

Notfall Rettungsmed 2019 · 22:124–135  
<https://doi.org/10.1007/s10049-019-0568-2>  
 Online publiziert: 13. Februar 2019  
 © Der/die Autor(en) 2019

**Redaktion**

B. Gliwitzky, Maikammer  
 E. Popp, Heidelberg



CrossMark

D. Damjanovic<sup>1,4,6,7</sup> · B. Gliwitzky<sup>2,3,4,6</sup> · M. Deppe<sup>3,4,5,6</sup> · C. Benk<sup>1,4,6,7</sup> · G. Trummer<sup>1,4,6,7</sup> ·  
**Arbeitsgemeinschaft prähospitale eCPR Freiburg**

<sup>1</sup> Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland, Freiburg, Deutschland

<sup>2</sup> MegaMed GbR, Maikammer, Deutschland

<sup>3</sup> GRC Akademie GmbH, Bellheim, Deutschland

<sup>4</sup> Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e. V., Ulm, Deutschland

<sup>5</sup> Klinik für Innere Medizin und internistische Intensivmedizin, Ev. Krankenhaus Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

<sup>6</sup> Arbeitsgruppe eCPR/ECMO Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e. V., Ulm, Deutschland

<sup>7</sup> Arbeitsgemeinschaft prähospitale eCPR Freiburg, Freiburg, Deutschland

# eCPR bei prähospitalem therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand

## Praktische Umsetzung im Rettungsdienst und Wissenswertes für Nicht-ECMOlogen

### Zusatzmaterial online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s10049-019-0568-2>) enthält eine Tabelle mit Beispielen für antizipierbare Prozessprobleme, Lösungsansätze und Verantwortlichkeiten bei der Planung, Implementierung und Umsetzung eines eCPR-Programms für Patienten mit therapierefraktärem prähospitalem Herz-Kreislauf-Stillstand. Beitrag und Zusatzmaterial stehen Ihnen im elektronischen Volltextarchiv auf <http://www.springermedizin.de/notfall-und-rettungsmedizin> zur Verfügung. Sie finden das Zusatzmaterial am Beitragsende unter „Supplementary Material“.

### Einleitung

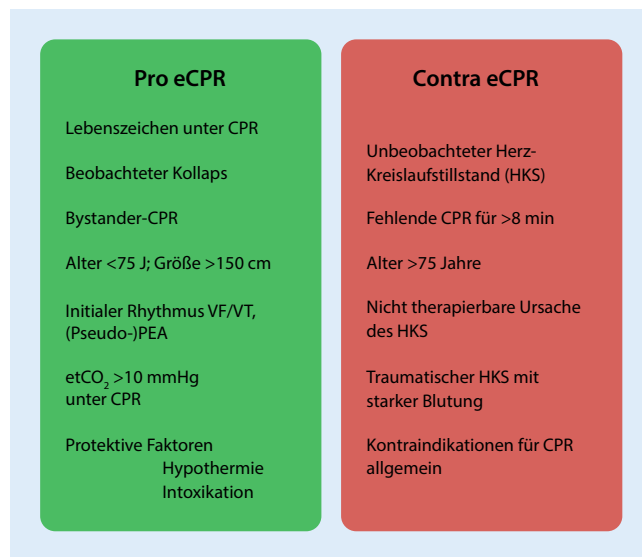
Die extrakorporale Kardiopulmonale Reanimation (eCPR) ist eine technisch anspruchsvolle Therapiealternative bei refraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand (HKS) im innerklinischen und zunehmend auch prähospitalen Umfeld.

Ihr Nutzen ist abhängig vom frühestmöglichen Einsatz. Diesen zu ermöglichen, ist neben medizinischen Aspekten auch eine große organisatorische Herausforderung für die Anwender und das

örtliche Rettungssystem. In Deutschland besteht zudem prähospital die spezielle Situation eines arztbasierten Rettungsdienstsystems. Dies bedingt, dass sich im Falle eines prähospitalen eCPR-Einsatzes zwei arztbasierte Teams ad hoc synchronisieren müssen und auf engem Raum (z. B. Patientenwohnung, öffentlicher Raum) und unter erschwerten Bedingungen (Reanimationssituation, un-

sterile Verhältnisse, mangelnde Beleuchtung, Wettereinflüsse, Informationsdefizit) effizient zusammenarbeiten müssen.

Dabei bestehen durch die höhere Invasivität der Maßnahmen, z. B. durch die erforderliche Kanülierung von zentralen Gefäßen, zum einen methodenimmanente Risiken. Zum anderen besteht aber auch die Gefahr, dass durch eine Fokussierung auf die invasiven Maßnahmen



**Abb. 1** ◀ Beispiel für Pro- und Kontra-Kriterien als Entscheidungshilfe bei der gemeinsamen Indikationsstellung zur extrakorporalen kardiopulmonalen Reanimation (eCPR). HKS Herz-Kreislauf-Stillstand

**Tab. 1** Einsatz von Hilfsmitteln (Ultraschall, mechanische Reanimationshilfen) im Kontext der Reanimation [2, 15]

Hilfsmittel	Anwendungsart	Rolle in der Reanimation	Zu beachten
Point of Care Ultraschall	FEEL-Protokoll	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beurteilung der kardialen Funktion</li> <li>– Evaluation reversibler Ursachen</li> <li>– Therapiesteuerung</li> </ul>	Gefahr der Verlängerung von Unterbrechungen der Thoraxkompressionen
	eFAST-Protokoll	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluation nicht sichtbarer Verletzungen</li> <li>– Evaluation CPR-induzierter Verletzungen</li> <li>– Unterstützt Indikationsstellung für invasive Maßnahmen</li> </ul>	Beinhaltet nicht die Untersuchung der parenchymatösen Organe/des Retroperitoneums
	Steuerung invasiver Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entlastungspunktionen</li> <li>– Gefäßkanülierung für eCPR</li> <li>– Lagekontrolle Führungsdraht/Kanüle bei eCPR</li> <li>– Therapiekontrolle bei eCPR</li> </ul>	Zum Teil steriles Vorgehen/Assistenz erforderlich
	ABC-Approach	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Unterstützung bei ABCDE, z. B. Airway-Management, Tubuslagekontrolle</li> </ul>	–
Mechanische Reanimationshilfen	Mechanische CPR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– „Cognitive off-loading“, kognitive Entlastung</li> <li>– Physische Entlastung des Teams bei prolongierter Reanimation</li> <li>– Erleichterung der CPR unter beengten Platzverhältnissen (vor Ort/Hubschraubertransport)</li> <li>– Ermöglicht Transport unter CPR</li> <li>– Ermöglicht Diagnostik unter CPR</li> <li>– Vermindert notwendige Wechsel bei den Thoraxkompressionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anwendung technisch anspruchsvoll, muss sicher beherrscht werden</li> <li>– Verschiedene Ausführungen, Unterschiede in der Handhabung</li> <li>– Gefahr der Verlängerung von Unterbrechungen der Thoraxkompressionen</li> <li>– Gefahr CPR-induzierter Verletzungen</li> <li>– Nach aktueller Evidenzlage nicht besser als manuelle CPR</li> <li>– Engmaschige Druckpunkt-, Lage- und Effektivitätskontrolle erforderlich</li> </ul>

*FEEL* Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support, *eFAST* extended Focused Assessment with Sonography in Trauma (beides Ultraschallprotokolle), *eCPR* extrakorporale kardiopulmonale Reanimation

eine Verschlechterung der Versorgungsqualität beispielsweise durch Vernachlässigung der Basismaßnahmen (hochqualitative Thoraxkompressionen), Verlängerung von Unterbrechungen bei den Thoraxkompressionen bei Anwendung technischer Hilfsmittel sowie durch andere Anforderungen an den Transport der Patienten droht. Da nur in wenigen Rettungsdienstbereichen eine prähospitaler Zubringung der eCPR zum Patienten an-

geboten wird, bekommt die Abwägung, ob eine Fortsetzung oder Einstellung der Maßnahmen vor Ort *versus* Transport unter Reanimation geschehen soll, ein ganz neues Gewicht.

Obwohl die eCPR in den europäischen und amerikanischen Leitlinien Bestandteil der Therapieempfehlungen ist, lassen sich im Umfeld der eCPR an den Schnittstellen zum etablierten Advanced Life Support (ALS) regelmäßig Unsicher-

heiten und inkongruente Prozesse erkennen. Diese betreffen beispielsweise Ausrüstung, Ressourceneinsatz und Personalvorhaltung, aber auch Themenbereiche wie Patientenauswahl, Raumordnung am Einsatzort sowie das Zusammenspiel der ALS- und eCPR-Teams. Neben den medizinischen Aufgaben haben Training und Simulation auch für strukturelle und organisatorische Erwägungen eine zentrale Rolle erlangt, die über einzelne Task-Trainings deutlich hinausgehen und Einfluss auf die gesamte Prozessqualität haben.

### » Der Nutzen einer eCPR bei einem therapierefraktären HKS ist abhängig vom frühestmöglichen Einsatz

Eine übersichtliche, deutschsprachige Darstellung zu Konzept, Aufbau, Funktion und Therapiesteuerung von eCPR ist bereits 2016 von Supady et al. in dieser Zeitschrift erschienen [17].

Eine Gruppe internationaler Autoren veröffentlichte 2018 einen Artikel, in dem sie die „Beste Praxis“ bezüglich eCPR auf Basis der aktuell verfügbaren Evidenz und des in erfahrenen Zentren gängigen Vorgehens bei außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand (OHCA) zusammengefasst hat [8]. Mit dem Thema befasste deutsche Fachgesellschaften haben kürzlich ein Konsensuspapier herausgegeben, das darüber hinaus sehr detaillierte Rahmen- und Strukturempfehlungen enthält [11].

Die Evidenzlage bezüglich eines Nutzens von eCPR deutet daraufhin, dass die eCPR in ausgewählten Fällen von therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand zu einer Erhöhung der Rate neurologisch intakten Überlebens führt. Die Reanimationsleitlinien formulieren dazu: „[eCPR] soll erwogen werden [...]“ [14]. Die zugrunde liegende Literatur hierzu ist jedoch sehr heterogen, die Vergleichbarkeit ist limitiert. Ein aktueller systematischer Review zweier International-Liaison-Committee-on-Resuscitation (ILCOR)-Task-Forces legt dies ausführlich dar [7]. Eine eingehendere Diskussion der Datenlage zum

Notfall Rettungsmed 2019 · 22:124–135 <https://doi.org/10.1007/s10049-019-0568-2>  
 © Der/die Autor(en) 2019

D. Damjanovic · B. Gliwitzky · M. Deppe · C. Benk · G. Trummer · Arbeitsgemeinschaft prähospital eCPR Freiburg

## eCPR bei prähospitaler therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand. Praktische Umsetzung im Rettungsdienst und Wissenswertes für Nicht-ECMOlogen

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Die extrakorporale kardiopulmonale Reanimation (eCPR) ist Bestandteil der ERC-Reanimationsleitlinien 2015. Mit zunehmender Verfügbarkeit dieser Therapieoption besteht bei medizinischem Fachpersonal, das regelhaft in erweiterte Reanimationsmaßnahmen eingebunden ist, jedoch Unsicherheit hinsichtlich medizinischer und organisatorischer Fragen zur praktischen Umsetzung im konkreten Einsatzfall. Für die Einbindung in bereits etablierte Reanimationsabläufe im Sinne der Leitlinien existieren jedoch keine detaillierten, einheitlichen Vorgaben.

**Methodik.** Neben aktueller Literatur mit Fokus auf Leitlinien und Übersichtsarbeiten zur aktuell gängigen Praxis der eCPR wurden eigene Erfahrungen bei der Entwicklung und Implementierung eines prähospitalen eCPR-Programms berücksichtigt, einschließlich

der Rückmeldungen des beteiligten Rettungsdienstpersonals. Schließlich wurden geeignete Internet-Ressourcen zur Erläuterung und Veranschaulichung der Prozessschritte recherchiert.

**Ergebnis.** Fragen zu 7 Themenbereichen wurden identifiziert: Patientenselektion, Entscheidungszeitpunkt, Alarmierung des eCPR-Teams, Anpassung des medizinischen Vorgehens, Teamarbeit, Management an der eCPR, Schulung und Training. Die Rechercheergebnisse wurden entsprechend zugeordnet. Neben wenigen Anpassungen des medizinischen Managements stehen für Notarzt und das Rettungsfachpersonal in der prähospitalen Umgebung organisatorische und logistische Fragen im Vordergrund.

**Diskussion.** Um den größtmöglichen Nutzen der eCPR für Patienten mit außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand (OHCA) zu errei-

chen, stehen prähospital einsatztaktische Überlegungen im Vordergrund, die durch Planung und klare Absprachen vorbereitet sein sollten. Für das Rettungsteam, das die Reanimation durchführt, ändert sich beim medizinischen Vorgehen zunächst wenig, ALS-konforme qualitativ hochwertige Reanimationsmaßnahmen mit exzellenten Thoraxkompressionen bleiben der wichtigste Grundpfeiler. Die Kanülierung wird vom eCPR-Team übernommen.

### Schlüsselwörter

Extrakorporale kardiopulmonale Reanimation · Training · Reanimation · Therapierefraktärer Herz-Kreislauf-Stillstand · Advanced Life Support

## eCPR for refractory out-of-hospital cardiac arrest. Practical implementation for emergency medical services, and what the non-ECMOlogist should know

### Abstract

**Background.** Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) is part of the 2015 ERC-ALS (European Resuscitation Council–Advanced Life Support) guidelines. However, with an increasing use of this therapeutic option for patients in refractory cardiac arrest, considerable uncertainties exist among ALS providers who are not experts in extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). Beyond systematic reviews, best practice publications and position statements providing a conceptual framework, no detailed practical guidelines related to medical management, logistic issues and the ALS-compliant integration of eCPR into the resuscitation process are available.

**Methods.** The recent literature has been reviewed with a focus on guidelines, recommendations and reviews of current

practice. Our own experience with the design and implementation of a prehospital eCPR program, including interviews with prehospital emergency service providers is considered. Furthermore, audiovisual online resources were identified and added, in order to support understanding of the task alignment during eCPR.

**Results.** Seven core topics were identified: Patient selection, time of decision, alerting of the eCPR teams, adjustment of medical management, team work, management on pump and training. Whereas only little change is necessary to medical management prior to eCPR, logistic considerations are major issues especially in the prehospital setting. Significant uncertainty arises from the fact that eCPR as a method is little known to many non-ECMOlogist ALS providers.

**Discussion.** To achieve the highest possible benefit for out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) patients using eCPR, tactical considerations for the prehospital setting should be structured and communicated clearly in advance. In medical management, ALS-compliant high-quality CPR is still paramount. Cannulation is provided by the eCPR team. Areas of uncertainty should be addressed by knowledge dissemination and transfer as well as a structured training program including multimedia resources.

### Keywords

Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation · Extracorporeal membrane oxygenation · Training · Refractory cardiac arrest · Advanced Life Support

grundsätzlichen Pro und Kontra eCPR liegt außerhalb des Rahmens des vorliegenden Artikels.

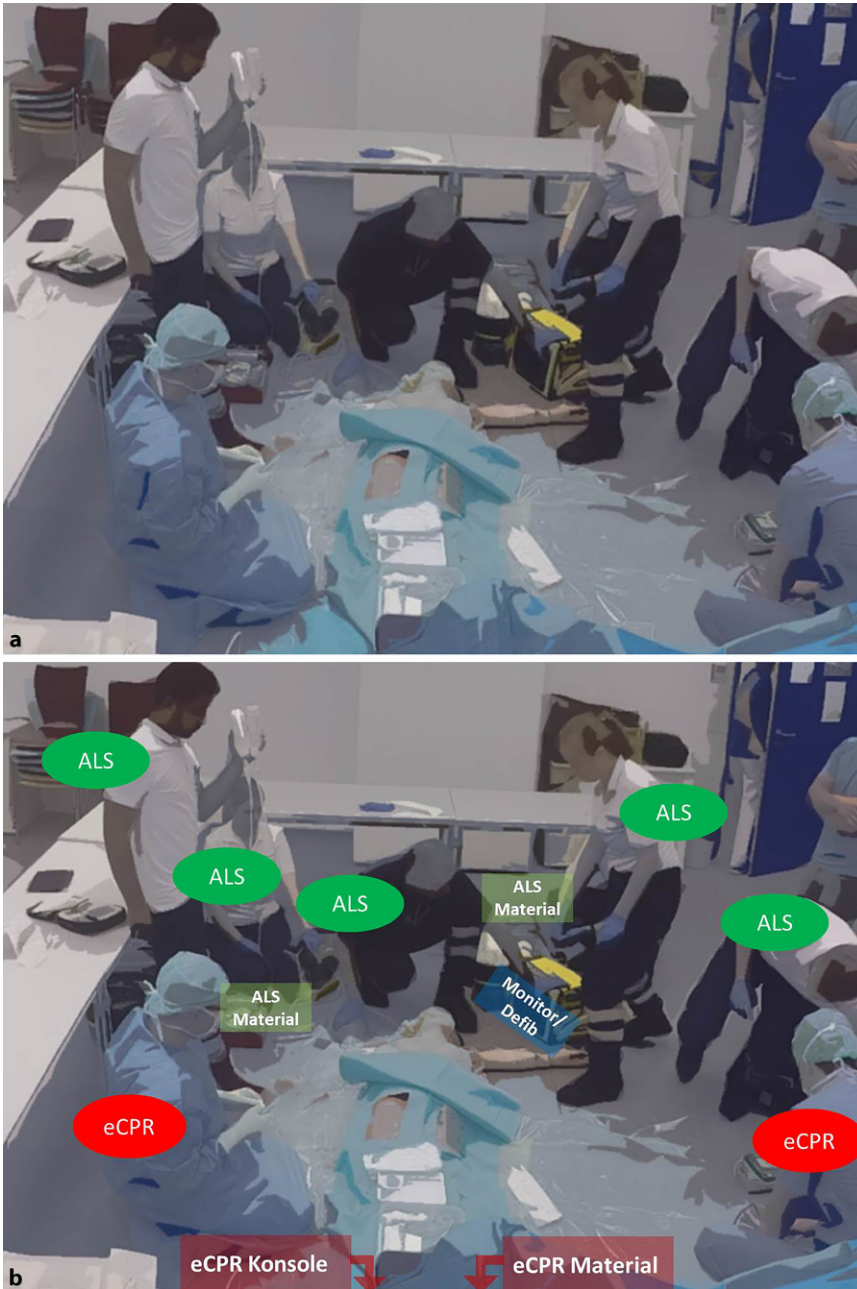
Vielmehr werden im Weiteren die oben genannten prozeduralen Aspekte auf das hiesige Rettungssystem bezogen praxisrelevant erörtert und mögliche

Lösungsansätze und Hilfestellungen diskutiert, die stellenweise bereits in die Praxis umgesetzt wurden.

Auf folgende Leitfragen soll dabei besonders eingegangen werden:

1. Welche Patienten kommen für eCPR in Frage?

2. Was ist der richtige Zeitpunkt zur Entscheidung zu eCPR und wann macht ein Transport unter Reanimation zur eCPR-Etablierung in der Klinik Sinn?
3. Wann und wie wird ein eCPR-Team alarmiert?



**Abb. 2** ▲ **a** Ausschnitt aus einem Simulationsszenario. **b** Raumaufteilung von Personal und Material. ALS Advanced Life Support. Teammitglieder des Reanimationspersonals, das den ALS-Teil betreut, hier Notarzt und Rettungsdienstpersonal. eCPR extrakorporale kardiopulmonale Reanimation. Teammitglieder des eCPR-Teams. Am Szenario beteiligt, aber hier nicht mit abgebildet sind unter anderem Kardiotechniker und weitere ALS-Teammitglieder sowie Mimen Angehöriger

4. Wie verändert die Entscheidung zu eCPR mein weiteres medizinisches Vorgehen (ALS-Algorithmus)?
5. Wie läuft die eCPR ab? Wie arbeite ich mit dem eCPR-Team zusammen? Was sind Aufgaben des ALS-Teams (Rettungsdienst/Notfallmediziner/[Fach-]Pfleger) während der Etablierung der eCPR?
6. Das eCPR-Verfahren läuft – was dann?
7. Wie kann man sich sinnvoll auf einen Einsatz mit eCPR vorbereiten?

## 1. Welche Patienten kommen für eCPR in Frage und welche nicht?

Die Maßnahmen im Umfeld des Symptomenkomplexes CPR in Kombination mit der verhältnismäßig neuen, aber noch wenig verbreiteten Option der eCPR sind bisher in der Literatur nur unzureichend beschrieben [7].

Die Leitlinien formulieren als *erfolgsbestimmende Parameter*: „Die Dauer von Standard-CPR vor dem Einsatz von eCPR und die Auswahl der Patienten“ [14].

Zur Patientenauswahl existieren keine wissenschaftlich rigoros validierten, einheitlichen Kataloge. Es liegen jedoch als Beispiel Indikationslisten einiger Rettungssysteme mit inzwischen langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet der eCPR vor, die bei der Entscheidungsfindung angewendet werden können.

Allein durch die Tatsache, dass strukturiert vorgegangen, also ein Standard oder Protokoll verwendet wird, und dass eine rigorose Patientenauswahl erfolgt, können Prozesszeiten verbessert und Überlebensraten gesteigert werden [3, 6, 9]. Auch hier ist bezüglich der Vergleichbarkeit von Daten jedoch anzumerken, dass die Endpunkte in der Literatur unterschiedlich definiert sind, und mit *Überlebensrate* nicht immer nur *neurologisch günstiges Überleben* gemeint ist, was eine Interpretation erschwert. Nähere und sehr ausführliche Darstellungen finden sich im oben genannten deutschsprachigen Konsensuspapier von Michels et al. [11] sowie dem aktuellen ILCOR-Review von Holmberg et al. [7]. Daher verzichten die Autoren zu diesem Punkt bewusst auf die Darstellung und Diskussion einzelner Zahlenwerte und Studienergebnisse. Die genannten Arbeiten unterstreichen aber in jedem Fall die Wichtigkeit von Prozessaspekten bei der praktischen Umsetzung dieser komplexen Therapiealternative und deren Auswirkung auf das Behandlungsergebnis.

Ungeachtet dessen ist die Würdigung der patientenindividuellen und situativen Umstände durch das behandelnde Notfallteam ein wesentlicher Faktor in der Entscheidung für oder gegen eine eCPR. Die nachfolgend aufgeführten



**Tab. 2** ABCDE-Ansatz nach Etablierung der extrakorporalen kardiopulmonalen Reanimation (eCPR)

System	Check	Anmerkung
A Atemweg	Falls noch kein definitiver Atemweg etabliert werden konnte, bietet sich dies unter dem Schutz der extrakorporalen Zirkulation und unter stabilen Bedingungen an	Auf schaumiges Sekret/andere Zeichen einer Lungenstauung achten. Dies ist eine wichtige Information für das eCPR-Team Der etCO <sub>2</sub> ist weiterhin ein wichtiger Parameter, engmaschiges Monitoring und Dokumentation sind wichtig
B Beatmung	Bei fehlender/insuffizienter Eigenaktion des Herzens werden Oxygenierung und Ventilation komplett über den extrakorporalen Kreislauf gesteuert. Bei suffizientem Monitoring kann gemäß den Empfehlungen zur Postreanimationsversorgung bereits hier eine organprotektive Therapie mit Titration von FiO <sub>2</sub> und lungenprotektiver Ventilation begonnen werden Bei Wiedereinsetzender eigener Herzaktion ist besonders auf eine suffiziente Ventilation und Oxygenierung auch über das Beatmungsgerät zu achten Das Pulsoxymeter sollte an der rechten Hand oder dem rechten Ohrläppchen angebracht werden	Es gibt keine belastbare Datenbasis zur Beatmung nach eCPR Mitunter kommen Beatmungsregime aus der Kardioanästhesie zum Einsatz Bei Problemen mit der ECC sollte die konventionelle Beatmung als Rückfallebene dienen können, daher behalten manche Autoren statt einer ultraprotektiven Beatmung das normale Tidalvolumen bei
C Kreislauf	Eine Komplettierung des Kreislaufmonitorings mit Blutdruckmessung, EKG und Wiederholung der Sonographie ist anzustreben. Die Platzierung einer invasiven Blutdruckmessung erfolgt selten prähospital, ist aber grundsätzlich machbar und in diesem Fall sehr hilfreich Häufig ist eine zusätzliche Volumengabe erforderlich Bei suffizienter Blutdruckmessung kann auch eine Titration von Vasopressoren erfolgen Unter der verbesserten Perfusion hat eine Defibrillation bessere Erfolgchancen, so dass nun ein erneuter Versuch erfolgen kann	Manche Autoren geben in Annahme einer Vasodilatation auch ohne RR-Messung eine Basisrate, z. B. über eine Noradrenalin-Basisinfusion Auf Inotropika kann bis auf Ausnahmefälle zunächst verzichtet werden Bei erneutem Defibrillationsversuch auf sichere Teamkommunikation und insbesondere Sicherung der Kanülen achten
D Neurologie	Die klinisch-neurologische Überwachung erfolgt wie in der Post-Reanimationsbehandlung üblich Wo verfügbar, wird frühzeitig Nah-Infrarot-Spektroskopie verwendet Analgesedierung bzw. Notfallnarkose können wie üblich erfolgen. Für die neurologische Überwachung empfiehlt sich die Verwendung kurzwirksamer Substanzen Die extrakorporale Zirkulation macht eine Antikoagulation notwendig. Dies kann zusammen mit einer erworbenen Koagulopathie zu Blutungen führen	Bei der Medikamentendosierung ist ein größeres intravasales Volumen und die Adsorption von Medikamenten an den Oberflächen des Perfusionssystems zu beachten
E Exposition	Für die weitere Anpassung der Therapie ist eine frühzeitige weitere Point-of-Care Diagnostik hilfreich Bei der Transportplanung sollte dies mit berücksichtigt werden (z. B. Aufnahme über Schockraum, direkt CT)	–


Selektionskriterien sind daher nicht als absolut einzustufen, sondern dienen in diesen Situationen als flankierende Entscheidungshilfe (▣ **Abb. 1**).

## 2. Was ist also der richtige Zeitpunkt zur Entscheidung zu eCPR und wann macht ein Transport unter Reanimation für eCPR-Etablierung in der Klinik Sinn?

Einerseits kann ein zu früher Transport unter Reanimation die Überlebenschancen verschlechtern, da ein Transport unter laufender Reanimation zusätzliche Risiken birgt. Diese sind beispielsweise

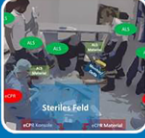
verlängerte No-flow-Zeiten durch Unterbrechungen der Thoraxkompressionen, Zeitverlust durch technische Rettung mit Ausdehnung der Low-flow-Zeiten oder ein Verrutschen der Reanimationshilfe. Hinzu kommen Sicherheitsrisiken für das Rettungsteam bei Fortführung einer manuellen Thoraxkompression unter Transportbedingungen. Daher wird letztere zunehmend als Ultima Ratio und nur nach strenger Nutzen-Risiko-Abwägung durchgeführt. Mit zunehmender Verfügbarkeit mechanischer Reanimationshilfen werden diese Gefahren jedoch vermindert und ein Transport unter Reanimation zumindest technisch ermöglicht.

Andererseits kann aber auch ein zu später Übergang von konventioneller zur extrakorporalen CPR deren potenzielle Vorteile verringern oder zunichte machen. In diesem Zusammenhang liegt daher besonderes Augenmerk auf dem Zeitraum zwischen Indikationsstellung und nachfolgender Alarmierung eines eCPR-Teams bis zur endgültigen Implementierung von eCPR. Frühzeitige Evaluation des Patienten und der Gesamtsituation, Entscheidungsfindung und die möglicherweise darauffolgende Alarmierung eines eCPR-Teams sind daher wichtige Elemente in der Organisation des Gesamtprozesses.




### Gesamtleitung bleibt beim Notarzt

- **ALS nach Standard**
- **Evaluation** und Indikationsstellung erfolgt gemeinsam
- Hauptkommunikation: **Teamleader ALS- Teamleader eCPR**
- **Timeouts** siehe Rückseite




### Besonderheiten Lagerung

- Für genügend Platz sorgen
- Beide Arme auslagern (Zugangsmöglichkeit)
- Sterilen Bereich nicht betreten (blaue Abdeckung!)



### Besonderheiten Behandlung

- Großzügige Indikation zur endotrachealen Intubation
- Erwäge **Sedierung** (Spontanbewegungen unter CPR!)
- **Defibrillationen** während Kanülierung und an eCPR nach Rücksprache



### Nach Anlaufen der eCPR („Maschine läuft“)

- STOP manuelle/mechanische CPR
- Weiteres Vorgehen nach ABCDE (s. Rückseite)

**Abb. 3 ▲** Beispiel für eine Checkliste für das ALS-Team, um Zusammenarbeit und Kommunikation mit dem eCPR-Team zu unterstützen. ALS Advanced Life Support, eCPR extrakorporale kardiopulmonale Reanimation

Mehrere Arbeiten zum natürlichen Verlauf und zum Überleben mit guter neurologischer Erholung nach einem therapierefraktären außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstand haben sich mit folgenden Fragen befasst [9, 12]:

- Wieviel Zeit sollte man bei der Behandlung einräumen, um mit konventionellen Reanimationsmaßnahmen vor Ort einen ROSC (Return of Spontaneous Circulation) zu erreichen?
- Wie sind die Chancen auf ein neurologisch günstiges Überleben mit zunehmender Low-flow-Zeit, also Reanimationsdauer unter konventionellen Maßnahmen?
- Wann sind mit konventioneller Reanimation die Chancen so gering, dass sie nur durch Inkaufnahme des Risikos eines Transports unter CPR oder Etablierung einer eCPR verbessert werden können?

Diese Arbeiten zeigen, dass die Chancen auf ein Überleben mit guter neurologischer Erholung (häufig genutzter Begriff *neurologisches Outcome*) mit zunehmender CPR-Dauer drastisch abnehmen. So ist beispielsweise bei normothermen Patienten ab einer Reanimationsdauer von ca. 20 min nur bei einem sehr geringen Anteil der Patienten mit einem neurologisch günstigen Überleben zu rechnen [9, 12].

Beobachtungsstudien zu eCPR erbrachten zudem Hinweise, dass auch für eCPR analog zum Management von Traumapatienten eine „golden hour“ anzunehmen ist, die einen frühzeitigen Einsatz der eCPR nahelegt. Als orientierender Richtwert sollte daher nicht mehr als eine Stunde zwischen Kollaps und Beginn der eCPR vergehen [11]. Mit *Beginn* ist dabei bereits der Start der Reperfusion mittels des extrakorporalen Ersatzkreislaufs gemeint.

**Wichtig.** Damit der Patient von der eCPR profitieren kann, ist eine frühzeitige Entscheidungsfindung unverzichtbar. Gleichzeitig sollen alle Chancen ausgeschöpft werden, mit den konventionellen ALS-Maßnahmen einen ROSC zu erzielen.

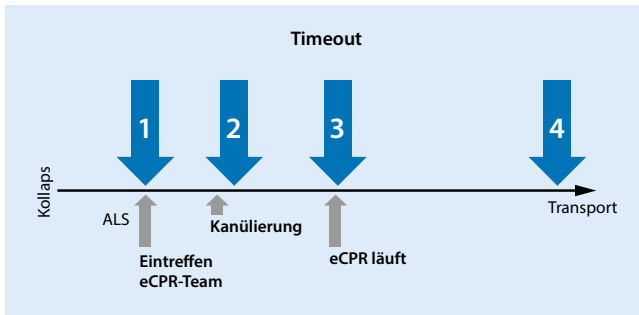
Hierfür sind entscheidend:

- von Beginn an eine qualitativ hochwertige, leitliniengerechte Reanimation durchzuführen;
- entscheidungsrelevante Informationen zuverlässig mit zu erfassen: beginnend mit der Notrufabfrage und fortführend durch das Rettungsteam vor Ort; eine einfach zu erhebende Checkliste kann hier hilfreich sein;
- frühzeitig an die Option einer eCPR zu denken;
- spätestens nach 15–20 min die Entscheidung pro oder kontra eCPR zu fällen;
- es sollten maximal 60 min zwischen Kollaps und laufender eCPR mit einem funktionierenden extrakorporalen Ersatzkreislauf verstreichen.

### 3. Wann und wie wird ein eCPR-Team alarmiert?

eCPR ist eine Kombination mehrerer komplexer Therapieverfahren und Prozessabläufe, sodass ein hohes Maß an spezifischer Expertise der Teammitglieder erforderlich ist. Aus diesem Grund setzt sich das eCPR-Team idealerweise aus entsprechend qualifizierten Ärzten und Kardiotechnikern zusammen, die in ihrer täglichen Routine engmaschig im Bereich Intensivmedizin/Notfallmedizin sowie extrakorporaler Zirkulation tätig sind.

Das weitere Vorgehen hängt davon ab, ob eCPR prähospital verfügbar ist oder ob der Patient unter laufender Reanimation in ein Zentrum gebracht werden soll, in dem dann eCPR etabliert werden kann. Die Rationale, eCPR prähospital anzubieten, ist dem Umstand geschuldet, dass durch lange technische Rettungs- und Transportzeiten ansonsten eine frühzeitige Etablierung der eCPR innerhalb der geforderten 60 min ab Kollaps kaum zu erreichen ist. An dieser Stelle wird nun klar, dass die Alarmierung eines eCPR-Teams erst nach 20 min laufender prähos-



**Abb. 4** ▲ Beispiel zur Verteilung von wichtigen Zeitpunkten und Timeouts im Einsatzverlauf ab Eintreffen des eCPR-Teams (Ersteindruck, Informationsaustausch der beiden Teams, gemeinsame Indikationsstellung) über die Kanülierung (vor Dilatation der Gefäße), Start der extrakorporalen Zirkulation (ABCDE-Ansatz) sowie nach Abschluss der Transportvorbereitung. eCPR extrakorporale kardiopulmonale Reanimation, ALS Advanced Life Support

pitaler Reanimation bereits zu spät sein kann, um den oben genannten Zeitvorteil für den Patienten nutzbar zu machen. Wie eine frühzeitige Alarmierung und Zubringung des eCPR-Teams vor Ort umzusetzen ist, orientiert sich stark an den lokalen Gegebenheiten des jeweiligen Rettungsdienstbereichs. Eine Möglichkeit ist die Disposition via Rettungsleitstelle bei bestätigter Reanimation im Rahmen der Erstrückmeldung durch das Rettungsteam vor Ort.

#### 4. Wie verändert die Entscheidung zu eCPR mein weiteres medizinisches Vorgehen (ALS-Algorithmus)?

Bis zur Etablierung der eCPR ändert sich prinzipiell nichts am medizinischen Vorgehen. Das Rettungsteam sollte wie gewohnt eine qualitativ hochwertige CPR unter Anwendung aller erweiterten Maßnahmen gemäß universellem Behandlungsalgorithmus des ERC (European Resuscitation Council) durchführen. Allerdings wird in der Praxis der Autoren des vorliegenden Artikels bereits vor der Kanülierung die Indikation zu Analgosedierung, Relaxierung sowie erweitertem Atemwegsmanagement durch den Notarzt großzügig gestellt, vor allem um Spontanbewegungen während der vulnerablen Phase der Kanülierung unbedingt zu vermeiden. Im Kontext der eCPR kommt sowohl der Sonographie, als auch der mechanischen CPR eine zusätzliche Bedeutung zu. Ultraschall-

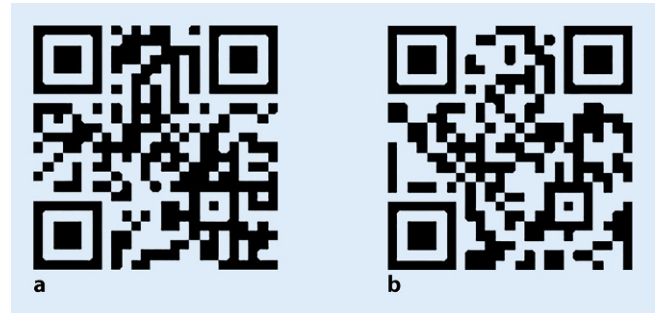
kenntnisse auf Seiten des ALS-Teams können noch nicht flächendeckend vorausgesetzt werden, sind hier aber von großem Vorteil (■ **Tab. 1**).

Von einigen Gruppen wird für das ALS-Team/den Notarzt vorgegeben, die Adrenalingabe auf eine maximale kumulative Dosis von z. B. 5 mg zu beschränken, sobald die Entscheidung zur eCPR gefällt ist. Auch auf weitere Defibrillationen eines therapierefraktären Kammerflimmerns wird dann verzichtet. Hintergrund dieses Vorgehens ist die Vermeidung einer weiteren Schädigung des Myokards [8, 9].

#### 5. Wie läuft die eCPR ab? Wie arbeite ich mit dem eCPR-Team zusammen? Was sind Aufgaben des ALS-Teams während der Etablierung der eCPR? Worauf ist besonders zu achten?

Informationen zur technischen Funktionsweise der eCPR und zum prinzipiellen Ablauf finden sich bei Supady et al. [17]. Videobeispiele im Internet finden sich unter den mit QR-Code hinterlegten Links (s. ■ **Abb. 7**).

Grundsätzlich bestehen zwei Optionen: Entweder erfolgt der Transport unter mechanischer CPR in eine geeignete Klinik, z. B. in ein entsprechendes Cardiac Arrest Center über den Schockraum oder direkt in das Herzkatheterlabor, um dann dort die eCPR zu etablieren. Die alternative Option ist, das eCPR-Team direkt zum Notfallort zu bringen. Das



**Abb. 5** ▲ QR-Codes: a Online-Beispiel für Role Cards (Alfred Intensive Care Unit, Melbourne, Australien). b Konferenzmitschnitt mit Simulationsszenario und Kommentar zur Erarbeitung der Role Cards in wiederholten Simulationen

Thema Risiken und Komplikationen eines Transports unter manueller oder mechanischer Reanimation geht, außer den unter Punkt 2 genannten Teilaspekten, über den begrenzten Rahmen des vorliegenden Artikels hinaus. Sie können sich jedoch relevant auf den Gesamtzustand des Reanimationspatienten und damit seine Eignung für eCPR auswirken. So weisen beispielsweise Bernhard et al. in einer Auswertung von Daten aus dem deutschen Reanimationsregister auf relevante Beatmungsprobleme bei der gleichzeitigen Verwendung supraglottischer Atemwegshilfen und mechanischer Reanimationshilfen hin [1]. Für den Fall prolongierter CPR mit dem Ziel der Etablierung einer eCPR, sei es prähospital oder innerklinisch, bevorzugen die Autoren des vorliegenden Artikels in der klinischen Praxis auch deshalb eine frühzeitige endotracheale Intubation. Diese sollte idealerweise unter laufender CPR mittels direkter oder indirekter Videolaryngoskopie erfolgen.

Nach Indikationsstellung zur eCPR erfolgt über den femoralen Zugang die Gefäßpunktion. Dafür werden beide Leisten freigemacht, desinfiziert und steril abgedeckt, während weiterhin eine Zugänglichkeit von Brustkorb und Oberbauch gewährleistet sein muss. Dies ist wichtig, da sonographisch die Lage von Führungsdraht und ggf. der Kanüle in der V. cava inferior und A. abdominalis überprüft werden muss. Seitens des ALS-Teams müssen ggf. Thoraxkompressionen für die Gefäßpunktion und Kanülenplatzierung jeweils kurzzeitig pausiert werden. Dies setzt eine gute und enge Abstimmung mit dem Bediener

**Tab. 3** Die Rolle von Simulationstraining in einem eCPR-Programm

Single Task Training; Training psychomotorischer Fähigkeiten	
Unterstützt ...	
... die Integration von Einzelschritten in den Gesamtablauf	
... die Abstimmung unter verschiedenen Teilen des Teams	
... den zielgerichteten, zeitkritischen, zeitkritischen und nutzbringenden Einsatz von Hilfsmitteln wie Point of Care-Ultraschall und mechanischer CPR	
... die Prozessanalyse bezüglich	
Timing	Patientenauswahl/Indikation
Material-Management	Fallstricke
... die Abstimmung mit den örtlichen Gegebenheiten	
Alarmierung, Kommunikationswege	Transportlogistik, Mobilitätskonzepte, Transportsicherheit:
Zusammenarbeit ALS-Team, Rettungsleitstelle, Zubringerfahrzeug, eCPR-Team, Zielklinik, technische Hilfe (Feuerwehr)	ITW ITH RTW
... die Prozessoptimierung	
Absprachen, SOPs, Checklisten	
Technische Lösungen	
... das Troubleshooting und Komplikationsmanagement	
... die Rekonstruktion von problematischen Einsätzen, Nachbereitung	
ITW Intensivtransportwagen, ITH Intensivtransporthubschrauber, RTW Rettungstransportwagen, SOPs Standard Operating Procedures, ALS Advanced Life Support, eCPR extrakorporale kardiopulmonale Reanimation	

des mechanischen CPR-Geräts voraus. Ferner empfiehlt sich, mindestens den Infusionsarm, besser noch beide Arme, auszulagern, um hier jederzeit einen peripheren Zugang zur Verfügung zu haben.

Die Zielgefäße für die Kanülierung (A. und V. femoralis) werden mittels Ultraschall identifiziert, was sich bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand schwierig gestaltet. Die Gefäße werden dann, ebenfalls sonographisch gesteuert, in Seldinger-Technik punktiert, über Führungsdrähte sequenziell dilatiert und schließlich die Kanülen hierüber eingeführt. Dabei ist der Vorgang der Gefäßpunktion unter laufender CPR, das Verschieben und sichere Platzieren der langen Führungsdrähte und die Platzierung der großlumigen Kanülen äußerst herausfordernd und in diesem Umfeld die Hauptquelle für ernste Komplikationen. Eine anschauliche Darstellung von ECMO(extrakorporale Membranoxygenierung)-Kanülierungskomplikationen ist bei Rupperecht et al. zu lesen [13]. Spätestens hier wird deutlich, dass es sich um ein hochinvasives Verfahren handelt und ein Kanülierungsversagen bei eCPR

und damit die fehlende Anschlussoption an die extrakorporale Zirkulation in der Regel mit dem Tod des Patienten einhergeht.

Nach Konnektion mit der extrakorporalen Zirkulation erfolgt die Sicherung der Kanülen durch Annaht und dafür geeignete selbstklebende Haltevorrichtungen. Nach sicherer Platzierung, Lagekontrolle und Konnektion wird die extrakorporale Zirkulation begonnen und somit Zirkulation und Gasaustausch sichergestellt. Nach sterilem Verband der Punktionsstellen kann die großflächige Abdeckung entfernt und unsteril weitergearbeitet werden.

Während des Kanülierungsvorgangs, der dem eCPR-Team eine klare Fokussierung auf die manuellen Aufgaben abverlangt, führt das Rettungsdienst-/Notarzt-/Pflege-Team wie oben beschrieben die ALS-Maßnahmen leitlinienkonform fort und behält den Überblick über Zeitablauf, Monitoring, Raumordnung, Teamorganisation und Betreuung von Angehörigen.

Besondere gemeinsame Schnittstellen sind beispielsweise:

- Steriles Arbeiten:
  - Eventuell ist ein steriles Anreichen auf Zuruf erforderlich.
- Raumordnung:
  - Häufig beeengte Platzverhältnisse kommen hier besonders zum Tragen. Eine frühzeitige Raumordnung ist entscheidend. In **Abb. 2a, b** ist eine Positionierung der beiden Teams und des Materials in einem Simulationsszenario gezeigt.
- Bedienung des Ultraschallgeräts:
  - Für das FEEL-Protokoll und andere Untersuchungen sind Anlotungen subxiphoidal, im Oberbauch oder auch an den Flanken notwendig, während für die Leistenpunktion der Schallkopf sogar steril verpackt sein muss. Eine geeignete Gerätetechnik ist unverzichtbar.
- Ungewöhnliche Ausrüstungsdetails sind:
  - Stirnlampen für den Fall schlechter Beleuchtungsverhältnisse, Knie-schoner für die Arbeit am Boden.
- Entscheidung gegen eCPR, Kanülierungsprobleme, Einstellen der Maßnahmen:
  - Auch das Vorgehen für den Fall einer Entscheidung gegen eine Kanülierung oder einer nicht erfolgreichen Kanülierung sollte möglichst vorab besprochen werden, im Kontext lokaler Regelungen.
  - Sind die Leistengefäße bereits punktiert, können in diesem Fall arterielle und venöse Schleusen belassen und dadurch die weitere Reanimations- und Intensivversorgung erleichtert werden.

## 6. Das eCPR-Verfahren läuft – was dann?

Die nun etablierte extrakorporale Unterstützung erzeugt einen Ersatzkreislauf, der zu einer Stabilisierung führen sollte. Ähnlich dem Vorgehen bei wieder einsetzendem Spontankreislauf (ROSC) gilt es nun, Monitoring, Diagnostik und weitere Therapie systematisch zu vervollständigen, anzupassen und den Transport zu planen. Hier bietet sich zur



### Infobox 1 Potenzielle Schnittstellen mit den Gefahren der längeren Unterbrechung von Thoraxkompressionen

1. Rhythmusdiagnostik und Defibrillation
2. Atemwegsmanagement
3. Ultraschallanwendung, zum Beispiel zum Ausschluss von potenziell reversiblen Ursachen
4. Anbringen der mechanischen Reanimationshilfe
5. Eintreffen des eCPR-Teams
6. Zugänge zum Gefäßsystem

Strukturierung der allgemein geläufige ABCDE-Ansatz an (■ Tab. 2).

## 7. Wie kann man sich sinnvoll auf einen Einsatz mit eCPR vorbereiten? Welche Crew-Ressource-Management-Instrumente sind vor und während des Einsatzes hilfreich?

**Wichtig.** „Vor allem das gut machen, was man ohnehin tut und kann“, d. h. gute Durchführung von qualitativ hochwertigen Reanimationsmaßnahmen.

Neben den oben genannten Aspekten zum Vorgehen und zur Logistik braucht es eine klare Team- und Trainingsstruktur, um die eCPR in dem komplexen Umfeld der kardiopulmonalen Reanimation mit zwei kooperierenden Teams (Retungsdienst/Notarzt- und CPR-Team) sicher einzusetzen [11]. In einer zusätzlich online verfügbaren Tabelle sind Beispiele für antizipierbare Prozessprobleme, Lösungsansätze und Verantwortlichkeiten bei der Planung, Implementierung und Umsetzung eines eCPR-Programms aufgeführt.

Es wird ersichtlich, dass für die Implementierung eines eCPR-Programms, insbesondere im Bezug auf den prähospitalen Bereich, eine Vorlaufphase berücksichtigt werden muss, in der das relevante Wissen zur Methode der eCPR, Aufbau, Funktion und Ablauf, Erfordernisse der Teamarbeit, organisatorische Abläufe etc. allen beteiligten Institutionen und Berufsgruppen auf geeignete Art und Weise zur Verfügung gestellt werden muss. Der invasive und in der Wahrnehmung mancher auch grenzüberschreitende Charak-

ter der eCPR, die doch Leben retten kann, macht eine gründliche Vorbereitung für die Akzeptanz eines solchen Programms unerlässlich. Auch nach der Implementierung ist eine niederschwellige Begleitung und konsequente Behandlung relevanter Fragen der beteiligten Teams notwendig, um eine Frustration bzw. Ablehnung des Verfahrens zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch kurze strukturierte Debriefings und anonyme elektronische Feedback-Möglichkeiten geschehen, wie es die Autoren umsetzen. Hier wird einmal mehr deutlich, dass es sich bei der Umsetzung eines eCPR-Programms nicht um die bloße Zurverfügungstellung einer Technologie und der bedienenden Experten handelt, sondern um eine breit angelegte Systemintervention.

Für einen effektiven Einsatz selbst stellen klare Briefings und eine strukturierte Closed-loop-Kommunikation eine entscheidende Voraussetzung dar. Unterbrechungen der Thoraxkompressionen müssen auch bei solch invasiven Anwendungen auf ein Minimum reduziert werden (■ Infobox 1; [14]). Jeder im Team muss seine Aufgaben genau kennen. Daher müssen alle zusätzlichen Maßnahmen durch den Teamleiter geplant und gut kommuniziert werden. Hierzu braucht es sog. *Nichttechnische Fertigkeiten* („non-technical skills“, NTS). Diese müssen genau so trainiert werden wie die technischen Fertigkeiten. Eine hervorragende Möglichkeit hierzu bietet der ALS-Provider-Kurs des European Resuscitation Council ERC [5]. Mit Implementierung der Weiterentwicklung des Kurses, basierend auf den Leitlinien 2015, wurde dem Themenbereich Non Technical Skills eine noch größere Bedeutung zugemessen [10]. Diese sog. nichttechnischen Fertigkeiten sind:

- Kommunikation,
- Situative Aufmerksamkeit,
- Entscheidungsfindung,
- Richtige Aufgabensteuerung.

Diese Kompetenzen müssen bei jedem Teamleiter einer erweiterten Reanimation trainiert werden, um einen guten Behandlungserfolg zu erzielen und Zu-

friedenheit bei allen Teammitgliedern zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund ist es nachvollziehbar, dass das Hinzutreten eines weiteren Teams (eCPR-Team) mit der zusätzlichen Behandlungsoption (eCPR) im Umfeld einer laufenden Reanimation einer genauen Planung und Koordination bedarf. Besondere Bedeutung kommt daher der Kommunikation der Teamleader des ALS-Teams sowie des eCPR-Teams zu. Eckpunkte dieser Kommunikation und nachfolgenden Organisation sind ein exaktes Briefing ohne Unterbrechung der laufenden Reanimation sowie gute Abstimmung aller weiteren Schritte. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass die Teammitglieder gemäß ihrer besten Expertise im Gesamtszenario tätig werden. Innerhalb des eCPR Teams sind daher die Bereiche Ultraschall, Gefäßidentifikation und Kanülierung in ärztlicher Hand, während Vorbereitung, Betrieb und Troubleshooting der extrakorporalen Zirkulation klar in die Kompetenz der kardiotechnischen Teammitglieder fallen. Zugleich spielt wie bereits beschrieben der Zeitfaktor als wesentliches prognostisches Kriterium für den Erfolg der eCPR eine zentrale Rolle (Entscheidung, Alarmierung, „golden hour“).

CRM (Crew-Ressource-Management)-Instrumente wie Checklisten, Briefings und strukturierte Team-Timeouts können hilfreich sein, diese Kompetenzen zu unterstützen. Dafür müssen sie, wie auch sonst, passend zum Einsatzanlass und zu den lokalen Gegebenheiten vorher erarbeitet, im Training eingeübt und ggf. angepasst werden. In ■ Abb. 3 ist ein Beispiel für eine Checkliste für das ALS-Reanimationspersonal wiedergegeben, die auf Einsatzmitteln vorgehalten und während des Einsatzes selbst genutzt werden kann. In ■ Abb. 4 wird eine mögliche Verteilung kurzer Timeouts zu Schlüsselzeitpunkten im Einsatzverlauf gezeigt. Auch hierauf kann bei Bedarf während des Einsatzes zurückgegriffen werden, analog beispielsweise zur Verwendung der WHO-Sicherheitschecklisten im Operationsaal, auch bei Notfalleingriffen.

Rollen der einzelnen Teammitglieder können auf Umhängekarten, sog. Role-Cards, übersichtlich beschrieben und



**Abb. 6** ▲ Eindrücke von einer eCPR-Simulation am selbst entwickelten kanülierbaren ALS-Trainingsphantom mit Beteiligung von Notarzt/ Rettungsdienst und eCPR-Team (vergleiche auch [Abb. 2a, b](#)). In diesem Bildausschnitt nicht mit erfasst sind Kardiotechniker, NEF-Fahrer, Rea-Mobil-Fahrer und weitere Rettungsdienstmitarbeiter als Teil des Teams. Ein 360°-Videomitschnitt erlaubt die genaue Analyse der Prozessabläufe. ALS Advanced Life Support, eCPR extrakorporale kardiopulmonale Reanimation, NEF Notarzteinsatzfahrzeug

darauf im laufenden Einsatz zurückgegriffen werden. Open-access-Beispiele solcher Karten von Kollegen aus Melbourne finden sich für innerklinische eCPR-Anwendung unter folgendem QR-Code ([Abb. 5a](#)).

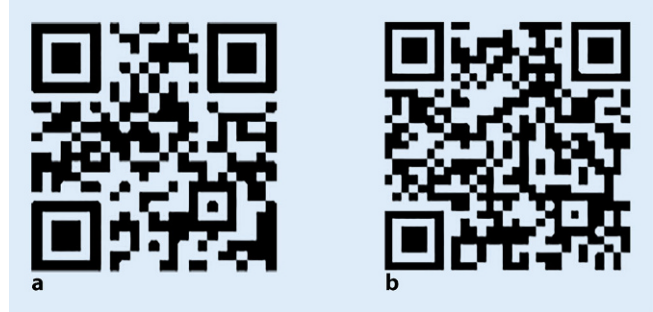
Sie wurden in vielfachen Simulationsdurchgängen erarbeitet und verfeinert. Diese Erarbeitung und die Umsetzung wird in einem Konferenzmitschnitt anschaulich erläutert ([Abb. 5b](#); Jason McClure [The Alfred ICU, Melbourne, Australien]: „Making eCPR happen“, SMACCDUB Conference, Dublin, Irland, 2016).

Für die Nutzung im hiesigen Umfeld ist eine Übersetzung und Anpassung erforderlich und wird aktuell erarbeitet. Die Kombination aus hochkomplexer Maßnahme und herausforderndem Team- und Ressourcen-Management bei gleichzeitig enormem Zeitdruck machen ein adäquates Schulungs- und Trainingskonzept unabdingbar. Darin spielt die Simulation eine wichtige Rolle.

## Rolle von Training und Simulation

Bei einer systematischen Implementierung von eCPR ist die Rolle von Training und Simulation nicht allein auf Einzelaufgaben (Single Task Training) und psychomotorische Fähigkeiten beschränkt, wie z. B. ultraschallgesteuerte Gefäßzugänge und arterielle und venöse Kanülierung. Vielmehr kommt ihnen zunehmende Bedeutung bei der Prozessoptimierung zu. In [Tab. 3](#) sind entsprechend weitere mögliche Funktionen von Simulation in einem strukturierten eCPR-Programm gezeigt.

Insbesondere die Methode der In-Situ-Simulation deckt einen Großteil dieser genannten Ziele ab. Zugleich ermöglicht sie den mit eCPR weniger befassten Teilen des Teams die Spezifika, Herausforderungen und Lösungen dieser Therapie zu erfassen und fördert damit ein tieferes Rollenverständnis als Vorbereitung für gemeinsame, reale Einsätze. In [Abb. 6](#) wird eine solche Simulation gezeigt, anhand derer in der



**Abb. 7** ▲ Ablauf eines eCPR-Einsatzes bei außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand, Videos auf YouTube.com. **a** In-Situ-Simulation mit Rettungsdienst, Übergabe im Schockraum und eCPR-Kanülierung. **b** kommentiertes eCPR-Simulationsszenario im Rahmen einer Fortbildung der Luftrettung Sydney

Vorbereitungsphase eines prähospitalen eCPR-Programms nicht nur der gemeinsame Einsatz verschiedener Teams trainiert, sondern auch der gesamte Prozess analysiert und definiert wurde, um von Beginn an reibungslose Abläufe zu erreichen.

Folgende QR-codes führen via Weblink zu frei verfügbaren Internet-Ressourcen: Videos von Simulationen der Kollegen in Sydney, die den Ablauf eines eCPR-Einsatzes bei außerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand sehr anschaulich darstellen ([Abb. 7a, b](#)). Bei der eCPR-Anwendung ist die Rede von *CHEER2*, gemeint ist damit die Nachfolgestudie zum *CHEER-Trial*, das wichtige Grundlagenforschung zu Therapiebündeln mit eCPR geliefert hat ([Abb. 7b](#); [16]).

Die Autoren dieses Beitrags sind der Überzeugung, dass es zukünftig ein weiteres Trainingsformat über den normalen ALS-Provider-Kurs des ERC hinaus braucht, um die eCPR sicher in den Ablauf einer laufenden Reanimation zu integrieren. Theoretische und praktische Inhalte wie der effektive Einsatz der Ultraschalldiagnostik unter laufender Reanimation (FEEL/Resuscitation Ultrasound), der Einsatz und das Anbringen von mechanischer Reanimation (mCPR) sowie die klare Indikationsstellung für die eCPR und das Arbeiten im Team mit diesen diversen Schnittstellen müssen Bestandteil eines sog. ALS-Experienced-Provider-Kurses sein (ALS-EP). Aktuell wird ein Prototyp eines solchen Formats durch einige der Autoren dieses Beitrags entwickelt [4].

## Resümee

Bei Patienten mit therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand und mit klarer behebbarer Ursache sowie guten Rahmenbedingungen (beobachteter Herz-Kreislauf-Stillstand, Laien-CPR, frühes Eintreffen von RTW und Notarzt) sollte die Möglichkeit einer eCPR erwogen werden. Hierzu müssen zwischen den Leitstellen, den Rettungsdiensten und den entsprechenden Kliniken klare Absprachen und Prozeduren entwickelt werden. Ein Ineinandergreifen aller Systeme ist für einen optimalen Ausgang entscheidend. Idealerweise kann durch Zubringung der eCPR zum Patienten eine schnellstmögliche Etablierung eines Ersatzkreislaufs erreicht werden. Dies ist derzeit allerdings flächendeckend schwierig zu fordern. Ein Transport unter CPR in ein Zentrum mit der Möglichkeit zur eCPR ist nur dann sinnvoll, wenn die Möglichkeit zur mechanischen CPR besteht und entsprechende Zeiten nicht überschritten werden: Analog zu anderen Patientengruppen verschlechtern sich die Ergebnisse bei einer Überschreitung von 60 Minuten bis zur Anlage der eCPR, daher ist der Zeitfaktor auch hier entscheidend.

## Fazit für die Praxis

- Die eCPR stellt für einen ausgewählten Teil von Patienten mit therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand eine reelle Behandlungschance dar, wenn sich ein ROSC durch konventionelle Maßnahmen nicht erzielen lässt.
- Eine klare Indikationsstellung ist zwingend, um die komplexe Methode auch sinnvoll und im Sinne des Patienten zum Einsatz zu bringen.
- Neben organisatorischen Herausforderungen sowie einem strukturierten Teamtraining aller Beteiligten dürfte die rasche Verfügbarkeit entsprechender Teams derzeit limitierend für eine flächendeckende Einführung sein.
- Eine Netzwerkbildung und die Einbindung der Luftrettung könnten hier zukünftig helfen, um entspre-

chende Teams rasch zum Patienten zu bekommen.

## Korrespondenzadresse

**Dr. med. D. Damjanovic**  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland  
Hugstetter Straße 55, 79106 Freiburg, Deutschland  
domagoj.damjanovic@universitaets-herzzentrum.de

**Zusammensetzung der AG prä-hospitale eCPR am UHZ Freiburg.** Thomas Ahne (Klinik für Innere Medizin III: Interdisziplinäre Internistische Intensivmedizin, Uniklinik Freiburg); Christoph Benk (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Paul Biever (Abteilung für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Sam Brixius (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Hans-Jörg Busch (Universitäts-Notfallzentrum, Uniklinik Freiburg); Domagoj Damjanovic (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Daniel Dürschmied (Abteilung für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Ulrich Goebel (Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Uniklinik Freiburg); Frank Koberne (Ärztlicher Leiter Rettungsdienst/St. Josefskrankenhaus, Freiburg); Rolf Klemm (Fachbereich Kardiotechnik, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Maximilian Kreibich (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Sven Maier (Fachbereich Kardiotechnik, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Julia Morlock (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Jan-Steffen Pooth (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Bartosz Rylski (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Christian Scherer (Fachbereich Kardiotechnik, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); David Schibilsky (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Bonaventura Schmid (Universitäts-Notfallzentrum, Uniklinik Freiburg); Dawid Staudacher (Abteilung für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Alexander Supady (Abteilung für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Georg Trummer (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Tobias Wengenmayer (Abteilung für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum Freiburg – Bad Krozingen); Viviane Zotzmann (Klinik für Innere Medizin III: Interdisziplinäre Internistische Intensivmedizin, Uniklinik Freiburg)

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** Domagoj Damjanovic ist Mitglied der GRC-Arbeitsgruppe eCPR/ECMO, der AG prä-hospitale eCPR in Freiburg sowie Mitarbeiter bei Resuscitec GmbH, Freiburg. Bernhard Gliwitzky erklärt, dass er Geschäftsführender Gesellschafter bei MegaMed ist sowie Geschäftsführer der GRC Akademie GmbH und Mitglied des Exekutiv Komitees des GRC sowie Sprecher des Nationalen Kurskomitees des GRC und Mitglied der AG eCPR/ECMO des GRC. Matthias Deppe erklärt, dass er als Instruktor und Kursdirektor für den GRC tätig ist und als Mitglied im Exekutiv Komitee des GRC vertreten ist. Er ist Mitglied der AG eCPR/ECMO des GRC. Christoph Benk ist Mitglied der AG prä-hospitale eCPR in Freiburg, der AG eCPR/ECMO des GRC sowie Gesellschafter bei Resuscitec GmbH, Freiburg. Georg Trummer ist Leiter der GRC-Arbeitsgruppe eCPR/ECMO, Mitglied der AG prä-hospitale eCPR in Freiburg sowie Gesellschafter bei Resuscitec GmbH, Freiburg.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

## Literatur

1. Bernhard M, Behrens NH, Whent J et al (2018) Out-of-hospital airway management during manual compression or automated chest compression devices. *Anaesthetist* 67:109–117. <https://doi.org/10.1007/s00101-017-0401-6>
2. Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger FH (2007) Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm. *Crit Care Med* 35:S150–S161. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000260626.23848.FC>
3. Chouihed T, Kimmoun A, Lauvray A et al (2018) Improving patient selection for refractory out of hospital cardiac arrest treated with Extracorporeal life support. *Shock* 49:24–28. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000000941>
4. Damjanovic D, Gliwitzky B, Breitzkreutz R et al (2018) What is ALS-compliant poCUS, mCPR, eCPR? Introducing ALS-EP: a novel training concept for experienced advanced life support providers. *Resuscitation* 130:e67–e68. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.07.134>
5. Gliwitzky B, Dönitz S, Lott C (2005) Der ALS-Provider-Kurs des ERC: Etablierung eines Kurskonzeptes. *Rettungsdienst* 01/2005:26–29
6. Grunau B, Carrier S, Bashir J et al (2017) A comprehensive regional clinical and educational EPCR protocol decreases time to ECMO in patients with refractory out-of-hospital cardiac arrest. *CJEM* 19:424–433. <https://doi.org/10.1017/cem.2017.376>
7. Holmberg MJ, Geri G, Wiberg S et al (2018) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation

for cardiac arrest: a systematic review. Resuscitation 131:91–100. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.07.029>

8. Hutin A, Abu-Habsa M, Burns B et al (2018) Early ECPR for out-of-hospital cardiac arrest: best practice in 2018. Resuscitation 130:44–48. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.05.004>
9. Lamhaut L, Hutin A, Puymirat E et al (2017) A pre-hospital Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. Resuscitation 117:109–117. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.04.014>
10. Lott C (2016) Erweiterte Leb. Maßnahmen. In: ERC Leitlinien 2015 Anwendermanual Adv. Life Support – Ger. Transl, 7. Aufl. European Resuscitation Council, S 15–26
11. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C et al (2018) Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNi, DGAI, DIVI and GRC. Anaesthesist 67:607–616. <https://doi.org/10.1007/s00101-018-0473-y>
12. Reynolds JC, Grunau BE, Elmer J et al (2017) Prevalence, natural history, and time-dependent outcomes of a multi-center North American cohort of out-of-hospital cardiac arrest extracorporeal CPR candidates. Resuscitation 117:24–31. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.05.024>
13. Rupperecht L, Lunz D, Philipp A et al (2015) Pitfalls in percutaneous ECMO cannulation. Heart Lung Vessel 7:320–326
14. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW et al (2015) Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („adult advanced life support“). Notfall Rettungsmed 18:770–832. <https://doi.org/10.1007/s10049-015-0085-x>
15. Stengel D, Rademacher G, Ekkernkamp A et al (2015) Emergency ultrasound-based algorithms for diagnosing blunt abdominal trauma. Cochrane Database Syst Rev:CD4446. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004446.pub4>
16. Stub D, Bernard S, Pellegrino V et al (2015) Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). Resuscitation 86:88–94. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.09.010>
17. Supady A, Wengenmayer T, Bode C, Staudacher DL (2016) Extrakorporale CPR (eCPR). Notfall Rettungsmed 19:574–581. <https://doi.org/10.1007/s10049-016-0166-5>

## Mit kaltem Plasma gegen Krankenhauskeime?

**Forscher der Tierärztlichen Hochschule Hannover prüfen ein neues Verfahren, um multiresistente Bakterien auf Oberflächen abzutöten.**

Angesichts der geschätzt 15.000 jährlichen Todesfälle in deutschen Kliniken, die auf nosokomiale Infektionen zurückgeführt werden, herrscht Handlungsbedarf in puncto Krankenhaushygiene. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit steht dabei der Kampf gegen multiresistente Bakterien auf Oberflächen – zum Beispiel mit Kupfer und Silber. Nun aber verfolgen Forscher der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo), der Terraplasma GmbH und des Robert Koch-Instituts einen neuen Ansatz, um multiresistente Bakterien auf Edelstahloberflächen abzutöten. In Krankenhäusern und lebensmittelverarbeitenden Betrieben bestehen viele Oberflächen und Arbeitsgeräte aus Edelstahl.

### Reduktion um 85%

Sie setzten dafür nach eigenen Angaben kaltes atmosphärisches Plasma ein – ein Gas mit antimikrobieller Wirkung, das geladene Teilchen enthält. Bereits nach 5 Minuten hätten sich so die Bakterienzahlen um bis zu 85% reduziert, versichern die Forscher. Für ihre Studie hatten sie Edelstahlplättchen mit verschiedenen Bakterienspezies kontaminiert. Die kontaminierten Platten behandelten sie bis zu 20 Minuten lang mit kaltem Plasma.

### MRSA, ESBL, Yersinia

Zunächst wurden verschiedene multiresistente Erreger, die häufig in Krankenhäusern vorkommen, untersucht, erläutert Dr. Birte Ahlfeld, Leiterin der Arbeitsgruppe Lebensmittelmikrobiologie des Instituts für Lebensmittelqualität und -sicherheit der Tierärztlichen Hochschule. Dazu gehören unter anderem Methicillin-resistente Staphylococcus aureus (MRSA) oder Extended-Spektrum beta-Laktamasen bildende Escherichia coli (ESBL). In einer weiteren Versuchsreihe wurde Yersinia enterocolitica eingesetzt. Das Bakterium kann in rohem Schweinefleisch vorkommen und Magen-Darm-Beschwerden beim Menschen auslösen. Ergebnis: Nach 20 Minuten lebten teilweise nur noch 2,8%.

Dabei beobachteten die Forscher, dass Bakterienarten mit einer dicken Zellwand und kleiner Zelloberfläche eher überlebten. Entsprechend versetzten die Wissenschaftler die Bakterienkulturen in einer Versuchsreihe mit Proteinen, bevor sie diese mit kaltem Plasma behandelten. Und sie konnten zeigen, dass das kalte Plasma dadurch bei einigen Bakterienarten weniger wirksam war. Es sei daher sehr wichtig, die Oberflächen regelmäßig zu reinigen, damit das kalte Plasma gut wirken könne.

**Quelle: Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo)**  
**([www.tiho-hannover.de](http://www.tiho-hannover.de))**

**basierend auf: Int. J Antimicrob Agents (2018) 52(6): 811-818**