

S. Kluge | A. Markewitz | G. Jorch
C. Putensen | M. Quintel | G.W. Sybrecht
(Hrsg.)

DIVI Jahrbuch 2016|2017

Fortbildung und Wissenschaft
in der interdisziplinären Intensivmedizin
und Notfallmedizin

Schwerpunkt
„Reanimation“



S. Kluge | A. Markewitz | G. Jorch
C. Putensen | M. Quintel | G.W. Sybrecht (Hrsg.)

DIVI Jahrbuch 2016/2017



Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft

S. Kluge | A. Markewitz | G. Jorch
C. Putensen | M. Quintel | G.W. Sybrecht (Hrsg.)

DIVI Jahrbuch 2016/2017

**Fortbildung und Wissenschaft
in der interdisziplinären Intensivmedizin
und Notfallmedizin**

mit Beiträgen von

T. Annecke | M. Bernhard | J. Berrouschot | O. Bönisch | B.W. Böttiger | T. Brenner
M. Deja | V. von Dossow | A. Drolz | R. Dubb | K. Eichler | J. Fiehler | M. Frimmel
V. Fuhrmann | H.V. Groesdonk | N. Haake | M. Haap | K. Hofmann-Kiefer | K. Horvatits
T. Horvatits | A. Hübler | U. Janssens | D. Jarczok | S. John | A. Kaltwasser | P. Kellner
B. Kleikamp | C. Koch | S.V. Konstantinides | B. Kumle | K. Kumle | L. Küppers-Tiedt
V. Lehmann | M. Lubnow | D. Lunz | T. Lustenberger | F. Maechler | A. Markewitz
I. Marzi | H. Maurer | A. Meiser | T. Mertke | P. Meybohm | G. Michels | E. Muhl
T. Müller | W. Müllges | T. Nicolai | H. Niehaus | S. Petros | R. Pfister | A. Philipp
J. Piek | K. Pilarczyk | R. Riessen | K. Roedl | J. Röther | O.W. Sakowitz | D. Salleck
M. Sander | F.H. Saner | H.H.-J. Schmidt | T. Schmoch | E. Schneck | F. Schneck
A. Schneider | B. Schönhofer | V. Steinecke | T. Steiner | P.A. Tariparast | G. Trummer
T. Weig | M.A. Weigand | M. Westhoff | W.A. Wetsch | J. Wnent | S. Wolfrum
K. Zacharowski | Y.A. Zausig | M. Zoller



Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft

Die Herausgeber

Prof. Dr. med. Stefan Kluge
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

OTA Prof. Dr. med. Andreas Markewitz
Abt. XVII – Herz- und Gefäßchirurgie
Bundeswehrzentral Krankenhaus
Rübenacher Str. 170
56072 Koblenz

Prof. Dr. med. Gerhard Jorch
Universitätskinderklinik
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Prof. Dr. med. Christian Putensen
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
und Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

Prof. Dr. med. Michael Quintel
Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin
Universitätsmedizin der Georg-August-Universität Göttingen
Robert-Koch-Str. 40
37075 Göttingen

Prof. Dr. med. Gerhard W. Sybrecht
Emeritus
Innere Medizin
Universitätsklinikum des Saarlandes
66421 Homburg/Saar

MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG
Unterbaumstr. 4
10117 Berlin
www.mwv-berlin.de

ISBN 978-3-95466-318-7 (eBook: PDF)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Informationen sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG 2017

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Verfasser haben große Mühe darauf verwandt, die fachlichen Inhalte auf den Stand der Wissenschaft bei Drucklegung zu bringen. Dennoch sind Irrtümer oder Druckfehler nie auszuschließen. Daher kann der Verlag für Angaben zum diagnostischen oder therapeutischen Vorgehen (zum Beispiel Dosierungsanweisungen oder Applikationsformen) keine Gewähr übernehmen. Derartige Angaben müssen vom Leser im Einzelfall anhand der Produktinformation der jeweiligen Hersteller und anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eventuelle Errata zum Download finden Sie jederzeit aktuell auf der Verlags-Website.

Produkt-/Projektmanagement: Frauke Budig, Berlin
Layout & Satz: eScriptum GmbH & Co KG – Digital Solutions, Berlin
Druck: druckhaus köthen GmbH & Co. KG, Köthen

Zuschriften und Kritik an:

MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Unterbaumstr. 4, 10117 Berlin, lektorat@mwv-berlin.de

Vorwort

Das DIVI Jahrbuch 2016/2017 ist schon das sechste seit dem Start der Reihe im Jahre 2011!

In Zeiten des Wissenszuganges über das Internet sehen die Herausgeber dies als Bestätigung dafür, dass ein so schön gedrucktes Buch mit attraktivem Inhalt, didaktisch aufbereitet, auch heute und in Zukunft als wertvoll erachtet wird und Studienfreude bereitet.

In der Tat schätzen laut einer aktuellen europaweiten Studie zur „Generation What?“ selbst die Zeitgenossen Bücher, die weder Kinder, Auto, Fernsehen oder auch Gott vermissen, solange sie Internetzugang haben.

Das vorliegende Jahrbuch mit vierundvierzig Beiträgen aus allen Bereichen der Intensiv- und Notfallmedizin ist eine wahre Fundgrube für die Leser, sei es im Interesse der Aktualisierung und Vertiefung von Wissen zur Handlungsanweisung oder auch zur Neuorientierung außerhalb der jeweiligen täglichen Routine.

Für alle über jede Spezialisierungsgrenze hinaus ist das Schwerpunktthema dieses Buches „Reanimation“ eine imperative Lektüre. Die Interpretation der Leitlinien und eine Reihe wichtiger Aspekte in spezifischen klinischen Problemsituationen geben wichtige praktische Einblicke.

Neben solchen problemorientierten und organodysfunktionsbezogenen Beiträgen findet sich auch der selbstreflektierende, sehr wichtige Abschnitt aus dem Bereich Ethik zum Thema: Was tun in aussichtsloser Lage? Mit dieser stets imminenten Frage kann nur der bestens interdisziplinär im echten DIVI Sinne ausgebildete Intensivpraktiker adäquat umgehen.

Die Herausgeber sind dankbar für das Engagement der Autoren, freuen sich über die Akzeptanz des vorliegenden Jahrbuches und versäumen es nicht, neben den Autoren besonders der Medizinisch Wissenschaftlichen Verlagsgesellschaft, allen voran Frau Frauke Budig, für ihre fabelhafte Arbeit zu danken!

Wir wünschen allen Lesern Freude und Erleuchtung vielleicht auch in der direkten anschließenden Diskussion mit den Autoren.

Gerhard W. Sybrecht und Stefan Kluge

November 2016

Die Autoren

Univ.-Prof. Dr. med. Thorsten Anneck
Klinik für Anästhesiologie und Operative
Intensivmedizin
Uniklinik Köln (AöR)
Kerpener Str. 62
50937 Köln

PD Dr. med. habil. Michael Bernhard
Zentrale Notaufnahme
Universitätsklinikum Leipzig AöR
Liebigstr. 20
04103 Leipzig

Prof. Dr. med. Jörg Berrouschot
Klinik für Neurologie und Neurologische
Intensivtherapie
Klinikum Altenburger Land
Am Waldessaum 10
04600 Altenburg

Dr. med. Olaf Bönisch
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

**Univ.-Prof. Dr. med. Bernd W. Böttiger,
ML, DEAA, FESC, FERC**
Klinik für Anästhesiologie und Operative
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln

PD Dr. med. Thorsten Brenner, MHBA
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 110
69120 Heidelberg

Univ.-Prof. Dr. med. Maria Deja
Klinik für Anästhesiologie m. S.
operative Intensivmedizin
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Virchow Klinikum
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin

PD Dr. med. Vera von Dossow
Klinik für Anaesthesiologie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Marchioninstr. 15
81377 München

Dr. med. univ. Andreas Drolz
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Rolf Dubb, B.Sc.
Akademie
Kreiskliniken Reutlingen GmbH
Steinenbergstr. 31
72764 Reutlingen

Prof. Dr. med. Kathrin Eichler
Institut für Diagnostische und Interventionelle
Radiologie
Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt

Prof. Dr. med. Jens Fiehler
Klinik und Poliklinik für Neuroradiologische
Diagnostik und Intervention
Zentrum für Radiologie und Endoskopie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Dr. med. Marcel Frimmel
Sana Kliniken Lübeck
Sektion Intensivmedizin
Kronsfordter Allee 71–73
23560 Lübeck

PD Dr. med. univ. Valentin Fuhrmann
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

PD Dr. med. Heinrich Volker Groesdonk
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Kirrberger Str. 100
66421 Homburg/Saar

Dr. med. Nils Haake, LL.M.
Intensivmedizin
imland Klinik Rendsburg
Lilienstr. 20–28
24768 Rendsburg

Die Autoren

PD Dr. med. Michael Haap

Internistische Intensivstation
Department für Innere Medizin
Universitätsklinikum Tübingen
Otfried-Müller-Str. 10
72076 Tübingen

PD Dr. med. Klaus Hofmann-Kiefer

Klinik für Anaesthesiologie
Klinikum der Universität München
Marchioninstr. 15
81377 München

Dr. med. univ. Karoline Horvatits

Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Dr. med. univ. Thomas Horvatits

Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

PD Dr. med. habil. Axel Hübler

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin
Klinikum Chemnitz gGmbH
Flemmingstr. 4
09116 Chemnitz

Prof. Dr. med. Uwe Janssens

Klinik für Innere Medizin
St. Antonius Hospital
Dechant-Deckers-Str. 8
52249 Eschweiler

Dr. med. Dominik Jarczak

Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Prof. Dr. med. Stefan John

Intensivmedizin
Medizinische Klinik 4 – Nephrologie und
Hypertensiologie
Klinikum Nürnberg Süd
Universitätsklinikum Erlangen
Breslauer Str. 201
90471 Nürnberg

Arnold Kaltwasser, B.Sc.

Weiterbildung für Intensivpflege und Anästhesie
bzw. Pädiatrische Intensivpflege, Akademie
Kreiskliniken Reutlingen GmbH
Steinenbergstr. 31
72764 Reutlingen

Dr. med. Patrick Kellner

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus
Lübeck
Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

Bernadette Kleikamp

Klinik für Anästhesiologie m. S.
operative Intensivmedizin
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Virchow Klinikum
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin

Dr. med. Christian Koch

Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,
Standort Gießen
Justus-Liebig Universität Gießen
Rudolf-Buchheim-Str. 7
35392 Gießen

Univ.-Prof. Dr. med. Stavros V. Konstantinides

Centrum für Thrombose und Hämostase (CTH)
Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-
Universität
Langenbeckstr. 1, Geb. 403
55131 Mainz

Dr. med. Bernhard Kumle

Zentrale Notaufnahme
Schwarzwald-Baar Klinikum
Klinikstr. 11
78052 Villingen-Schwenningen

Prof. Dr. med. Katja Kumle

Institut für Technische Medizin (ITeM)
Hochschule Furtwangen, Campus Schwenningen
Jakob Kienzle Str. 17
78054 Villingen-Schwenningen

Dr. med. Lea Küppers-Tiedt

Klinik für Neurologie
Klinikum Frankfurt Hoechst
Gotenstr. 6–8
65929 Frankfurt am Main

Dr. med. Victoria Lehmann, MBA
Klinik für Anästhesiologie und Operative
Intensivmedizin
Uniklinik Köln (AÖR)
Kerpener Str. 62
50937 Köln

PD Dr. med. Matthias Lubnow
Intensivmedizin der Klinik und Poliklinik
für Innere Medizin 2
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß Allee 11
93053 Regensburg

Dr. med. Dirk Lunz
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93051 Regensburg

PD Dr. med. Thomas Lustenberger
Klinik für Unfall-, Hand- und
Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt/Main

Dr. med. Friederike Maechler
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Campus Benjamin Franklin
Hindenburgdamm 27
12203 Berlin

OTA Prof. Dr. med. Andreas Markewitz
Abt. XVII – Herz- und Gefäßchirurgie
Bundeswehrzentral Krankenhaus
Rübenacher Str. 170
56072 Koblenz

Univ.-Prof. Dr. med. Ingo Marzi
Klinik für Unfall-, Hand- und
Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt/Main

Dr. med. Holger Maurer
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

Dr. med. Andreas Meiser
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Kirrberger Str. 100
66421 Homburg/Saar

Thilo Mertke
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Kirrberger Str. 100
66421 Homburg/Saar

Prof. Dr. med. Patrick Meybohm, MHBA
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie (KAIS)
Universitätsklinikum Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main

Prof. Dr. med. Guido Michels
Klinik III für Innere Medizin
Herzzentrum Uniklinik Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln

Prof. Dr. med. Elke Muhl
Klinik für Chirurgie – Intensivstation 37a
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

PD Dr. med. Thomas Müller
Intensivmedizin der Klinik und Poliklinik
für Innere Medizin 2
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß Allee 11
93053 Regensburg

Prof. Dr. med. Wolfgang Müllges
Neurologische Klinik und Poliklinik
Universitätsklinikum Würzburg
Josef-Schneider-Str. 11
97080 Würzburg

Prof. Dr. med. Thomas Nicolai
Dr. von Haunersches Kinderspital
Kinderklinik der Ludwig-Maximilians-Universität
Lindwurmstr. 4
80337 München

PD Dr. med. Heidi Niehaus
Elly-Beinhorn-Str. 38
30559 Hannover

Die Autoren

Prof. Dr. med. Sirak Petros
Interdisziplinäre Internistische Intensivmedizin
Zentrum für Hämostaseologie
Universitätsklinikum Leipzig
Liebigstr. 20
04103 Leipzig

Prof. Dr. med. Roman Pfister
Klinik III für Innere Medizin
Herzzentrum Uniklinik Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln

Alois Philipp
Klinik und Poliklinik für Herz-, Thorax-
und herznahe Gefäßchirurgie – Kardiotechnik
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauss-Allee 11
93053 Regensburg

Prof. Dr. med. Jürgen Piek
Abteilung für Neurochirurgie
Universitätsmedizin Rostock
Schillingallee 35
18057 Rostock

Dr. med. Kevin Pilarczyk
Intensivmedizin
imland Klinik Rendsburg
Lilienstr. 20–28
24768 Rendsburg

Prof. Dr. med. Reimer Riessen
Internistische Intensivstation
Department für Innere Medizin
Universitätsklinikum Tübingen
Otfried-Müller-Str. 10
72077 Tübingen

Dr. med. univ. Kevin Roedel
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Prof. Dr. med. Joachim Röther
Kopf- und Neurozentrum
Neurologische Abteilung
mit überregionaler Stroke Unit,
Neurophysiologie und Neurologischer
Intensivmedizin
Asklepios Klinik Altona
Paul-Ehrlich-Str. 1
22763 Hamburg

Prof. Dr. med. Oliver W. Sakowitz
Klinik für Neurochirurgie
Klinikum Ludwigsburg
Posilipostr. 4
71640 Ludwigsburg

Daniel Salleck
Intensivmedizin
Medizinische Klinik 4 –
Nephrologie und Hypertensiologie
Klinikum Nürnberg Süd
Universitätsklinikum Erlangen
Breslauer Str. 201
90471 Nürnberg

Univ.-Prof. Dr. med. Michael Sander
Klinik für Anästhesiologie,
operative Intensivmedizin und Schmerztherapie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,
Standort Gießen
Justus-Liebig Universität Gießen
Rudolf-Buchheim-Str. 7
35392 Gießen

Prof. Dr. med. Fuat H. Saner, DEAA
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und
Transplantationschirurgie
Universitätsklinikum Essen
Hufelandstr. 55
45122 Essen

Univ.-Prof. Dr. med. Hartmut H.-J. Schmidt
Klinik für Transplantationsmedizin
Universitätsklinikum Münster
Domagkstr. 3A
48149 Münster

Dr. med. Thomas Schmoch
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 110
69120 Heidelberg

Dr. med. Emmanuel Schneck
Klinik für Anästhesiologie,
operative Intensivmedizin und Schmerztherapie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,
Standort Gießen
Justus-Liebig Universität Gießen
Rudolf-Buchheim-Str. 7
35392 Gießen

Die Autoren

Dr. med. Franziska Schneck
Klinik für Kardiologie und Angiologie
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,
Standort Gießen
Klinikstr. 33
35392 Gießen

Dr. med. Andreas Schneider, DESA
Klinik für Anästhesiologie und Operative
Intensivmedizin
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln

Prof. Dr. med. Bernd Schönhofer
Pneumologie, Internistische Intensivmedizin
und Schlafmedizin
KRH Klinikum Siloah-Oststadt-Heidehaus
Stadionbrücke 4
30459 Hannover

Dr. med. Volker Steinecke
Zentrale Notaufnahme
Schwarzwald-Baar Klinikum
Klinikstr. 11
78052 Villingen-Schwenningen

Prof. Dr. med. Thorsten Steiner
Klinik für Neurologie
Klinikum Frankfurt Hoechst
Gotenstr. 6–8
65929 Frankfurt am Main

Dr. med. Pischta Adel Tariparast
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistr. 52
20246 Hamburg

PD Dr. med. Georg Trummer
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie
Universitäts-Herzzentrum Freiburg/Bad Krozingen
Standort Freiburg
Hugstetter Str. 55
79106 Freiburg

Dr. med. Thomas Weig
Klinik für Anaesthesiologie
Universität München
Marchioninstr. 15
81377 München

Prof. Dr. med. Markus A. Weigand
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 110
69120 Heidelberg

Dr. med. Michael Westhoff
Universität Witten/Herdecke
Klinik für Pneumologie, Schlaf- und
Beatmungsmedizin
Lungenklinik Hemer
Theo-Funccius-Str. 1
58675 Hemer

PD Dr. med. univ. Wolfgang A. Wetsch
Klinik für Anästhesiologie und
Operative Intensivmedizin
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln

Dr. med. Jan Wnent
Institut für Rettungs- und Notfallmedizin
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Arnold-Heller-Str. 3
24105 Kiel

Dr. med. Sebastian Wolfrum
Interdisziplinäre Notaufnahme
Universitätsklinikum Schleswig Holstein,
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

Prof. Dr. Dr. med. Kai Zacharowski, FRCA
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie (KAIS)
Universitätsklinikum Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main

Prof. Dr. med. York A. Zausig, DEAA, MHBA
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsklinikum Regensburg
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93051 Regensburg

Dr. med. Michael Zoller
Klinik für Anaesthesiologie
Universität München
Marchioninstr. 15
81377 München

Inhalt

I	Schwerpunkt „Reanimation“	1
1	Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert? <i>Wolfgang A. Wetsch, Andreas Schneider und Bernd W. Böttiger</i>	3
2	Fehler bei der Reanimation <i>Marcel Frimmel und Sebastian Wolfrum</i>	13
3	ECLS bei kardiovaskulärer Dekompensation und Reanimation <i>York A. Zausig, Alois Phillip und Dirk Lunz</i>	21
4	ERC Leitlinien zur Reanimation – Sollen wir noch kühlen <i>Holger Maurer</i>	31
5	ERC Leitlinien zur Reanimation – und wie sieht es denn wirklich aus in Europa? <i>Jan Wnent und Holger Maurer</i>	37
6	Die kardiopulmonale Reanimation beim herzoperierten Patienten <i>Kevin Pilarczyk, Georg Trummer, Nils Haake und Andreas Markewitz</i>	43
II	Lunge, respiratorische Insuffizienz	51
1	NIV und High-flow bei Notfallpatienten <i>Michael Westhoff</i>	53
2	Nosokomiale Pneumonie <i>Thomas Weig und Michael Zoller</i>	67
3	Lungenfibrose und pulmonale Hypertonie <i>Vera von Dossow</i>	77
4	Herausforderungen in der täglichen Praxis: akute Lungenembolie <i>Stavros V. Konstantinides</i>	87
5	Weaning – Pathophysiologie, Prädiktion und therapeutische Strategien unter besonderer Berücksichtigung der Funktion des Diaphragmas <i>Bernd Schönhofer</i>	101
6	Extrakorporaler Lungenersatz – Chancen und Grenzen: Welcher Patient profitiert wirklich? <i>Matthias Lubnow und Thomas Müller</i>	113

III	Herzinsuffizienz, Kreislauftherapie	123
1	Das kardiorenale Syndrom <i>Daniel Salleck und Stefan John</i>	125
2	Stellenwert extrakorporaler Verfahren bei Herzinsuffizienz <i>Roman Pfister und Guido Michels</i>	133
3	Herz-Kreislauf-Therapie beim herzoperierten Patienten <i>Emmanuel Schneck, Franziska Schneck, Christian Koch und Michael Sander</i>	143
4	Der VAD-Patient außerhalb der Herzchirurgie – Stand der Dinge in Deutschland <i>Heidi Niehaus</i>	153
5	Der LVAD-Patient im Rettungsdienst <i>Kevin Pilarczyk und Nils Haake</i>	163
IV	Gastroenterologische Intensivmedizin	177
1	Schockleber und Cholestase auf der Intensivstation <i>Olaf Bönisch, Andreas Drolz, Thomas Horvatits, Karoline Horvatits, Kevin Roedl, Dominik Jarczok, Pischta Adel Tariparast und Valentin Fuhrmann</i>	179
2	Intensivmedizinische Aspekte zur Therapie des akuten Leberversagens <i>Valentin Fuhrmann, Fuat H. Saner und Hartmut H.-J. Schmidt in Vertretung der DIVI Sektion Leberversagen</i>	189
V	Neurologische/neurochirurgische Intensiv- und Notfallmedizin	207
1	Subarachnoidalblutung <i>Oliver W. Sakowitz</i>	209
2	Intrazerebrale Blutung <i>Lea Küppers-Tiedt, Thorsten Steiner und Jörg Berrouschot</i>	219
3	Schlaganfall – intravenöse Thrombolyse <i>Joachim Röther</i>	229
4	Ischämischer Schlaganfall – Basistherapie, Stroke-Unit, Telemedizin <i>Jörg Berrouschot</i>	237
5	Schlaganfall – mechanische Rekanalisation <i>Jens Fiehler</i>	245

6	Der Patient mit akuter Querschnittlähmung auf der Intensivstation __	251
	<i>Jürgen Piek</i>	
7	Akute Querschnittlähmung durch intramedulläre Entzündungen ____	263
	<i>Wolfgang Müllges</i>	
8	Leitsymptom akuter Kopfschmerz in der Notaufnahme _____	271
	<i>Wolfgang Müllges</i>	
VI	Kinder-/geburtsbezogene Probleme _____	279
1	Aspiration bei Kindern _____	281
	<i>Thomas Nicolai</i>	
2	Respiratorische Erkrankungen des Neugeborenen _____	287
	<i>Axel Hübler</i>	
3	Anästhesiologische Komplikationen unter der Geburt _____	295
	<i>Victoria Lehmann und Thorsten Anneck</i>	
4	Geburtsbezogene Probleme des Neugeborenen _____	305
	<i>Axel Hübler</i>	
VII	Infusionstherapie, Therapie mit Blutkomponenten _____	313
1	Anämie und Patient Blood Management _____	315
	<i>Patrick Meybohm und Kai Zacharowski</i>	
2	Restriktive Transfusionstrigger, wirklich für alle Patienten? _____	325
	<i>Andreas Meiser, Thilo Mertke und Heinrich Volker Groesdonk</i>	
3	Therapie mit FFP und Faktorenkonzentraten – wie mache ich es richtig? _____	331
	<i>Sirak Petros</i>	
4	Volumenersatz – kristalloide Lösungen _____	345
	<i>Klaus Hofmann-Kiefer</i>	
5	Störungen des Säure-Basen-Haushaltes _____	353
	<i>Reimer Riessen und Michael Haap</i>	

VIII	Trauma	361
1	Evidenzbasierte Therapie der Lungenkontusion? <i>Elke Muhl</i>	363
2	Bildgebung beim polytraumatisierten Patienten in der Notaufnahme <i>Thomas Lustenberger, Ingo Marzi und Kathrin Eichler</i>	371
IX	Ethik	381
1	Aussichtlose Intensivmedizin – was tun? <i>Uwe Janssens</i>	383
X	Sepsis	395
1	Supportive Sepsistherapie <i>Thomas Schmoch, Michael Bernhard, Thorsten Brenner und Markus A. Weigand</i>	397
XI	Intoxikationen	409
1	Alkoholintoxikation <i>Bernhard Kumle, Katja Kumle und Volker Steinecke</i>	411
XII	Hygiene	421
1	Spezielle Maßnahmen zur Verhütung nosokomialer Infektionen: Kontaktschutzmaßnahmen „contact precautions“ – eine Standortbestimmung <i>Maria Deja, Bernadette Kleikamp und Friederike Maechler</i>	423
XIII	Analgosedierung	437
1	Vor- und Nachteile der volatilen Sedierung in der Intensivmedizin <i>Patrick Kellner</i>	439
XIV	Delir	449
1	Nichtmedikamentöse Delirprävention <i>Arnold Kaltwasser und Rolf Dubb</i>	451

Schwerpunkt „Reanimation“

1	Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert? _____	3
	<i>Wolfgang A. Wetsch, Andreas Schneider und Bernd W. Böttiger</i>	
2	Fehler bei der Reanimation _____	13
	<i>Marcel Frimmel und Sebastian Wolfrum</i>	
3	ECLS bei kardiovaskulärer Dekompensation und Reanimation _____	21
	<i>York A. Zausig, Alois Phillip und Dirk Lunz</i>	
4	ERC Leitlinien zur Reanimation – Sollen wir noch kühlen _____	31
	<i>Holger Maurer</i>	
5	ERC Leitlinien zur Reanimation – und wie sieht es denn wirklich aus in Europa? _____	37
	<i>Jan Wnent und Holger Maurer</i>	
6	Die kardiopulmonale Reanimation beim herzoperierten Patienten _____	43
	<i>Kevin Pilarczyk, Georg Trummer, Nils Haake und Andreas Markewitz</i>	

1 Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert?

Wolfgang A. Wetsch, Andreas Schneider und Bernd W. Böttiger

Der Herz-Kreislauf-Stillstand gehört trotz aller Bemühungen nach wie vor zu den häufigsten Todesursachen in den westlichen Industrienationen. So sterben allein in Deutschland jährlich etwa 100.000 Menschen an den Folgen des sogenannten „plötzlichen Herztodes“.

Die neuen Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation (cardiopulmonary resuscitation, CPR), die in aktualisierter Version im Herbst 2015 publiziert wurden, sind mit großer Spannung erwartet worden. Änderungen in den meistbeachteten Grundzügen, wie etwa Kompressionsfrequenz oder Medikamentendosierungen, sind ausgeblieben. Die Aussage, dass die neuen Leitlinien deshalb „nichts Neues“ gebracht hätten, ist jedoch ganz und gar nicht korrekt – wichtige Änderungen finden sich vielmehr in anderen Bereichen. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Neuerungen, die die Leitlinien 2015 im Vergleich zu den Leitlinien 2010 bringen.

1.1 Basic Life Support (BLS)

Besondere Betonung findet in den neuen Leitlinien die Interaktion zwischen Notfallzeugen und Leitstelle. Die Leitstelle soll dem Notfallzeugen beim raschen Erkennen und korrekten Interpretieren der Notfallsituation behilflich sein, den Notfallzeugen telefonisch zur Reanimation anleiten („Telefon-CPR“) und gegebenenfalls den Standort des nächstgelegenen automatischen externen Defibrillators (AEDs) mitteilen bzw. im Idealfall diesen zum Notfallort bringen lassen (1).

Wenn ein Patient nicht reagiert und nicht *normal* atmet, muss davon ausgegangen werden, dass ein Herz-Kreislauf-Stillstand vorliegt und daher sofort Wiederbelebungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Auch beim Erkennen einer nicht-

normalen Atmung soll die Leitstelle behilflich sein. Jeder Laienhelfer sollte zumindest Herzdruckmassagen durchführen. Die qualitativ hochwertige kardiopulmonale Reanimation (Kompressionsfrequenz 100–120/min, Kompressionstiefe mindestens 5 cm, aber nicht mehr als 6 cm) ist weiterhin der Schlüssel zum qualitativ guten Überleben des Ereignisses. Wenn Notfallzeugen dazu ausgebildet sind zu beatmen, dann sollen 2 Beatmungen nach 30 Herzdruckmassagen im bekannten Verhältnis 30:2 durchgeführt werden. Die Datenlage für die *compression-only*-CPR (also unterbrechungsfreie Thoraxkompressionen völlig ohne Beatmung) ist derzeit noch nicht ausreichend, um eine eindeutige Empfehlung dafür oder dagegen auszusprechen (1).

Der Schlüssel zum Überleben eines Herzstillstandes ist die qualitativ hochwertige kardiopulmonale Reanimation (Kompressionsfrequenz 100–120/min, Kompressionstiefe mindestens 5 cm, aber nicht mehr als 6 cm) mit intermittierender Beatmung (Verhältnis 30:2).

1.2 Advanced Life Support (ALS)

Die Thoraxkompressionen sind der Schlüssel zum Überleben und sollen daher nur wenn unbedingt nötig und so kurz wie möglich unterbrochen werden – dies gilt auch während der Durchführung erweiterter Maßnahmen wie Defibrillation (hier können beispielsweise selbstklebende Defi-Pads zu einer deutlichen Zeitersparnis führen) und Atemwegssicherung.

Wenn eine Atemwegssicherung indiziert ist, so richtet sich die Wahl des Hilfsmittels nach der Erfahrung des Anwenders. Die endotracheale Intubation ist zwar nach wie vor die bewährteste Atemwegssicherung, soll aber nur vom professionellen Helfer mit guter Ausbildung und großer Erfahrung durchgeführt werden. Die Laryngoskopie soll ohne Unterbrechung der Thoraxkompressionen durchgeführt werden, lediglich zum Einführen des Tubus in die Trachea kann eine kurze Pause von maximal 5 Sekunden erforderlich werden. Alternativ kann die Intubation bis zum Erreichen eines ROSC (*return of spontaneous circulation*) verschoben werden. Bei fehlender Intubationserfahrung sind alle supraglottischen Atemwegshilfsmittel (z.B. Larynxmaske, Larynxtubus, I-gel) eine akzeptierte Alternative (2).

Die Kapnographie sollte ebenfalls zumindest seit Veröffentlichung der neuen Leitlinien zum Standardmonitoring während der Reanimation gehören. So liefert sie nicht nur kontinuierlich eine sichere Lagekontrolle des Endotrachealtubus, sondern auch eine Kontrolle der Reanimationsqualität und einen frühzeitigen Hinweis auf das Wiedereintreten eines Spontankreislaufs (ROSC).

Die Kapnographie soll als Standardmonitoring während jeder Reanimation angewandt werden.

Die Daten von drei großen Studien belegen eindrucksvoll, dass die Verwendung von mechanischen Reanimationshilfen das Ergebnis und das Überleben nach Reanimation nicht verbessert (3–5). Mechanische Reanimationshilfen sollen daher nicht re-

gelhaft angewendet werden. In speziellen Situationen (etwa während einer Herzkatheterintervention, beim Transport unter CPR oder wenn die Reanimation mit einer Gefahrensituation für den Helfer verbunden wäre) können sie jedoch als sinnvolle Alternative zur manuellen Thoraxkompression erwogen werden (6).

Extrakorporale Unterstützungs- oder Ersatzsysteme (z.B. extrakorporale Membranoxygenierung, ECMO) können ebenfalls im Einzelfall als lebensrettende Maßnahmen in Erwägung gezogen werden, wenn konventionelle Maßnahmen nicht erfolgreich sind, eine Intervention – z.B. durch Transport an ein Zentrum der Maximalversorgung mit Kardiochirurgie – jedoch aussichtsreich erscheint.

Während die Sonographie bereits in vielen klinischen Tätigkeiten und Situationen kaum mehr wegzudenken ist, hatte sie bislang bei der Reanimation lediglich eine untergeordnete Rolle gespielt. Insbesondere zur Diagnose reversibler Ursachen eines Kreislaufstillstandes (etwa Perikardtamponade, Spannungspneumothorax, Lungenembolie, Hypovolämie oder Aortendissektion) ist die Sonographie jedoch auch während der laufenden kardiopulmonalen Reanimation bei entsprechender Ausbildung des Arztes gut einsetzbar und kann wegweisende therapeutische Hinweise liefern.

1.3 Spezielle Umstände

Das jetzt sehr umfangreiche Kapitel „spezielle Umstände“ behandelt ausgiebig Grunderkrankungen und klinische Zustände, die zum Kreislaufstillstand führen (können) bzw. unter welchen der Kreislaufstillstand eintritt, und deren spezifische Therapie.

Für den Transport von Patienten, bei denen es vor Ort nicht gelingt, einen Spontankreislauf wiederherzustellen, ist der Transport unter laufender Reanimation lediglich bei ausgewählten Patienten sinnvoll – diese sollen jedoch unbedingt in ein Zentrum mit ausgesprochener Expertise in der PCI unter laufender Reanimation gebracht werden.

Besteht der hochgradige Verdacht oder die gesicherte Diagnose einer Lungenarterienembolie als Ursache eines Kreislaufstillstandes, so ist die Thrombolyse unter laufender Reanimation die Therapie der Wahl.

Neu in den aktuellen Leitlinien ist die Therapieempfehlung, bei einem monitor-beobachteten Kammerflimmern oder einer pulslosen ventrikulären Tachykardie (z.B. während einer Herzkatheteruntersuchung oder einer ZVK-Anlage) zunächst in rascher Folge drei Mal zu defibrillieren, bevor mit Thoraxkompressionen und Beatmung begonnen werden muss.

! Bei monitor-beobachtetem Kammerflimmern oder pulsloser VT kann dreimal in schneller Abfolge defibrilliert werden, ehe mit Thoraxkompressionen begonnen wird.

Ereignet sich ein Kreislaufstillstand in engem zeitlichem Zusammenhang mit einem kardiochirurgischen Eingriff, so ist die schnelle Re-Sternotomie bzw. Re-Thorakotomie mit Beseitigung der Ursache (Blutung, Tamponade) der Schlüssel zu einem Überleben dieses Ereignisses.

Für den traumabedingten Kreislaufstillstand sind häufig reversible Ursachen auslösend. Neben der Hypovolämie muss auch an Spannungspneumothorax und Herzbeutelamponade gedacht werden. Daher geben die Leitlinien hier neben der intravasalen Flüssigkeitsgabe die Empfehlung der frühzeitigen bilateralen Thorakostomie und der Perikardpunktion (6).

1.4 Neuer Algorithmus innerklinische Notfallversorgung

Die Maßnahmen der innerklinisch stattfindenden kardiopulmonalen Reanimation – sowohl hinsichtlich BLS als auch ALS – unterscheiden sich primär nicht von den Maßnahmen im präklinischen Setting. Große Unterschiede gibt es jedoch hinsichtlich der Ursachen für den Herz-Kreislauf-Stillstand: Kreislaufstillstand auf der Normalstation ist meistens kein plötzliches und unvorhergesehenes Ereignis und die reversiblen Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstandes – insbesondere Hypoxämie und Hypovolämie – sind deutlich häufiger Auslöser des Kreislaufstillstandes.

Ein besonderer Fokus liegt bereits auf der Vermeidung des Eintretens eines Herz-Kreislauf-Stillstandes. Daher empfehlen die Leitlinien, dass Kliniken sogenannte *rapid response teams* (bzw. *medical emergency teams*) vorhalten sollen, die bereits bei (besorgniserregender) Zustandsverschlechterung alarmiert werden können.

Auch innerklinisch haben viele Kreislaufstillstände einen initial nicht-defibrillierbaren Rhythmus (bis zu 75% und mehr) (7). Deshalb sollten Ersthelfer auf der Station keine Zeit damit verschwenden, einen AED zu holen, wenn es in der Klinik ein Notfallteam gibt. Die innerklinische Verwendung von AEDs bei Reanimationen ist – mutmaßlich aufgrund der dadurch entstehenden Verzögerung bei der CPR – mit einem schlechteren Überleben vergesellschaftet (8).

1.5 Postreanimationstherapie

Die Postreanimationstherapie hat ebenfalls eine Schlüsselrolle, auch hinsichtlich des neurologischen Behandlungsergebnisses der Patienten. Erstmals wurde in den neuen Leitlinien dieser wichtigen Behandlungsphase ein eigenes Kapitel in den Leitlinien gewidmet (9). Dieses wurde vom *European Resuscitation Council* (ERC) gemeinsam mit der *European Society of Intensive Care Medicine* (ESICM) formuliert.

Die neuen Leitlinien betonen sehr intensiv, dass es sinnvoll ist, Patienten nach Kreislaufstillstand in einem spezialisierten Zentrum zu behandeln. Dieses Konzept war bereits 2010 in die Leitlinien eingeführt worden, wird aber nun konsequent weitergedacht. Implizit fordern die Leitlinien für ein solches Zentrum folgende Kriterien: Hohe Fallzahl, Verfügbarkeit eines Herzkatheterlabors rund um die Uhr, Ausrüstung für ein gezieltes Temperaturmanagement, Verfügbarkeit eines Neurologen sowie elektrophysiologischer Diagnostik. Die Aufnahme eines Patienten in ein solches Zentrum rechtfertigt laut Leitlinie ggf. auch längere präklinische Transportwege.

Für die initiale Phase nach Klinikaufnahme geben die neuen Leitlinien erstmals einen konkreten Algorithmus zur Ursachendiagnostik (s. Abb. 1) vor.

Sofern nicht klar eine nicht-kardiale Ursache vermutet wird, muss ein 12-Kanal-Elektrokardiogramm abgeleitet werden. Bei Vorliegen von ST-Streckenhebungen ist an-

1 Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert?

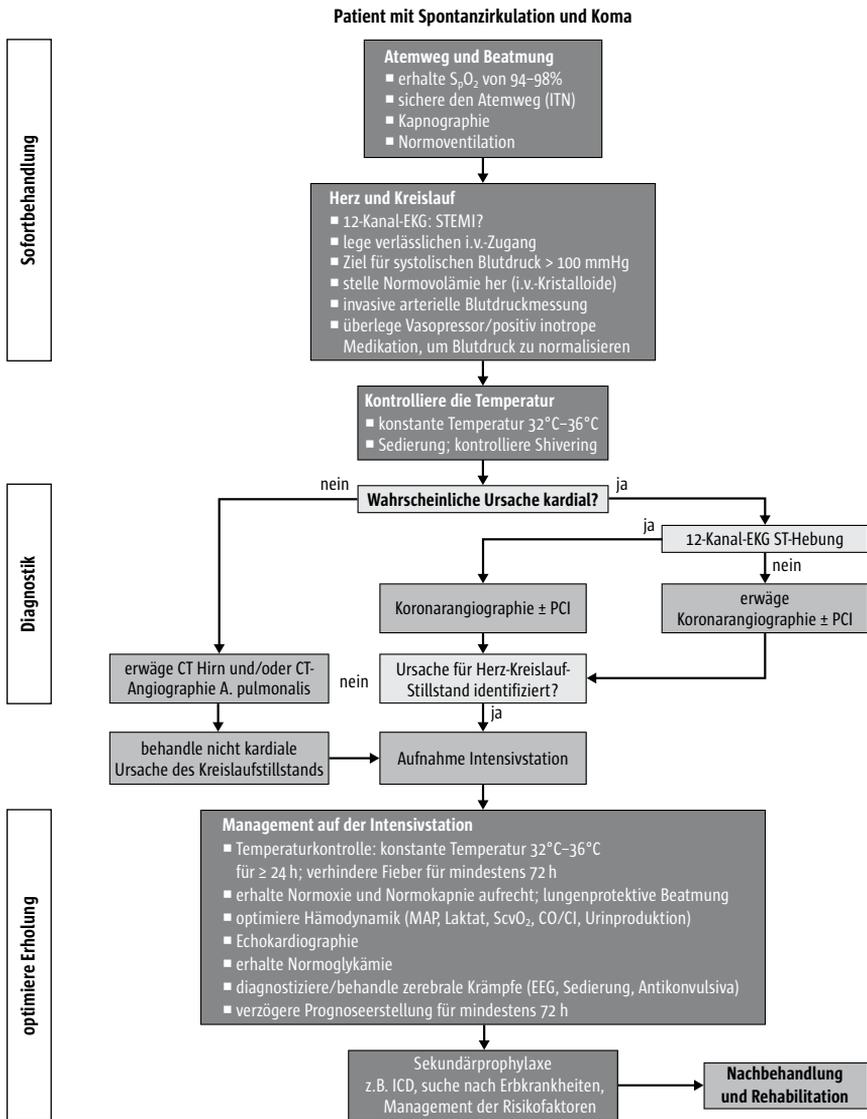


Abb. 1 Algorithmus zur Postreanimationsbehandlung. PCI: perkutane koronare Intervention, MAP: mittlerer arterieller Blutdruck, ScvO₂: zentralvenöse Sauerstoffsättigung, CO/CI: Herzzeitvolumen/Herzindex, EEG: Elektroenzephalogramm, ICD: implantierbarer Kardioverter-Defibrillator (aus [10], mit freundlicher Genehmigung. © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2015)

schließlich unmittelbar eine Koronarangiographie (ggf. mit Intervention) zu veranlassen. Liegen keine ST-Streckenhebungen vor, wird empfohlen, dennoch eine Koronarangiographie zu diskutieren und bei hohem Risiko für eine kardiale Ätiologie durchzuführen. Erscheint eine kardiale Ursache primär nicht wahrscheinlich oder

bleibt die Koronarangiographie blande, empfehlen die Leitlinien nun erstmals die frühzeitige Computertomographie zum Ausschluss einer neurologischen oder respiratorischen Ursache. Ferner betonen die neuen Leitlinien stärker als die Fassung von 2010 den Stellenwert der frühen Echokardiographie, um die nach dem Kreislaufstillstand regelhaft auftretende hämodynamische Instabilität differenzialdiagnostisch besser zu charakterisieren.

Die allgemeine Intensivtherapie nach Kreislaufstillstand bietet wenig Neuerungen. Die hämodynamische Stabilisierung, die Aufrechterhaltung von Normokapnie, Normoxämie und Normoglykämie sowie die Therapie von Krampfanfällen bleiben die Grundlage.

Eine wesentliche Überarbeitung hat der Abschnitt zum gezielten Temperaturmanagement erfahren. Zunächst fällt die neue Begrifflichkeit auf, wo in den Leitlinien 2010 noch von therapeutischer Hypothermie die Rede war.

2002 zeigten zwei randomisierte klinische Studien eine Verbesserung von Mortalität und Morbidität durch eine Hypothermie von 32–34°C gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Temperaturmanagement (11, 12). Da diese Patienten häufig Fieber entwickelten, folgte 2013 eine dritte randomisierte klinische Studie, in der ein gezieltes Temperaturmanagement von 33°C und 36°C verglichen wurde; Mortalität und Morbidität waren in beiden Gruppen gleich (13).

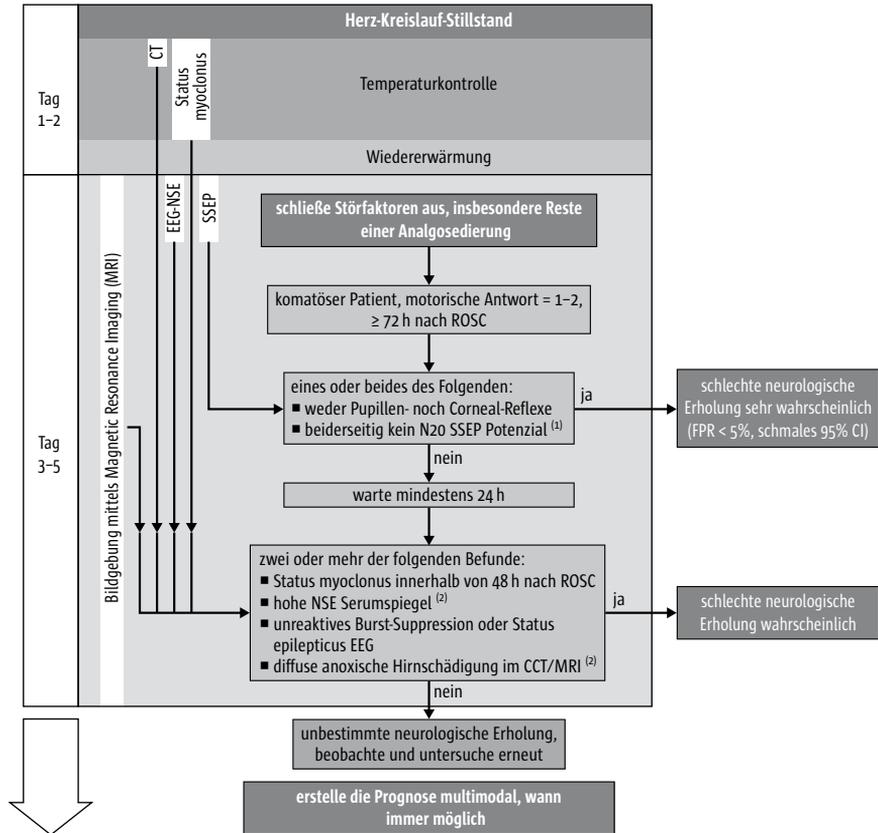
Die Leitlinien empfehlen in der Summe, dass bei allen Patienten, die unmittelbar nach dem Kreislaufstillstand bewusstlos bleiben, ein gezieltes Temperaturmanagement durchgeführt wird. Während die Indikation damit gegenüber den Leitlinien 2010 unverändert bleibt, werden die Empfehlungen zur praktischen Durchführung deutlich angepasst: Ziel ist eine konstante Temperatur zwischen 32 und 36°C, die für mindestens 24 Stunden gehalten werden soll. Pathophysiologisch ist denkbar, dass möglicherweise Patienten nach längerer Ischämie eher von Temperaturen im unteren Zielbereich profitieren. Dies ist jedoch mit den vorhandenen Daten nicht belegbar. Eine Sorge vor vermehrten Nebenwirkungen ist aber nicht gerechtfertigt.

Bezüglich der vielfältigen Methoden zur Etablierung eines gezielten Temperaturmanagements wird von den neuen Leitlinien erstmals eine Negativempfehlung ausgesprochen: Auf die Anwendung großer Mengen kalter Infusionslösung zur Induktion einer Hypothermie soll zumindest in der präklinischen Phase verzichtet werden. Eine randomisierte klinische Studie hatte hier eine erhöhte Nebenwirkungsrate bis hin zu erneuten Kreislaufstillständen aufgezeigt (14).

Schließlich haben sich in den neuen Leitlinien die Empfehlungen zur Beurteilung der neurologischen Prognose deutlich geändert. Zentrale Aussage ist, dass frühestens 72 Stunden nach dem Kreislaufstillstand Befunde erhoben werden können, die mit akzeptabler Spezifität ein schlechtes neurologisches Ergebnis vorhersagen. Hier wird auch erstmals ein detaillierter Algorithmus (s. Abb. 2) zur priorisierten Einordnung der erhobenen Befunde eingeführt.

Grundlage ist die klinisch-neurologische Untersuchung des Patienten 72 Stunden nach dem Kreislaufstillstand. Das Fehlen von Pupillen- und Kornealreflex oder das beidseitige Fehlen der kortikalen Reizantwort nach Nervus-medianus-Stimulation zeigen hier sehr wahrscheinlich eine schlechte Prognose an. Ist keines dieser Kriterien erfüllt, soll weitere 24 Stunden – also bis 96 Stunden nach Kreislaufstillstand – abgewartet werden, bevor andere Befunde herangezogen werden. Diese sollen außer-

1 Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert?



(1) ≥ 24 h nach ROSC in Patienten, die nicht mit einem zielgerichteten Temperaturmanagement behandelt wurden.
 (2) Details siehe [10, 15]

Abb. 2 Neuer Algorithmus zur neurologischen Beurteilung nach kardiopulmonaler Reanimation. EEG: Elektroenzephalogramm, NSE: neuronenspezifische Enolase, ROSC: Rückkehr des Spontankreislaufs, SSEP: somatosensorische evozierte Potenziale (modifiziert und korrigiert aus [10, 15], mit freundlicher Genehmigung. © German Resuscitation Council [GRC] und Austrian Resuscitation Council [ARC] 2015)

dem nur in Kombination verwertet werden: Status myoclonus, hohe Serumkonzentrationen der neuronenspezifischen Enolase, maligne Muster in der Elektroenzephalographie (Burst-Suppression-Muster oder Status epilepticus, jeweils ohne Reaktion auf äußere Reize), radiologische Zeichen eines diffusen Hirnschadens (aufgehobene Mark-Rinden-Differenzierung oder verstrichene Sulci in der Computertomographie innerhalb von 24 Stunden nach Kreislaufstillstand oder diffuse Diffusionsstörung in der Magnetresonanztomographie 2–5 Tage nach Kreislaufstillstand) (9).



Take home messages:

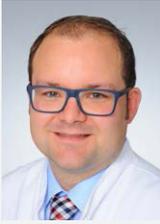
- *Patienten sollen in einem auf Reanimation spezialisierten Zentrum behandelt werden.*
- *In Reanimationszentren soll eine Herzkatheteruntersuchung rund um die Uhr an allen Tagen der Woche verfügbar sein.*
- *Die gezielte Temperaturkontrolle soll ein etablierter Standard in Reanimationszentren sein.*
- *Bei vermuteter kardialer Ursache soll der Patient umgehend in die PCI, bei vermuteter nicht-kardialer Ursache in die CT-Diagnostik.*
- *Die Prognoseerstellung soll multimodal (mit neurologischer Diagnostik) und standardisiert erfolgen; sie soll frühestens 72 h, besser 98 h nach Kreislaufstillstand erstmals durchgeführt werden.*

Literatur

1. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, Castren M, Smyth MA, Olasveengen T, Monsieurs KG, Raffay V, Grasner JT, Wenzel V, Ristagno G, Soar J, Adult basic life s, automated external defibrillation section C. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation* 2015; 95: 81–99
2. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB, Sunde K, Deakin CD, Adult advanced life support section C. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015
3. Wik L, Olsen JA, Persse D, Sterz F, Lozano M, Jr., Brouwer MA, Westfall M, Souders CM, Malzer R, van Grunsven PM, Travis DT, Whitehead A, Herken UR, Lerner EB. Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation* 2014; 85: 741–8
4. Perkins GD, Lall R, Quinn T, Deakin CD, Cooke MW, Horton J, Lamb SE, Slowther AM, Woollard M, Carson A, Smyth M, Whitfield R, Williams A, Pocock H, Black JJ, Wright J, Han K, Gates S, collaborators Pt. Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2015; 385: 947–55
5. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, Ostlund O, Silfverstolpe J, Lichtveld RA, Boomars R, Ahlstedt B, Skoog G, Kastberg R, Halliwell D, Box M, Herlitz J, Karlsten R. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA* 2014; 311: 53–61
6. Truhlar A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonso A, Bierens JJ, Brattebo G, Brugger H, Dunning J, Hunyadi-Anticevic S, Koster RW, Lockey DJ, Lott C, Paal P, Perkins GD, Sandroni C, Thies KC, Zideman DA, Nolan JP, Cardiac arrest in special circumstances section C. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2015; 95: 148–201
7. Nolan JP, Soar J, Smith GB, Gwinnutt C, Parrott F, Power S, Harrison DA, Nixon E, Rowan K, National Cardiac Arrest A. Incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest in the United Kingdom National Cardiac Arrest Audit. *Resuscitation* 2014; 85: 987–92
8. Chan PS, Krumholz HM, Spertus JA, Jones PG, Cram P, Berg RA, Peberdy MA, Nadkarni V, Mancini ME, Nalamotohu BK, American Heart Association National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation I. Automated external defibrillators and survival after in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2010; 304: 2129–36
9. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moulart VR, Deakin C, Böttiger BW, Friberg H, Sunde K, Sandroni C. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 5. Post resuscitation care. *Resuscitation* 2015; 95: 202–22
10. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moulart VRM, Deakin C, Böttiger BW, Friberg H, Sunde K, Sandroni C. Post resuscitation care. *Notfall + Rettungsmedizin* 2015; 18: 904–31

1 Die neuen Leitlinien zur Reanimation – was hat sich grundsätzlich geändert?

11. Hypothermia after Cardiac Arrest Study G. Mild therapeutic hypothermia to improve the neurologic outcome after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2002; 346: 549–56
12. Bernard SA, Gray TW, Buist MD, Jones BM, Silvester W, Gutteridge G, Smith K. Treatment of comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest with induced hypothermia. *N Engl J Med* 2002; 346: 557–63
13. Nielsen N, Wetterslev J, Cronberg T, Erlinge D, Gasche Y, Hassager C, Horn J, Hovdenes J, Kjaergaard J, Kuiper M, Pellis T, Stammedt P, Wanscher M, Wise MP, Aneman A, Al-Subaie N, Boesgaard S, Bro-Jeppesen J, Brunetti I, Bugge JF, Hingston CD, Juffermans NP, Koopmans M, Kober L, Langorgren J, Lilja G, Moller JE, Rundgren M, Rylander C, Smid O, Werer C, Winkel P, Friberg H, Investigators TTMT. Targeted temperature management at 33 degrees C versus 36 degrees C after cardiac arrest. *N Engl J Med* 2013; 369: 2197–206
14. Kim F, Nichol G, Maynard C, Hallstrom A, Kudenchuk PJ, Rea T, Copass MK, Carlborn D, Deem S, Longstreth WT, Jr., Olsufka M, Cobb LA. Effect of prehospital induction of mild hypothermia on survival and neurological status among adults with cardiac arrest: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014; 311: 45–52
15. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moolaert VRM, Deakin C, Böttiger BW, Friberg H, Sunde K, Sandroni C. Erratum to: Post reanimation treatment. *Notfall + Rettungsmedizin* 2016; 19: 56–7



PD Dr. med. univ. Wolfgang A. Wetsch

Medizinstudium an der Medizinischen Universität Innsbruck, Promotion an der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin in Innsbruck. Seit 2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin der Uniklinik Köln. Facharzt seit 2014, Habilitation 2016. Regelmäßige Tätigkeit als Notarzt. Forschungsschwerpunkte sind Reanimation und Atemwegsmanagement in der Notfallmedizin.



Dr. med. Andreas Schneider, DESA

Medizinstudium an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Ausbildung zum Facharzt für Anästhesiologie am Universitätsklinikum Köln, Zusatzweiterbildungen Intensivmedizin und Notfallmedizin. Seit 2015 verantwortlicher Bereichsfacharzt Intensivmedizin. Forschungstätigkeit in Heidelberg und Köln mit dem Schwerpunkt neuroprotektiver Therapien nach experimentellem Kreislaufstillstand.



Univ.-Prof. Dr. med. Bernd W. Böttiger, ML, DEAA, FESC, FERC

Medizinstudium an der Universität Heidelberg. Der Facharztausbildung am Enzkreisklinikum und an der Uniklinik Heidelberg folgten Forschungsaufenthalte am Max-Planck-Institut für neurologische Forschung in Köln sowie an verschiedenen Universitäten in den USA. Von 2002 bis 2007 war Prof. Böttiger leitender Oberarzt und stellvertretender Ärztlicher Direktor der Klinik für Anaesthesiologie am Universitätsklinikum Heidelberg, seit 2007 ist er Ordinarius der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin an der Uniklinik Köln. Prof. Böttiger war von 2008 bis 2012 Präsident und ist seit 2013 Director Science and Research des European Resuscitation Council (ERC). Er ist Vorsitzender des German Resuscitation Council (GRC) sowie stellvertretender Vorsitzender des Arbeitskreises „Notfallmedizin“ der DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin). Seit 2015 ist er gewähltes Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

2 Fehler bei der Reanimation

Marcel Frimmel und Sebastian Wolfrum

Besonders gravierend sind Fehler bei kritisch kranken Patienten (1). Der größte Fehler bei der Reanimation von Patienten nach Herzkreislaufstillstand ist es für Laien, nicht mit den Reanimationsbemühungen zu beginnen und für professionelle Teams, sich nicht darauf vorzubereiten und es nicht zu trainieren. Schon im Jahr 1954 wiesen die Chirurgen um H.E. Stephenson auf Fehler bei 1.200 untersuchten Reanimationen hin und betonten schon damals „hand must be on the arrested heart“. Der Zeitfaktor bis zum Beginn der Reanimation wurde schon vor über 60 Jahren als Schlüssel zum Erfolg erkannt (2).

In der Registeruntersuchung von Ornato et al. 2012 wurden aus den Daten *National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation* aus über 8 Jahren mit knapp 120.000 intrahospitalen Reanimationen bei Erwachsenen systematische Fehler analysiert, welche mit einer relativen Verschlechterung der Überlebenschance von bis zu 34,2% assoziiert waren. In 28,7% der Reanimationen wurden Fehler beschrieben, wobei hierbei die verzögerte Gabe von Adrenalin oder Vasopressin (> 5 Minuten) bzw. Defibrillation (> 2 Minuten), das Airwaymanagement sowie die ausreichend effektive Herzdruckmassage zu den häufigsten Fehlern zählten (3).

Ist ein Patient reanimationspflichtig, kommen in der oft unübersichtlichen Situation verschiedene nicht-patientenabhängige Faktoren zusammen, die den Erfolg der Maßnahmen mit bestimmen können. In dem folgenden Artikel sollen auf solche, häufig durch strukturiertes und regelmäßiges Training behebbare Fehler, während einer Reanimation eingegangen werden. Somit werden in diesem Artikel als Fehler vermeidbare Abweichungen von den Leitlinienempfehlungen definiert.

2.1 Herzdruckmassage

Höchste Priorität während der Reanimation hat in den aktuellen ERC-Reanimationsleitlinien von 2015 weiterhin die effektive Herzdruckmassage (HDM) mit geringen Pausen zur Ventilation bei Maskenbeatmung bis zur Sicherung des Atemweges bzw. minimalen Unterbrechungen zur Rhythmusanalyse und Defibrillation (< 5 Sekunden). Der Zeitanteil an Herzkompressionen an der Gesamtdauer der Reanimation bis ROSC sollte größer als 80% liegen (4).

Nicht nur die Quantität sondern auch die Qualität der Herzdruckmassage ist bedeutsam und oft unzureichend. In einer Analyse intrahospitaler Reanimationen von Abella et al. (2005) zeigte sich, dass in den ersten 5 Minuten die Frequenz in 28% der 30-sekündigen Zeitabschnitte zu langsam (< 90 pro Minute) bzw. die Drucktiefe zu 37% zu gering (< 38 mm) war (5).

Empfohlen wird während der Herzdruckmassage eine Drucktiefe von 5–6 cm mit einer Frequenz von 100–120 pro Minute. Auf eine konsequente Entlastung des Thorax ist jeweils zu achten. Helfer sollten sich alle 2 Minuten oder bei Erschöpfung mit der HDM abwechseln. Hier ist der Teamleader gefragt.

Durch Feedback-Geräte, welche die optimale Tiefe und Frequenz der Herzdruckmassage analysieren, kann eine hohe Qualität der HDM erreicht werden, jedoch führt dies nicht in allen Studien zu einem verbesserten Outcome der Patienten, sodass für die klare Empfehlung dieser Geräte noch weitere Studien fehlen (6, 7).

2.2 Defibrillation

Bei Reanimationen im Krankenhaus ist jede Minute der Verzögerung einer Defibrillation mit einer Verschlechterung der Überlebensrate verbunden (8). Untersucht wurden hier erstmals 6.789 Patienten mit einem defibrillierbaren Rhythmus. Bereits eine Latenz von über zwei Minuten führt zu einer Verschlechterung des Überlebens bis zur Krankenhausentlassung (22,2% vs. 39,3%). Faktoren, die in der genannten Untersuchung aus den USA einen Einfluss auf die Verzögerung der Defibrillation hatten, waren u. a. eine nichtkardiale Aufnahmediagnose, Patient nicht am Monitor, Krankenhaus mit < 250 Betten und eine Reanimation außerhalb der Kernarbeitszeit (17.00 Uhr bis 8.00 Uhr) bzw. am Wochenende.

Die Wahrscheinlichkeit, dass in der Nacht und am Wochenende mehr Fehler bei Reanimationen auftreten, wurde bereits 2008 von Peberdy et al. diskutiert. Die Überlebenswahrscheinlichkeit (Krankenhausentlassung) nach Reanimation in der Nacht war, auch nach statistischer Adjustierung möglicher Confounder, mit 14,7% signifikant geringer als am Tage mit 19,8% (9).

Hinzu kommt, dass bei intrahospitalen Reanimationen häufig das Pflegepersonal den Patienten auffindet, jedoch bis zur Anwendung des vorhandenen Defibrillators häufig auf den Arzt gewartet wird. Erklärt wird dies durch mögliche Unsicherheiten in der Bedienung und Interpretation des EKG sowie hierarchische Bedingungen (10, 11). Hingegen kann gut trainiertes Pflegepersonal als first-responder ebenso die Teamleitung bei einer Reanimation übernehmen (12).

In Notaufnahmen hingegen scheinen durch die hohe Anzahl von Notfällen mit entsprechender Expertise des Personals Fehler bei der Reanimation seltener aufzutreten (13) und sich auch positiv auf die Überlebensrate auszuwirken (14). Dies unterstreicht die Bedeutung eines frühzeitigen Erkennens von Risikofaktoren sowie die optimale Ausgestaltung der Überwachung solcher Risikopatienten, Schulung von Mitarbeitern sowie ggf. die Implementierung von medical response Teams rund um die Uhr.

2.3 Airwaymanagement

Für das Erlernen der endotrachealen Intubation ist eine lange Phase der Supervision notwendig (15). Während einer Reanimation sind die Intubationsbedingungen zudem oft erschwert. Komplikationen (mehrfache Versuche, einseitige Intubation, Ösophagusintubation) kommen in 8,8% der Fälle vor (16).

Ein weiterer Nachteil der endotrachealen Intubation sind die Phasen ohne Herzdruckmassage (no-flow-Zeit). In der Untersuchung von Wang und Kollegen aus dem Jahr 2009 wurden bei Paramedics in den USA erstaunlich lange Unterbrechungen von im Median 110 Sekunden festgestellt (17).

Nach Sicherung des Atemweges werden Patienten während einer Reanimation häufig zu hochfrequent beatmet (5). In der genannten Untersuchung wurde in den ersten 5 Minuten der Analyse in über 60% der 30-sekündigen Zeitabschnitte mit einer Frequenz > 20 pro Minute beatmet.

2.4 Equipment nicht ausreichend bekannt

Trotz Vorgaben durch das Medizinproduktegesetz (§ 5 Abs. 1 MPBetreibV) sind insbesondere Kolleginnen und Kollegen, welche auf der Intensivstation beginnen oft noch nicht in alle Geräte der Station eingewiesen. Dies kann zu fehlerhafter Bedienung und damit zu Verzögerungen führen (18). Auch sind Unfälle durch eine nicht sachgemäße Bedienung des Defibrillators während einer Reanimation beschrieben (19).

2.5 Medikamentengabe

Bei Patienten mit einem nicht-schockbaren Rhythmus (PEA/Asystolie) ist die verzögerte Medikamentengabe von Adrenalin bzw. Vasopressin auf über fünf Minuten mit einer Verschlechterung der Überlebenswahrscheinlichkeit assoziiert (3). Auch bei Patienten mit schockbarem Rhythmus (KE/pVT) konnte aus den Registerdaten eine Verschlechterung des Überlebens durch Medikamentenfehler abgeleitet werden (3). Zu beachten ist hierbei, dass die Zeit vom Kollaps des Patienten bis zur Medikamentengabe bei hospitalisierten Patienten bei durchschnittlich 2,4 Minuten lag, bei prä-hospitalen Reanimationen ist eine Latenz von etwa 17 Minuten beschrieben (20).

Je nach Untersuchungsmethode und ob es sich um ein geplantes Szenario oder um eine Beobachtungsstudie handelt, sind die Angaben zu fehlerhaften Medikamentengaben mit einer sehr großen Spanne beschrieben (< 1% bis 50%) (21). Als Ursache kom-

men hier die fehlerhafte Anordnung, Vorbereitung, Beschriftung oder Gabe der Medikamente in Betracht.

Dies zeigte sich auch in der prospektiven Kohortenstudie von Anderson und Kollegen (2016), welche an 300 Krankenhäusern in den USA die Häufigkeit und den Einfluss auf das Outcome einer zu frühen Adrenalingabe (weniger als zwei Minuten) bei einem persistierend schockbaren Rhythmus (KF, pVT) untersuchten. Von den untersuchten 2.978 Patienten erhielten 51% innerhalb von zwei Minuten nach erfolgter Defibrillation bei einem schockbaren Rhythmus Adrenalin, wobei der Anteil noch höher liegen sollte, da 439 Patienten mit Adrenalingaben vor Defibrillation aus der Studie ausgeschlossen wurden. Zudem war der Anteil der zu frühen Adrenalingaben über die Jahre hinweg (2006–2012) signifikant ansteigend (Ursache unklar). Dieses Vorgehen ist konträr zu den aktuellen Reanimationsleitlinien der American Heart Association (AHA) bzw. des European Resuscitation Council. Die ERC-Leitlinien empfehlen eine Adrenalin- bzw. Amiodarongabe erst nach dem dritten Schock, also nach etwa 6 Minuten (AHA nach dem zweiten Schock). Eine zu frühe Adrenalingabe hat in der genannten Untersuchung einen negativen Effekt auf die Überlebensrate aus dem Krankenhaus (odds ratio 0,70) bzw. einem verzögerten Wiedereintreten einer Spontanzirkulation (ROSC) (odds ratio 0,71) sowie einem guten funktionellen Outcome (odds ratio 0,69) (22).

Zur Kontroverse bezüglich der Adrenalingabe bei Reanimation prähospital (23) wird die Paramedic-2-Studie hoffentlich weiteren Aufschluss geben.

Wie groß der Einfluss der antiarrhythmischen Medikation bei defibrillierbaren Rhythmen (KF/pVT) wirklich ist, wurde durch die Untersuchungen von Kudenchuk und Kollegen (2016) bei prähospitaler Reanimation infrage gestellt. In dieser randomisierten, placebokontrollierten Doppelblindstudie zeigte sich kein Unterschied zwischen der Gabe von Amiodaron, Lidocain oder Kochsalzlösung bezüglich Überlebensrate bzw. neurologischem Outcome (24).

2.6 Teamarbeit

Reanimtionsteams weichen häufig von den Algorithmen der Reanimations-Leitlinien ab (25). Das Training im Team verbessert die Qualität in kritischen Situationen und Reanimationen und weist sich positiv auf die Ebene der Kommunikation, Teamarbeit und -leitung aus (26). Eine gute Teamführung stellt einen prognostischen Faktor während einer Reanimation dar (27). Eine Instruktion in Teamführung und Kommunikation kann auch nach einem Zeitraum von 4 Monaten noch die Performance eines Reanimationstrainings signifikant verbessern (28).

Bereits ein 90-minütiges Teamleader-Training im Bereich Crisis Resource Management (s. u.) kann die Performance einer folgenden Reanimation bezüglich der Adhärenz an die ACLS-Leitlinien signifikant verbessern (27). In Reanimationen unter Simulationsbedingungen führte die ad-hoc-Teambildung zu signifikant längeren Unterbrechungen bei der Herzdruckmassage (hands-on time in ersten 180 Sekunden) sowie verzögerten Defibrillation im Vergleich zu Teams mit klarer Aufgabenverteilung (29).



Crisis Resource Management (nach [35])

1. Kenne Deine Arbeitsumgebung (Technik und Organisation)
2. Sei vorausschauend und plane voraus
3. Fordere Hilfe an – lieber früh als spät
4. Übernimm die Führungsrolle oder sei ein gutes Teammitglied mit Beharrlichkeit
5. Verteile die Arbeitsbelastung (10-Sekunden-für-10-Minuten-Prinzip)
6. Mobilisiere alle verfügbaren Ressourcen (Personen und Technik)
7. Kommuniziere sicher und effektiv – sag was Dich bewegt
8. Beachte und verwende alle vorhandenen Informationen
9. Verhindere und erkenne Fixierungsfehler
10. Habe Zweifel und überprüfe genau; („Double check“; nie etwas vermuten)
11. Verwende Merkhilfen und schlage nach
12. Re-evaluiere die Situation immer wieder (10-Sekunden-für-10-Minuten-Prinzip)
13. Achte auf gute Teamarbeit
14. Lenke Deine Aufmerksamkeit bewusst („Situation awareness“)
15. Setze Prioritäten dynamisch

In unübersichtlichen Notfallsituationen ist, u. a. durch die körperlich anstrengende Herzdruckmassage, die mentale Kapazität der Teilnehmer eingeschränkt (30). Von besonderer Wichtigkeit ist hier eine direkte Kommunikation, Planung und Führung durch den Teamleader (31):



Effektive Teamarbeit zur Fehlervermeidung (nach [25])

1. Fragen stellen und Befunde sowie gewonnene Informationen offen mitteilen. Äußerung von Verdachtsdiagnosen zu Beginn vermeiden.
2. Laut nachdenken. Auch andere Teammitglieder nach Auffälligkeiten/Beobachtungen fragen.
3. Situation regelmäßig zusammenfassen und quantitativ analysieren (z.B. Medikamentengabe, wie lange wird reanimiert etc.). Statusänderungen hervorheben (BGA, Rhythmus).
4. Wichtige Informationen und Aufträge doppelt prüfen, Zweifel äußern

Abweichungen vom ACLS-Protokoll (falsche/unterlassene Handlung sowie falsches Timing) sind signifikant mit einer geringeren ROSC-Wahrscheinlichkeit assoziiert (32). Eine Adhärenz von über 70% an das ACLS-Protokoll verdoppelt unabhängig von anderen Faktoren die ROSC-Wahrscheinlichkeit.

In einer aktuellen Analyse von 14.129 prähospitalen Reanimation in den USA zeigte eine optimierte „Team-fokussierte“ Reanimation mit dem Schwerpunkt auf eine minimale Unterbrechung der HDM, einer möglichst frühen Defibrillation, keiner en-

dotrachealen Intubation (jedoch supraglottische Atemwegssicherung, Atemfrequenz 8–10/Minute) im Vergleich zur „Standard-CPR“ eine höhere Rate mit gutem neurologischen Outcome (8,3 vs. 4,8%) (33).

Zudem kann ein systematisches Debriefing nach erfolgter Reanimation im Krankenhaus die Prognose bei folgenden Reanimationen verbessern (34). Eine Dokumentenvorlage bietet das Klinikum Nürnberg auf seiner Homepage an.

2.7 Zusammenfassung

Insgesamt sind Abweichungen von den Leitlinienempfehlungen häufig. Optimierte Strukturen im Krankenhaus und häufiges Trainieren helfen, das Outcome der Patienten zu verbessern. Ein erweitertes Equipment (Reanimationshilfen, Feedbacksystem) hilft zwar die Adhärenz an die Leitlinienempfehlungen zu erhöhen, jedoch bisher ohne gesicherten Nachweis eines verbesserten Outcome der Patienten.

Literatur

1. Latif A, Rawat N, Pustavoitau A, Pronovost PJ, Pham JC. National study on the distribution, causes, and consequences of voluntarily reported medication errors between the ICU and non-ICU settings. *Crit Care Med*. 2013 Feb; 41(2): 389–98
2. Stephenson HE Jr, Reid LC, Hinton JW. Pitfalls, precautions, and complications in cardiac resuscitation: study of 1,200 cases. *AMA Arch Surg*. 1954 Jul; 69(1): 37–53
3. Ornato JP, Peberdy MA, Reid RD, Feeser VR, Dhindsa HS; NRCPR Investigators. Impact of resuscitation system errors on survival from in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012 Jan; 83(1): 63–9
4. Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, Andrusiek D, Powell J, Nichol G, Cheskes S, Aufderheide TP, Berg R, Stiell IG; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2011 Dec; 82(12): 1501–7
5. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O’Hearn N, Vanden Hoek TL, Becker LB. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005 Jan 19; 293(3): 305–10
6. Vahedian-Azimi A, Hajiesmaeili M, Amirsavadkouhi A, Jamaati H, Izadi M, Madani SJ, Hashemian SM, Miller AC. Effect of the Cardio First Angel™ device on CPR indices: a randomized controlled clinical trial. *Crit Care*. 2016 May 17; 20(1): 147
7. Kirkbright S, Finn J, Tohira H, Bremner A, Jacobs I, Celenza A. Audiovisual feedback device use by health care professionals during CPR: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised trials. *Resuscitation*. 2014 Apr; 85(4): 460–71
8. Chan PS, Krumholz HM, Nichol G, Nallamothu BK; American Heart Association National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation Investigators. Delayed time to defibrillation after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med*. 2008 Jan 3; 358(1): 9–17
9. Peberdy MA, Ornato JP, Larkin GL, Braithwaite RS, Kashner TM, Carey SM, Meaney PA, Cen L, Nadkarni VM, Praestgaard AH, Berg RA; National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation Investigators. Survival from in-hospital cardiac arrest during nights and weekends. *JAMA*. 2008 Feb 20; 299(7): 785–92
10. Coady EM. A strategy for nurse defibrillation in general wards. *Resuscitation*. 1999 Nov; 42(3): 183–6
11. Hunziker S, Johansson AC, Tschan F, Semmer NK, Rock L, Howell MD, Marsch S. Teamwork and leadership in cardiopulmonary resuscitation. *J Am Coll Cardiol*. 2011 Jun 14; 57(24): 2381–8
12. Gilligan P, Bhatarcharjee C, Knight G, Smith M, Hegarty D, Shenton A, Todd F, Bradley P. To lead or not to lead? Prospective controlled study of emergency nurses’ provision of advanced life support team leadership. *Emerg Med J*. 2005 Sep; 22(9): 628–32

13. Ornato JP, Peberdy MA, Reid RD, Feeser VR, Dhindsa HS; NRCPR Investigators. Impact of resuscitation system errors on survival from in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012 Jan; 83(1): 63–9
14. Kayser RG, Ornato JP, Peberdy MA; American Heart Association National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. Cardiac arrest in the Emergency Department: a report from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation*. 2008 Aug; 78(2): 151–60
15. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A. Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2012 Feb; 56(2): 164–71
16. Lyon RM, Ferris JD, Young DM, McKeown DW, Oglesby AJ, Robertson C. Field intubation of cardiac arrest patients: a dying art? *Emerg Med J*. 2010 Apr; 27(4): 321–3
17. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. *Ann Emerg Med*. 2009 Nov; 54(5): 645–652
18. Cummins RO, Chesmore K, White RD. Defibrillator failures. Causes of problems and recommendations for improvement. Defibrillator Working Group. *JAMA*. 1990 Aug 22–29; 264(8): 1019–25
19. Gibbs W, Eisenberg M, Damon SK. Dangers of defibrillation: injuries to emergency personnel during patient resuscitation. *Am J Emerg Med*. 1990 Mar; 8(2): 101–4
20. Brown CG, Martin DR, Pepe PE, Stueven H, Cummins RO, Gonzalez E, Jastremski M. A comparison of standard-dose and high-dose epinephrine in cardiac arrest outside the hospital. The Multicenter High-Dose Epinephrine Study Group. *N Engl J Med*. 1992 Oct 8; 327(15): 1051–5
21. Flannery AH, Parli SE. Medication Errors in Cardiopulmonary Arrest and Code-Related Situations. *Am J Crit Care*. 2016 Jan; 25(1): 12–20
22. Andersen LW, Kurth T, Chase M, Berg KM, Cocchi MN, Callaway C, Donnino MW; American Heart Association's Get With The Guidelines-Resuscitation Investigators. Early administration of epinephrine (adrenaline) in patients with cardiac arrest with initial shockable rhythm in hospital: propensity score matched analysis. *BMJ*. 2016 Apr 6; 353: i1577
23. Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Matsubara T, Gunshin M, Kondo Y, Yahagi N. Effect of prehospital epinephrine on out-of-hospital cardiac arrest: a report from the national out-of-hospital cardiac arrest data registry in Japan, 2011–2012. *Eur J Clin Pharmacol*. 2016 Jul 13
24. Kudenchuk PJ, Brown SP, Daya M, Rea T, Nichol G, Morrison LJ, Leroux B, Vaillancourt C, Wittwer L, Callaway CW, Christenson J, Egan D, Ornato JP, Weisfeldt ML, Stiell IG, Idris AH, Aufderheide TP, Dunford JV, Colella MR, Vilke GM, Brienza AM, Desvigne-Nickens P, Gray PC, Gray R, Seals N, Straight R, Dorian P; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2016 May 5; 374(18): 1711–2
25. Hunziker S, Johansson AC, Tschan F, Semmer NK, Rock L, Howell MD, Marsch S. Teamwork and leadership in cardiopulmonary resuscitation. *J Am Coll Cardiol*. 2011 Jun 14; 57(24): 2381–8
26. Murphy M, Curtis K, McCloughen A. What is the impact of multidisciplinary team simulation training on team performance and efficiency of patient care? An integrative review. *Australas Emerg Nurs J*. 2016 Feb; 19(1): 44–53
27. Fernandez Castela E, Boos M, Ringer C, Eich C, Russo SG. Effect of CRM team leader training on team performance and leadership behavior in simulated cardiac arrest scenarios: a prospective, randomized, controlled study. *BMC Med Educ*. 2015 Jul 24; 15: 116
28. Hunziker S, Bühlmann C, Tschan F, Balestra G, Legeret C, Schumacher C, Semmer NK, Hunziker P, Marsch S. Brief leadership instructions improve cardiopulmonary resuscitation in a high-fidelity simulation: a randomized controlled trial. *Crit Care Med*. 2010 Apr; 38(4): 1086–91
29. Hunziker S, Tschan F, Semmer NK, Zobrist R, Spsychiger M, Breuer M, Hunziker PR, Marsch SC. Hands-on time during cardiopulmonary resuscitation is affected by the process of teambuilding: a prospective randomised simulator-based trial. *BMC Emerg Med*. 2009 Feb 14; 9: 3
30. Rehatschek G, Muench M, Schenk I, Dittrich W, Schewe JC, Dirk C, Hering R. Mechanical LUCAS resuscitation is effective, reduces physical workload and improves mental performance of helicopter teams. *Minerva Anesthesiol*. 2016 Apr; 82(4): 429–37
31. Fernandez Castela E, Russo SG, Riethmüller M, Boos M. Effects of team coordination during cardiopulmonary resuscitation: a systematic review of the literature. *J Crit Care*. 2013 Aug; 28(4): 504–21
32. McEvoy MD, Field LC, Moore HE, Smalley JC, Nietert PJ, Scarbrough SH. The effect of adherence to ACLS protocols on survival of event in the setting of in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2014 Jan; 85(1): 82–7

33. Pearson DA, Darrell Nelson R, Monk L, Tyson C, Jollis JG, Granger CB, Corbett C, Garvey L, Runyon MS. Comparison of team-focused CPR vs standard CPR in resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest: Results from a statewide quality improvement initiative. *Resuscitation*. 2016 Aug; 105: 165–72
34. Wolfe H, Zebuhr C, Topjian AA, Nishisaki A, Niles DE, Meaney PA, Boyle L, Giordano RT, Davis D, Priestley M, Apkon M, Berg RA, Nadkarni VM, Sutton RM. Interdisciplinary ICU cardiac arrest debriefing improves survival outcomes. *Crit Care Med*. 2014 Jul; 42(7): 1688–95
35. Rall M, Gaba DM (2009) Human performance and patient safety. In: Miller RD (Hrsg.) *Miller's Anesthesia*. Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia, S. 93–150



Dr. med. Marcel Frimmel

Studium der Humanmedizin in Göttingen 2000 bis 2006. Bis 2013 Facharztausbildung Innere Medizin und Hämatologie und Onkologie an der Universitätsmedizin Göttingen und Filderklinik Stuttgart. Seit Anfang 2014 auf der Internistischen Intensivstation des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Lübeck. 2016 Zusatzbezeichnung Intensivmedizin. Seit November 2016 Oberarzt in der Sektion Intensivmedizin Sana-Kliniken Lübeck.



Dr. med. Sebastian Wolfrum

Studium der Humanmedizin in Lübeck 1992 bis 1998. Postdoctoral fellowship 2002 bis 2004 am Brigham and Womens Hospital, Harvard Medical School, Boston, USA. Facharztausbildung Innere Medizin und Zusatzweiterbildung internistische Intensivmedizin am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein am Campus Lübeck. 2008 bis 2012 Oberarzt Bereich internistische Intensivmedizin, seit 2012 Ärztlicher Leiter der interdisziplinären Notaufnahme Universitätsklinikum Schleswig-Holstein am Campus Lübeck.

3 ECLS bei kardiovaskulärer Dekompensation und Reanimation

York A. Zausig, Alois Phillip und Dirk Lunz

3.1 Einführung

Die kardiovaskuläre Dekompensation und der plötzliche Herztod sind trotz Therapie mit einem schlechten Outcome assoziiert. Dank des technischen Fortschritts stellen extrakorporale Unterstützungssysteme in Form eines ECLS („Extracorporeal Life Support“, extrakorporale Lebensunterstützung) inzwischen eine vielversprechende Therapieoption in der Notfall- und Intensivmedizin dar. Eine ECMO überbrückt („bridging“) dabei allerdings nur die eingeschränkte kardio-(pulmonale) Organfunktion, und stellt dementsprechend keine kausale Therapie dar. Jedoch ergeben sich hieraus neue Optionen: zum einen können sich die betroffenen Organe erholen („bridge to recovery“), und zum anderen kann eine ursächliche Therapie („bridge to decision oder bridge to bridge“) z.B. Herzkatheterintervention, Implantation eines ventrikulären Assistsystems oder Transplantation vorbereitet bzw. eingeleitet werden. Bei der ECMO handelt es sich um ein invasives Verfahren mit potenziell lebensbedrohlichen Komplikationen. Infolgedessen muss der Einsatz unter Abwägung von Nutzen und Risiken entschieden werden. Die Anwendung erfordert entsprechende Ressourcen in Form eines kompetenten, erfahrenen und interdisziplinären Teams.

3.2 ECLS/ECMO

Der Begriff ECLS („Extracorporeal Life Support“, extrakorporale Lebensunterstützung) steht als Oberbegriff sowohl für eine veno-venöse (vv-)ECMO als auch für eine veno-arterielle (va-)ECMO (1). Diese extrakorporale Unterstützungssysteme werden primär

pulmonal-unterstützend (vv-ECMO) oder primär kardial bzw. kardiozirkulatorisch-unterstützend (va-ECMO) eingesetzt (2). Möglich ist auch eine Kombination beider Verfahren als veno-arterielle-venöse ECMO (vav-ECMO). Im Folgenden wird nur auf die Anwendung einer va-ECMO bzw. ECLS eingegangen. Andere Möglichkeiten einer kardialen und pulmonalen Unterstützung wurden jüngst an anderer Stelle ausreichend dargestellt und diskutiert (3, 4).

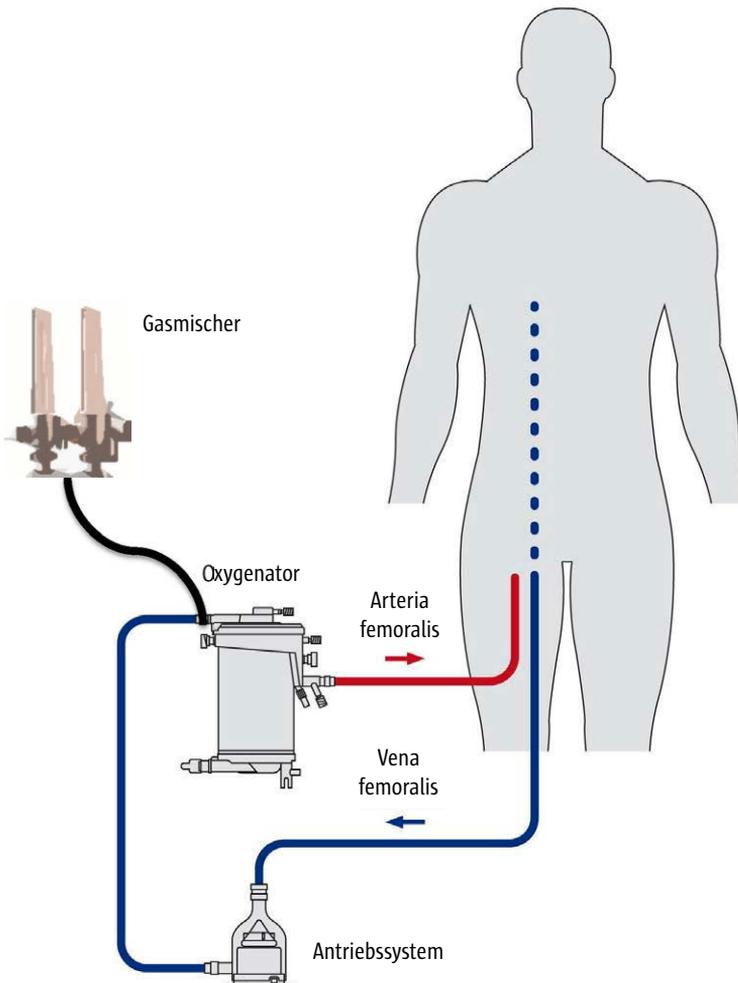


Abb. 1 Schematischer Aufbau mit Kanülierung der Vena und Arteria femoralis bei einer va-ECMO/ECLS (modifiziert mit freundlicher Genehmigung der Medos Medizintechnik AG). Drainage des desoxygenierten Blutes über die Vena femoralis rechts; Rückführung des oxygenierten und decarboxylierten Blutes über die Arteria femoralis rechts. Am Luer-Konnektor der arteriellen Kanüle kann im Bedarfsfall eine separate Leitung mit Kanüle zur distalen Beinperfusion angeschlossen werden (aus [2], mit freundlicher Genehmigung von Springer Medizin).

3.2.1 Aufbau und Funktion

Beim ECLS handelt es sich vom Prinzip her um eine miniaturisierte Weiterentwicklung der Herz-Lungen-Maschine, jedoch bspw. ohne Kardiotomiesaugung oder Reservoir. Im Fall einer va-ECMO als ECLS wird über eine Kanüle im venösen System des Körpers das Blut drainiert und über ein Pumpensystem durch einen Membranoxygenator transportiert und auf der arteriellen Seite wieder zurückgeführt (s. Abb. 1). Hierdurch wird eine Oxygenierung, CO₂-Elimination, Generierung eines „Herzzeitvolumens“ und ggf. Temperaturregulation erzeugt (2, 5). Bei einer vav-ECMO wird die blutrückführende Leitung zusätzlich zur pulmonalen Unterstützung aufgeteilt. Dank der technischen Weiterentwicklung sind die aktuell verfügbaren Systeme verlässlicher und einfacher in der Bedienung geworden. Das verminderte Gewicht sowie die kleiner werdenden Abmessungen machen die Systeme mittlerweile mobil und portabel (6).

3.2.2 Zugangswege

Grundsätzlich unterscheidet man bei den Zugangswegen eine zentrale von einer peripheren Anschluss- bzw. Kanülierung. Im Gegensatz zur zentralen operativen Kanülierung der Aorta ascendens ist eine periphere Kanülierung auch perkutan, also bettseitig möglich, und kommt deswegen in der Regel in der Notfall- und Intensivmedizin zum Einsatz. Für gewöhnlich wählt man als arteriellen Zugangsweg die Arteria femoralis oder ggf. die A. subclavia (s. Tab. 1). Im Einzelfall kann auch die Kanülierung der A. subclavia oder ggf. A. Carotis in Betracht gezogen werden. Hier kommen arterielle Kanülen mit einem Durchmesser von 15–17 Fr. und einer Länge von 15–23 cm zum Einsatz. Für die venöse Drainage werden in der Regel die großen herznahen Venen wie die V. jugularis interna, femoralis oder ggf. subclavia verwendet. Die Kanülierung der Venae subclavia oder jugularis interna sind eher die Ausnahmen. Typische venöse Kanülen bei einer peripheren ECLS haben einen Durchmesser von 21–23 Fr. und eine Länge von 38–55 cm. Zur Vermeidung einer distalen Minderperfusion der arteriell kanülierten Extremität erfolgt in der Regel bei Implantation oder im Verlauf eine selektive Beinperfusion (Kanülengröße 6–8 Fr.) (2, 7).

Tab. 1 Beispiele für typische Zugangswege zur Kanülierung einer va-ECMO/ECLS (mod. nach [2, 7])

Methode	Arteriell		Venös	
	Zugangsweg	Kanülengröße	Zugangsweg	Kanülengröße
periphere va-ECMO/ECLS	chirurgisch	A. femoralis 15–17 Fr. A. subclavia rechts (19–21 Fr.)*	V. femoralis	21–23 Fr.
	perkutan	A. femoralis 15–17 (19–21) Fr. + selektive Beinperfusion + 6–8 Fr.		

* Hier ist in der Regel eine Gefäßprothese mit einem Durchmesser von 8 mm erforderlich.

3.2.3 Komplikationen

Man unterscheidet bei den va-ECMO bedingten Komplikationen zwischen technischen und medizinischen Störungen (2). Je nach Art der Komplikation liegt die Rate bei ca. 6–47% (8, 9). Bei den technischen Komplikationen stehen zum einen die Problematik der Hämolyse und zum anderen die vielschichtige Beeinflussung des Gerinnungssystems mit der Gefahr von thrombembolischen Ereignissen, aber auch Blutungen im Vordergrund. Die rein technisch bedingte Letalität ist gering (2). Bei den medizinischen Komplikationen steht zum einen die Gefahr einer Minderperfusion der arteriell kanülierten Extremität im Vordergrund. Folgen können eine Ischämie der Extremität (Inzidenz mit 3,2–20% beschrieben) mit daraus resultierendem Kompartmentsyndrom, operativer Gefäßintervention und nötiger Amputation sein. Zum anderen sind thrombembolische Ereignisse durch eine fremdkörperbedingte Aktivierung des Komplement- und Gerinnungssystems und Blutungen bei therapeutischer Gerinnungshemmung typische Komplikationen (2, 10). Vor allem die zerebralen Ischämien und Blutungen stellen eine große teilweise lebensbedrohliche Gefahr dar.

3.2.4 Indikation

Kardiale Insuffizienz und kardiogener Schock

Kardiale und nicht-kardiale Ursachen können zu einer akuten Verschlechterung der kardiovaskulären Funktion bis hin zum kardiogenen Schock führen (s. Tab. 2) (11, 12). Dieser Zustand ist häufig gekennzeichnet durch eine akute oder plötzliche hämodynamische Verschlechterung mit pulmonalvenöser Stauung und Flüssigkeitsüberladung. Zeichen einer Hypoperfusion können auftreten. Eine zusätzliche Hypotension charakterisiert den kardiogenen Schock. Die Akut-Behandlung besteht in der Gabe von Sauerstoff bis hin zur (nicht-)invasiven Beatmung zur Therapie einer respiratorischen Insuffizienz. Kreislaufadaptiert erfolgt eine Pharmakotherapie mit Vasodilatoren und Diuretika oder mit vorsichtiger Flüssigkeitsgabe und Katecholaminen (11). Erweist sich das kardiozirkulatorische Versagen als therapierefraktär, steigt die Letalität auf 65–80% (13). Diese Situation stellt die klassische Indikation für den Einsatz einer va-ECMO bzw. ECLS dar (4, 14–16).

Mithilfe des sog. INTERMACS-Profil (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support = US-Register von Patienten, die Assist Devices erhalten) kann die Notwendigkeit und der zeitlichen Rahmen zur Implantation einer mechanischen Kreislaufunterstützung abgeschätzt werden. Der Einsatz einer va-ECMO/ECLS erfolgt bei den INTERMACS-Patienten mit einer sich zunehmend verschlechternden Hämodynamik (Profil II) oder einem bereits vorhandenen kritischen kardiogenen Schock (Profil I), welche konservativ nur unzureichend versorgt werden können. Ziel der Implantation ist es dabei, den insuffizienten Ventrikel zu entlasten und eine suffiziente Endorganperfusion sicherzustellen (11). In der Akutsituation spielt die Ursache des kardiozirkulatorisch (-pulmonalen) Versagens grundsätzlich nur eine sekundäre Rolle. Jedoch muss es sich um eine potenziell reversible (Erholung der Ventrikelfunktion: „bridge to recovery“) Ursache oder mittels einer anderweitigen Therapieoption („bridge to decision“) behandelbare Erkrankung handeln.

Eine aktuell publizierte Metaanalyse von 1.866 Patienten mit kardiovaskulärem Versagen unterschiedlicher Ätiologie und ECLS-Therapie weist eine Überlebensrate mit

Tab. 2 Mögliche Ursachen eines therapierefraktären, kardiozirkulatorischen und kardiopulmonalen Versagens

Primär kardial	Primär nicht-kardial
Akuter Myokardinfarkt	Lungenembolie
Akute Herzklappenerkrankung	Pneumonie
Akute Verschlechterung einer vorbestehenden chronischen Herzinsuffizienz („acute on chronic heart failure“)	ARDS („Acute Respiratory Distress Syndrome“)
Maligne Rhythmusstörungen	Ertrinkungsunfall
Postkardiotomie-Versagen	Hypothermie
Myokarditis	pulmonaler Hypertonus
Kardiale Intoxikation	Trauma
	spezielle Störungen und Syndrome: z.B. Phäochromozytom, Taka-Tsubo-Kardiomyopathie
	Septische Kardiomyopathie/septische Vasoplegie

Entlassung in Abhängigkeit zum ursächlichen Ereignis von 21–65% auf (8). Andere Übersichtsarbeiten kommen zu einem ähnlichen Ergebnis. So beschreiben Xie et al. ein durchschnittliches Überleben von 40% und ein ähnliches Langzeitoutcome nach 3 Jahren (9). Aktuelle Zahlen der ELSO (Extracorporeal Life Support Organisation) Datenbank bestätigen diese Ergebnisse ebenfalls (14). Hier war bei 56% der ca. 9.000 Erwachsenen eine Entwöhnung von der ECLS möglich. Ein Überleben mit Entlassung gelang bei 41% aller Patienten. Bei Patienten nach eCPR lag die Entwöhn- und Entlassrate bei 39% bzw. 29%. Die derzeitige Datenlage erlaubt es aktuell noch nicht, den Stellenwert des ECLS beim therapierefraktären kardiozirkulatorischen Versagen genau zu identifizieren. Hier sind unbedingt prospektive vergleichende Multicenterstudien nötig, um zukünftig den optimalen Einsatz des ECLS auch mit Blick auf die Kosten und Risiken besser zu definieren.

3.2.5 eCPR: ECLS bei CPR

Der plötzliche Herztod ist weltweit eine der Haupttodesursachen. Die globale durchschnittliche Inzidenz von Kreislaufstillständen außerhalb des Krankenhauses (OHCA, „out-of-hospital cardiac arrest“) beträgt ca. 55 Fälle pro 100.000 Personenjahre. Der innerklinische Kreislaufstillstand (IHCA, „in-hospital cardiac arrest“) beträgt schätzungsweise allein in Deutschland ca. 100.000 Fälle pro Jahr. Trotz vieler technischer Neuentwicklungen, medizinischer Fortschritte und großer Anstrengungen bei der Erstellung und Vermittlung der Leitlinien zur Wiederbelebung beträgt das durchschnittliche Überleben nach einem derartigen Ereignis weltweit nur ca. 7% (17).

Ein vielversprechende Ansatz ist der Einsatz einer va-ECMO/ECLS bei der Reanimation (eCPR: „extracorporeal cardiopulmonary resuscitation“). In dieser Situation vermag das ECLS gleichsam suffiziente Perfusions- wie auch Gasaustauschverhältnisse zu etablieren und womöglich den koronaren wie auch zerebralen Blutfluss zu steigern (18–21). „Low-/no-flow“-Zeiten durch unzureichende „hands-on“-Zeiten, Drucktiefe und -frequenz bei der konventionellen CPR (kCPR) könnten so auch vermieden werden. In einer aktuellen Zusammenfassung der wesentlichen Arbeiten zu diesem Thema konnten Wang et al. einen insgesamt positiven Trend zu einem verbesserten

Outcome nach E-CPR darstellen (s. Tab. 3) (21). Eigene Zahlen aus Regensburg bestätigen diese Ergebnisse mit einem Überleben von 14% (OHCA) und 39% (IHCA) nach E-CPR (22). Einer aktuellen Meta-Analyse zufolge scheint die E-CPR der K-CPR nicht nur hinsichtlich des Überlebens, sondern auch bezogen auf das neurologische Outcome 3 bzw. 6 Monate nach Herzstillstand im Trend überlegen zu sein (23).

Tab. 3 Outcome nach extrakorporal unterstützter (E-CPR) kardiopulmonaler Reanimation (mod. nach [2, 21])

	Ort	Überleben	Gutes neurologisches Outcome*
E-CPR	IHCA	40% (34–46%)	84% (82–90%)
	OHCA	14% (4–36%)	94% (86–100%)

* ≤ 2 nach „Glasgow-Pittsburgh Cerebral Performance Categories score“
 IHCA: „in hospital cardiac arrest“; OHCA: „out of hospital cardiac arrest“

Somit ist es nachvollziehbar, dass die Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation der *American Heart Association* (Klasse IIb, Evidenzniveau C-LD) empfehlen, den Einsatz von E-CPR – sofern verfügbar – bei einem selektierten Patientengut mit potenziell reversibler Ursache als Option zu erwägen (24). Laut den Autoren scheint der Benefit eines va-ECMO-Einsatzes bei CPR gegenüber potenziellen Risiken gleichwertig oder sogar überlegen zu sein. Das ERC (European Resuscitation Council) schlägt vor, E-CPR dort zu erwägen, wo ALS-Maßnahmen erfolglos sind oder wo spezielle Interventionen (z.B. Koronarangiografie, PCI, pulmonale Thrombektomie bei fulminanter Lungenembolie) durchgeführt werden sollten (25).

Die meisten Studien zu E-CPR sind retrospektive Analysen; vergleichende Untersuchungen zwischen K-CPR und E-CPR sind selten. Die derzeitige Studienlage und die mit der va-ECMO assoziierten hohen Kosten und Risiken erlauben somit noch nicht den routinemäßigen Einsatz bei allen Patienten. Tabelle 4 weist Ein- und Ausschlusskriterien für Einsatz von E-CPR auf. Arbeiten aus dem eigenen Haus bescheinigen einem initial niedrigen pH-Wert, einer erhöhten Laktatkonzentration und einer prolongierten CPR-Dauer (> 30 Minuten) ein schlechteres Outcome; hingegen war das Alter kein Risikofaktor (22).

Tab. 4 Übersicht typischer zitierter Ein- und Ausschlusskriterien bei E-CPR (mod. nach [26])

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Beobachteter Kreislaufstillstand	„Do not resuscitate“-Anordnung
< 75 Jahre	schwere körperliche Einschränkungen im täglichen Leben
schockbarer Rhythmus	keine kardiale Ursache für Kollaps, z.B. schweres (Schädelhirn-)Trauma, unkontrollierbare Blutung, Intoxikation*, Submersion*
Zeit zwischen Kollaps und Beginn CPR („no-flow“) < 5(-15) min	schwere Begleiterkrankungen, z.B. maligne Grunderkrankung, terminale/palliative Erkrankung
Ursache des Kollaps vermutlich kardial bedingt	Hypothermie*
Kein (bleibender) ROSC seit (10-)30 min	

*Nach Ansicht der Autoren sind nicht alle (Kontra-)Indikationen anderer Autoren als absolut zu sehen. Beispielsweise sind Submersion oder Hypothermie eine gute Indikation zur Anwendung eines ECLS (27).

3.2.6 Präklinisches E-CPR

Patienten mit OHCA weisen insgesamt ein schlechteres Outcome auf (17). Mit der Dauer der Wiederbelebung sinkt die Wahrscheinlichkeit zu überleben (28). Um die Zeit bis zur Etablierung einer extrakorporalen Zirkulation möglichst kurz zu halten und ggf. Einbußen in der konservativen Wiederbelebungsqualität zu vermeiden, wurde die Idee geboren, die Implementation der ECMO in die Präklinik zu verlagern. Hierzu wurde beispielsweise in Regensburg unter Schirmherrschaft der örtlichen Behörden sowie in enger Zusammenarbeit mit den Trägern des Rettungsdienstes und den verschiedenen Kliniken und Abteilungen des Universitätsklinikums Regensburg (UKR) ein ECMO-Reanimationsmobil ins Leben gerufen. Das Einsatzfahrzeug verfügt über ein portables ECMO-System und wird durch ein erfahrenes interdisziplinäres Team bestehend aus einem Facharzt für Anästhesiologie mit mehrjähriger Erfahrung in der Kardioanästhesie, einer Anästhesie-Fachpflegekraft und einem Kardiotechniker besetzt. Die Alarmierung erfolgt in der Regel parallel zum eigentlichen Notarzt oder als Nachforderung durch die integrierte Rettungsleitstelle Regensburg. Vor Ort wird die Entscheidung zur Implantation eines ECLS in Anlehnung an den Indikations- und Kontraindikationskatalog der Tabelle 4 im Team getroffen.

Legende/Abkürzungen

CPR	cardiopulmonary resuscitation
ECLS	extracorporeal life support
ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung
E-CPR	extracorporeal cardiopulmonary resuscitation
ELSO	Extracorporeal Life Support Organization
HLM	Herzlungenmaschine
IHCA	in hospital cardiac arrest
OHCA	out of hospital cardiac arrest
VA	veno-arteriell
VV	veno-venös

Interessenkonflikt:

Herr Dr. D. Lunz und Herr A. Philipp haben Honorare für Vortragstätigkeiten der Firma Maquet® sowie eine Unterstützung für Forschungstätigkeiten von der Firma Sorin® erhalten.

Literatur

1. Zwischenberger JB, Bartlett RH. An introduction to extracorporeal life support. In: ECMO Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care Zwischenberger, J.B.; Bartlett, R.H. edn.: Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organisation; 1995: 11–13
2. Lunz D, Philipp A, Dolch M, Born F, Zausig YA [Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. Indications, limitations and practical implementation]. *Der Anaesthesist* 2014, 63(8–9): 625–635
3. Kerscher C, Wittmann S, Schopka S, Lunz D, Zausig YA. Spezielle Aspekte der intensivmedizinischen Therapie nach herzchirurgischen Eingriffen. *Intensivmedup2date* 2014(10): 73–92
4. Rasche S, Georgi C. [Cardiogenic shock]. *Der Anaesthesist* 2012, 61(3): 259–272; quiz 273–254

5. Nishimura M, Nishimura T, Ishikawa M, Masuoka A, Okamura N, Abe K, Matsuoka T, Iwazaki M, Imanaka K, Asano H et al. Importance of luxury flow for critically ill patients receiving a left ventricular assist system. *Journal of artificial organs: the official journal of the Japanese Society for Artificial Organs* 2006, 9(4): 209–213
6. Lunz D, Philipp A, Judemann K, Amann M, Foltan M, Schmid C, Graf B, Zausig YA. First experience with the deltapstream(R) DP3 in venovenous extracorporeal membrane oxygenation and air-supported inter-hospital transport. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery* 2013, 17(5): 773–777
7. Ganslmeier P, Philipp A, Rupprecht L, Diez C, Arlt M, Mueller T, Pfister K, Hilker M, Schmid C. Percutaneous cannulation for extracorporeal life support. *The Thoracic and cardiovascular surgeon* 2011, 59(2): 103–107
8. Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, Patel J, Arabia F, Moriguchi J, Esmailian F, Azarbal B. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *The Annals of thoracic surgery* 2014, 97(2): 610–616
9. Xie A, Phan K, Tsai YC, Yan TD, Forrest P. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia* 2015, 29(3): 637–645
10. Lunz D, Zausig YA. Komplikationen bei intensivmedizinischen Standardinterventionen. *Intensivupdate* 2010, 6(4): E1–E14
11. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, Falk V, Gonzalez-Juanatey JR, Harjola VP, Jankowska EA et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European heart journal* 2016, 37(27): 2129–2200
12. Cowie MR, Mosterd A, Wood DA, Deckers JW, Poole-Wilson PA, Sutton GC, Grobbee DE. The epidemiology of heart failure. *European heart journal* 1997, 18(2): 208–225
13. Sayer GT, Baker JN, Parks KA. Heart rescue: the role of mechanical circulatory support in the management of severe refractory cardiogenic shock. *Current opinion in critical care* 2012, 18(5): 409–416
14. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). Guidelines. <http://www.elseo.org/resources/Guidelines.aspx> (Zugriff am 12.09.2016)
15. Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, Haimerl G, Merkle F, Mestres C, Pepper J, Wahba A, Group EW. Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *European journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery* 2011, 40(3): 676–680
16. Carl M, Alms A, Braun J, Dongas A, Erb J, Goetz A, Goepfert M, Gogarten W, Grosse J, Heller AR et al. S3 Leitlinie – Intensivmedizinische Versorgung herzchirurgischer Patienten – Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf-Therapie. AWMF Leitlinie 2010
17. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation* 2010, 81(11): 1479–1487
18. Wallmuller C, Sterz F, Testori C, Schober A, Stratil P, Horburger D, Stockl M, Weiser C, Kricanac D, Zimpfer D et al. Emergency cardio-pulmonary bypass in cardiac arrest: seventeen years of experience. *Resuscitation* 2013, 84(3): 326–330
19. Safar P, Abramson NS, Angelos M, Cantadore R, Leonov Y, Levine R, Pretto E, Reich H, Sterz F, Stezoski SW et al. Emergency cardiopulmonary bypass for resuscitation from prolonged cardiac arrest. *The American journal of emergency medicine* 1990, 8(1): 55–67
20. Andreaka P, Frenneaux MP. Haemodynamics of cardiac arrest and resuscitation. *Current opinion in critical care* 2006, 12(3): 198–203
21. Wang CH, Chen YS, Ma MH. Extracorporeal life support. *Current opinion in critical care* 2013, 19(3): 202–207
22. Haneya A, Philipp A, Diez C, Schopka S, Bein T, Zimmermann M, Lubnow M, Luchner A, Agha A, Hilker M et al. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest. *Resuscitation* 2012, 83(11): 1331–1337
23. Kim SJ, Kim HJ, Lee HY, Ahn HS, Lee SW. Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: A meta-analysis. *Resuscitation* 2016, 103: 106–116
24. Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, Halperin HR, Hess EP, Moitra VK, Neumar RW, O’Neil BJ, Paxton JH, Silvers SM et al. Part 7: Adult Advanced Cardiovascular Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Up-

- date for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015, 132(18 Suppl 2): S444-464
25. Soar J, Nolan JP, Bottiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015, 95: 100-147
 26. Ortega-Deballon I, Hornby L, Shemie SD, Bhanji F, Guadagno E. Extracorporeal resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest in adults: A systematic review of international practices and outcomes. *Resuscitation* 2016, 101: 12-20
 27. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, Radanov BP, Schroth G, Schaeffler L, Fischer AP, von Segesser L, Althaus U. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *The New England journal of medicine* 1997, 337(21): 1500-1505
 28. Chen YS, Lin JW, Yu HY, Ko WJ, Jerng JS, Chang WT, Chen WJ, Huang SC, Chi NH, Wang CH et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet* 2008, 372(9638): 554-561



Prof. Dr. med. York A. Zausig, DEAA, MHBA

Studium der Humanmedizin Universität Ruperto Carola Heidelberg. 2000–2005 Assistenzarzt an der Klinik für Anaesthesiologie, Universitätsklinikum Heidelberg. 2005 Promotion. 2005–2008 Mitarbeiter des Zentrums für Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin, Universitätsmedizin Göttingen. 2006 Facharzt für Anaesthesiologie. 2007 European Diploma in Anesthesiology and Intensive Care (DEAA). 2007 Funktionsoberarzt. 2011 Habilitation. Seit 2008 Oberarzt und seit 2011 Geschäftsführender Oberarzt der Klinik für Anaesthesiologie, Universitätsklinikum Regensburg. Ernennung zum apl. Professor 2015.

Beteiligung als Autor und Herausgeber an einer Vielzahl von Originalarbeiten, Zeitschriften- und Buchreihen. Aktueller Tätigkeitsschwerpunkt: Leiter Kardioanästhesie und Intensivmedizin.



Alois Philipp

Leitender Kardiotechniker der Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg bis 2015. Seitdem Koordinator des ECMO-Programms des Universitätsklinikums Regensburg. Er ist Entwickler eines international akzeptierten und etablierten Miniaturisierten Extrakorporalen Verfahrens (MECC) zur Durchführung von koronarchirurgischen Eingriffen und Erfinder eines speziellen extrakorporalen Lungenunterstützungsverfahrens, welches inzwischen weltweit vermarktet wird. Diese Technologie hat z.B. mehreren schwerstverwundeten US-Soldaten das Leben gerettet. In Anerkennung dessen wurde Herr Philipp zum Leutnant der 10th Special Force Group der US Army ernannt. Herr Philipp erhielt zusammen mit dem Anästhesisten Matthias Arlt den Bayerischen Innovationspreis für herausragende innovative Leistung für das Projekt „Tragbare Mini-Herz-Lungen-Maschine für Notfallrettung“ und wurde 2009 durch den Bundespräsidenten ausgezeichnet.



Dr. med. Dirk Lunz

1996–2003 Medizinstudium in Regensburg. Seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Regensburg. 2005 Promotion. 2009 Facharzt für Anästhesiologie und Zusatzbezeichnung Notfallmedizin.

4 ERC Leitlinien zur Reanimation – Sollen wir noch kühlen

Holger Maurer

Mit den Reanimationsleitlinien der Jahre 2005 und vor allem 2010 gelangte die (milde) therapeutische Hypothermie (MTH) nach erfolgreicher Wiederbelebung ganz in den Fokus der Postreanimationsbehandlung.

Nicht alle wissenschaftlichen Untersuchungen zu diesem Thema unterstützen allerdings das Kühlen für 12–24 Stunden auf 32–34°C. Gleichwohl ist, vorsichtig formuliert, das „Achten auf eine geeignete Temperatur“ nach Erlangung einer Wiederkehr des Spontankreislaufs (ROSC) als Standard in der Postreanimationsbehandlung heute weitgehend implementiert. Welches Vorgehen für den individuellen Patienten und vor allem welche Zieltemperatur beim Kühlen aber am besten sind, konnte bisher nicht abschließend geklärt werden.

In den im Oktober 2015 erschienenen Reanimationsleitlinien wird daher statt MTH ein geänderter Terminus „TTM – targeted temperature management“ (zielgerichtetes Temperaturmanagement) verwendet. Die Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) (1): „targeted temperature management remains important but there is now an option to target a temperature of 36°C instead of the previously recommended 32–34°C“, unterscheiden sich dabei nahezu nicht von denen der American Heart Association (AHA) (2): „We recommend selecting and maintaining a constant temperature between 32°C and 36°C during TTM“.

Die Evidenz hinter den detaillierten Empfehlungen (s. Tab. 1) ist teils recht gering, weshalb in diesem Artikel der Frage nachgegangen wird: „Sollen wir noch kühlen?“.

Tab. 1 Die ERC-Leitlinien treffen fünf Kernaussagen hinsichtlich des zielgerichteten Temperaturmanagements (TTM) beim bewusstlosen Patienten nach erfolgreicher Reanimation (nach [1])

Empfehlung	Empfehlungsgrad	Evidenz
konstante Temperatur zwischen 32°C und 36°C	stark	mäßig
TTM für außerklinischen Kreislaufstillstand mit defibrillierbarem Rhythmus	stark	gering
TTM für außerklinischen Kreislaufstillstand mit nicht-defibrillierbarem Rhythmus	schwach	sehr gering
TTM für innerklinischen Kreislaufstillstand rhythmusunabhängig	schwach	sehr gering
TTM für mindestens 24 Stunden	schwach	sehr gering

4.1 Einfluss des Kühlens auf Überleben und neurologisches Outcome

Zwei wesentliche Studien, auf denen die früheren Empfehlungen zum Kühlen nach überlebtem Kreislaufstillstand fußen, werden auch in den Leitlinien des Jahres 2015 angeführt und sind im New England Journal of Medicine unmittelbar hintereinander publiziert.

Im sogenannten HACA-trial (Hypothermia after Cardiac Arrest) (3) wurden 275 Patienten eingeschlossen, die einen beobachteten Kreislaufstillstand vermutet kardialer Ursache mit defibrillierbarem Rhythmus überlebt haben und komatös waren. Im Krankenhaus wurden diese für 24 Stunden auf 32–34°C gekühlt (mittels externen Kühlens) oder in eine Normothermie-Kontrollgruppe randomisiert. Nach sechs Monaten hatten signifikant mehr Patienten in der Hypothermie-Gruppe ein gutes neurologisches Ergebnis (55% vs. 39%; $p = 0,009$); auch das Überleben war in der Hypothermie-Gruppe signifikant besser.

In der zweiten Studie (4) wurden 77 Patienten in Melbourne, Australien, (außerklinische Reanimation, nur Kammerflimmern, komatös bei Eintreffen im Krankenhaus) entweder einer Normothermie-Kontrollgruppe oder einer Interventionsgruppe (externes Kühlen, bereits außerklinisch begonnen, nach Erreichen der Zieltemperatur 33°C für 12 Stunden beibehalten, dann aktive externe Wiedererwärmung) zugeführt. Hier ergab sich kein signifikanter Einfluss auf das Überleben, wohl aber auf das gute neurologische Outcome (Odds ratio 5,25; 95% Konfidenzintervall 1,47–18,76; $p = 0,011$).

Bei einer viel beachteten internationalen Multicenterstudie von Nielsen et al. (5) wurden 939 Patienten, die nach außerklinischem Kreislaufstillstand vermutet kardialer Ursache und unabhängig vom zugrunde liegenden initialen Rhythmus erfolgreich reanimiert wurden und bei Aufnahme im Krankenhaus bewusstlos waren, in zwei Gruppen mit den Zieltemperaturen 33°C und 36°C randomisiert. Die Patienten wurden teils mit intravaskulärem Kühlkatheter und teils extern gekühlt. Es ergab sich