen **mit medizinischem Vorwissen** disponiert, während sich in anderen Systemen auch medizinische Laien registrieren können. Ziel aller Systeme ist es, den **Vorteil der geografischen Nähe** der Ersthelfenden zu nutzen, um die Zeit bis zur ersten Thoraxkompression zu verkürzen. In vielen Systemen werden AED eingebunden und Ersthelfende entweder mit AED ausgestattet oder während des Einsatzes zu einem AED navigiert [17]. Um das volle Potenzial von AED nutzen zu können, müssen diese leicht zu finden und rund um die Uhr verfügbar sein. Hierbei erscheint es sinnvoll, die AED-Standorte sowohl der Leitstelle als auch potenziellen Ersthelfenden in einer Karte zur Verfügung zu stellen.

Erweiterte Reanimationsmaßnahmen

Trifft der Rettungsdienst am Einsatzort ein, sollte die Reanimation entsprechend der Leitlinien-Empfehlungen des

European Resuscitation Council fortgeführt werden [18]. Dabei blieben beim letzten Leitlinien-Update 2021 viele Empfehlungen ähnlich zu der Leitlinie aus dem Jahr 2015, wurden aber mit neuer Evidenz unterlegt.

Weiterhin gilt, dass bei allen Personen mit Bewusstlosigkeit und nicht normaler Atmung von einem Herz-Kreislauf-Stillstand ausgegangen werden muss.

Herzdruckmassage

Zentrales Element der Wiederbelebung ist die **qualitativ hochwertige Herzdruckmassage**, die durch folgende Merkmale charakterisiert ist:

- Druckpunkt: untere Hälfte des Brustbeins (Mitte der Brust)
- Frequenz: 100–120 pro Minute
- Drucktiefe: mindestens 5, maximal 6 cm
- nach der Kompression vollständige Entlastung
- schnellstmöglicher Beginn und Minimieren von Pausen.

Unabhängig davon, welche weiteren Maßnahmen durchgeführt werden, sollte stets auf eine **hohe Qualität der Herzdruckmassage** geachtet werden.

Defibrillation

Bei allen Patient*innen mit Herz-Kreislauf-Stillstand sollte schnellstmöglich ein **Defibrillator** angeschlossen werden, um den Rhythmus zu analysieren. Etwa 20 % der Patient*innen mit Herz-Kreislauf-Stillstand haben einen Herzrhythmus, der eine Defibrillation erforderlich macht (Kammerflimmern oder Pulslose Ventrikuläre Tachykardie).

Je früher die Defibrillation nach Einsetzen des Herz-Kreislauf-Stillstands durchgeführt wird, desto größer ist die Erfolgswahrscheinlichkeit.

Während des Anbringens des Defibrillators wird die Herzdruckmassage fortgeführt. Dabei werden die Elektroden (Pads) antero-lateral (= sternal-apikal) platziert. Um möglichst viel Myokard bei

der Schockabgabe zu erreichen, sollte die **sternale Elektrode** rechts vom Sternum unterhalb der Clavicula und die **apikale Elektrode** in der linken mittleren Axillarlinie (entspricht beim 12-Kanal-EKG der Höhe von V6) appliziert werden. Damit wird die linke Elektrode unterhalb der Achselhöhle geklebt. Sobald die Pads kleben, sollte die **Rhythmusanalyse** durchgeführt werden. Um Bewegungsartefakte zu vermeiden, wird die Herzdruckmassage für die Analyse kurzzeitig pausiert und nach Erkennen des Rhythmus sofort wieder begonnen. Ist eine Schockabgabe nötig, wird während der Ladephase die Thoraxkompression fortgesetzt. Während der Schockabgabe sollte niemand den Patienten berühren, um die Helfenden nicht in Gefahr zu bringen. Eine gute Absprache unter allen Teammitgliedern und klare Aussagen helfen, die Unterbrechungen zu minimieren und gleichzeitig die Sicherheit der Helfenden zu erhöhen. Abbildung 1 zeigt den schematischen Ablauf einer sicheren Defibrillation mit kurzmöglichsten Pausen während der Herzdruckmassage.

Das **optimale Energieniveau** für eine Defibrillation ist noch unbekannt und die Empfehlungen variieren zwischen den verschiedenen Geräten. Bei einem optimalen Energieniveau wird ausreichend viel Myokardgewebe erreicht, um eine Konversion des Rhythmus und Wiedereinsetzen eines Spontankreislaufes zu erreichen bei gleichzeitig minimaler Myokardschädigung. Die Energie für die

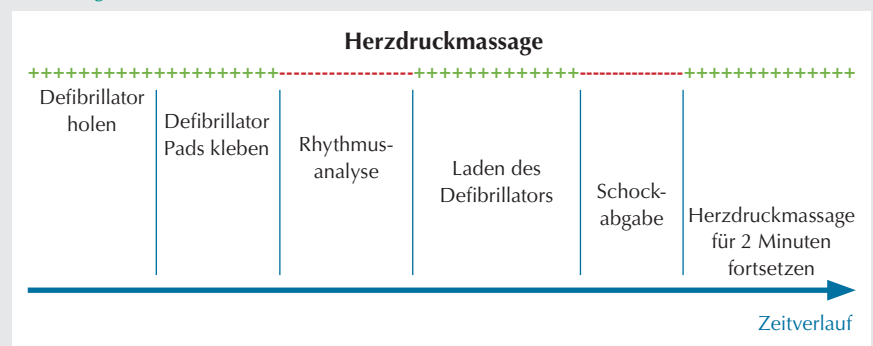
erste Defibrillation sollte **nicht weniger als 120–150 Joule** betragen. Bei den nachfolgenden Schocks sollte eine Erhöhung der Joule-Zahl erwogen werden, wenn das Gerät dies ermöglicht.

Medikamentengabe

Patient*innen mit **nicht-schockbaren Rhythmen** (Asystolie oder Pulslose Elektrische Aktivität) erhalten **schnellstmöglich 1 mg Adrenalin intravenös**. Diese Gabe wird alle 3–5 Minuten wiederholt. Liegt ein **schockbarer Rhythmus** (Kammerflimmern oder Pulslose Ventrikuläre Tachykardie) vor, sollte schnellstmöglich defibrilliert werden. Anschließend wird für 2 Minuten die Herzdruckmassage fortgeführt und erst dann eine erneute Rhythmusanalyse durchgeführt. **Nach der 3. Defibrillation** wird die **intravenöse Gabe von 1 mg Adrenalin und 300 mg Amiodaron** empfohlen. Alternativ können statt Amiodaron auch 100 mg Lidocain intravenös appliziert werden. Nach der 5. Defibrillation wird eine Gabe von 150 mg Amiodaron bzw. 50 mg Lidocain empfohlen. Auch bei defibrillierbaren Rhythmen wird die Gabe von 1 mg Adrenalin intravenös alle 3–5 Minuten wiederholt. Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die zeitliche Abfolge der Medikamentengabe während der Reanimation.




Lässt sich kein intravenöser Zugang etablieren oder droht eine Zeitverzögerung durch weitere Punktionsversuche, sollte die Etablierung eines **intraossären Zugangs** in Betracht gezogen werden.

Abbildung 1



Schematischer Ablauf einer Defibrillation. Die grünen Pluszeichen entsprechen einer Herzdruckmassage und die roten Linien einer Pause dieser.

Abbildung 2

		
Schock	1. Analyse	1 mg Adrenalin
Schock	2. Analyse	/
Schock + 1 mg Adrenalin + 300 mg Amiodaron	3. Analyse	1 mg Adrenalin
Schock	4. Analyse	/
Schock + 1 mg Adrenalin + 150 mg Amiodaron	5. Analyse	1 mg Adrenalin
Schock	6. Analyse	/
Schock + 1 mg Adrenalin	7. Analyse	1 mg Adrenalin
Schock	8. Analyse	/
Schock + 1 mg Adrenalin	9. Analyse	1 mg Adrenalin

Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Medikamentengabe in Abhängigkeit vom Rhythmus während der Reanimation. Die Rhythmusanalysen werden dabei in 2-minütigem Abstand durchgeführt; die Gabe von Adrenalin erfolgt alle 3–5 Minuten.

Der intravenöse Zugang ist der Zugang erster Wahl. Sollte dieser nicht möglich sein oder zu einer Zeitverzögerung führen, ist der intraossäre Zugang die Rückfallebene.

Atemwegssicherung und Beatmung

Während der Reanimation sollte die **höchstmögliche Sauerstoffkonzentration** appliziert werden. Wird die Beatmung mittels Beutel-Maske durchgeführt, werden nach **30 Thoraxkompressionen 2 Beatmungen** durchgeführt. Ist der Atemweg mittels Endotrachealtubus oder extraglottischer Atemwegshilfe gesichert, werden die Thoraxkompressionen ohne Unterbrechungen fortgeführt und währenddessen 10-mal pro Minute beatmet. Hierbei muss überprüft werden, ob die Beatmung effektiv ist. Ist dies nicht möglich, sollten wieder abwechselnd 30 Thoraxkompressionen und 2 Beatmungen durchgeführt werden.

Bei der Atemwegssicherung während der Reanimation gilt wie sonst auch, dass die Atemwegstechniken gewählt werden sollten, die durch die Helfenden sicher beherrscht werden.

Eine **endotracheale Intubation** sollte nur durchgeführt werden, wenn davon auszugehen ist, dass diese erfolgreich durchgeführt werden kann. Um die Erfolgswahrscheinlichkeit zu erhöhen, sollte zur Intubation ein **Videolaryngoskop** verwendet werden. Während der Atemwegssicherung sollte die Thoraxkompression möglichst **nicht länger als 5 Sekunden** unterbrochen werden. Unabhängig davon, mit welchem Hilfsmittel der Atemweg gesichert wurde, soll eine **Kapnographie** verwendet werden.

Die Kapnographie während der Reanimation hat mehrere Vorteile: Neben der Verifizierung der **korrekten Tubuslage** kann die Höhe des expiratorischen CO₂ auch einen Hinweis auf die **Qualität der Herzdruckmassage** geben. Ein hohes expiratorisches CO₂ deutet auf einen suffizienten Transport des CO₂ aus der Körperperipherie zur Lunge hin. Daher kann ein ansteigendes expiratorisches CO₂ auch ein Hinweis auf das Einsetzen eines Spontankreislaufs sein. Das CO₂ sollte jedoch nicht als alleiniger Prognoseparameter verwendet werden. Zu beachten ist, dass das expiratorische CO₂ auch erheblich durch die Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstands und die Beatmung (Frequenz und Volumen) beeinflusst wird.

Potenziell reversible Ursachen

Herz-Kreislauf-Stillstände können aufgrund von verschiedenen Erkrankungen und Situationen entstehen. Bei einigen Ursachen führt die Behandlung dieser Erkrankung oder Situation potenziell zu einem ROSC (Einsetzen des Spontankreislaufs). Im Umkehrschluss bedeutet dies auch, dass, wenn die Behandlung dieser Ursachen nicht erfolgt, die Wiederbelebungsmaßnahmen frustrieren bleiben. Daher ist es elementar, während der Reanimation nach der wahrscheinlichsten **Genese des Herz-Kreislauf-Stillstands** zu suchen, um die Therapie zu initiieren.

Die potenziell reversiblen Ursachen eines Herz-Kreislauf-Stillstands lassen sich zusammenfassen mit den 4Hs und HITS:

- **Hypoxie**
- **Hypovolämie**
- **Hypo-/Hyperkaliämie** und andere Elektrolytungleichungen
- **Hypo-/Hyperthermie**
- **Herzbeutelamponade**
- **Intoxikation**
- **Thrombose** (koronar und pulmonal)
- **Spannungspneumothorax.**

Die ERC-Leitlinie gibt konkrete Empfehlungen zu der Diagnostik und Therapie der Hs und HITS. Dabei wird auch auf die Prävention eingegangen, da durch das gezielte Suchen und Therapieren der Hs und HITS bei kritisch kranken Patient*innen ein Herz-Kreislauf-Stillstand ggf. sogar vermieden werden kann.

Traumatisch bedingter Herz-Kreislauf-Stillstand

Zunächst muss die wichtige Frage beantwortet werden, ob der Herz-Kreislauf-Stillstand vermutlich **innerer oder traumatischer Genese** ist. Hat der Arrest wahrscheinlich eine innere Ursache, sollte sofort mit der Herzdruckmassage begonnen werden. Entsteht der Herz-Kreislauf-Stillstand durch akute Verletzungen (traumatisch), sollte der Fokus auf die sofortige Suche und Behandlung der **potenziell reversiblen Genese** gelegt werden. Dabei wird dies sogar höher priorisiert als die Thoraxkompression.

Die Herzdruckmassage sollte nicht zu einer Verzögerung der Behandlung der traumatischen Ursache führen.

Eine **Hypoxie** kann beispielsweise durch Atemwegsobstruktionen, traumatische Asphyxie oder Apnoe im Rahmen einer intrakraniellen Verletzung auftreten. **Oxygenierung und Atemwegssicherung** sind in diesen Fällen essenziell.

Die häufigste Ursache für einen traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstand ist eine **blutungsbedingte Hypovolämie**. Bei einem hämorrhagischen Schock sollte die Blutung **so schnell wie möglich gestoppt** werden. Dies kann die Anlage von Druckverbänden, Tourniquets oder einer Beckenschlinge bedeuten. In einigen Rettungsdienstbereichen wurden in den letzten Jahren im Rahmen von Studien Blutprodukte in der Präklinik eingeführt und diese beispielsweise von Rettungshubschraubern mitgeführt.

Ziel ist es, den weiteren Blutverlust schnellstmöglich zu stoppen und Volumen zu ersetzen.

Dies hat höhere Priorität als die Herzdruckmassage. In diesem Zusammenhang wird häufig der Satz „**Komprimieren Sie kein leeres Herz**“ genannt.

Tritt durch die Verletzungen ein **Spannungspneumothorax** ein, führt dieser zu einem obstruktiven Schock mit Pumpversagen. Auch hier würde eine Thoraxkompression kein Benefit bringen. Therapie ist die schnellstmögliche **Entlastung** des Spannungspneumothorax. Da während der Reanimation nicht immer sicher festgestellt werden kann, ob ein Spannungspneumothorax vorliegt, sollte bei Thoraxtraumata auf beiden Seiten eine Entlastung durchgeführt werden.

Kommt es zu einer **Herzbeutelampnade**, so kann das Blut nicht mehr aus dem Herzen ausgeworfen werden. Daher muss das Perikard schnellstmöglich dekomprimiert werden. Welches

Verfahren hierfür verwendet wird, hängt entschieden von der Expertise des Behandelnden ab.

In der ERC-Leitlinie werden die **4 E** als Voraussetzungen für die Durchführung einer **Notfallthorakotomie** festgelegt. Diese umfassen

- die **Expertise**,
- das **Equipment** (Ausrüstung),
- **Environment** (Umgebung, z. B. Distanz zum geeigneten Krankenhaus) und eine
- **Elapsed Time** (verstrichene Zeit) von weniger als 15 Minuten zwischen Eintritt des Kreislaufstillstands und dem Beginn der Notfallthorakotomie.

Ist auch nur eines der 4 E nicht erfüllt, dann überwiegen die Risiken einem möglichen Vorteil, sodass keine Notfallthorakotomie durchgeführt werden sollte.

Bei einem traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstand ist die Mortalität sehr hoch. Tritt jedoch ein Spontankreislauf wieder ein, ist die neurologische Funktion bei den Überlebenden deutlich höher als bei Patient*innen mit Herz-Kreislauf-Stillständen anderer Genese.

Ultraschalluntersuchung

Während der Reanimation kann durch erfahrene Anwender*innen eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt werden. Ziel ist es, **potenziell behandelbare Ursachen** eines Herz-Kreislauf-Stillstands zu identifizieren. Hierzu zählen zum Beispiel der Spannungspneumothorax oder eine Herzbeutelampnade. Bei der Evaluation, ob eine Lungenarterienembolie vorliegt, sollte bedacht werden, dass bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand eine rechtsventrikuläre Dilatation häufig schon nach wenigen Minuten auftritt. Dies geschieht unabhängig von der Genese des Kreislaufstillstands durch die Umverteilung des Bluts entlang des Druckgradienten aus dem Systemkreislauf in das rechte Herz.

Eine Rechtsherzdilatation ist nur in den ersten Minuten des Kreislaufstillstands ein sicheres Indiz für eine massive Lungenarterienembolie.

Konkret versucht die Person mit der höchsten Ultraschallexpertise, unter laufender Herzdruckmassage die Zielstruktur einzustellen. Dann wird die Pause der Thoraxkompression koordiniert. Der Teamleitende gibt das Stopp-Kommando für die Herzdruckmassage und zählt bis 10. Hat der Untersuchende die Zielstruktur bei der Zahl 5 noch nicht sicher gefunden, wird die Untersuchung sofort beendet und die Herzdruckmassage zunächst fortgeführt. Konnte die Zielstruktur innerhalb von 5 Sekunden dargestellt werden, wird die Pause bis zur Zahl 10 fortgeführt. Danach wird die Herzdruckmassage wieder begonnen. Während der Untersuchung wird eine Videoschleife auf dem Sonographie-Gerät aufgenommen. Somit kann nach Wiederbeginn der Thoraxkompression das Sonographie-Video in Ruhe ausgewertet werden. Grundsätzlich ist zu beachten, dass wie bei allen Maßnahmen während der Reanimation auch die Ultraschalluntersuchung die qualitativ hochwertige Herzdruckmassage nicht stören sollte.

Mechanische Geräte zur Thoraxkompression

Geräte zur mechanischen Thoraxkompression dienen dem Ersatz einer manuellen Herzdruckmassage. Dabei sollten diese Geräte nur dann eingesetzt werden, wenn die manuelle Thoraxkompression nicht praktikabel ist (z. B. Transport durchs Treppenhaus) oder die Sicherheit der Helfenden nicht gewährleistet werden kann (z. B. im Herzkatheterlabor). Daher werden diese Geräte beispielsweise für den Patiententransport in die Klinik eingesetzt. Während der Benutzung muss die korrekte Lage immer wieder kontrolliert werden, um Verletzungen (z. B. der Leber) zu vermeiden.

Präklinische Versorgung des Herz-Kreislauf-Stillstandes mit Extrakorporalen Life-Support-Systemen (ECLS)

Extrakorporales Life-Support-System (ECLS)

Als **extrakorporale kardiopulmonale Reanimation (eCPR)** ist die Implantation eines extrakorporalen Life-Support-Systems (synonym: veno-arterielle extrakorporale Membranoxygenierung – vaECMO) unter den Bedingungen einer kardiopulmonalen Reanimation definiert. Unter Reanimation wird fast ausschließlich eine vaECMO angeschlossen, um sowohl den Gasaustausch zu gewährleisten als auch nahezu das gesamte Herzzeitvolumen (HZV) zu produzieren [19]. Die eCPR stellt für einen ausgewählten Teil von Patient*innen mit refraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand eine Behandlungsoption dar, wenn sich durch konventionelle kardiopulmonale Reanimation (cCPR) kein ROSC erzielen lässt.

Eine eCPR ist kein Therapieziel, sondern eine Überbrückungsmaßnahme bis zur Erholung (Bridge to Recovery), bis zur Therapie (Bridge to Therapy) oder um Zeit für eine Entscheidung zu gewinnen (Bridge to Decision) [19].

In Deutschland sind Systeme zur innerklinischen und präklinischen Durchführung einer eCPR etabliert.

Aktuelle Datenlage eCPR

Allgemeine Betrachtungen

In aktuellen Leitlinien und Konsensuspapieren wird empfohlen, bei ausgewählten Patient*innen eine eCPR als Rescue-Therapie zu erwägen („consider“) [18].

Besonders bei lang andauernder kardiopulmonaler Reanimation mit Verdacht auf reversible Ursachen wie Hypo-/Hyperkaliämie, Intoxikationen, Hypothermie oder koronare bzw. pulmonale Thrombosen sollte die eCPR in den Entscheidungsalgorithmus mit einfließen [20].

Auch in der deutsch-österreichisch-schweizerischen S3-Leitlinie zum Einsatz eines ECLS bei Herz- und Kreislaufversagen [21] und in der jüngst publizierten eCPR-Leitlinie der Extracorporal Life Support Organization (ELSO) wird empfohlen, den Einsatz der eCPR sehr früh zu erwägen [22].

Die eCPR erhöht bei Patient*innen mit refraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand nachweislich die **Überlebenschancen** mit guten neurologischen Ergebnissen. Debaty et al. haben im Jahr 2017 Faktoren bewertet, welche für ein gutes Outcome bei Krankenhausaufnahme unter eCPR sprechen könnten [23]. In der Metaanalyse zeigten sich als **Faktoren für ein gutes Outcome**

- eine kurze Low-Flow-Zeit (Zeit von Beginn der Herzdruckmassage bis Start eCPR),
- ein initial defibrillierbarer Herzrhythmus,
- ein höherer pH-Wert und
- ein niedrigeres Laktat.

In Bezug auf die Low-Flow-Zeit unterstrichen Wengenmayer et al., dass eine kürzere Zeit konventioneller und/oder mechanischer CPR stark mit dem Überleben korrelierte ($p < 0,001$) und ein unabhängiger Prädiktor für die Sterblichkeit war („Golden Hour of eCPR“) [24].

Wegweisend wurde in einer Registerstudie und in zwei randomisierten kontrollierten Studien die **Wirkung der eCPR mit einer anschließenden invasiven Diagnose- und Behandlungsstrategie** wie der Koronarintervention untersucht. Die französische Arbeitsgruppe um Bougouin et al. hat hierzu mehr als 13.000 Patient*innen mit außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand untersucht [25]. In diesem Kollektiv wurden 525 Patient*innen mit eCPR versorgt und mit einer gematchten Population verglichen. Trotz Unterschieden in den demografischen Charakteristika mit vorteilhafteren Eigenschaften wie Alter, Laienreanimationsquote und initialem Rhythmus konnte kein Unterschied im Überleben gezeigt werden. Eine randomisierte Studie fand durch Yannopoulos et al. in Minnesota statt (Arrest Trial) [26]. Eingeschlossen wurden alle Patient*innen, welche sich

im 30-Minuten-Radius eines „Initiation-hospitals“ befanden und welche beim OHCA (außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstand) ein refraktäres Kammerflimmern hatten und nach der dritten Defibrillation keinen ROSC erzielten. Nach dem umgehenden Transport unter mechanischer CPR wurden die Patient*innen innerklinisch randomisiert und eine eCPR und Koronarangiographie durchgeführt. Die Studie musste nach 30 Patient*innen vorzeitig abgebrochen werden, da es angesichts der Überlegenheit der eCPR-Gruppe gegenüber der Standard-ALS-Maßnahmen, in Bezug auf den primären Endpunkt und dem Überleben bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus (43 % vs. 7 %), ethische Bedenken gab, die Studie fortzusetzen. Eine zweite randomisierte Studie publizierten Belohlavek et al. 2022 mit dem **Hyperinvasive Approach** aus Prag [27]. Über einen Zeitraum von 8 Jahren wurden randomisiert 256 Patient*innen zwischen 18 und 65 Jahren in die Studie eingeschlossen, wenn der OHCA beobachtet wurde, wahrscheinlich kardialer Genese war und nach mindestens 5 Minuten Advanced Life Support (ALS) kein ROSC vorlag. In der präklinischen Randomisierung wurden 124 Patient*innen einer invasiven und 132 einer Standardstrategie nach Leitlinie zugeführt. Das Protokoll forderte einen frühen Transport unter mCPR, gefolgt von der innerklinischen Anlage einer eCPR, Kühlung und Koronarangiographie. Im Kollektiv der invasiven Strategie lag die Laienreanimationsquote bei 99 % und Kammerflimmern als Erstrhythmus bei 58 %. Auch diese Studie musste vorzeitig beendet werden. Sie zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied im primären Endpunkt, aber einen Trend zu eCPR bei besserem neurologischen Überleben (CPC 1+2) nach 180 Tagen (22 % vs. 32 %). Auch konnte ein signifikant besseres neurologisches Outcome in der eCPR-Gruppe nach 30 Tagen gezeigt werden. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten zeigte diese Studie bei einer Reanimationsdauer größer 45 Minuten ein besseres Outcome bezüglich eCPR vs. Standardstrategie. Studien, in denen die Wirkung der eCPR bei Patient*innen mit

OHCA untersucht wurde, weisen eine hohe Rate an Wiederbelebungsmaßnahmen durch Laien auf. Obwohl man sich nicht auf diesen Faktor beschränken sollte, hat sich gezeigt, dass die **frühe Herzdruckmassage durch Laienhelfer** bei OHCA ein entscheidender Faktor für den Erfolg der Reanimationsmaßnahmen inklusive eCPR ist [1].

Golden Hour of eCPR

Literatur und Leitlinien unterstreichen die Notwendigkeit, die Low-Flow-Zeit während CPR so kurz wie möglich zu halten und einen **Collapse-to-start-eCPR-Zeitintervall** von weniger als 60 Minuten einzuhalten („Golden Hour of eCPR“) [19,24,28–32]. Eine **frühe Identifikation** von Patienten, welche von einem erweiterten (z. B. Nierenersatzverfahren, Entgiftung) oder invasiven Verfahren (eCPR, Operation) profitieren könnten, ist essenziell. Die Entscheidung zur eCPR sollte innerhalb der ersten Minuten, interprofessionell und mit Berücksichtigung der strukturellen Ressourcen getroffen werden. Dies bleibt eine stetige Herausforderung.

Die Entscheidung zur eCPR sollte innerhalb der ersten Minuten, interprofessionell und mit Berücksichtigung der strukturellen Ressourcen getroffen werden.

Im **Arrest-Trial** in Minnesota war die „Golden Hour of eCPR“ mit 59 Minuten eingehalten und zeigte im Mittel folgende Prozesszeiten [26,30]:

- Alarm bis Ankunft des ersten Rettungsmittels: 6 Minuten
- Alarm bis zur ersten Defibrillation: 8,5 Minuten
- Zeit bis Transport: 22,5 Minuten
- Transport: 19 Minuten.

An den Zeitintervallen dieser Studie erkennt man den gesetzten Maßstab und die Relevanz des schnellen Erwägens einer eCPR. Die vom Notfallteam getroffenen Entscheidungen und das Timing haben einen großen Einfluss auf das zeitkritische Szenario, die ressourcenintensive eCPR und das Outcome der Patient*innen.

Es ist wichtig, dass Notfallteams die lokalen Ressourcen kennen und nutzen, mentale Modelle für seltene Notfälle verwenden und Entscheidungspunkte als Trigger im ALS-Algorithmus festlegen, um Prozesse frühzeitig zu initiieren.

Decision Point

Ein sogenannter **Decision Point** hat das Ziel, mittels kurzem Team-Time-Out die nächsten 30 bis 60 Minuten zu planen, die Teamressourcen maximal zu nutzen und Prozeduren zu antizipieren. **Mentale Modelle** erlauben eine schnellere Erfassung einer Situation, Ereignisse zu erkennen und zu erklären; sie ordnen Eindrücke und versuchen, diese zu interpretieren. Gemeinsame mentale Modelle schaffen in Akutsituationen einen Kontext, in dem Entscheidungen getroffen und die kognitiven Ressourcen eines gesamten Teams besser ausgeschöpft werden können [33,34].

Nach der **2. Rhythmusanalyse** (ca. 15 Minuten nach Kollaps) wird im Team einvernehmlich die Entscheidung gefällt und klar kommuniziert, ob aufgrund der vorliegenden Informationen eine eCPR indiziert ist. Wenn ja, wird das Kanülierungsteam alarmiert. Darauf erfolgt der weitere Ablauf im ALS-Algorithmus, der Ausschluss reversibler Ursachen und die Vorbereitung der Kanülierung. Das eCPR-Team erreicht den Einsatzort nach spätestens 30 Minuten (ca. 45 Minuten nach Kollaps) und ini-

tiert die eCPR. Im Anschluss erfolgt der Transport in ein Cardiac Arrest Center (Abb. 3).

Ein weiteres Konzept stellt die **innerklinische Anlage einer eCPR** dar. In diesem Fall wird nach der **2. Rhythmusanalyse** (ca. 15 Minuten nach Kollaps) im Team wiederum einvernehmlich die Entscheidung gefällt und klar kommuniziert, ob aufgrund der vorliegenden Informationen eine eCPR indiziert ist. Wenn ja, erfolgt die Vorbereitung des Transports, der weitere Ablauf im ALS-Algorithmus und der Ausschluss reversibler Ursachen. Der **Transport sollte mit mechanischer Reanimationshilfe** durchgeführt werden. Mechanische Reanimationshilfen sollen im Sinne der Kompressionsqualität und der Risikofaktoren von erfahrenen Anwendern angebracht und überwacht werden [35]. Bei Ankunft im eCPR-Zentrum folgt die Kanülierung durch das eCPR-Team und die Initiierung der eCPR (Abb. 4).

Merke: Präklinische Etablierung eCPR: wenn System verfügbar und Patient*in nicht schneller unter suffizienter Reanimation in ein eCPR-Zentrum gebracht werden kann.

Entscheidungskriterien

Zahlreiche Untersuchungen haben versucht, **Entscheidungskriterien** im Rahmen der eCPR zu analysieren, welche dem Team vor Ort bei der Entscheidung pro oder kontra einer ressourcenintensiven eCPR helfen können [19,21,28-

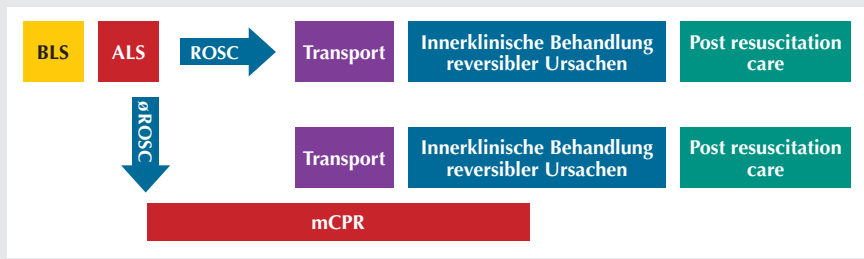
Abbildung 3



Kardiopulmonale Reanimation mit präklinischer Anlage einer eCPR.

ALS: Advanced Life Support; **BLS:** Basic Life Support; **eCPR:** extrakorporale kardiopulmonale Reanimation; **mCPR:** mechanische kardiopulmonale Reanimation; **ROSC:** Return of spontaneous circulation (Einsetzen des Spontankreislaufs).

Abbildung 4



Kardiopulmonale Reanimation mit Transport unter mCPR.
ALS: Advanced Life Support; **BLS:** Basic Life Support; **mCPR:** mechanische kardiopulmonale Reanimation; **ROSC:** Return of spontaneous circulation (Einsetzen des Spontankreislaufs).

30,32]. Als Beispiel zeigt Tabelle 1 eine kürzlich publizierte Liste eines interdisziplinären und interkontinentalen Gremiums [28]. Sie kann als Entscheidungshilfe für die Einleitung einer eCPR nach einem OHCA bei Erwachsenen gesehen werden. Eine prinzipienorientierte Medizinethik inklusive Do-not-attempt-CPR(DNACPR)-Entscheidungen sollen auch in diesem Entscheidungsmoment berücksichtigt werden [32].

Durchführung einer eCPR

Nachfolgend werden die fünf Phasen einer eCPR (Vorbereitungs-, Kanülierungs-, Stabilisierungs-, Transportphase und Weiterbehandlung im Cardiac Arrest Center) in den Grundzügen praktisch erläutert.

Vorbereitungsphase

Während die ALS-Maßnahmen weiter fortgeführt werden und nach reversiblen Ursachen gesucht wird, sollten bereits

parallel ideale Bedingungen für die Kanülierung geschaffen werden [28]:

- Kleider entfernen
- Raumordnung mit 360°-Zugang (Abb. 5)
- Informationen für ein Team-Time-Out sammeln
- sterile Abdeckung und Desinfektion
- Etablierung Thoraxkompressionsgerät zur durchgängigen hochwertigen Herzdruckmassage (weniger Platzbedarf, keine Helferwechsel).

Kanülierungsphase

Nach einem **Team-Time-Out** wird in zwei Teams weitergearbeitet. Das **ALS-Team** konzentriert sich auf eine suffiziente Oxygenierung bei hochwertiger Thoraxkompression (mCPR). Zudem wird eine **cerebrale Oxymetrie** etabliert und der Transport vorbereitet. Ab Entscheidung zur Kanülierung soll aufgrund der refraktären Situation und im Sinne

der Teamsicherheit auf weitere Defibrillationen verzichtet werden. Parallel dazu etabliert das **ECMO-Team** ein steriles Arbeitsfeld zur ultraschallgesteuerten, femoralen Punktion der Gefäße mit Darstellen der Drähte und Platzierung einer venösen und einer arteriellen Kanüle in Seldingertechnik. Nach Konnektion der Schläuche wird die ECMO-Konsole angefahren und übernimmt die Perfusion. Die mechanische bzw. konventionelle kardiopulmonale Reanimation wird beendet. Die Beatmung wird lungenprotektiv fortgeführt. Bolusgaben von Adrenalin werden beendet.

Stabilisierungsphase nach ABCDE

Nach Initiierung der eCPR steht die **Stabilisierung der Vitalparameter** und die Sicherung der Qualität (eCPR und Transport) im Vordergrund. Auch hier arbeiten beide Teams zusammen. Entsprechend des ABCDE-Schemas werden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- A** Atemwegssicherung
- B** lungenprotektive Beatmung
- C** Transportmonitoring mit ggf. kontinuierlicher Katecholamintherapie (abhängig von Ultraschallbefund und vaECMO-Fluss) sowie ggf. Defibrillation oder 12-Kanal-EKG (falls rhythmisiert)
- D** ggf. Analgosedierung
- E** Vorbereitung des Patiententransports (möglichst Schaukeltrage).

Das Kanülierungs-Team sichert in dieser Zeit die Kanülen, adaptiert die Perfusion und Oxygenierung durch Feineinstellung (Fluss/FiO₂) und versucht, eine **invasive Druckmessung am rechten Arm** zu etablieren. Zur Steuerung der Beatmung/ECMO erfolgt die **arterielle Blutgasanalyse** und die Fortführung des Monitorings der cerebralen Oxymetrie.

Transportphase

Die Transportphase stellt in dieser kritischen Phase ein Risiko dar, ist im RTW aber technisch gut möglich. Das ECMO-Team betreut, steuert und sichert die Konsole, Kanülen und Schläuche. Währenddessen fokussiert sich das RTW/NEF-Team auf die üblichen Aspekte des Patiententransports. Während des Transports sollte eine stabile Perfusion

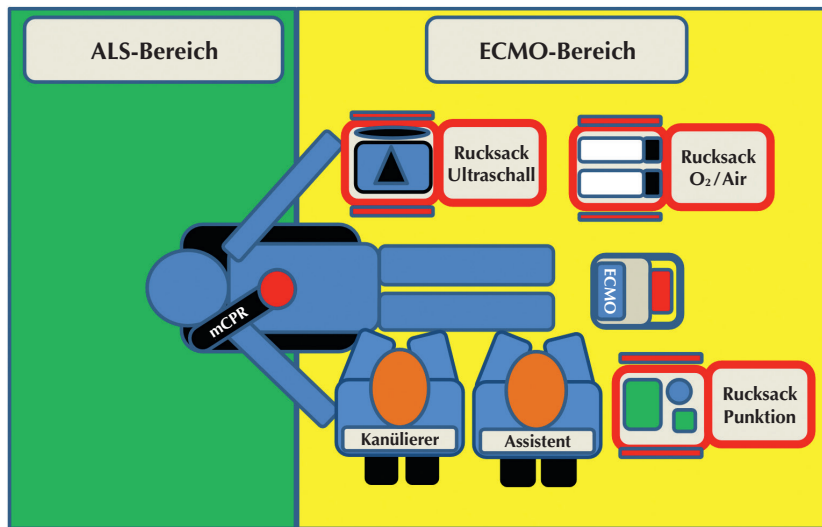
Tabelle 1

Expert*innenkonsensus zu möglichen Ein- und Ausschlusskriterien für eCPR nach OHCA [28].

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"> • Lebensalter <75 Jahre • beobachteter Herz-Kreislauf-Stillstand • initialer Rhythmus ist ein schockbarer Rhythmus (VF/VT) • eCPR kann innerhalb von 60 Minuten eingeleitet werden (ggf. längeres Intervall bei z. B. Hypothermie) • erweiterte Intensivtherapie im Einklang mit den Wünschen des Patienten/der Patientin • Konsens des behandelnden ärztlichen Teams • endtidales CO₂ ≥ 10 mmHg (außer bei Verdacht auf Lungenembolie) • keine prolongierte No-Flow-Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontraindikation zur Antikoagulation • metastasierende Grunderkrankung • vor Ereignis keine Aktivitäten des täglichen Lebens durchführbar • Komorbiditäten mit stark reduzierter Lebenserwartung oder bekannte irreversible Organversagen • fortgeschrittene COPD oder andere pulmonale Komorbiditäten • „Do-not-resuscitate/Do-not-intubate“-Status • schwerer Schlaganfall oder neurologische Beeinträchtigung

VF: Kammerflimmern; VT: Kammertachykardie; COPD: Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung.

Abbildung 5



Raumordnung präklinische Kanülierung.

ALS: Advanced Life Support; ECMO: extrakorporale Membranoxygenierung.

und Oxygenierung mit dem vorhandenen Monitoring engmaschig überwacht werden.

Weiterbehandlung im Cardiac Arrest Center

Je nach Krankenhausstruktur und Patient*in kann eine Übergabe im Schockraum, im Herzkatheterlabor oder in der Radiologie erfolgen. Im Idealfall wird das vom Cardiac Arrest Center für alle Situationen einheitlich definiert. Nach einer fokussierten Übergabe erfolgt die notwendige Diagnostik (Koronarangiographie, Computertomographie etc.) und ggf. Intervention bzw. Operation (Koronarintervention, kardiochirurgische Versorgung) oder ggf. die extrakorporale Elimination toxischer Substanzen. Nach dem Management auf Intensivstation mit standardisierter Post Resuscitation Care und Targeted Temperature Management erfolgt die Prognoseerhebung und die Definition des Therapieziels.

Zusammenfassung

Der außerklinische Herz-Kreislauf-Stillstand ist eine nicht seltene Entität in der prähospitalen Notfallmedizin. Die Leitlinien zur CPR werden regelmäßig wissenschaftlich überprüft und ange-

passt. Einen der wesentlichen Bausteine für eine erfolgreiche Reanimation stellen die qualitativ hochwertig durchgeführten Basismaßnahmen und eine möglichst kurze Herz-Kreislauf-Stillstandszeit da. Darüber hinaus ist in den letzten Jahren, für eine spezielle Patientengruppe, immer mehr das Konzept der eCPR in den Fokus gerückt, welches bei einem gut orchestrierten Ablauf und der richtigen Patientenallokation einen zusätzlichen Benefit für die Patient*innen liefern kann.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben folgende Interessenkonflikte an:

CM: German Resuscitation Council (Mitglied), European Resuscitation Council (Mitglied), Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin e. V. (Mitglied), European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (Mitglied).

OK: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin e. V. (Mitglied), European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (Mitglied).

JW: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin e. V. (Mitglied), Mitglied des Organisationskomitees des Deutschen Reanimationsregisters, Mitglied der Studienleitung der European Registry of Cardiac Arrest (EuReCa)-Studien, German Resuscitation Council (Mitglied), European Resuscitation Council (Mitglied), Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (Mitglied); keine finanziellen Interessenkonflikte.

Literatur

- Grasner JT, Wnent J, Herlitz J, et al: Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe – Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation* 2020;148:218–226
- Fischer M, Wnent J, Gräsner J-T, Seewald S, Brenner S, Bein B et al: Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2021. *Anästh Intensivmed* 2022;63:V116–V122
- Gnesin F, Moller AL, Mills EHA, et al: Rapid dispatch for out-of-hospital cardiac arrest is associated with improved survival. *Resuscitation* 2021;163:176–183
- Deakin CD: The chain of survival: Not all links are equal. *Resuscitation* 2018;126:80–82
- American Heart Association: *AHA-Leitlinien für CPR und kardiovaskuläre Notfallmedizin 2020*
- European Resuscitation Council: *ERC Guidelines 2021*
- Groß R, Böttiger BW, Thaiss HM: *Laienreanimation in Deutschland: Das Nationale Aktionsbündnis Wiederbelebung (NAWIB). Notfall Rettungsmed* 2019;22:715–722
- Riva G, Ringh M, Jonsson M, et al: Survival in Out-of-Hospital Cardiac Arrest After Standard Cardiopulmonary Resuscitation or Chest Compressions Only Before Arrival of Emergency Medical Services: Nationwide Study During Three Guideline Periods. *Circulation* 2019;139:2600–2609
- Böttiger BW, Lockey A, Aickin R, et al: Up to 206 Million People Reached and Over 5.4 Million Trained in Cardiopulmonary Resuscitation Worldwide: The 2019 International Liaison Committee on Resuscitation World Restart a Heart Initiative. *J Am Heart Assoc* 2020;9:e017230
- Wnent J, Tjelmeland I, Lefering R, et al: To ventilate or not to ventilate during bystander CPR – A EuReCa TWO analysis. *Resuscitation* 2021;166:101–109

Medical Education

Review Articles

11. Metelmann B, Schneider L, Vollmer M, et al: Anstieg der Laienreanimationsrate in Deutschland geht mit vermehrter Telefonreanimation einher. *Notarzt* 2019;35:323–328
12. Ong MEH, Shin SD, Ko PC, et al: International multi-center real world implementation trial to increase out-of-hospital cardiac arrest survival with a dispatcher-assisted cardio-pulmonary resuscitation package (Pan-Asian resuscitation outcomes study phase 2). *Resuscitation* 2022;171:80–89
13. Marung H, Lohs T, Prueckner S, et al: Telefonreanimation konsequent umsetzen: Qualitätsmanagement beim außerklinischen Kreislaufstillstand. *Notfall Rettungsmed* 2022;25:398–400
14. Scquizzato T, Belloni O, Semeraro F, et al: Dispatching citizens as first responders to out-of-hospital cardiac arrests: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med* 2022;29:163–172
15. Semeraro F, Greif R, Böttiger BW, et al: European Resuscitation Council Guidelines 2021: Systems saving lives. *Resuscitation* 2021;161:80–97
16. Oving I, Masterson S, Tjelmeland IBM, et al: First-response treatment after out-of-hospital cardiac arrest: a survey of current practices across 29 countries in Europe. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2019;27:112
17. Baldi E, Grieco NB, Ristagno G, et al: The Automated External Defibrillator: Heterogeneity of Legislation, Mapping and Use across Europe. New Insights from the ENSURE Study. *J Clin Med* 2021;10:5018
18. Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al: Erweiterte lebensrettende Maßnahmen für Erwachsene. *Notf Rett Med* 2021; 24:406–446
19. Pilarczyk K, Michels G, Wolfrum S, Trummer G, Haake N: Extrakorporale kardiopulmonale Reanimation (eCPR). *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2022;117:500–509
20. Lott C, Truhlar A: Cardiac arrest in special circumstances. *Curr Opin Crit Care* 2021;27:642–648
21. Boeken U, Assmann A, Beckmann A, et al: Extracorporeal Circulation (ECLS/ECMO) for Cardio-circulatory Failure-Summary of the S3 Guideline. *Thorac Cardiovasc Surg* 2021;69:483–489
22. Richardson ASC, Tonna JE, Nanjappa V, et al: Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. Interim Guideline Consensus Statement From the Extracorporeal Life Support Organization. *ASAIO J* 2021;67:221–228
23. Debaly G, Babaz V, Durand M, et al: Prognostic factors for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation recipients following out-of-hospital refractory cardiac arrest. A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2017;112:1–10
24. Wengenmayer T, Rombach S, Ramsborn F, et al: Influence of low-flow time on survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR). *Crit Care* 2017;21:157
25. Bougouin W, Dumas F, Lamhaut L, et al: Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: a registry study. *Eur Heart J* 2020;41:1961–1971
26. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, et al: Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet* 2020;396:1807–1816
27. Belohlavek J, Smalцова J, Rob D, et al: Effect of Intra-arrest Transport, Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, and Immediate Invasive Assessment and Treatment on Functional Neurologic Outcome in Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2022;327:737–747
28. Schmitzberger FF, Haas NL, Coute RA, et al: ECPR(2): Expert Consensus on Percutaneous Cannulation for Extracorporeal CardioPulmonary Resuscitation. *Resuscitation* 2022;179:214–220
29. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C, et al: Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNI, DGAI, DIVI and GRC. *Clin Res Cardiol* 2019;108:455–464
30. Magnet I, Poppe M: Extracorporeal resuscitation-criteria, prerequisites, outcome: A reality check. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2022;117(5):325–332
31. Boeken U, Ghanem A, Michels G et al: Extrakorporale Reanimation – Kriterien, Bedingungen, Outcome. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2021;116:56–58
32. Michels G, Poss J, Thiele H: ERC Leitlinien 2021 zur kardiopulmonalen Reanimation. *Herz* 2022;47:4–11
33. Pierre MS, Hofinger G: Human Factors und Patientensicherheit in der Akutmedizin. Springer-Verlag GmbH Deutschland; 4. Aufl. 2020
34. Mathieu JE, Heffner TS, Goodwin GF, Salas E, Cannon-Bowers JA: The influence of shared mental models on team process and performance. *J Appl Psychol* 2000;85:273–283
35. Seewald S, Obermaier M, Lefering R, et al: Application of mechanical cardiopulmonary resuscitation devices and their value in out-of-hospital cardiac arrest: A retrospective analysis of the German Resuscitation Registry. *PLoS One* 2019;14:e0208113.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med. Camilla
Metelmann, D.E.S.A.**

Klinik für Anästhesie, Intensiv-,
Notfall- und Schmerzmedizin
Universitätsmedizin Greifswald
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald, Deutschland

E-Mail: camilla.metelmann@uni-greifswald.de

ORCID-ID: 0000-0002-6145-9021