

Kardiologie

<https://doi.org/10.1007/s12181-021-00518-0>

Angenommen: 28. Oktober 2021

© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature – all rights reserved 2021



# Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) zur kardiopulmonalen Reanimation 2021: Update und Kommentar

Guido Michels<sup>1</sup> · Johann Bauersachs<sup>2</sup> · Bernd W. Böttiger<sup>3</sup> · Hans-Jörg Busch<sup>4</sup> · Burkhard Dirks<sup>5</sup> · Norbert Frey<sup>6</sup> · Carsten Lott<sup>7</sup> · Nadine Rott<sup>3</sup> · Wolfgang Schöls<sup>8</sup> · P. Christian Schulze<sup>9</sup> · Holger Thiele<sup>10</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Akut- und Notfallmedizin, St.-Antonius-Hospital gGmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen, Eschweiler, Deutschland; <sup>2</sup>Klinik für Kardiologie und Angiologie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland; <sup>3</sup>Medizinische Fakultät und Uniklinik Köln, Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universität zu Köln, Köln, Deutschland; <sup>4</sup>Zentrum für Notfall- und Rettungsmedizin, Universitäts-Notfallzentrum, Universitätsklinikum Freiburg, Freiburg im Breisgau, Deutschland; <sup>5</sup>Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e. V., c/o Sektion Notfallmedizin, Universitätsklinikum Ulm, Ulm, Deutschland; <sup>6</sup>Klinik für Kardiologie, Angiologie und Pneumologie, Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland; <sup>7</sup>Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin Mainz, Mainz, Deutschland; <sup>8</sup>Klinik für Kardiologie, Angiologie und Elektrophysiologie, Herzzentrum Duisburg, Akademisches Lehrkrankenhaus, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Duisburg, Deutschland; <sup>9</sup>Klinik für Innere Medizin I, Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; <sup>10</sup>Herzzentrum Leipzig, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

## Zusammenfassung

Jüngst wurden die europäischen Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation verabschiedet, die in 12 Kapitel unterteilt sind. Erstmals wurden die Themen „Epidemiologie“ und „Lebensrettende Systeme“ integriert. Für jedes Kapitel wurden 5 praxisnahe Kernaussagen formuliert. In dem vorliegenden Artikel werden die aktuellen Empfehlungen zu Basismaßnahmen und erweiterten Maßnahmen der Erwachsenenreanimation sowie zur Postreanimationsbehandlung zusammengefasst und kommentiert.

## Schlüsselwörter

Kreislaufstillstand · Wiederbelebung · Akutmedizin · Intensivmedizin · Postreanimationsbehandlung

Dieser Beitrag erscheint parallel in den Zeitschriften *Der Anaesthetist* und *Der Kardiologe*.

Der Verlag veröffentlicht die Beiträge in der von den Autor\*innen gewählten Genderform. Die Verwendung einer angemessenen gendergerechten Sprache, um Menschen in ihrer Vielfalt wertschätzend anzusprechen, wird begrüßt.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

## Präambel

Der Kreislaufstillstand ist die dritthäufigste Todesursache in Europa und stellt weiterhin eine interdisziplinäre sowie interprofessionelle Herausforderung in der Akutmedizin dar. In den U.S.A. ereignen sich 568.800 Herzstillstände pro Jahr. Von diesen treten 359.800 (63%) außerhalb („out-of-hospital cardiac-arrest“ [OHCA]) und 209.000 (37%) innerhalb eines Krankenhauses („in-hospital cardiac arrest“ [IHCA]) auf [1]. Die jährliche Inzidenz des OHCA in Europa liegt zwischen 67 und 170 pro 100.000 Einwohner bzw. zwischen 1,5 und 2,8 pro 1000 Krankenhauseinweisungen im Falle von IHCA [2].

Die Inzidenz des OHCA betrug im Jahr 2020 in Deutschland 57,8 Reanimationen pro 100.000 Einwohner [3]. Eine kardiale Erkrankung wird mit ca. 60% als die häufigste Ursache für einen Kreislaufstillstand angenommen [3–5]. In ungefähr 20–30% der Fälle liegt eine nichtkardiale Genese vor [3, 6, 7]. Die Überlebensrate bei Krankenhausentlassung mit einem günstigen neurologischen Outcome (leichte bis moderate neurologische Einschränkung) ist unter konventioneller kardiopulmonaler Reanimation (CPR) sowohl beim OHCA als auch beim IHCA niedrig (OHCA ca. 8% vs. IHCA ca. 15%) [8, 9].

Tab. 1 Kernaussagen der Kapitel Basismaßnahmen und erweiterte lebensrettende Maßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener sowie Postreanimationsbehandlung [13, 14, 16, 24, 25, 27]	
Kapitel	Kernaussagen
Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener ( <i>Adult Basic Life Support</i> [BLS]) [13, 24]	1. Überprüfen von Reaktion und Atmung
	2. Rufen: Alarmieren Sie den Rettungsdienst
	3. Drücken: Beginnen Sie mit Thoraxkompressionen
	4. Lassen Sie einen AED holen
	5. Lernen Sie, wie eine Wiederbelebung durchgeführt werden muss
Erweiterte lebensrettende Maßnahmen für Erwachsene ( <i>Adult Advanced Life Support</i> [ALS]) [14, 25]	1. Priorität haben qualitativ hochwertige Thoraxkompressionen mit minimalen Unterbrechungen, frühzeitige Defibrillation und Therapie der reversiblen Ursachen
	2. Vor dem innerklinischen wie präklinischen Kreislaufstillstand treten oft Frühwarnsymptome (z. B. Brustschmerz, Synkope) auf. Der Kreislaufstillstand ist bei vielen Patienten vermeidbar
	3. Sichern Sie die Atmung durch Basis- und erweitertes Atemwegsmanagement. Nur Anwender mit hoher Erfolgsrate sollen endotracheal intubieren
	4. Geben Sie bei nichtschockbaren Rhythmen frühzeitig Adrenalin
	5. Erwägen Sie, wenn die konventionelle ALS erfolglos bleibt, bei ausgewählten Patienten – sofern möglich – eine extrakorporale CPR (eCPR) als Rescue-Therapie
Postreanimationsbehandlung [16, 27]	1. Nach ROSC gehen Sie nach dem ABC-Konzept vor: erweiterte Atemwegssicherung (endotracheale Intubation, wenn möglich), $S_pO_2$ -Ziel 94–98 % und Normokapnie, Beatmung sowie zuverlässiger intravenöser Zugang, Normovolämie herstellen, Hypotension vermeiden (Blutdruckziel systolisch > 100 mm Hg)
	2. Notfallherzkatheter mit/ohne PCI nach Kreislaufstillstand mit vermuteter kardialer Ursache und ST-Streckenhebungen im EKG
	3. Temperaturmanagement (TTM) bei Erwachsenen mit ROSC, die nach einem Kreislaufstillstand komatös bleiben (Ereignis innerhalb und außerhalb des Krankenhauses; nach allen initialen Rhythmen)
	4. Neurologische Prognosestellung via multimodalen Ansatz unter Verwendung von klinischer Untersuchung, Elektrophysiologie, Bestimmung von Biomarkern und Bildgebung
	5. Erfassen von physischen und nichtphysischen Defiziten sowohl vor als auch nach Entlassung aus dem Krankenhaus, und überweisen Sie in die Rehabilitation, falls erforderlich

AED automatisierte externe Defibrillatoren, ALS Advanced Life Support, CPR kardiopulmonale Reanimation, EKG Elektrokardiogramm, PCI perkutane Koronarintervention, ROSC „return of spontaneous circulation“ bzw. Rückkehr des Spontankreislaufs,  $S_pO_2$  periphere Sauerstoffsättigung, TTM „targeted temperature management“

## Einleitung

Die aktualisierten Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) zur kardiopulmonalen Reanimation wurden im April 2021 und die deutsche Übersetzung im Juni 2021 vom Deutschen Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e. V. publiziert [2, 10–32]. Obwohl auf den ersten Blick bei den Therapieempfehlungen keine wesentlichen Änderungen zur vorherigen Leitlinie erkennbar sind, sind viele Aussagen in den aktuellen CPR-Leitlinien nun durch bessere Evidenz belegt. Die CPR-Leitlinien werden in 12 eigene Kapitel unterteilt: Zusammen-

fassung, Epidemiologie, lebensrettende Systeme, Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (*Basic Life Support*), erweiterte lebensrettende Maßnahmen für Erwachsene (*Advanced Life Support*), Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen, Postreanimationsbehandlung (in Zusammenarbeit mit der Europäischen Gesellschaft für Intensivmedizin), Erste Hilfe, Versorgung und Reanimation des Neugeborenen nach der Geburt, lebensrettende Maßnahmen bei Kindern (*Paediatric Life Support*), Ethik der Reanimation/Entscheidungen am Lebensende und Lehre in der Reanimation. Neu in den diesjährigen Leitlinien sind die Kapi-

tel „Epidemiologie“ und „lebensrettende Systeme“. Unbedingt erwähnenswert und deutlich verbesserungswürdig ist, dass Deutschland in Bezug auf die wesentlichen epidemiologischen Parameter nach wie vor nur im Mittelfeld liegt: die Laienreanimationsquote liegt in Deutschland nur bei 40,4 % [3], europaweit findet sich diese im Durchschnitt bei 58 % (13–83 %). Diese Tatsache korrespondiert mit einer Krankenhausentlassungsrate in Deutschland von 11,2 %, wobei einzelne Länder in Europa eine deutlich höhere Rate von bis zu 18 % erreichen [2]. Auch das neue Kapitel „lebensrettende Systeme“ gibt uns noch zahlreiche „Hausaufgaben“ auf. Hier werden als die „BIG FIVE“ des Überlebens [33] ein verstärktes Bemühen um die Laienausbildung in Wiederbelebung, sog. „First-Responder-Systeme“, die Ausbildung von Schülerinnen und Schülern in Wiederbelebung, die Etablierung von Cardiac-Arrest-Zentren und die sog. „Telefonreanimation“ flächendeckend gefordert, da all diese Maßnahmen das Überleben sehr viel deutlicher und nachhaltiger als jede andere Intervention verbessern [12].

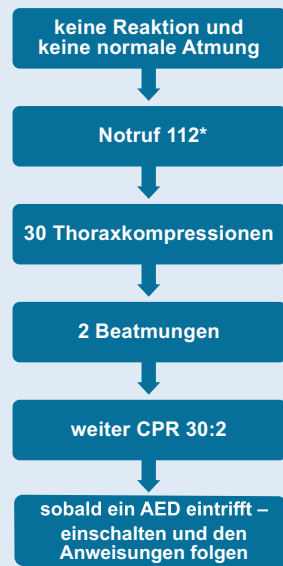
Für jedes Kapitel wurden jeweils 5 Kernaussagen formuliert (■ Tab. 1).

Im Folgenden möchten wir auf die revidierten Empfehlungen zu Basismaßnahmen und erweiterten Maßnahmen der Erwachsenenreanimation sowie zur Postreanimationsbehandlung eingehen.

## Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (*Adult Basic Life Support* [BLS])

Das Kapitel zu Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (*Basic Life Support* [BLS]) beginnt damit, dass die Reaktion und Atmung überprüft werden sollen [13, 24]. Das Suchen nach einem Puls oder das Fehlen eines tastbaren Pulses als Kriterium ist obsolet und wurde schon seit Jahren im BLS-Algorithmus verlassen. Bei fehlender Reaktion auf laute Ansprache und Schütteln (Bewusstlosigkeit) sowie fehlender oder nicht normaler Atmung in Form von Schnappatmung oder bei krampfähnlichen Episoden als Begleitzeichen eines Kreislaufstillstands soll umgehend ein Hilferuf abgesetzt bzw. der Rettungsdienst telefonisch alarmiert werden (Tel. 112). Der Lautsprecher und die Freisprechoption des

## BASISSMASSNAHMEN ZUR WIEDERBELEBUNG ERWACHSENER



**Abb. 1** ▲ Algorithmus „Basic Life Support“. Asterisk oder die im jeweiligen Land geläufige Notrufnummer, CPR kardiopulmonale Reanimation, AED automatisierter externer Defibrillator. (Adaptiert nach [13, 24]; mit freundl. Genehmigung von © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2021. All Rights Reserved)

Mobiltelefone sollen aktiviert werden, so dass die CPR unter Unterstützung bzw. Anleitung des Leitstellendisponenten assistiert erfolgen kann (sog. „Telefonreanimation“ bzw. T-CPR). Falls kein Mobiltelefon verfügbar ist, soll zuerst der Rettungsdienst alarmiert bzw. ein Hilferuf abgesetzt und dann die CPR begonnen werden. Trotz der flächendeckenden Verbreitung von Mobiltelefonen existieren nicht selten Situationen, in denen priorisiert werden muss. Neben der Betrachtung der konkreten Umstände scheint es vernünftig, zunächst den Rettungsdienst zu alarmieren und dann mit der Wiederbelebung zu beginnen [13, 24].

Die Thoraxkompressionen sollen, wie bereits auch in den vorherigen Leitlinien betont wurde, qualitativ hochwertig sein mit a) Druckpunkt über der Mitte der Brust, b) einer Drucktiefe von 5–6 cm, c) einer Druckfrequenz von 100–120 pro Minute, d) nur minimalen oder idealerweise keinen Unterbrechungen und e) ausrei-

chender Entlastung. Die Herzdruckmassage sollte, wenn möglich, auf einem festen Untergrund durchgeführt werden. Eine Umlagerung des Patienten aus dem Bett auf den Boden oder der Einsatz von Reanimationsbrettern wird wegen unzureichender Evidenz nicht empfohlen [13, 24].

Nach Beginn der Thoraxkompressionen sollte idealerweise eine Beatmung erfolgen. Das Verhältnis von Kompressionen zu Beatmung ist weiterhin 30:2. Falls ein Laienhelfer nicht willens und/oder nicht in der Lage ist zu beatmen, so sollen die Thoraxkompressionen kontinuierlich durchgeführt werden („compression only CPR“). Professionelle Helfer sollen dagegen stets neben den Thoraxkompressionen eine Beatmung durchführen [13, 24].

Da ein defibrillierbarer Kreislaufstillstand, d.h. ein Kammerflimmern (VF) oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie (VT), in 21,1% der OHCA-Fälle vorliegt [3, 34], soll ein automatisierter externer Defibrillator (AED), falls verfügbar, angewandt werden. Die Elektrodenpads sollen in anterolateraler bzw. sternal-apikaler Position auf dem nackten Brustkorb platziert werden. Dabei soll der Patient nicht verlassen, sondern ein anderer Helfer losgeschickt werden, um einen AED zu holen. Die ununterbrochene Herzdruckmassage hat höchste Priorität. Im Falle mehrerer Helfer vor Ort soll die CPR auch während der Elektrodenplatzierung kontinuierlich fortgeführt werden („minimal interruptions“) (▣ Abb. 1).

**Kommentar.** Das frühzeitige Erkennen des Kreislaufstillstands, das Absetzen des Notrufes und die qualitativ hochwertige Herzdruckmassage nehmen weiterhin die Schlüsselposition in den aktuellen Leitlinien ein („Prüfen – Rufen – Drücken“). Jede auch noch so kurze Unterbrechung der Herzdruckmassage bedeutet ein temporäres Sistieren der Organdurchblutung, was zu einer Verstärkung des ischämischen, insbesondere neurologischen Schadens führt.

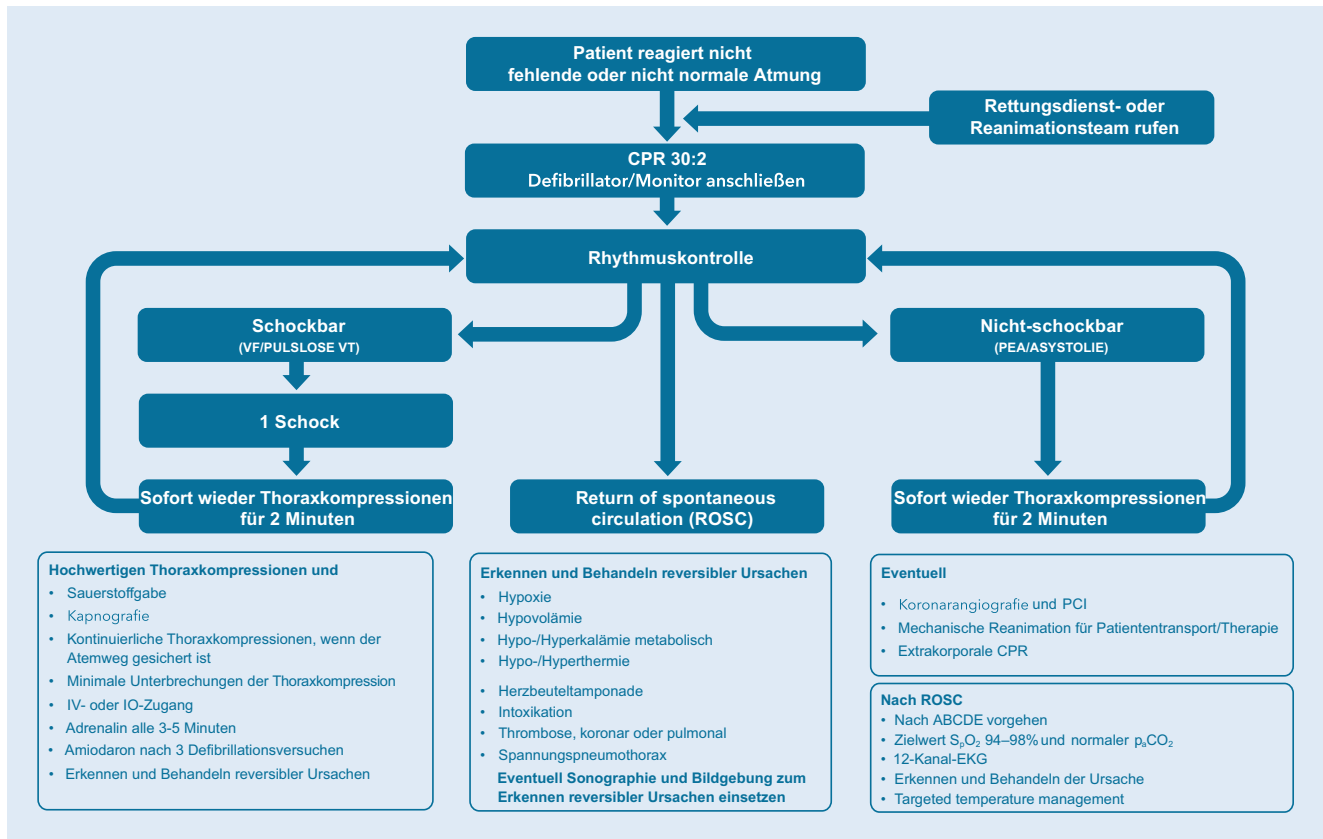
## Erweiterte lebensrettende Maßnahmen für Erwachsene (Adult Advanced Life Support [ALS])

Die erweiterten lebensrettenden Maßnahmen (Advanced Life Support [ALS]) umfassen die fortgeschrittenen Interventionen, die auf die lebensrettenden Basismaßnahmen (BLS) und die Verwendung eines automatisierten externen Defibrillators (AED) folgen (▣ Abb. 2).

Auch im Kapitel ALS wird wiederholt auf die Durchführung von qualitativ hochwertigen Thoraxkompressionen mit geringen Unterbrechungen und frühzeitiger Defibrillation hingewiesen. Mechanische Reanimationshilfen (z. B. LUCAS® 3, Jolife AB, Lund, Schweden/PhysioControl Inc., Redmond WA, USA) sollten nur in Betracht gezogen werden, wenn qualitativ hochwertige manuelle Thoraxkompressionen nicht praktikabel sind (z. B. unter Transport) oder die Sicherheit des Retters beeinträchtigt ist (z. B. während einer Herzkatheteruntersuchung) [14, 25].

Im Falle eines defibrillierbaren Herzrhythmus soll frühestmöglich eine Defibrillation durchgeführt werden. Bei der Verwendung eines manuellen Defibrillators soll auf möglichst kurze Pausen bei den Thoraxkompressionen (maximal 5 s) geachtet werden. Die anfängliche Schockenergie soll mindestens 150 J für alle biphasischen Impulsformen betragen. Die Durchführung von bis zu 3 aufeinanderfolgenden Schocks kann erwogen werden, wenn ein anfängliches Kammerflimmern oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie während eines beobachteten Kreislaufstillstands mit einem sofort verfügbaren bzw. angeschlossenen Defibrillator auftritt (z. B. während einer Herzkatheteruntersuchung oder in einem Überwachungsbereich). Bei Patienten mit einem implantierten Device (z. B. Herzschrittmacher) sollten die Elektroden mindestens 8 cm vom Gerät entfernt angebracht oder es sollte eine alternative Elektrodenposition (anterior-lateral oder anterior-posterior) gewählt werden [14, 25].

**Kommentar.** Bei erfolgloser Defibrillation von therapierefraktärem Kammerflimmern sollte die Elektrodenanlage überprüft, eine alternative Platzierung der



**Abb. 2** ▲ Algorithmus „Adult Advanced Life Support“ [14, 25]. *ABCDE* Airway (Atemweg), Breathing (Beatmung), Circulation (Kreislauf), Disability (Defizit, neurologisches), Exposure/Environment (Exploration), *CPR* kardiopulmonale Wiederbelebung, *EKG* Elektrokardiogramm, *EMS* notfallmedizinisches System, *PCI* perkutane Koronarintervention,  $p_a\text{CO}_2$  arterieller Partialdruck von Kohlendioxid, *PEA* pulslose elektrische Aktivität, *ROSC* „return of spontaneous circulation“, Wiederkehr des Spontankreislaufs,  $S_p\text{O}_2$  periphere Sauerstoffsättigung, *VF* Kammerflimmern, *VT* ventrikuläre Tachykardie. (Adaptiert nach [14, 25]; mit freundl. Genehmigung von © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2021. All Rights Reserved)

Defibrillationspads (z. B. anteroposterior) vorgenommen oder – so die Empfehlung der Autoren – manuell mit hohem Anpressdruck (der Brustkorb wird nach unten gedrückt, während man schockt) defibrilliert werden [35].

Im Rahmen der **Beatmung während der CPR** wird ein schrittweises Atemwegsmanagement empfohlen, d. h. primär Masken-Beutel-Beatmung und ggf. Einsatz supraglottischer Atemwegshilfen (z. B. Larynxmaske) [14, 25]. Die endotracheale Intubation soll unter kontinuierlicher CPR (maximal 5 s Pause für Intubation) nur von Geübten bzw. sehr erfahrenen Anwendern durchgeführt werden. Nach Konsens der Experten bedeutet eine hohe Erfolgsrate, dass der Intubationserfolg bei 2 initialen Intubationsversuchen über 95 % liegt. Nach erfolgreicher endotrachealer Intubation (obligate Kapnographie) sollen

die Thoraxkompressionen weiter kontinuierlich, d. h. ohne Beatmungspausen, erfolgen. Die Beatmung soll dabei mit einer Frequenz von 10 pro Minute erfolgen. Wie die mechanische Beatmung nach endotrachealer Intubation, z. B. synchronisiert oder nicht synchronisiert mit den Thoraxkompressionen [36, 37], idealerweise durchgeführt werden sollte, ist weiterhin Gegenstand aktueller Studien.

**Kommentar.** Die Kapnographie dient nicht nur zur Absicherung der korrekten Tubuslage, sondern auch zum Monitoring der Qualität der hämodynamischen Ist-Situation (Perfusion, „cardiac output“) unter CPR. Ein Anstieg des endtidalen  $\text{CO}_2$  ( $et\text{CO}_2 > 10 \text{ mmHg}$ ) während der Reanimation kann auf das Wiedereinsetzen eines Spontankreislaufs (ROSC, „return of spontaneous circulation“) hindeuten. End-

tidale Werte  $< 10 \text{ mmHg}$  sind meistens mit einem schlechten Outcome assoziiert [38].

Als **Notfallmedikamente** kommen im Rahmen der CPR primär Adrenalin und ggf. Amiodaron oder Lidocain zur Anwendung [14, 25, 39]. Adrenalin wird im Falle eines nichtdefibrillierbaren Herzrhythmus frühestmöglich bei Erwachsenen in einer Dosis von 1 mg intravenös (i.v.) oder ggf. intraossär (i.o.) verabreicht. Bei einem defibrillierbaren Rhythmus erfolgt die Gabe von 1 mg Adrenalin nach dem dritten Schock. Wurden bei einem beobachteten Kreislaufstillstand unter Monitoring bzw. Defibrillatorbereitschaft initial bis zu 3 aufeinanderfolgende Schocks abgegeben, soll diese Schockserie in Bezug auf den Zeitpunkt der ersten Adrenalinabgabe als „eine Schockabgabe“ betrachtet werden. Die wiederholte Gabe von Adrenalin soll alle 3–5 min erfolgen. Bei Patienten mit

<b>Tab. 2</b> Management von reversiblen Ursachen (4 H's und HITS) des Kreislaufstillstands [15, 26]		
<b>Ursache</b>	<b>Diagnostik</b>	<b>Akutbehandlung</b>
Hypoxie	S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> , Atemfrequenz	Sauerstoffgabe und ggf. effektive Beatmung mit der höchstmöglichen inspiratorischen Sauerstoffkonzentration bei asphyktischem Kreislaufstillstand
Hypovolämie	Fokussierte Sonographie der VCI sowie E-FAST	Kausale Therapie abhängig von der Ursache: z. B. frühzeitig Adrenalin i.m. bei Anaphylaxie; Blutstillung/Blutungskontrolle bei Trauma; frühzeitige Gabe von Antibiotika bei Sepsis („1-hour bundle“); generell stets Volumensubstitution; keine Thoraxkompressionen im Falle eines „empty ventricle“; ggf. lebensrettende Thorakotomie bei traumatischer Periarrestsituation (Training/Expertise?, Equipment?, Environment?, Elapsed time?)
Hypo-/Hyperkaliämie	Blutgasanalyse (Point-of-Care-Test)	Bei Hyperkaliämie: u. a. Gabe von Calciumchlorid und/oder Natriumbikarbonat; Dialyse oder eCPR erwägen
Hypo-/Hyperthermie	Temperaturmessung des Körperkerns	Bei hypothermem Kreislaufstillstand soll eine Wiedererwärmung mit ECLS durchgeführt werden; Wiedererwärmung in der Klinik, z. B. durch Spülungen von warmen Lösungen via Magensonde oder Blasenkathe-ter; modifizierte Schemata bezüglich Defibrillation und Medikamentengabe <sup>a</sup>
Herzbeutel-tamponade	Fokussierte Echo-kardiographie	Perikardpunktion, ggf. Thorakotomie
Intoxikationen	Fremdanamnese	Eigenschutz beachten; spezifische Behandlungsmaßnahmen wie Antidote, Dekontamination, gesteigerte Elimination sowie eCPR erwägen; Kontaktaufnahme mit der Giftnotzentrale bezüglich Informationen der Behandlung des intoxikierten Patienten
Thrombose koronar oder pulmonal	12-Kanal-EKG, fokussierte Echo-kardiographie	Koronarthrombose: Herzkatheteruntersuchung ≤ 120 min bei STEMI, individuelle Entscheidung unter Berücksichtigung des klinischen Kontexts bei NSTEMI (Risiko-Nutzen-Abwägung); eCPR bei nicht anhalten-dem ROSC erwägen Lungenarterienembolie: Lyse und Fortführung der CPR für 60–90 min, eCPR erwägen
Spannungs-pneumothorax	Fokussierte Thorax-sonographie und Klinik	Unverzügliche Entlastung via Minithorakotomie oder Punktionsthorakotomie

*ECLS* Extracorporeal-Life-Support-System, *E-FAST* Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma, *eCPR* extrakorporale kardiopulmonale Reanimation, *NSTEMI* Nicht-ST-Streckenhebungsinfarkt, *ROSC* Rückkehr der Spontanzirkulation, *S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>* periphere Sauerstoffsättigung, *STEMI* ST-Streckenhebungsinfarkt, *VCI* Vena cava inferior

<sup>a</sup>Kerntemperatur < 30°C: maximal 3 Schocks (keine weiteren Defibrillationen bis Körperkerntemperatur > 30°C), keine Adrenalin-Gabe, mechanische CPR zum Transport; Kerntemperatur > 30°C: Intervalle zur Adrenalingabe verdoppeln (Repetition alle 6–10 min)

Kreislaufstillstand und fortbestehendem VF/VT soll nach 3 Defibrillationsversuchen 300 mg Amiodaron oder alternativ 100 mg Lidocain i.v. (i.o.) verabreicht werden, ggf. Wiederholung von 150 mg Amiodaron oder 50 mg Lidocain bei fortbestehendem VF/VT nach 5 Defibrillationsversuchen. Falls eine massive Lungenembolie ursächlich für den Kreislaufstillstand angenommen bzw. verantwortlich gemacht wird, so soll eine medikamentöse Lysetherapie erwogen werden [40]. In diesem speziellen Fall sollten die ALS-Maßnahmen für mindestens 60–90 min fortgeführt werden, falls nicht zuvor ein ROSC erreicht wurde.

**Kommentar.** Die frühzeitige Gabe von Adrenalin bei Patienten mit OHCA ist mit einem besseren Outcome und einem günstigen Funktionsstatus assoziiert [34]. Als Antiarrhythmikum können im Schock-refraktären Kammerflimmern/ventrikulärer Tachykardie entweder Amiodaron oder Lidocain eingesetzt werden. Obwohl kürzlich in einer Bayes-Netzwerk-

Metaanalyse gezeigt werden konnte, dass Lidocain den besten Effekt auf das Überleben bis zur Krankenhausaufnahme und Entlassung hatte, während Amiodaron mit einem günstigeren neurologischen Ergebnis assoziiert war [41], sollten aus Sicht der Autoren Amiodaron und Lidocain im Rahmen der CPR als gleichwertige Antiarrhythmika betrachtet werden.

In den aktuellen Leitlinien wird der Stellenwert der **Notfallsonographie** im Rahmen des Periarrestmanagements betont [14, 25]. Während der CPR soll die Anwendung von „Point-of-Care-Ultraschall“ (POCUS) nur durch erfahrene Anwender erfolgen. Hierbei sollen wie bei allen Interventionen im Rahmen der CPR unnötige und längere Pausen während der Thoraxkompressionen vermieden werden (maximal 5–10 s während der Rhythmusanalyse [42, 43]).

**Kommentar.** Das Augenmerk des POCUS sollte sich auf die zeitkritischen reversiblen Ursachen (insbesondere Hypovolä-

mie [Beurteilung der V. cava inferior], freie Flüssigkeit, Pneumothorax, Perikarderguss) richten. Auch unter mechanischer CPR (mCPR) ist oftmals eine orientierende Notfallsonographie möglich. Eine qualitative Ausbildung in der Notfallsonographie sollte daher flächendeckend und einheitlich angestrebt werden [44].

Eine **extrakorporale CPR (eCPR)** kann bei ausgewählten Patienten als *Rescue Therapy* bei bestehendem Therapieziel erwogen werden, wenn herkömmliche ALS-Maßnahmen versagen oder hiermit eine Erleichterung spezifischer Interventionen (z. B. Notfallherzkatheteruntersuchung, Wiedererwärmung nach hypothermem Kreislaufstillstand) erreicht werden kann [14, 25, 45]. Eine eCPR kann dabei unter folgenden Bedingungen erwogen werden: Beobachteter Kreislaufstillstand mit effektiver Laien-CPR, geringe Low-Flow-Zeit < 60 min, jüngere Patienten (z. B. < 65–70 Jahre) mit keinen oder wenigen Komorbiditäten sowie das Vorhandensein einer reversiblen Ursache des Kreislaufstill-



stands (■ Tab. 2). Trotz aller technischen Fortschritte soll eine prinzipienorientierte Medizinethik stets berücksichtigt werden. Do-not-attempt-CPR (DNACPR)-Entscheidungen sollen Patienten vor invasiven Behandlungen schützen, welche diese abgelehnt oder als aussichtslos erachtet haben, oder vor Behandlungen, die nicht mit den Wertvorstellungen und Präferenzen der Patienten übereinstimmen.

**Kommentar.** In der deutsch-österreichisch-schweizerischen S3-Leitlinie zum Einsatz der extrakorporalen Zirkulation (ECLS/ECMO) bei Herz- und Kreislaufversagen [46] und in der jüngst publizierten eCPR-Leitlinie der *Extracorporeal Life Support Organisation* (ELSO) [47] wird betont, dass die Entscheidung für oder gegen eine eCPR frühzeitig erfolgen sollte („Golden hour“). Eine sehr gute Stellenkommunikation zwischen Präklinik und Klinik ist dabei die Formel zum Erfolg einer eCPR [48]. Das Zusammenspiel zwischen allen Beteiligten, die effektive Laienreanimation, die professionelle CPR durch den Rettungsdienst, das Einhalten von kurzen „Low-Flow“-Zeiten, das multiprofessionelle Schockraummanagement – und nicht alleinig die Implantation eines Extracorporeal-Life-Support-Systems – sind von fundamentaler Bedeutung.

Alle Maßnahmen während der CPR sollten zeitlich dokumentiert werden (z. B. Schockraum- oder Reanimationsprotokoll), denn nur was dokumentiert wurde, hat juristisch stattgefunden. Eine interdisziplinäre und interprofessionelle Nachbesprechung (Debriefing) soll zeitnah nach jeder CPR im Team erfolgen, um zum einen eine multiprofessionelle Zusammenarbeit (Teambildung) zu fördern und zum anderen um die Reanimationsqualität bzw. das Outcome zu verbessern [14, 25].

### Postreanimationsbehandlung

An eine erfolgreiche Reanimation bzw. nach Wiederherstellung eines ROSC soll sich eine qualitativ hochwertige Postreanimationsbehandlung anschließen. Bei einem außerklinischen nichttraumatischen Kreislaufstillstand sollte der Transport in ein Cardiac-Arrest-Zentrum erfolgen [14, 16, 25, 27]. Die Qualitätskri-

terien und strukturellen Voraussetzungen für Cardiac-Arrest-Zentren in Deutschland wurden jüngst auf der Basis der ersten Zertifizierungen und Erfahrungen aktualisiert [49].

Der akut- bzw. intensivmedizinische Themenkomplex der Postreanimationsbehandlung umfasst das Verständnis des Postreanimationssyndroms, die Steuerung von Oxygenierung und Beatmung, das hämodynamische Monitoring und Management, die koronare Reperfusion, das gezielte Temperaturmanagement (TTM), die Behandlung von zerebralen Krampfanfällen, die Prognosestellung sowie die Rehabilitation und das Langzeitüberleben ([16, 27]; ■ Abb. 3).

Die Sicherstellung und Aufrechterhaltung der **Vitalfunktionen** nach dem ABC-Algorithmus steht an erster Priorität (Atmung/Beatmung:  $S_pO_2$ -Zielwert 94–98 %, adäquate Atemwegssicherung, Normoventilation, Normoxie/-kapnie, lungenprotektive Beatmung; Zirkulation bzw. Hämodynamik: verlässlicher intravenöser Zugang, Zielblutdruck systolisch > 100 mmHg bzw. mittlerer arterieller Blutdruck [MAP]  $\geq$  65 mmHg, Normovolämie, ggf. Vasopressoren/Inotropika [Noradrenalin/Dobutamin] erwägen). Die fokussierte Echokardiographie sollte auch hier nicht nur während der CPR, sondern auch frühzeitig nach ROSC erfolgen [16, 27].

**Kommentar.** Die fokussierte Echokardiographie nach ROSC ist bezüglich der Ursachenabklärung – kardial vs. nichtkardial – nicht immer wegweisend. In einer prospektiven Kohortenstudie wurden echokardiographische Muster von Patienten mit OHCA und nichtkardialer Ursache analysiert [50]. Bis zu 48 h nach ROSC wurde in 33 % der Fälle eine sog. Postresuscitation bzw. Postcardiac-Arrest-Myokarddysfunktion beobachtet, darunter eine globale Dysfunktion (20 %), regionale Wandbewegungsstörungen (7 %) und ein Takotsubo-Kardiomyopathie-ähnliches Muster (5 %). Des Weiteren ist eine alleinige rechtsventrikuläre Dilatation nicht unbedingt beweisend für eine massive Lungenarterienembolie [16, 27]. Basierend auf der besonderen Geometrie des rechten Ventrikels (RV), gibt es keinen einzelnen echokardiographischen Parameter, der

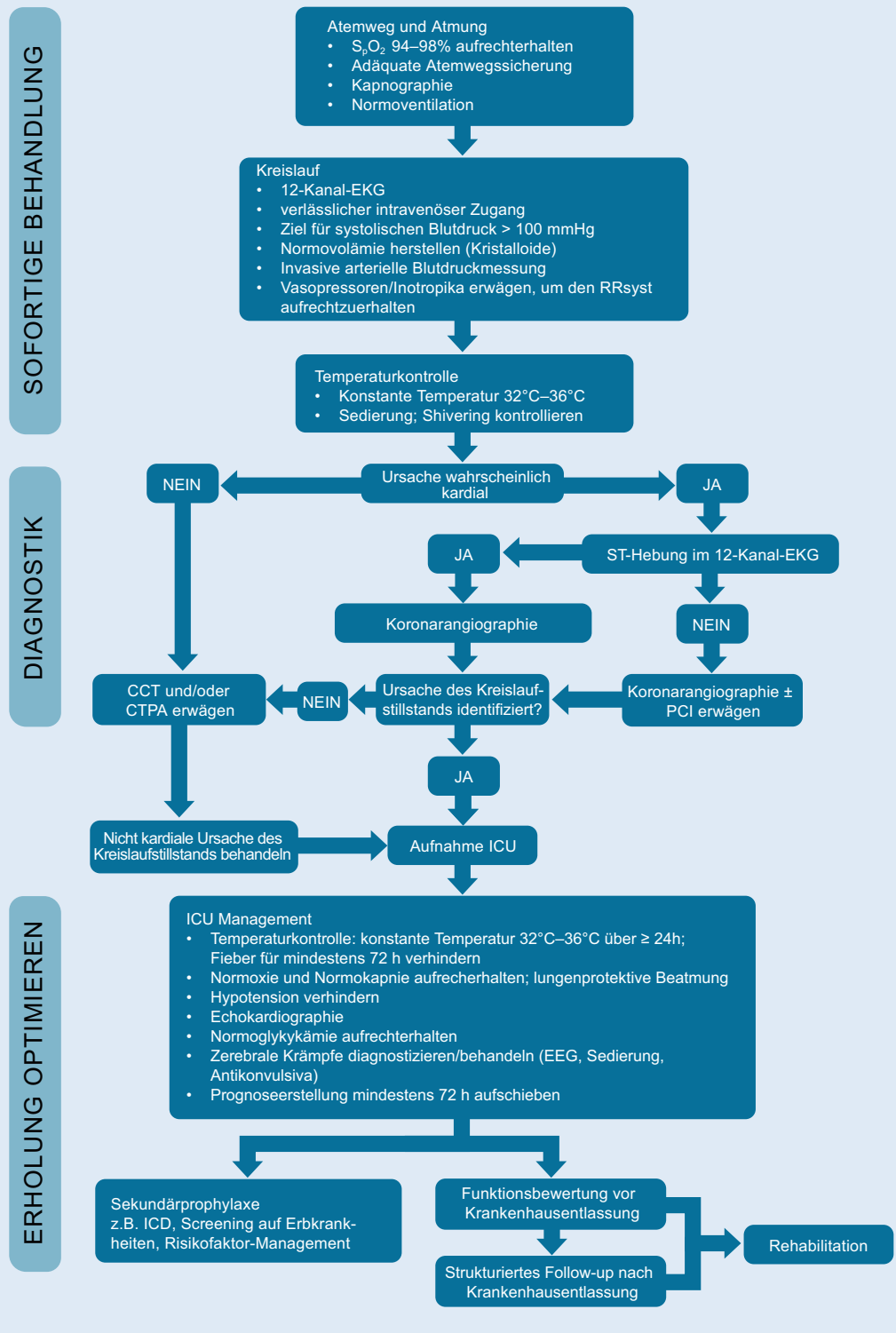
eine schnelle und zuverlässige Auskunft über die rechtsventrikuläre Morphologie oder Funktion liefert; jedoch kann das Fehlen echokardiographischer Zeichen für RV-Überlastung oder Dysfunktion eine Lungenarterienembolie als Ursache der hämodynamischen Instabilität praktisch ausschließen [40]. Eine rechtsventrikuläre Dilatation und/oder Dysfunktion wird u. a. auch als pathophysiologisches Postcardiac-Arrest-Phänomen beschrieben [51–53].

Eine **mechanische Herzkreislaufunterstützung** (MCS, „mechanical circulatory support“) kann nach ROSC und persistierendem kardiogenem Schock trotz einer optimalen leitlinienkonformen medikamentösen Therapie und zeitnaher Revaskularisierung bei bestehender hämodynamischer Instabilität zum Einsatz kommen. Ungefähr 10–15 % der reanimierten bzw. instabilen Patienten im protrahierten Schock benötigen ein MCS [54, 55].

**Kommentar.** Bezüglich der Empfehlungen zum Einsatz von MCS ist die aktuelle Datenlage sehr schwach. Mehrere prospektive randomisierte Studien (EURO-SHOCK [NCT03813134], ANCHOR [NCT04184635] und ECLS-SHOCK [NCT03637205]) widmen sich derzeit dem Thema ECLS und infarktbedingter kardiogener Schock [56, 57]. In der deutsch-österreichischen S3-Leitlinie „Infarkt-bedingter Kardiogener Schock – Diagnose, Monitoring und Therapie“ wurde daher bei diesem Patientenkollektiv mit realistischem Therapieziel eine „Kann-Empfehlung“ für ein temporäres MCS ausgesprochen [58]. Für den Erfolg einer MCS bei Patienten mit OHCA und kardiogenem Schock scheinen dennoch die individuelle, kritische Patientenselektion und der richtige Zeitpunkt von Bedeutung zu sein.

Nach der ABC-Stabilisierung sollen sich eine **Akutdiagnostik** und ggf. spezifische Therapie anschließen. Mittels 12-Kanal-EKG und – wie oben aufgeführt – fokussierter Echokardiographie soll eine kardiale Ätiologie ausgeschlossen bzw. nachgewiesen werden. Bei ST-Streckenhebungen im EKG oder Verdacht auf eine Koronarpathologie (z. B. Auftreten von ventrikulären Arrhythmien) ist ei-

# POSTREANIMATIONS- BEHANDLUNG



**Abb. 3** ◀ Algorithmus Postreanimationsphase. EKG Elektrokardiogramm, HKU Herzkatheteruntersuchung, CCT kraniale Computertomographie, CTPA CT (Computertomographie-)Pulmonalisangiographie, ICU Intensivstation, ICD implantierter Kardioverterdefibrillator, PCI perkutane Koronarintervention, RR syst systolischer Blutdruck,  $S_pO_2$  periphere Sauerstoffsättigung, ST-Hebung ST-Streckenhebungsinfarkt, STEMI ST-Streckenhebungsinfarkt. (Adaptiert nach [16, 27]; mit freundl. Genehmigung von © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2021. All Rights Reserved)

ne Notfallherzkatheteruntersuchung mit ggf. perkutaner Koronarintervention (PCI) umgehend durchzuführen [59]. Für Patienten ohne ST-Streckenhebungen sollte die Indikation zur frühzeitigen Herzkatheteruntersuchung unter Berücksichtigung der klinischen Situation (insbesondere Hämodynamik) und weiterer Faktoren (Anamnese, Warnsymptome vor dem Ereignis, Alter, Laktatwert, pH-Wert, initialer/aktueller Herzrhythmus, neurologischer Status [No-flow-Zeit, Laienreanimation, CPR-Dauer], Komorbiditäten, Echokardiographie, Vorliegen einer Patientenverfügung/mutmaßlicher Wille) erfolgen. Bei hämodynamisch stabilen ROSC-Patienten ohne ST-Streckenhebungen sollte eine verzögerte statt einer sofortigen Angiographie in Betracht gezogen werden [60]. In der COACT-Studie wurden Patienten mit einem OHCA ohne ST-Streckenhebungen für eine umgehende oder eine verzögerte Koronarangiographie (ca. 5 Tage nach dem Ereignis) randomisiert [61, 62]. Die Strategie der sofortigen Herzkatheteruntersuchung war im Hinblick auf das Gesamtüberleben nach 90 Tagen gegenüber einer verzögerten Angiographie nicht überlegen. Eine sofortige Koronarangiographie bei stabilen Patienten mit schockbaren und nichtschockbaren OHCA erwies sich gegenüber einem verzögerten Ansatz auch in der TOMAHAWK-Studie nicht als vorteilhaft [63]. Im Falle einer nichtkardialen Genese sollen eine unmittelbare CT-Untersuchung von Schädel mit Halswirbelsäule (HWS) und Thorax, ggf. von weiteren Organen/Strukturen zur Detektion von zeitkritischen Ursachen des Kreislaufstillstandes (Lungenarterienembolie, Pneumothorax, Aortendissektion, intrakranielle Blutungen, proximale Verschlüsse der hirnversorgenden Gefäße – insbesondere Basilaristhrombose) sowie möglicher Traumafolgen nach Sturz/Kollaps (insbesondere HWS-Pathologien) oder nach mechanischer kardiopulmonaler Reanimation (u.a. Leber-, Milzruptur) durchgeführt werden [16, 27, 64].

**Kommentar.** Die Akutdiagnostik soll unverzüglich nach der respiratorischen sowie hämodynamischen Stabilisierung und die Priorisierung der diagnostischen Schritte stets im interdisziplinären Dialog erfolgen.

Im Anschluss wird der Patient auf die **Intensivstation** aufgenommen. Zum intensivmedizinischen Management gehören neben der oben bereits aufgeführten ABC-Stabilisierung/Aufrechterhaltung ein standardisiertes Monitoring (u.a. invasive Blutdruckmessung, zentraler Venenkatheter/endovaskulärer Kühlkatheter, ggf. kontinuierliche Herzzeitvolumenmessung), die Temperaturkontrolle, die metabolische Kontrolle (Blutzucker 140–180 mg/dl, Serum-Kalium zwischen 4,0 und 4,5 mmol/l, normales oder abnehmendes Serum-Laktat), die Diagnostik/Therapie von zerebralen Krampfanfällen und die neurologische Prognosestellung frühestens nach 72 h.

**Kommentar.** Zur Sicherstellung einer adäquaten Prozessqualität soll jedes zertifizierte Cardiac-Arrest-Zentrum einen Praxisleitfaden bzw. eine Standardvorgehensweise (SOP, *Standard Operating Procedures*) für die intensivmedizinische Postreanimationsbehandlung vorhalten [49, 65].

Ein **gezieltes Temperaturmanagement (TTM)** soll sich unabhängig vom initialen Herzrhythmus und Ort der Reanimation anschließen (Zieltemperatur 32–36 °C, Kühdauer mindestens 24 h, Fieberfreiheit  $\leq 37,7$  °C für 72 h) [16, 27]. Eine präklinische Verabreichung von kalten Infusionslösungen zur Einleitung einer TTM wird nicht empfohlen. Jüngst wurde in der TTM2-Studie bei ausgewählten Patienten mit OHCA beobachtet, dass ein gezieltes Temperaturmanagement bei 33 °C im Vergleich zur Normothermie ( $\leq 37,5$  °C) keinen Einfluss auf das 6-Monats-Outcome hatte [66]. Obwohl in einigen früheren Studien ein Nutzen von TTM gezeigt wurde [67, 68], wird dieser aktuell erneut diskutiert [66, 69]. Da sowohl die Ergebnisse der TTM1- als auch die der TTM2-Studie nicht eins zu eins auf das OHCA-Patientenkollektiv in Deutschland übertragen werden können (u.a. No-Flow-Intervall 1 min in TTM2 vs. 2–6 min in Deutschland [70], schockbarer Herzrhythmus 72 bzw. 75 % in TTM2 vs. 21 % in Deutschland [3], hohe Laienreanimationsrate 82 bzw. 75 % in TTM2 vs. 40 % in Deutschland [3], höhere Mortalität 50 % in TTM2 vs. 20–30 % in Deutschland [71]), sollten nationale Multicenterstudien

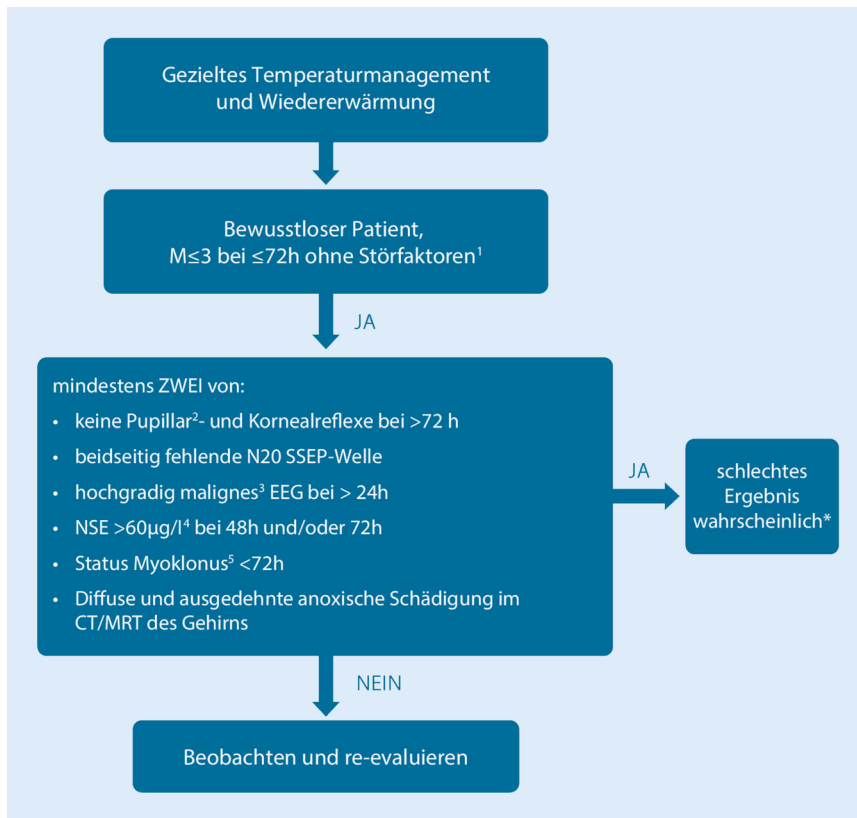
abgewartet werden, bevor diese jüngsten Beobachtungen in den klinischen Alltag implementiert werden.

**Kommentar.** Ein gezieltes Temperaturmanagement und eine konsequente Fiebervermeidung ( $\leq 37,7$  °C) sollen aus Sicht der Autoren in Anlehnung an die Empfehlungen der CPR-Leitlinien weiterhin bei allen Patienten nach Kreislaufstillstand erfolgen.

Bei 20–30 % der Intensivpatienten mit Kreislaufstillstand treten als Ausdruck einer hypoxisch-ischämischen Hirnschädigung postanoxische **Krampfanfälle** auf. Diese präsentieren sich typischerweise in den ersten 1–2 Tagen nach dem Kreislaufstillstand. Obwohl das Auftreten von Myoklonien bei diesem Patientenkollektiv mit einer schlechten Prognose in Verbindung gebracht wird, überleben jedoch einige Patienten mit einem guten Ergebnis [72]. Da Krampfanfälle die zerebrale Metabolisierungsrate steigern und die durch den Kreislaufstillstand bedingte Hirnschädigung verstärken können, soll eine antiepileptische Therapie umgehend eingeleitet werden. Die Kontrolle von zerebralen Krampfanfällen beinhaltet den frühzeitigen Einsatz der Elektroenzephalographie (EEG). Als Antikonvulsiva der Wahl werden Levetiracetam und/oder Valproat empfohlen. Für den prophylaktischen Einsatz von Antikonvulsiva nach Kreislaufstillstand gibt es derzeit keine überzeugenden Daten, sodass eine routinemäßige Anfallsprophylaxe nicht empfohlen wird.

**Kommentar.** Im Rahmen der antiepileptischen Therapie sei auf das Interaktionspotenzial von Valproat mit Carbapenemen hingewiesen. Die medikamentöse Wechselwirkung zwischen Valproat und Carbapenemen führt zu einer erheblichen Abnahme der Serum-Valproatkonzentration, selbst auf subtherapeutische Werte, was wiederum das Risiko von Krampfanfällen erhöht [73]. Falls aus infektiologischer Sicht Carbapeneme verabreicht werden müssen, so ist ein entsprechendes engmaschiges therapeutisches Drug-Monitoring (TDM) von Valproat obligat oder auf ein anderes Antiepileptikum zu wechseln.





**Abb. 4** ▲ Algorithmus für die Prognoseerstellung nach Kreislaufstillstand. EEG Elektroenzephalographie, M Motor-Skala des Glasgow Coma Score, NSE neuronenspezifische Enolase, SSEP somatosensorisch evozierte Potenziale, 1 Neben (Analgo-)Sedierung und neuromuskulärer Blockade stellen Hypothermie, schwere Hypotonie, Hypoglykämie, Sepsis sowie Stoffwechsel- oder Atemstörungen oftmals wesentliche Probleme dar. 2 Zur Bestimmung der Pupillenreaktion sollte idealerweise ein automatisiertes Pupillometer angewandt werden. 3 Suppressionen im Hintergrund ± periodische Entladungen oder Burst-Suppression-Muster, gemäß der American Clinical Neurophysiology Society. 4 Steigende NSE-Werte zwischen 24–48 h oder 24/48 h und 72 h deuten weiterhin auf ein wahrscheinlich schlechtes Ergebnis hin. 5 Definiert als anhaltende und generalisierte Myoklonien von 30 min Dauer oder länger. Asterisk Vorsicht bei widersprüchlichen Befunden, da diese möglicherweise auf ein gutes Ergebnis hindeuten. (Adaptiert nach [16, 27]; mit freundl. Genehmigung von © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2021. All Rights Reserved)

Ungefähr zwei Drittel der intrahospitalen Todesfälle bei Patienten nach OHCA sind durch eine hypoxisch-ischämische Enzephalopathie (HIE) bedingt [74, 75], weswegen die Frage nach der **neurologischen Prognose** nicht nur vom Behandlungsteam, sondern auch von Angehörigen frühzeitig gestellt wird. Die neurologische Prognosestellung ist stets als multimodaler Ansatz zu sehen, d. h. klinisch-neurologische Untersuchung, neurophysiologische Funktionsdiagnostik (EEG, SSEP [somatosensorisch evozierte Potenziale]), Bestimmung von Biomarkern (Bestimmung der neuronenspezifischen Enolase [NSE]) und zerebrale Schnittbilddiagnostik. Die klinisch-neurologische Untersuchung ist für die Prognosebestimmung von zentra-

ler Bedeutung. Die neurologische Diagnostik zur Prognosevorhersage soll mit ausreichendem Abstand zur CPR durchgeführt und frühestens 72 h nach ROSC zusammenfassend beurteilt werden. Ausnahmen sind z. B. Patienten mit schon vorher vorhandenen klinischen Zeichen des irreversiblen Hirnfunktionsausfalls [64]. Eine Motor-Skala des Glasgow Coma Score (GCS-M) von  $\leq 3$  bzw. fehlende motorische Reaktion oder Strecksynergismen auf Schmerzreize zum Zeitpunkt 72 h oder später nach ROSC kann Patienten identifizieren, bei denen möglicherweise eine neurologische Prognosebewertung erforderlich ist (■ Abb. 4).

**Kommentar.** Die frühzeitige neurologische Prognosestellung von Patienten mit Kreislaufstillstand ist weiterhin die Kernfrage aller Beteiligten. Es existiert kein einzelner Parameter, der eine sichere Prognose erlaubt. In Zukunft stehen hoffentlich neben neuartigen laborchemischen prognostischen Prädiktoren (z. B. Serum-eCIRP („extracellular cold-inducible RNA-binding protein“) [76]) auch validierte, bettseitige neurovaskuläre bildgebende Verfahren in Kombination mit neurophysiologischen Methoden zur Verfügung [77].

#### Korrespondenzadresse



#### Prof. Dr. med. Guido Michels

Klinik für Akut- und Notfallmedizin, St.-Antonius-Hospital gGmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der RWTH Aachen Dechant-Deckers-Str. 8, 52249 Eschweiler, Deutschland  
guido.michels@sah-eschweiler.de

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** G. Michels ist Sprecher der Arbeitsgruppe Kardiopulmonale Reanimation (AG42), des Arbeitskreises Mechanische Kreislaufunterstützung (AK-MCS) der Arbeitsgruppe Interventionelle Kardiologie (AGIK) und stellvertretender Sprecher des Cluster A: Kardiovaskuläre Akut- und Intensivmedizin der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK); kooptiertes Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin e. V. (DGIIN); er erhielt Honorare für Vortragstätigkeiten von Zoll, Getinge, Sedana Medical und Orion Pharma. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. J. Bauersachs erhielt Honorare für Vorträge bzw. Beratung von Novartis, Vifor, Bayer, Servier, Abiomed, Pfizer, Boehringer Ingelheim, AstraZeneca, Cardior, Daiichi Sankyo, CVRx, BMS, MSD, Amgen, Corvia sowie Forschungsunterstützung für die Institution von Zoll, CVRx, Vifor, Abiomed. Die Interessenkonflikte stehen nicht in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. B.W. Böttiger ist Schatzmeister und Interim und Immediate Past Director Science and Research des European Resuscitation Council (ERC); Vorstandsvorsitzender des Deutschen Rats für Wiederbelebung/German Resuscitation Council (GRC); Mitglied im Präsidium der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für

Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI); Gründer der Deutschen Stiftung Wiederbelebung; Associated Editor des European Journal of Anaesthesiology (EJA); Mitherausgeber der Zeitschrift Resuscitation; Schriftleiter der Zeitschrift Notfall + Rettungsmedizin, Mitherausgeber der Zeitschrift Brazilian Journal of Anesthesiology. Für Vorträge hat er Honorare der folgenden Firmen erhalten: Forum für medizinische Fortbildung (FomF), Baxalta Deutschland GmbH, ZOLL Medical Deutschland GmbH, C. R. Bard GmbH, GS Elektromedizinische Geräte G. Stemple GmbH, Novartis Pharma GmbH, Philips GmbH Markt DACH, Bioscience Valuation BSV GmbH. H.-J. Busch ist im Exekutivkomitee des Deutschen Rats für Wiederbelebung/German Resuscitation Council (GRC) und Mitglied der Arbeitsgruppe Cardiac Arrest-Zentren in Deutschland des GRC. Er ist Mitglied im Präsidium der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI), stellvertretender Sprecher der Sektion Reanimation und Postreanimationsbehandlung der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI) sowie stellvertretender Sprecher der Sektion Akut- und Notfallmedizin der DGIIIN e. V.; er erhielt Honorare für Vortragstätigkeiten von Zoll, Getinge, BrainCool. Die Interessenkonflikte stehen in keinem Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. B. Dirks ist Gründungsvorsitzender und Generalsekretär des Deutschen Rates für Wiederbelebung/German Resuscitation Council (GRC). N. Frey ist Vorsitzender der Akademie für Aus-, Weiter- und Fortbildung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK Akademie). Es bestehen keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. C. Lott ist Director Training and Education des European Trauma Course Organisation (ETCO) und Schriftführer der Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands (BAND e. V.). Es bestehen keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. N. Rott ist Mitarbeiterin des Deutschen Rates für Wiederbelebung/German Resuscitation Council (GRC). W. Schöls ist stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Deutschen Rats für Wiederbelebung/German Resuscitation Council (GRC) und Kuratoriumsmitglied der Deutschen Stiftung für Wiederbelebung. Er hat keine Einnahmen durch Vorträge oder Beratungstätigkeit und keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. P.C. Schulze ist Mitglied der Kommission Klinische Kardiologie der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK), Sprecher der Arbeitsgruppe Thorakale Organtransplantation und mechanische Unterstützungssysteme (AG17) der DGKe. V.; er erhielt Honorare für Vortragstätigkeiten von Bayer, Astra-Zeneca, Daiichi Sankyo, Novartis, Actelion, Roche, Sanofi Aventis, Pharmacosmos, Medtronic, Thoratec, Boehringer Ingelheim, Heartware, Coronus, Abbott, Boston Scientific, St. Jude Medical, Abiomed. Es bestehen keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit. H. Thiele ist Incoming Präsident der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie e. V. (DGK), früherer Cluster Sprecher des Clusters Kardiovaskuläre Akut- und Notfallmedizin der DGK und Task Force Mitglied für die Zertifizierung der Cardiac Arrest Zentren in Deutschland. Er hat keine Einnahmen durch Vorträge oder als Berater und keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

- Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS et al (2016) Executive summary: heart disease and stroke statistics-2016 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 133(4):447–454
- Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation* 161:61–79
- Fischer M, Wnent J, Gräsner JT, Seewald S, Brenner S, Bein B, Ristau P, Bohn A (2021) A Rettungsdienst am Deutschen Reanimationsregister (Hrsg) (2021) Öffentlicher Jahresbericht 2020 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2020. [www.reanimationsregister.de/berichte](http://www.reanimationsregister.de/berichte). Zugriffen: 12. Aug. 2021
- Hawkes C, Booth S, Ji C et al (2017) Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrests in England. *Resuscitation* 110:133–140
- Spangenberg T, Schewel J, Dreher A et al (2018) Health related quality of life after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 127:73–78
- Kuisma M, Alaspää A (1997) Out-of-hospital cardiac arrests of non-cardiac origin. Epidemiology and outcome. *Eur Heart J* 18(7):1122–1128
- Hess EP, Campbell RL, White RD (2007) Epidemiology, trends, and outcome of out-of-hospital cardiac arrest of non-cardiac origin. *Resuscitation* 72(2):200–206
- Sandroni C, Nolan J, Cavallaro F, Antonelli M (2007) In-hospital cardiac arrest: Incidence, prognosis and possible measures to improve survival. *Intensive Care Med* 33:237–245
- Karam N, Marijon E, Dumas F et al (2017) Characteristics and outcomes of out-of-hospital sudden cardiac arrest according to the time of occurrence. *Resuscitation* 116:16–21
- Perkins GD, Gräsner JT, Semeraro F et al (2021) Kurzfassung. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:274–345
- Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM et al (2021) Epidemiologie des Kreislaufstillstandes in Europa. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:346–366
- Semeraro F, Greif R, Böttiger BW et al (2021) Lebensrettende Systeme Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:367–385
- Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G et al (2021) Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener („Basic Life Support“, „BSL“) Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:386–405
- Soar J, Böttiger BW, Carli P et al (2021) Erweiterte lebensrettende Maßnahmen für Erwachsene. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:406–446
- Lott C, Truhlar A, Alfonso A et al (2021) Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:447–523
- Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW et al (2021) Postreanimationsbehandlung. Leitlinien des European Resuscitation Council und der European Society of Intensive Care Medicine 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:524–576
- Zideman DA, Singletary EM, Borra V et al (2021) Erste Hilfe. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:577–602
- Madara J, Roehr CC, Ainsworth S et al (2021) Versorgung und Reanimation des Neugeborenen nach der Geburt. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:603–649
- Van de Voorde P, Turner MN, Djakow J et al (2021) Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern („Paediatric Life Support, PLS“). Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:650–719
- Mentzelopoulos SD, Couper K, Van de Voorde P et al (2021) Ethik der Reanimation und Entscheidungen am Lebensende. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:720–749
- Greif R, Lockey A, Breckwoldt J et al (2021) Lehre in der Reanimation. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:750–772
- Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: executive summary. *Resuscitation* 161:1–60
- Semeraro F, Greif R, Böttiger BW et al (2021) European resuscitation council guidelines 2021: systems saving lives. *Resuscitation* 161:80–97
- Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G et al (2021) European resuscitation council guidelines 2021: basic life support. *Resuscitation* 161:98–114
- Soar J, Böttiger BW, Carli P et al (2021) European Resuscitation Council guidelines 2021: adult advanced life support. *Resuscitation* 161:115–151
- Lott C, Truhlar A, Alfonso A et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 161:152–219
- Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW et al (2021) European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine guidelines 2021: post-resuscitation care. *Intensive Care Med* 47(4):369–421
- Zideman DA, Singletary EM, Borra V et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: First aid. *Resuscitation* 161:270–290
- Madar J, Roehr CC, Ainsworth S et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: Newborn resuscitation and support of transition of infants at birth. *Resuscitation* 161:291–326
- Van de Voorde P, Turner NM, Djakow J et al (2021) European resuscitation council guidelines 2021: paediatric life support. *Resuscitation* 161:327–387
- Greif R, Lockey A, Breckwoldt J et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: education for resuscitation. *Resuscitation* 161:388–407
- Mentzelopoulos SD, Couper K, Voorde PV et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: ethics of resuscitation and end of life decisions. *Resuscitation* 161:408–432
- Böttiger BW, Becker LB, Kern KB et al (2020) BIG FIVE strategies for survival following out-of-hospital cardiac arrest. *Eur J Anaesthesiol* 37(11):955–958
- Okubo M, Komukai S, Callaway CW, Izawa J (2021) Association of timing of epinephrine administration with outcomes in adults with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA Netw Open* 4(8):e2120176
- Young ML, Exelbert EJ, Roth T, Cohen L, Cogan J (2020) External cardioversion-Defibrillation with pushing down on the chest wall to increase the success rate in obese patients. *Am J Case Rep* 21:e927009
- Manrique G, García M, Fernández SN et al (2019) Comparison between synchronized and non-synchronized ventilation and between guided and non-guided chest compressions during resuscitation in a pediatric animal model after asphyxial cardiac arrest. *PLoS ONE* 14(7):e219660

## Guidelines of the European Resuscitation Council (ERC) on cardiopulmonary resuscitation 2021: update and comments

The European guidelines on cardiopulmonary resuscitation, which are divided into 12 chapters, have recently been published. In addition to the already known chapters, the topics “epidemiology” and “life-saving systems” have been integrated for the first time. For each chapter five practical key statements were formulated. In the present article the revised recommendations on basic measures and advanced resuscitation measures in adults as well as on postresuscitation treatment are summarized and commented on.

### Keywords

Cardiac arrest · Resuscitation · Acute care medicine · Intensive care · Postresuscitation treatment

37. Neth MR, Idris A, McMullan J, Benoit JL, Daya MR (2020) A review of ventilation in adult out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Emerg Physicians Open* 1(3):190–201
38. Sandroni C, De Santis P, D'Arrigo S (2018) Capnography during cardiac arrest. *Resuscitation* 132:73–77
39. Vallentin MF, Granfeldt A, Holmberg MJ, Andersen LW (2020) Drugs during cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 26(3):242–250
40. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C et al (2020) 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J* 41(4):543–603
41. Zhao H, Fan K, Feng G (2020) Amiodarone and/or lidocaine for cardiac arrest: a Bayesian network meta-analysis. *Am J Emerg Med* 38(10):2185–2193
42. Bughrara N, Herrick SL, Leimer E, Sirigaddi K, Roberts K, Pustavoitau A (2020) Focused cardiac ultrasound and the peri-resuscitative period: a case series of resident-performed echocardiographic assessment using Subcostal-only view in advanced life support. *A A Pract* 14(10):e1278
43. Taylor B, Joshi B, Hutchison L, Manivel V (2020) Echocardiography does not prolong peri-shock pause in cardiopulmonary resuscitation using the COACH-RED protocol with non-expert sonographers in simulated cardiac arrest. *Resusc Plus* 4:100047
44. Michels G, Zinke H, Möckel M et al (2017) Recommendations for education in ultrasound in medical intensive care and emergency medicine: position paper of DGIIN, DEGUM and DGK. *Kardiologie* 11:285–290
45. Michels G, Wengenmayer T, Hagl C et al (2019) Recommendations for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR): consensus statement of DGIIN, DGK, DGTHG, DGfK, DGNi, DGAi, DIVI and GRC. *Clin Res Cardiol* 108(5):455–464
46. Boeken U, Ensminger S, Assmann A et al (2020) Extrakorporale Zirkulation (ECLS / ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen. S3-Leitlinie. AWMF-RN 011-021. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/011-021.html>. Zugegriffen: 7. Aug. 2021
47. Richardson ASC, Tonna JE, Nanjaya V et al (2021) Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization. *ASAIO J* 67(3):221–228
48. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, Walsler E, Connett J, Murray TA, Collins G, Zhang L, Kalra R, Kosmopoulos M, John R, Shaffer A, Frascione RJ, Wesley K, Conterato M, Biros M, Tolar J, Aufderheide TP (2020) 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* 396(10265):1807–1816
49. Scholz KH, Busch HJ, Frey N, Kelm M, Rott N, Thiele H, Böttiger BW (2021) Qualitätskriterien und strukturelle Voraussetzungen für Cardiac Arrest Zentren – Update 2021. *Notfall Rettungsmed* 24:826–883
50. Cha KC, Kim HI, Kim OH, Cha YS, Kim H, Lee KH, Hwang SO (2018) Echocardiographic patterns of postresuscitation myocardial dysfunction. *Resuscitation* 124:90–95
51. Ramjee V, Grossestreuer AV, Yao Y et al (2015) Right ventricular dysfunction after resuscitation predicts poor outcomes in cardiac arrest patients independent of left ventricular function. *Resuscitation* 96:186–191
52. Aagaard R, Granfeldt A, Bøtker MT, Mygind-Klausen T, Kirkegaard H, Løfgren B (2017) The right ventricle is dilated during resuscitation from cardiac arrest caused by hypovolemia: a porcine ultrasound study. *Crit Care Med* 45(9):e963–e970
53. Elfvärn L, Hildebrand K, Schierbeck S, Sundqvist M, Ringh M, Claesson A, Olsson J, Nordberg P (2019) Focused cardiac ultrasound after return of spontaneous circulation in cardiac-arrest patients. *Resuscitation* 142:16–22
54. Ostenfeld S, Lindholm MG, Kjaergaard J et al (2015) Prognostic implication of out-of-hospital cardiac arrest in patients with cardiogenic shock and acute myocardial infarction. *Resuscitation* 87:57–62
55. Lang CN, Kaier K, Zotzmann V et al (2020) Cardiogenic shock: incidence, survival and mechanical circulatory support usage 2007–2017—insights from a national registry. *Clin Res Cardiol*. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01781-z>
56. Lüsebrink E, Orban M, Kupka D et al (2020) Prevention and treatment of pulmonary congestion in patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. *Eur Heart J* 41(38):3753–3761
57. Thiele H, Freund A, Gimenez MR et al (2021) Extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock—Design and rationale of the ECLS-SHOCK trial. *Am Heart J* 234:1–11
58. Werdan K, Boeken U, Briegel MJ et al (2020) Kurzversion der 2. Auflage der deutsch-österreichischen S3-Leitlinie „Infarkt-bedingter Kardiogener Schock – Diagnose, Monitoring und Therapie“. *Kardiologie* 14:364–395
59. Ibanez B, James S, Agewall S et al (2018) 2017 ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: the task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 39(2):119–177
60. Collet JP, Thiele H, Barbato E et al (2021) 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J* 42(14):1289–1367
61. Lemkes JS, Janssens GN, van der Hoeven NW et al (2019) Coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation. *N Engl J Med* 380:1397–1407
62. Lemkes JS, Spoormans EM, Demirkiran A et al (2021) The effect of immediate coronary angiography after cardiac arrest without ST-segment elevation on left ventricular function. A sub-study of the COACT randomised trial. *Resuscitation* 164:93–100
63. Desch S, Freund A, Akin I et al (2021) Angiography after out-of-hospital cardiac arrest without ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2021:29. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2101909>
64. Bender A, Böttiger B, Bühler R et al (2018) S1-Leitlinie Hypoxisch-ischämische Enzephalopathie im Erwachsenenalter. In: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg) Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie ([www.dgn.org/leitlinien](http://www.dgn.org/leitlinien)) (letzter Zugriff am 09.08.2021))
65. Storm C, Behringer W, Wolfram S et al (2020) Postcardiac arrest treatment guide. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 115(7):573–584
66. Dankiewicz J, Cronberg T, Lilja G et al (2021) Hypothermia versus normothermia after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 384(24):2283–2294
67. Bernard SA, Gray TW, Buist MD et al (2002) Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 346:557–563
68. Hypothermia after Cardiac Arrest Study Group (2002) Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 346:549–556
69. Nielsen N, Wetterslev J, Cronberg T et al (2013) Targeted temperature management at 33 degrees C versus 36 degrees C after cardiac arrest. *N Engl J Med* 369:2197–2206
70. Wengenmayer T, Rombach S, Ramshorn F et al (2017) Influence of low-flow time on survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR). *Crit Care* 21(1):157
71. Adler C, Paul C, Michels G et al (2019) One year experience with fast track algorithm in patients with refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 144:157–165
72. Elmer J, Rittenberger JC, Faro J et al (2016) Clinically distinct electroencephalographic phenotypes of early myoclonus after cardiac arrest. *Ann Neurol* 80(2):175–184
73. Chai PY, Chang CT, Chen YH, Chen HY, Tam KW (2021) Effect of drug interactions between carbapenems and valproate on serum valproate concentration: a systematic review and meta-analysis. *Expert Opin Drug Saf* 20(2):215–223
74. Laver S, Farrow C, Turner D, Nolan J (2004) Mode of death after admission to an intensive care unit following cardiac arrest. *Intensive Care Med* 30(11):2126–2128
75. Lemiale V, Dumas F, Mongardon N et al (2013) Intensive care unit mortality after cardiac arrest: the relative contribution of shock and brain injury in a large cohort. *Intensive Care Med* 39(11):1972–1980

76. Wang L, Li RF, Guan XL, Liang SS, Gong P (2021) The value of extracellular cold-inducible RNA-binding protein (eCIRP) in predicting the severity and prognosis of patients after cardiac arrest: a preliminary observational study. *Shock* 56(2):229–236
77. Othman MH, Bhattacharya M, Møller K, Kjeldsen S, Grand J, Kjaergaard J, Dutta A, Kondziella D (2021) Resting-State NIRS-EEG in Unresponsive Patients with Acute Brain Injury: A Proof-of-Concept Study. *Neurocrit Care* 34(1):31–44