



## Beiträge

- Kunstherz-adapter YCOR
- Robotik
- SGLT2-Inhibitoren
- Delir bei Kindern
- Delirprävention

Vorbereitung des Roboters im Herzkatheterlabor

**Sehr geehrte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,  
sehr geehrte Leserinnen und Leser,**

nachdem das Jahr 2020 und das erste Halbjahr 2021 ganz im Zeichen von Corona standen, hoffen wir nun alle, dass im Sommer und Herbst dieses Jahres wieder etwas mehr „Normalität“ einziehen wird. Die Corona-Pandemie war und ist eine große Herausforderung für das gesamte Gesundheitssystem.

In jedem Falle hat die Digitalisierung und alle damit zusammenhängenden Bereiche durch die Covid-Pandemie einen großen Schub erhalten, und das Gesundheitssystem wird sich sicherlich in diese Richtung weiterentwickeln. Vor diesem Hintergrund ist auch die 3. Ausgabe von „UHZ aktuell“ im Jahr 2021 wieder sehr auf innovative Themen ausgerichtet.

Aus der Herz- und Gefäßchirurgie berichtet die Arbeitsgruppe um Herrn Oberarzt PD Dr. Wolfgang Bothe über ein genehmigtes BMBF-Projekt über 1,5 Mio. EUR zur Weiterentwicklung der mechanischen Kreislaufunterstützung mit Linksherzunterstützungssystemen. Dieses Projekt wird im Dr. Barbara-Mez-Starck-Labor in die nächsten Entwicklungsschritte gehen.

In einem sehr interessanten Beitrag aus der Kardiologie wird über das neue Gebiet der Koronarinterventionen mittels Robotik und Magnetresonanztomographie berichtet.

Ebenfalls aus der Kardiologie kommt der nächste Beitrag zu SGLT-2-Hemmern. SGLT 2 steht für „Sodium dependent glucose transporter“. Diese Arzneistoffe werden seit der Erstzulassung im November 2012 zur Behandlung des Diabetes Typ 2 eingesetzt. Im vorliegenden Beitrag wird nun dargelegt, wo der Ansatzpunkt dieser vielversprechenden Arzneimittel auch bei Herzinsuffizienz ist.

Aus der Klinik für Angeborene Herzfehler/Kinderkardiologie kommen die nächsten zwei Beiträge, die als gemeinsames Thema das Delir bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern haben.

Vom Institut für Experimentelle Kardiovaskuläre Medizin stammt der nächste Beitrag in Bezug auf die Computermodellierung. Computermodelle haben das Potenzial, medizinische Fragestellungen zu testen und Prognosen bei der Erforschung von Mechanismen zu erstellen.

Leitlinien bestimmen erfreulicherweise immer mehr unser ärztliches Handeln. Aus diesem Grunde werden in der jetzigen Ausgabe des „UHZ aktuell“ derzeitige Leitlinien zum Truncus arteriosus communis dargestellt.

Aus der Herz- und Gefäßchirurgischen Intensivstation berichtet Herr Dr. Berchtold-Herz von einem einzigartigen Schulungskonzept in Bezug auf Transport von Intensivpatient\*innen. Hierbei wird quasi in der Realität simuliert, wie Transporte von Intensivpatient\*innen am besten durchzuführen sind.

Last but not least wird ein Ausblick auf die Herz-Kreislauftage 2021 gegeben. Wir gehen im Moment alle davon aus, dass diese im Konzerthaus wie gewohnt stattfinden können. Auch dort werden wieder die neuesten Erkenntnisse aus der Herz-Kreislaufmedizin vorgestellt.

Ebenfalls vorgestellt wird die Auszeichnung von Mitarbeiter\*innen des Universitäts-Herzzentrums. Wie dem Bericht des Verbands der Universitätsklinika Deutschland (VUD) zu entnehmen war, ist das Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg durch die Fusion mit Bad Krozingen in Bezug auf die Patientenzahlen das größte Herzzentrum in Deutschland. Diese Spitzenposition beruht auf dem außergewöhnlichen Einsatz aller Mitarbeiter\*innen aller Berufsgruppen. Erfreulicherweise gab es nun in den letzten Monaten zahlreiche nationale und internationale Auszeichnungen für unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter; beispielhaft sind in dieser Ausgabe des „UHZ aktuell“ einige erwähnt.

Mit den herzlichsten Grüßen bin ich  
Ihr

Prof. Dr. Dr. h.c. F. Beyersdorf



Prof. Dr. Dr. h.c. F. Beyersdorf  
Klinik für Herz- und  
Gefäßchirurgie



Prof. Dr. Dr. h.c. Ch. Bode  
Klinik für Kardiologie  
und Angiologie I



Prof. Dr. P. Kohl  
Institut für Experimentelle  
Kardiovaskuläre Medizin



Prof. Dr. F.-J. Neumann  
Klinik für Kardiologie  
und Angiologie II



Frau Prof. Dr. B. Stiller  
Klinik für Angeborene  
Herzfehler/Kinderkardiologie



P. Bechtel  
Pflegeredirektion

Kunstherzadapter YCOR – von der Idee zur Validierung .....4  
 Koronarinterventionen mittels Robotik und Magnetresonanztomographie – die Zukunft? .....6  
 SGLT2-Inhibitoren bei Herzinsuffizienz .....8  
 Delir bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern .....10  
 Pflege: Interventionen zur Delirprävention und -behandlung bei pädiatrischen Patient\*innen .....12  
 Forschung: Herzangelegenheit Computermodellierung .....14  
 Leitlinien: DGPK-Leitlinie Truncus Arteriosus Communis (TAC) 2020 .....16  
 Wir über uns: Transport von Intensivpatient\*innen – Erfahrungsbericht aus dem Schulungskonzept der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie .....18  
 Vorankündigung: Herz-Kreislauf-Tage 2021 .....20  
 Ausgezeichnete Mitarbeiter\*innen .....22  
 Takotsubo-Syndrom .....23  
 Termine .....23

**Partner am Universitätsklinikum Freiburg**

- Allgemein- und Viszeralchirurgie
- Institut für Umweltmedizin und  
Krankenhaushygiene
- Plastische und Handchirurgie
- Anästhesiologie und  
Intensivmedizin
- Klinische Chemie
- Pneumologie
- Orthopädie und Unfallchirurgie
- Mikrobiologie und Hygiene
- Psychiatrie und Psychotherapie
- Dermatologie und Venerologie
- Nephrologie
- Radiologie
- Frauenheilkunde
- Neurologie und Neurophysiologie
- Thoraxchirurgie
- Herzkreislauf-Pharmakologie
- Nuklearmedizin
- Transfusionsmedizin
- Transplantationszentrum

IMPRESSUM

Herausgeber:  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum

Verantwortlich:  
Prof. Dr. Dr. h.c. M. Zehender

Redaktionsleitung:  
Prof. Dr. Dr. h.c. M. Zehender,  
Prof. Dr. J. Minners

Redaktion:  
H. Bahr, Frau G. Huber, Dr. R. Kubicki,  
Frau M. Roth, Dr. D. Schibilsky, Frau C.  
Spitz-Köberich, Frau Dr. J. Verheyen

Konzept und Gestaltung:  
H. Bahr, F. Schwenzfeier

Druck:  
Hofmann Druck, Emmendingen

Anschrift:  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Standort Freiburg  
Hugstetter Str. 55 · D-79106 Freiburg  
E-Mail: uhzaktuell@  
uniklinik-freiburg.de

## Kunsthertzadapter YCOR – von der Idee zur Validierung

Dr. Philipp Julian Köster, Dipl.-Ing. Michael Wetzel, Dr. Florian Meißner und PD Dr. Wolfgang Bothe

### Hintergrund

Aktuell werden in Deutschland jährlich ca. 1.000 VAD-Implantationen durchgeführt, in den USA ca. 3.500. Die terminale Herzinsuffizienz ist die gemeinsame Endstrecke verschiedener kardialer Grunderkrankungen. Aufgrund der stetig zunehmenden Lebenserwartung der Bevölkerung und dem Fortschritt bei der Behandlung von Herzerkrankungen nimmt die Anzahl der Patient\*innen, die an einer Herzinsuffizienz leiden, kontinuierlich zu [1]. In den USA ist die Herzinsuffizienz bei Patient\*innen, die älter als 65 Jahre sind, der Hauptgrund für eine Aufnahme ins Krankenhaus [2]. Das Auftreten der Herzinsuffizienz in den USA lag 2010 bei 6,6 Millionen und wird für das Jahr 2030 auf 9,6 Millionen geschätzt.

Für die Behandlung der **terminalen Herzinsuffizienz** bilden **künstliche Herzunterstützungssysteme** (Ventricular Assist Devices, VADs) eine zukunftssträchtige Behandlungsalternative. Die chirurgische Implantation eines Kunstherzens stellt derzeit allerdings einen Eingriff dar, bei dem routinemäßig das Brustbein eröffnet sowie die Herz-Lungen-Maschine (HLM) verwendet wird und die Patient\*innen nach der Operation lange Zeit auf den Stationen verbringen.

Ein Großteil der internationalen Forschungsarbeit konzentriert sich auf die Entwicklung neuer VAD-Pumpen. Hier liegt der Fokus auf einer Verringerung der Thrombogenität, dem Auftreten von Hämolyse, einer Verkleinerung der Pumpengröße und einer Verbesserung der Pumpenhaltbarkeit [3,4]. Eine solche Entwicklung ist jedoch langwierig, technisch komplex und mit einem hohen finanziellen und patientenindividuellen Risiko verbunden.

### Idee

Wir haben den Kunstherzadapter YCOR entwickelt, dessen Proof of Principle bereits erfolgreich im Kurzzeitversuch in vivo

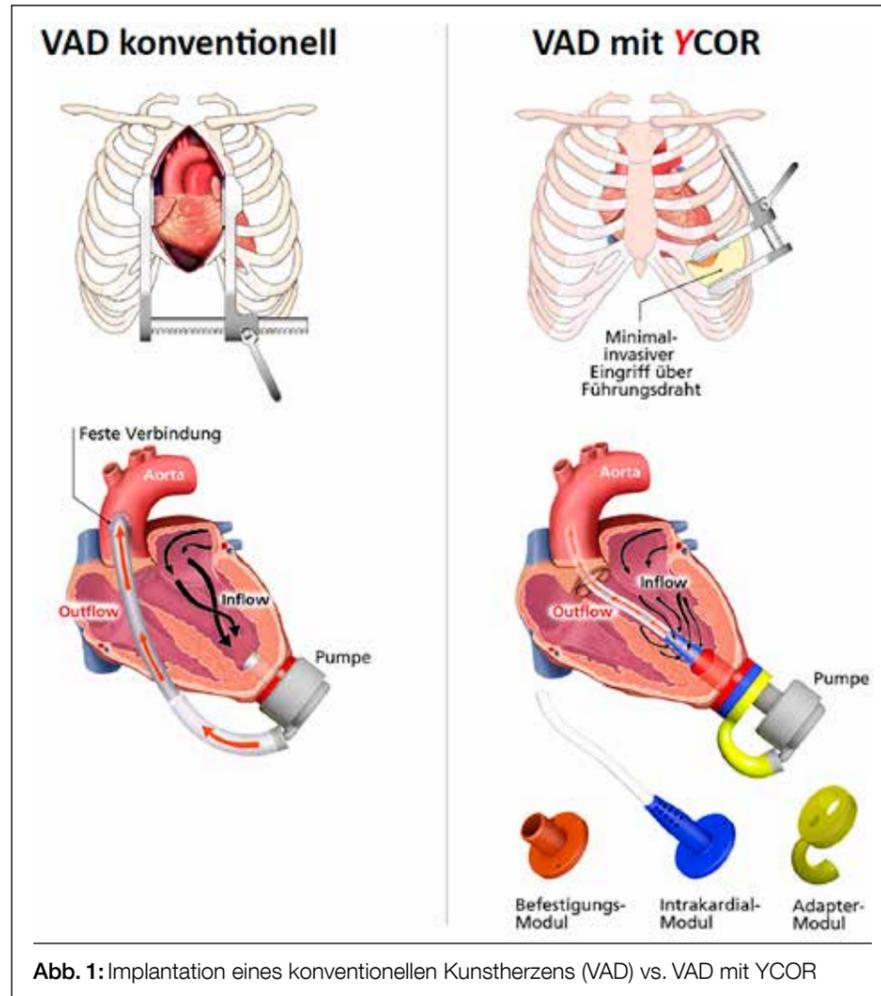


Abb. 1: Implantation eines konventionellen Kunstherzens (VAD) vs. VAD mit YCOR

gezeigt wurde. Im Gegensatz zu anderen Projekten werden bei YCOR bereits etablierte Kunstherzpumpen verwendet. YCOR beinhaltet über eine Blutumleitung eine vollständig intrakardiale Lage von In- und Outflow ohne feste Verbindung zur Aorta (Abb. 1). Der Anschluss des YCOR an den Blutkreislauf erfolgt über eine einzige anatomische Struktur (Herzspitze). Hierdurch kann ein kleinerer chirurgischer Zugang (minimal-invasive linkseitige Thorakotomie) gewählt und eine Sternotomie vermieden werden. Das System wird mithilfe von Führungsdrähten eingebracht. Der Herzmuskel wird nicht, wie bei konventionellen VADs, ausgestanzt, sondern schonend verdrängt, sodass der Einsatz der HLM nicht notwendig ist. Durch den atraumatischeren Eingriff sollen

Risiken verringert und postoperative Liegedauern verkürzt werden. Zudem soll YCOR eine deutliche Reduktion der patientenspezifischen Belastungen und Risiken sowie eine effektive Senkung der direkten und indirekten Operationskosten bewirken und eine Ausweitung der Therapie auf neue Patientengruppen ermöglichen. Es wird davon ausgegangen, dass mit innovativen, schonenden und kostengünstigeren Systemen **deutlich mehr Patient\*innen** behandelt werden [3].

### Validierung

In einem interdisziplinären Forschungsantrag (Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Zentralstelle für Technologie-



Abb. 2: Das YCOR-Kernteam (v. l. n. r): Dipl.-Ing. Michael Wetzel, Dr. rer. nat. Philipp Julian Köster, MBA, PD Dr. med. Wolfgang Bothe und Dr. med. Florian Meißner.

transfer, Zentrum für klinische Studien, wissenschaftliche Werkstätten und verschiedenste Auftragnehmer, Berater sowie ein Innovationsmentor) wurde mit dieser Idee die VIP+-Förderung des BMBF eingeworben [5]. Mithilfe dieser Förderung wird das YCOR-System nun zunächst (u. a. zur Einsparung von Tierversuchen) im Computermode (in silico), in einem experimentellen Kreislaufmodell (in vitro) und anschließend im Großtier-Langzeitversuch (in vivo) validiert, sodass langfristig die Implantation bei Patient\*innen erfolgen kann. Das Kernteam besteht aus vier Personen mit Projektleiter (PD Dr. W. Bothe) sowie technischem (Dipl.-Ing. M. Wetzel), wissenschaftlichem (Dr. F. Meissner) und betriebswirtschaftlichem Leiter (Dr. P. Köster, MBA, Abb. 2). Unterstützt wird das Team momentan von vier Doktorand\*innen sowie zwei wissenschaftlichen Hilfskräften. Beheimatet ist das YCOR-Projekt und sein Team für die Projektlaufzeit von drei Jahren im Dr.-Barbara-Mez-Starck-Forschungsbau in der Elsässer Strasse 2n auf dem Campus des Universitätsklinikums Freiburg.

### Verwertung

Die Anwendung des neuen Systems umfasst die Unterstützung des linken Ventrikels für alle Anwendungsfälle im Endstadium einer Herzinsuffizienz. Diese sind: Die Überbrückung einer akuten Herzinsuffizienz, bis sich das Herz erholt hat (bridge to recovery), die Verlängerung der Beobachtungsphase bis zu einer endgültigen Entscheidung (bridge to decision), die Überbrückung bis zur Transplantation (bridge to transplant) und/oder der letzte Therapieschritt bei nicht-transplantierbaren Patient\*inn (destination therapy).

**YCOR ermöglicht eine minimal-invasive Implantation konventioneller Kunstherzpumpen im Kurzzeitmodell am Tier. Die Idee stammt aus der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie und wird mithilfe eines BMBF-Förderprogramms im Dr.-Barbara-Mez-Starck-Forschungsbau in drei Projektabschnitten (in silico, in vitro und im Langzeitversuch in vivo) validiert. Ziel der Förderung ist die Vorbereitung einer YCOR-Implantation bei Patient\*innen.**

Die Patentanmeldungen (DE, EU und USA) befinden sich in der Prüfung durch die jeweiligen Ämter. Weitere Nationalisierungen in Europa sind angestrebt.

### Literatur

1. Groenewegen A et al.: Epidemiology of heart failure, 2020
2. Chen-Scarabell C et al.: Dilemmas in end-stage heart failure, 2015
3. Alvarez J, Rao V: HeartMate 3—a 'Step' in the right direction, 2017
4. Kuri S et al.: The Use of Biological Heart Valves, 2019
5. Miller LW, Guglin M: Patient Selection for Ventricular Assist Devices, 2013
6. Website VIP+-Projekt YCOR: <https://www.validierungsfoerderung.de/validierungsprojekte/ycor>

### Kontaktadresse

PD Dr. Wolfgang Bothe  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
Hugstetter Straße 55 · 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-28810  
E-Mail: wolfgang.bothe@uniklinik-freiburg.de

## Koronarinterventionen mittels Robotik und Magnetresonanztomographie – die Zukunft?

Prof. Dr. Constantin v. zur Mühlen

### Warum brauchen wir Alternativen zur klassischen Koronarangiographie?

Die Koronarangiographie mit der Möglichkeit der direkten Intervention ist aktuell der Goldstandard zur Therapie von bedeutsamen Stenosen an den Herzkranzgefäßen. Die technischen Entwicklungen der letzten Jahre waren enorm: So sind die Herzkatheter-Röntgenanlagen heute viel strahlungsärmer bei gleichzeitig verbesserter Bildqualität. Mit Hilfe intravasculärer Funktionsmessung sowie Bildgebung lassen sich Koronarstenosen immer besser charakterisieren und behandeln. Trotzdem gibt es Herausforderungen, die es in der Zukunft zu adressieren gilt. Mit den aktuellen Techniken können Plaque-Ablagerungen in den Gefäßen immer noch nicht zuverlässig charakterisiert werden – das wäre aber wichtig, um frühzeitig gefährliche Ablagerungen/vulnerable Plaques behandeln zu können. Weiterhin sind die Untersuchenden sowie das Katheterpersonal über viele Jahre der Strahlung ausgesetzt – ein potenzielles Risiko für Tumorerkrankungen. Auch das Tragen der schweren Röntgenschrützen ist über die Zeit mit orthopädischen Problemen vergesellschaftet.

All diese Zusammenhänge motivieren uns, an der Herzkatheteruntersuchung der Zukunft zu arbeiten. Wir verfolgen

hier zwei unterschiedliche Ansätze: die roboterunterstützte Intervention im Herzkatheter und die Intervention in der Magnetresonanztomographie (MRT).

### Roboterunterstützte Herzkatheteruntersuchung

Durch die Anwendung der Robotertechnik in der interventionellen Kardiologie werden sich in Zukunft neue diagnostische und therapeutische Möglichkeiten ergeben. Bei der Robotik werden die Ärzt\*innen durch einen Roboterarm in Größe einer Aktentasche unterstützt, der am üblichen Herzkathetertisch fixiert und steril abgedeckt ist. Dieser Roboterarm beinhaltet Motoren und Sensoren, die Katheter und Drähte ganz exakt steuern können. Insofern muss der\*die Ärzt\*in lediglich die Punktion des Zugangsgefäßes durchführen, kann sich dann vor eine Steuerkonsole mit Monitoren und Joystick setzen und die Intervention z.B. aus dem Nebenraum durchführen. Notwendige Draht- und Katheterwechsel werden durch eine Assistenz in sicherer Entfernung von der Strahlenquelle durchgeführt. Dieses Vorgehen bietet, kurz gefasst und weiter unten detaillierter ausgeführt, mehrere Vorteile: 1.) Es erhöht die Interventionspräzision, da durch die Sensoren und Motoren eine ganz behutsame und gleichwohl sehr exakte Intervention an den

Herzkranzgefäßen möglich wird; 2.) das Personal sitzt in sicherer Entfernung von der Strahlung, die kumulativ über die Lebensarbeitszeit Tumore induzieren kann; 3.) die Motorbewegungen und Materialauswahl werden für die jeweilige Intervention gespeichert und können in Zukunft anonymisiert über eine Cloud verfügbar gemacht werden, so dass bei einer vergleichbaren Koronar Anatomie weltweit die bekannten Algorithmen abgerufen und somit immer weiter verfeinert werden können – ein exzellentes Beispiel für die Anwendung künstlicher Intelligenz in der Medizin; 4.) Koronarinterventionen können telemedizinisch auch über große Distanzen z. B. an kleineren Häusern oder im Ausland unterstützt werden; und 5.) bietet die Robotik einen gewissen Infektionsschutz des Personals, z. B. in Zeiten von Pandemien.

Momentan sind in Europa sechs Herzkatheter-Robotersysteme im Einsatz. Wir haben bei uns in diesem Frühjahr die Robotertechnik eingeführt und bisher eine zweistellige Anzahl an Patient\*innen untersucht. Die Integrierung in den Alltag ist problemlos möglich gewesen. Aktuell behandeln wir leichte, mittelschwere und mäßig komplexe Koronarläsionen und planen, das Spektrum mit wachsender Erfahrung auch noch auszudehnen. Alle geplanten Roboter-Interventionen konnten mit Erfolg durchgeführt werden – es war also nicht nötig, von der roboter-

unterstützten Intervention auf die klassische manuelle Intervention zurückzuwechseln. Abbildung 1A zeigt das Setup bei uns im Herzkatheterlabor in Freiburg: An dem Herzkathetertisch ist der Roboterarm fixiert (Pfeil), der dann über den\*die Patient\*in an die Punktionsstelle im Gefäß bewegt werden kann. Nach steriler Abdeckung des Roboters erfolgt über eine einliegende Kartusche die Steuerung von Kathetern, Drähten und Stents.

In dieser Phase steht kein Personal in der direkten Nähe der Strahlenquelle, so dass die Belastung mit Röntgenstrahlung minimiert wird. Der\*die Untersuchende sitzt derweil im Kontrollraum ohne direkten Blickkontakt zum\*zur Patient\*in (Abb. 1B). Es erfolgt die Kommunikation mit dem Personal im Raum über ein Headset, die Steuerung aller Komponenten erfolgt über die Joysticks an der Steuerkonsole. Wohlgermerkt sitzt der\*die Untersuchende hierbei in einem bequemen Stuhl, ohne Röntgenbekleidung. Das System ist mit verschiedenen Sicherheitskomponenten ausgestattet: So kann nicht gegen unnatürlichen Widerstand ein Draht oder Katheter vorgeschoben werden. Gleichzeitig ist die Präzision sehr hoch, ein Stent oder Ballon kann z.B. im Zehntel-Millimeterbereich vor- oder zurückgesteuert werden. Die Technik der robotergestützten Intervention lässt sich auch ideal mit anderen Techniken kombinieren: so z. B. mit Flussreservemessungen, um genau zu bestimmen, an welche Stelle des Gefäßes ein Stent platziert werden muss. Zur Kombination mit solchen „state of the art“-Technologien führen wir mehrere Studien durch und planen auch weiter in die Zukunft. So wird es möglich sein, Untersuchungsdetails in einer Cloud verfügbar zu machen, und so durch Algorithmen der künstlichen Intelligenz die Koronarintervention immer weiter zu präzisieren. Weiterhin werden telemedizinische Vorgehensweisen möglich – der Roboter steht in einem anderen Zentrum,

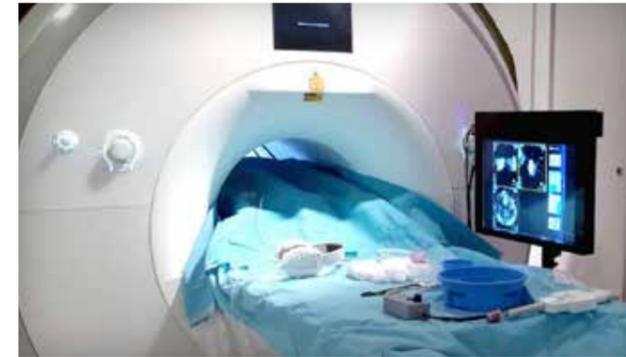


Abb. 2: Setup der interventionellen Magnetresonanztomographie

Land oder Kontinent, und die interventionell tätigen Ärzt\*innen unterstützen z. B. über einen Remote-Zugang diese Intervention über eine beliebige Distanz.

### Herzkatheteruntersuchung in der Magnetresonanztomographie

Die Mechanismen, die zu einer Engstelle oder einem Verschluss eines Koronargefäßes führen, spielen sich in der Gefäßwand ab und sind durch komplexe pathophysiologische Abläufe charakterisiert. Eine genaue Charakterisierung dieser Vorgänge wäre aber hilfreich, um sogenannte vulnerable Plaques zu entdecken und frühzeitig zu behandeln – bevor es zum Verschluss eines Gefäßes kommt. Diese Charakterisierung kann eine röntgenbasierte Untersuchung nicht leisten, und auch die oben erwähnte intravasculäre Bildgebung ist dabei im Moment noch nicht hilfreich. Wir haben in den letzten Jahren molekulare Kontrastmittel entwickelt, die solche Gefäßpathologien und somit vulnerable Plaques potenziell entdecken können. Diese Kontrastmittel sind in der Magnetresonanztomographie erkennbar (Abb.2), die zusätzlich dazu wertvolle Informationen zur Anatomie des Herzens sowie diverser Pathologien liefern können, z. B. zur Lokalisation von Narben oder minderdurchblutetem Gewebe. Um diese Vorteile der MRT zu nutzen, haben wir einen komplett neuen Ansatz entwi-

ckelt: eine Herzkatheteruntersuchung im MRT, ergänzt durch die Charakterisierung der Gefäßwand über eine molekulare Bildgebung.

Hierbei werden Katheter mit Hilfe einer Echtzeit-Bildgebung in der MRT navigiert und zu den Kranzgefäßen vorgeführt. Die Katheter sind natürlich auf eine Art und Weise modifiziert, die sie MRT-kompatibel machen. Mit Hilfe der o. g. molekularen Kontrastmittel können wir also im

Rahmen einer solchen Untersuchung zunächst vulnerable Plaques identifizieren und sie dann in derselben Sitzung z. B. mit einem Stent behandeln – und das komplett ohne die Anwendung von Strahlung und ohne Verwendung von Röntgenschrützen. Dies ist also ein weiteres Beispiel für einen komplett neuen Ansatz zur Koronardiagnostik und Therapie, durchgeführt mit einer ganz anderen Technik. Im Gegensatz zur Robotik wird dieser Ansatz von uns im Moment noch im Großtiermodell etabliert – mit der Perspektive, die Technik auch irgendwann in der Routine am Menschen anwenden zu können.

*Innovative Ansätze haben das Potenzial, in Zukunft die klassische strahlungsbasierte Koronarangiographie zu ergänzen oder abzulösen. Die Robotik bietet schon heute eine erhöhte Therapiepräzision für die Patient\*innen bei gleichzeitigem Schutz des Personals vor Strahlung. Die MRT-basierte Intervention könnte in Zukunft eine weitergehende Charakterisierung von vulnerablen Gefäßplaques mit direkter Therapie verknüpfen.*

Literatur beim Verfasser

**Kontaktadresse**  
 Prof. Dr. Constantin von zur Mühlen  
 UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
 Universitäts-Herzzentrum  
 Klinik für Kardiologie und Angiologie I  
 Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
 Telefon: 0761 270-34415  
 E-Mail: constantin.vonzurmuehlen@uniklinik-freiburg.de



Abb. 1: A: Herzkatheteranlage mit Roboterarm (Pfeil); B: Roboter-Steuerkonsole im Kontrollraum

## SGLT2-Inhibitoren bei Herzinsuffizienz

Dr. Stefan Leggewie

Die Herzinsuffizienz gehört zu den zehn häufigsten Todesursachen in Deutschland. Bei Frauen in Baden-Württemberg wird die Herzinsuffizienz statistisch sogar als dritthäufigste Todesursache angeführt. Ergibt sich kein kausaler Therapieansatz zur Behandlung einer auslösenden Erkrankung, erfolgt die medikamentöse Therapie von Patient\*innen mit chronischer Herzinsuffizienz und reduzierter Ejektionsfraktion (HF<sub>r</sub>EF) mit ACE-Hemmern, Betablockern, Aldosteron-Antagonisten, Nephilysin-Inhibitoren und Diuretika. Wurde bei der HF<sub>r</sub>EF für Vertreter dieser Wirkstoffklassen ein gewisser prognostischer Vorteil gezeigt, gelang dies für Herzinsuffizienz-Patient\*innen mit erhaltener Ejektionsfraktion (HF<sub>p</sub>EF) bislang nicht. Hier beschränkt sich die medikamentöse Therapie auf Behandlung der Co-Morbiditäten, eine optimale Blutdruckeinstellung und Diuretikagabe. Neue Hoffnung wird nun in die Gliflozine gesetzt, eine Wirkstoffklasse, die primär zur oralen Behandlung des Diabetes Typ 2 entwickelt wurde. Das blutzuckersenkende Prinzip dieser Wirkstoffe beruht auf der Hemmung des Natrium-Glukose-Co-Transporters-2 (SGLT2) im proximalen Tubulus des Nephrons. Infolgedessen wird die Rückresorption von Glukose aus dem Tubulus vermindert und so eine Glukosurie induziert. Die zusätzlich zur Blutzuckersenkung beobachteten blutdrucksenkenden und gewichtsreduzierenden Effekte der SGLT2-Inhibition nährte die Hoffnung, dass diese neuen Antidiabetika nicht nur kardiovaskulär verträglich, sondern auch von messbarem kardiovaskulären Nutzen sein könnten.

### SGLT2-Inhibition bei Diabetes mellitus senkt kardiovaskuläres Risiko

In der 2015 veröffentlichten EMPA-REG-OUTCOME-Studie wurde für den Wirkstoff Empagliflozin dieser Nachweis zur Überraschung mancher mit großer Deutlichkeit erbracht. In der EMPA-REG-OUTCOME-Studie erhielten 7.020 Patient\*innen mit

Typ-2-Diabetes und hohem kardiovaskulärem Risiko zusätzlich zur Diabetes-Standardbehandlung Empagliflozin oder Placebo über einen Zeitraum von 3,1 Jahren. Obwohl die Gesamthäufigkeit für Herzinfarkt und Schlaganfall zwischen den Vergleichsgruppen nicht unterschiedlich war, lag die kardiovaskuläre Sterblichkeit in der Empagliflozin-Gruppe signifikant niedriger als in der Placebo-Gruppe, was einer 38 % relativen Risikoreduktion entsprach. Ebenso sank das Risiko für eine Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz deutlich (2,7 % vs. 4,1 %) und die Gesamtsterblichkeit sank um relative 32 %, was bislang ohne Beispiel für eine orale blutzuckersenkende Substanz war. Mit ähnlichem Studiendesign untersuchte die DECLARE-TIMI-58-Studie den Nutzen von Dapagliflozin. In diese große Studie wurden 17.160 Typ-2-Diabetiker\*innen mit kardiovaskulärer Erkrankung oder mit multiplen kardiovaskulären Risikofaktoren aufgenommen und 4,1 Jahre zusätzlich zur Standardtherapie mit Dapagliflozin oder Placebo behandelt. Die Behandlung mit Dapagliflozin senkte signifikant die Häufigkeit des kombinierten Endpunkts aus kardiovaskulärer Sterblichkeit und Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz. Auch im CANVAS-Studienprogramm mit Canagliflozin wurden ähnliche protektive kardiovaskuläre Effekte beobachtet. Die positiven Ergebnisse dieser Studien insbesondere im Bezug auf die Prognose einer Herzinsuffizienz beförderten das Interesse, Substanzen dieser Wirkstoffgruppe primär bei herzinsuffizienten Patient\*innen zu untersuchen, unabhängig vom Vorliegen eines Diabetes.

### SGLT2-Inhibition bei Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF verbessert kardiovaskuläre Prognose

In der 2019 veröffentlichten DAPA-HF-Studie wurde daher untersucht, ob Dapagliflozin bei Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF mit oder ohne Diabetes die Häufigkeit eines kombinierten Endpunkts aus Verschlech-

terung der Herzinsuffizienz und kardiovaskulärem Tod vermindern kann. Eingeschlossen wurden 4.744 Patient\*innen mit EF ≤ 40 % und NYHA II-IV, davon 55 % ohne Diabetes. Die Patient\*innen wurden im Median 18,2 Monate entweder mit Dapagliflozin oder Placebo zusätzlich zu einer optimierten Standardtherapie behandelt. Der kombinierte Endpunkt trat unter Placebo bei 21,2 % der Patient\*innen auf, bei den mit Dapagliflozin behandelten Patient\*innen jedoch nur bei 16,3 % (p<0,001). In der primären Analyse und in post-hoc-Analysen bestätigte sich, dass der protektive Effekt unabhängig vom Vorliegen eines Diabetes und auch unabhängig von der Art der medikamentösen oder nicht-medikamentösen Begleittherapie ist. Für Empagliflozin wurden ähnliche Ergebnisse in der EMPEROR-REDUCED-Studie im Jahr 2020 gezeigt. In diese Studie wurden 3.730 Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF mit oder ohne Diabetes eingeschlossen und 16 Monate zusätzlich zu einer Standardtherapie mit Empagliflozin oder Placebo behandelt. Der primäre Endpunkt war auch hier eine Kombination aus Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz und kardiovaskulärem Tod. Den primären Endpunkt erreichten 24,7 % in der Placebogruppe gegenüber 19,4 % in der Empagliflozin-Gruppe, was einer relativen Risikoreduktion von 25 % entsprach. Der günstige Effekt von Empagliflozin war konsistent in den präspezifizierten Subgruppen, einschließlich bei den Patient\*innen mit oder ohne Diabetes.

Trotz Ähnlichkeiten unterschieden sich in den beiden vorgenannten Studien die HF<sub>r</sub>EF-Patientenpopulationen etwas voneinander: Verglichen mit DAPA-HF hatten die Patient\*innen in EMPEROR-REDUCED eine im Mittel niedrigere EF, höhere NT-proBNP-Spiegel und eine niedrigere eGFR. Außerdem wurden in EMPEROR-REDUCED häufiger Nephilysin-Inhibitoren verwendet. Gleichwohl konnten beide Studien belegen, dass die zusätzliche Anwendung der SGLT2-Inhibitoren Dapagliflozin und Empagliflozin das kombinierte Risiko kardiovaskulärer Tod und Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz bei HF<sub>r</sub>EF signifi-

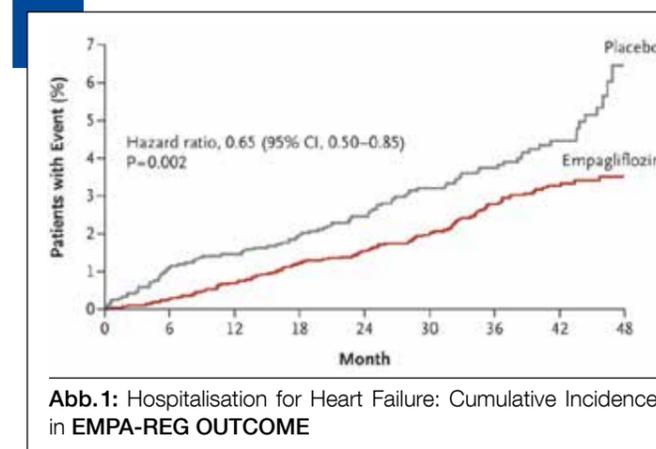


Abb. 1: Hospitalisation for Heart Failure: Cumulative Incidence in EMPA-REG OUTCOME

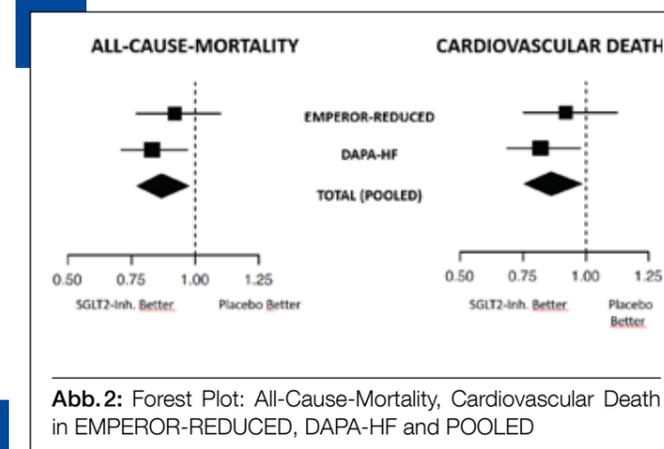


Abb. 2: Forest Plot: All-Cause-Mortality, Cardiovascular Death in EMPEROR-REDUCED, DAPA-HF and POOLED

kant reduzieren kann und zwar unabhängig vom Vorliegen eines Diabetes. Für sich allein genommen waren beide Studien aber nicht ausreichend gepowert, um die Frage nach Effekten auf die kardiovaskuläre Sterblichkeit alleine oder die Gesamtsterblichkeit zu beantworten. Um mit den vorhandenen Informationen darüber mehr zu erfahren, wurden in einer Metaanalyse die aus beiden Studien gewonnenen Daten gepoolt und erneut ausgewertet. Als primärer Endpunkt wurde hier die Zeit bis zum Auftreten des Todes jeglicher Ursache definiert, die Zeit bis zum Auftreten des Todes kardiovaskulärer Ursache war einer der sekundären Endpunkte. Ebenso wurden wichtige Subgruppen definiert und auf Konsistenz mit dem Ergebnis für die Gesamtpopulation überprüft. Für die insgesamt 8.474 in dieser Metaanalyse ausgewerteten Patient\*innen ergab sich demnach durch die SGLT2-Inhibition eine relative Reduktion der Gesamtmortalität um 13% und eine Reduktion der kardiovaskulären Mortalität um 14 % (Abb. 2). In der Subgruppenanalyse zeigten sich diese Effekte unabhängig von Alter, Geschlecht, Vorhandensein eines Diabetes, Behandlung mit Nephilysin-Inhibitoren und Nierenfunktion.

Die Subgruppenanalyse gab allerdings Hinweise, dass der positive Effekt auf die Sterblichkeit bei bereits zu Beginn der Behandlung stärker ausgeprägter Herzinsuffizienz (NYHA III/IV) geringer ausgeprägt sein könnte. Während ein klinischer

Nutzen der SGLT2-Inhibition für Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF also belegt zu sein scheint, wurde ein solcher Nutzen für Patient\*innen mit HF<sub>p</sub>EF bislang nicht nachgewiesen. Die DECLARE-TIMI-58-Studie, bei der auch die EF der Patient\*innen miterfasst wurde, gab allerdings Hinweise auf einen positiven Effekt von Dapagliflozin auch bei diesen Patient\*innen bezüglich der Herzinsuffizienz-Hospitalisierungen, jedoch keinen Hinweis auf einen Nutzen bezüglich der Gesamtsterblichkeit oder der kardiovaskulären Sterblichkeit. Für Sotagliflozin wurde in einer Metaanalyse aus den Studien SCORED und SOLOIST-WHF bei Diabetiker\*innen auch bei HF<sub>p</sub>EF ein kardiovaskulärer Nutzen beobachtet. Aktuell wird für Empagliflozin in der EMPEROR-Preserved-Studie und für Dapagliflozin in der DELIVER-Studie das kardiovaskuläre Outcome speziell für HF<sub>p</sub>EF-Patient\*innen analysiert.

### Kardiovaskuläre Wirkungsmechanismen noch Gegenstand der Diskussion

Für die SGLT2-Inhibitoren ist eine Vielzahl von nützlichen biologischen Effekten beschrieben, die teils abhängig, teils auch unabhängig vom Wirkprinzip der induzierten Glukosurie sind. Welche Mechanismen im Besonderen die protektiven kardiovaskulären Effekte verursachen und welche praktischen Konsequenzen für die

Therapie aus den bisherigen Erkenntnissen abgeleitet werden können, ist weiterhin Gegenstand der Diskussion.

*Auf Basis der bislang verfügbaren Daten sind die SGLT2-Inhibitoren Dapagliflozin und Empagliflozin geeignet, als Zusatztherapie bei Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF das Gesamtrisiko für Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz und kardiovaskulärem Tod zu senken. Dapagliflozin ist für diese Indikation zugelassen. Der G-BA bestätigte für die Substanz einen beträchtlichen Zusatznutzen. Es ist zu erwarten, dass die neuen Erkenntnisse auch in der anstehenden Neuauflage der ESC-Leitlinie für Herzinsuffizienz Berücksichtigung finden. Das Positionspapier der Heart Failure Association der ESC vom September 2020 empfiehlt bereits jetzt die Verwendung von Dapagliflozin oder Empagliflozin, um das kombinierte Risiko von Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz und kardiovaskulärem Tod bei symptomatischen Patient\*innen mit HF<sub>r</sub>EF zu reduzieren, unabhängig vom Vorliegen eines Diabetes.*

Literatur beim Verfasser

**Kontaktadresse**  
Dr. Stefan Leggewie  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Kardiologie und Angiologie II  
Freiburg • Bad Krozingen  
Südring 15 • 79189 Bad Krozingen  
Tel.: 07633 402-2481  
E-Mail: stefan.leggewie@uniklinik-freiburg.de

## Delir bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern

Anne Lorenz

Kinder mit kardiologischen Erkrankungen benötigen oft eine rasche lebensrettende Intervention, die mit einem längeren Krankenhausaufenthalt einhergeht. Auf der Intensivstation kann es vorkommen, dass die kleinen Patient\*innen nach einem solchen Eingriff ungewöhnliche Verhaltensweisen zeigen, die nicht ausschließlich auf Schmerzen, Medikamente oder unbefriedigte Bedürfnisse zurückzuführen sind. Eltern und Angehörige kommentieren dies eventuell mit den Worten „Ich erkenne mein Kind nicht wieder!“. Der Grund dafür könnte ein pädiatrisches Delir sein.



Halluzinationen sind nur eine von vielen Symptomvarianten des pädiatrischen Delirs. ©mark-janssen.nl

### Aus der Spur geraten

Das Wort Delir stammt vom lateinischen de lira ire ab und bedeutet „aus der Spur geraten“. Mit dem Begriff wird eine akut auftretende neuropsychiatrische Störung benannt, welche bei hospitalisierten Personen in jedem Lebensalter auftreten kann. Sie zeichnet sich im Wesentlichen durch neu auftretende Aufmerksamkeits-, Bewusstseinsstörungen und kognitive Einschränkungen aus. Diese Symptome sind nicht durch die grundlegende Erkrankung erklärbar und sind im Tagesverlauf unterschiedlich stark ausgeprägt (vgl. Tab. 1).

Kriterien zur Diagnose eines Delirs (DSM-5)
[1] Störung der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins
[2] rasch auftretende Symptomatik mit Fluktuation im Tagesverlauf
[3] Beeinträchtigung kognitiver Funktionen wie Gedächtnis, visuell-räumliche Wahrnehmung oder Sprachgebrauch
[4] Symptomatik ist nicht durch „eine andere, vorbestehende, gesicherte oder sich entwickelnde neurokognitive Störung“ und nicht durch komatösen Zustand erklärbar
[5] die Vorgeschichte sowie weitere Untersuchungen deuten darauf hin, dass der Symptomkomplex „die direkte körperliche Folge eines medizinischen Krankheitsfaktors, einer Intoxikation oder eines Substanzentzugs [...] oder durch multiple Ätiologien verursacht ist“.

Tab. 1: Kriterien zur Diagnose eines Delirs

Somit ist das Delir die Konsequenz eines schlechten Gesundheitszustandes und kein unabhängiges Krankheitsbild. Es kann den Genesungsprozess negativ beeinflussen und Langzeitschäden begünstigen. Bei frühzeitiger Identifizierung ist ein Delir jedoch gut behandelbar oder sogar gänzlich vermeidbar.

### Das Delir in der klinischen Praxis

In allgemeinpädiatrischen Abteilungen treten bei durchschnittlich jedem\*r vierten Patient\*in mindestens einmal Symptome eines Delirs auf. Auf kinder-kardiologischen Intensivstationen liegt die Inzidenz sogar bei 49 bis 57%, nach großen operativen Eingriffen bei 66%. Das pädiatrische Delir beginnt meist innerhalb der ersten 48 bis 72 Stunden nach der Aufnahme auf der Intensivstation und dauert durchschnittlich ein bis fünf Tage.

Die klinische Präsentation des Delirs variiert stark in Abhängigkeit von Alter und Entwicklungsstand der Patient\*innen. Zu den **Symptomen** zählen: Agitation oder Irritabilität inklusive Schreien ohne erkennbare Ursache, erschwerte Kontaktierbarkeit und Erregbarkeit, Aufmerksamkeitsstörungen, Desorientierung inklusive dem Nicht-Erkennen von Familienmitgliedern, Halluzinationen und ein gestörter Schlaf-Wach-Rhythmus.

Man unterscheidet zwischen der **hyper-**

**aktiven, hypoaktiven** und der **Mischform**. Am auffälligsten ist der hyperaktive Subtyp, doch dieser macht nur ca. 8% aller Fälle des pädiatrischen Delirs aus. Der hypoaktive Subtyp kommt ebenso häufig vor wie die Mischform. Da Kinder mit hypoaktivem Delir häufig ruhig und lethargisch sind und von ihnen keine Fremd- oder Eigengefährdung ausgeht, wird das Delir bei ihnen häufig übersehen. Besonders in diesem Fall können die Aussagen von Angehörigen bezüglich unbekannter Verhaltensweisen hilfreich sein.

Kinder mit hyperaktivem Delir neigen zu Ängstlichkeit oder Agitation, welche die akzidentielle Selbstextubation sowie die Entfernung von Drainagen oder i.v.-Zugängen begünstigt. Bei der Mischform treten eher Aufmerksamkeitsstörungen, Jammern und Rastlosigkeit sowie leichte Ängstlichkeit auf.

Eine spezielle Form des pädiatrischen Delirs ist das **pädiatrische Emergence Delir (kurz: pädED)**, welches unmittelbar nach dem Erwachen aus einer Narkose auftreten kann. Im Gegensatz zur häufig auftretenden Emergence Agitation, die durch Empfindungen wie Hunger oder Durst, Schmerzen oder Angst ausgelöst wird, ist beim pädED zusätzlich die Wahrnehmung sowie die Kontaktierbarkeit beeinträchtigt. Trotz seiner meist kurzen Dauer erhöht sich auch hier das Risiko für die akzidentielle Entfernung von Zugängen oder weitere selbstgefährdende Verhaltensweisen.

BRAIN MAPS	Mögliche Ursache
B – Bring oxygen	Hypoxämie, Anämie, vermindertes Herzzeitvolumen
R – Remove or reduce delirio-genic drugs	Anticholinergika, Benzodiazepine, Propofol
A – Atmosphere	z. B. fremde Umgebung, Personen und Tagesabläufe, ungewohntes Licht und Geräusche, Bewegungseinschränkungen, Abwesenheit der Familie
I – Infection, Immobilization, Inflammation	Infektion, Immobilität, Entzündungsvorgänge
N – New organ dysfunction	z. B. ZNS, kardiovaskulär, pulmonal, hepatisch, renal, endokrin
M – Metabolic disturbances	Alkalose/Azidose; Hypo-/Hypernatriämie, Hypo-/Hyperkaliämie, Hypoglykämie, Hypokalzämie
A – Awake	Störung des Schlaf-Wach-Rhythmus, keine geregelten Ruhezeiten
P – Pain	bestehende Schmerzen oder Überdosierung der Analgetika
S – Sedation	Sedativa werden nicht bedarfsgerecht verabreicht

Tab. 2: Evaluation möglicher Ursachen mithilfe des Akronyms „BRAIN MAPS“.

### Ursachen und Folgen

Die Ätiologie des Delirs konnte bisher nicht vollständig entschlüsselt werden, allerdings spielt die Kombination verschiedener Risikofaktoren eine entscheidende Rolle.

**Nicht-modifizierbare Risikofaktoren (Prädisposition)** sind vor allem das Alter des Kindes und dessen neurologische und kognitive Entwicklung: Je jünger das Kind ist und je ausgeprägter dessen Entwicklungsverzögerung, desto höher ist sein Risiko. Bedrohliche Akuterkrankungen, bereits bestehende chronische Erkrankungen und ein schlechter Ernährungszustand können die Entstehung eines Delirs zusätzlich begünstigen.

Ein angeborener Herzfehler ist ebenfalls ein nicht-modifizierbarer Risikofaktor, wobei zyanotische Herzfehler und die Komplexität des operativen Eingriffs als besonders risikoreich identifiziert wurden. Auch eine verlängerte Bypass-Zeit und die postoperative Unterstützung mittels extra-korporalem Herz-Lungen-Ersatz (ECLS) haben einen unerwünschten Effekt hinsichtlich der Entstehung eines Delirs.

**Modifizierbare Risikofaktoren (Exposition)** sind vielfältig. Die Verabreichung von Benzodiazepinen als Risikofaktor wurde in mehreren Untersuchungen fest-

gestellt, auch speziell bei Patient\*innen mit kardiologischen Erkrankungen. Dabei sind die Expositionsdauer und die Dosis entscheidend. Auch Opiate, Vasopressoren und Anticholinergika werden mit der Entstehung eines Delirs in Verbindung gebracht. Ein medikamentöser Entzug kann einerseits ein Delir begünstigen, andererseits aufgrund der teilweise überlappenden Symptomatik leicht übersehen werden. Transfusionen von Erythrozytenkonzentraten können das Risiko eines Delirs verdoppeln, wobei auch hier die Dosis ausschlaggebend ist. Die Notwendigkeit künstlicher (invasiver) Beatmung steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit der Entstehung eines Delirs. Da bei beatmeten Patient\*innen die Delireinschätzung deutlich erschwert ist, findet eine Behandlung oft verzögert oder gar nicht statt. Weitere Expositionsfaktoren im Klinikalltag sind häufige Pflegekontakte, limitierte soziale Interaktionen, Immobilisation und Fixierung sowie ein gestörter oder veränderter Schlaf-Wach-Rhythmus. Um mögliche Ursachen im Klinikalltag besser im Blick zu haben, kann das in Tabelle 2 veranschaulichte Akronym „BRAIN MAPS“ als Unterstützung dienen.

**Die Folgen** eines Delirs können von prolongierter Beatmungszeit, verlänger-

ter Krankenhausverweildauer bis hin zu einer erhöhten Mortalität reichen. Auch kognitive und motorische Funktionseinschränkungen wurden bereits vereinzelt beobachtet. Da bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern eine kognitive Einschränkung nicht selten ist, könnte sich diese durch die Langzeitfolgen des Delirs verstärken. Bei komplexen Herzfehlern, die mehrere Interventionen nötig machen, erhöht sich das Risiko entsprechend bei jedem Eingriff.

### Was können wir tun?

Um die negativen Folgen eines Delirs abwenden zu können, muss eine regelmäßige Delireinschätzung auf den kinder-kardiologischen Stationen implementiert werden. Dazu verweise ich auf den Artikel „Delireinschätzung bei Kindern auf der herzchirurgischen Intensivstation“ in der Januar-Ausgabe. Des Weiteren sollten die genannten modifizierbaren Risikofaktoren so weit wie möglich reduziert werden. Interventionen zur Delirprävention und -behandlung werden im gleichnamigen Artikel in dieser Ausgabe genauer thematisiert. Zunächst jedoch müssen alle Mitarbeitenden der kinder-kardiologischen Abteilung über das Phänomen Delir informiert und dafür sensibilisiert werden – dieser Artikel soll hierfür ein erster Anstoß sein.

*Etwa jede\*r zweite kinder-kardiologische Patient\*in auf der Intensivstation entwickelt Symptome eines Delirs. Dies kann weitreichende negative Folgen haben. Aufklärung und Sensibilisierung für dieses Thema ebnet den Weg zu angemessener Prävention und Behandlung.*

Literatur bei der Verfasserin

**Kontaktadresse**  
Anne Lorenz  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
E-Mail: anne.lorenz@uniklinik-freiburg.de

## Interventionen zur Delirprävention und -behandlung bei pädiatrischen Patient\*innen

Alienor Ringwald

Das pädiatrische Delir (PD) ist eine neuropsychiatrische Erkrankung hoher Prävalenz. Als negativer prognostischer Faktor für Letalität, Krankenhausverweildauer und Behandlungskosten sowie möglicher Langzeitfolgen ist das Delir von großer klinischer Bedeutung. Für die medizinische Versorgung betroffener Kinder ergibt sich hieraus ein dringender Handlungsbedarf, das Delirmanagement zu verbessern.

Im Rahmen des Bachelor-Studiums Pflegewissenschaft wurden im vergangenen Jahr zwei Praxisprojekte sowie zwei Bachelorarbeiten zu der Thematik des pädiatrischen Delirs verfasst. Neben dem Delir-Assessment, welches in einer vorherigen Ausgabe dieses Magazins bereits thematisiert wurde (siehe Ausgabe 1/21 A. Lorenz), wurden auch die Delirprävention und die Behandlung des Delirs genauer beleuchtet. Hierzu wurde zunächst ein Praxisentwicklungsprojekt auf Station Noeggerath, der kinder-kardiologischen Station des Universitäts-Herzzentrums Freiburg, durchgeführt. Anschließend wurden die Ergebnisse der Erhebung mit Hilfe einer integrativen Literaturübersichtsarbeit auf ihre Evidenz überprüft.

Es hat sich gezeigt, dass Kinder nach einem herzchirurgischen Eingriff oder mit einer kardiologischen Erkrankung fast doppelt so oft an einem Delir leiden wie allgemeinpädiatrische Patient\*innen. Das Delir ist dabei nicht nur aus intensivmedizinischer Sicht nach herzchirurgischen Eingriffen von Bedeutung. Da ein Großteil dieser Patient\*innen bereits nach wenigen Tagen auf Normalstation verlegt wird, ist das Erkennen und die Behandlung eines Delirs auch für die weitere Versorgung von großer Relevanz.

### Praxisentwicklungsprojekt nicht-medikamentöse Delir-Interventionen

Um das aktuelle Delirmanagement auf der kinder-kardiologischen Station zu analysieren, wurden zunächst die Pflegenden befragt. Hierzu wurde ein Fragebogen

mit zwei Fallbeschreibungen verwendet. Diese beschrieben eine Patientin mit typischen Symptomen eines hyperaktiven Delirs und einen Patienten mit Symptomen eines hypoaktiven Delirs. Die Fragestellung lautete: „Was würdest du tun, um die Symptome zu mindern?“

### Ergebnisse des Praxisentwicklungsprojekts

Die Rücklaufquote der Fragebögen betrug 50%. Die genannten Maßnahmen zum Delirmanagement stimmen dabei größtenteils zwischen den beiden Formen des Delirs überein. Nach der Häufigkeit ihrer Nennung sind folgende Maßnahmen identifiziert worden (Siehe Tab. 1). An oberster

Hypoaktives Delir	Hyperaktives Delir
Auslöser suchen	
Eltern einbeziehen	
Stimulation Beschäftigung	
Ruhephasen	
Minimal Handling	
Begrenzung	
Medikamentöse Maßnahmen	
Frühmobilisation	Fixierung

Tab. 1: Ergebnisse der Mitarbeiter\*innen-Befragung auf Station Noeggerath

Stelle stehen das Erkennen und Beseitigen möglicher anderer Auslöser. Hierzu zählen vor allem Schmerzen, aber auch Grundbedürfnisse wie Hunger oder eine volle Windel. Die nächste Maßnahme ist das Einbeziehen der Eltern. Zunächst das Aufklären der Eltern und dann der Nutzen dieser als Ressource im Umgang mit den Patient\*innen. Eine weitere Maßnahme soll das Ermöglichen von Ruhephasen sein (reizarme Umgebung schaffen, schlaf-fördernde Maßnahmen). Konträr dazu wurde das Beschäftigen/Ablenken der Kinder mit vertrauten Reizen (bekannte Musik, Spielsachen, Gerüche) genannt.

Generell sollten die Patient\*innen laut der Befragung nach dem Konzept des Optimal Handling versorgt werden, welches vorsieht, dass pflegerische Maßnahmen gebündelt und auf ein Minimum reduziert durchgeführt werden. Für beide Delir-Subtypen wurde vorgeschlagen, den Kindern eine physikalische Begrenzung mit Hilfe von Handtüchern, Stoffwindeln oder Ähnlichem zu geben. Um im Notfall die Patientin mit hyperaktivem Delir vor sich selbst zu schützen, wurde der Punkt Fixierung genannt. Dies sollte jedoch nur im äußersten Notfall erfolgen, wenn alle anderen Möglichkeiten zum Selbstschutz ausgeschöpft sind. Für das Fallbeispiel des hypoaktiven Patienten wurden drei weitere Maßnahmen speziell genannt. Zunächst der besondere Fokus auf Stimulation mit vertrauten Reizen, welche zu einer Aktivierung des Patienten führen sollten. Des Weiteren die frühe Mobilisation, sowie die Maßnahme Orientierung geben (z. B. durch vertraute Gesichter der Eltern oder beruhigender Ansprache). Abschließend wurden bei beiden Fällen die medikamentöse Therapie z. B. mit Dexmedetomidin (Dexdor®) oder anderen Medikamenten genannt.

### Literaturübersichtsarbeit Prävention und Therapie des pädiatrischen Delir

Im Sommer 2020 sollten die genannten Maßnahmen durch eine Literaturübersichtsarbeit auf ihre Evidenz überprüft werden. Hierzu wurde eine Literaturrecherche auf den Datenbanken Medline, Cochrane Library und CINAHL durchgeführt. Bei insgesamt 616 potenziellen Treffern wurden nach einer vorausgehenden Selektion 54 Volltexte näher auf ihre Eignung untersucht, von denen insgesamt 14 Studien (zwei Leitlinien, zwei Reviews, zwei Fallserien und acht Einzelstudien) eingeschlossen wurden. Diese behandelten Präventionsmaßnahmen und Behandlungsansätze zum pädiatrischen Delir.

### Ergebnisse der Literaturübersichtsarbeit

Als wichtigste Maßnahme bei der Behandlung des Delirs ergab sich das Erkennen betroffener Patient\*innen anhand regelmäßiger Assessments. Außerdem sollen zeitnah mögliche Auslöser identifiziert und beseitigt werden. Darüber hinaus sind multidimensionale Interventionsprogramme zur Prävention des Delirs geeignet. Diese setzen gleichzeitig an mehreren Ebenen an, um die Vielschichtigkeit des pädiatrischen Delirs abzubilden. Des Weiteren ist die Edukation von Familienangehörigen und medizinischem Personal sinnvoll. In Bezug auf die Sedierung sollten Benzodiazepine vermieden werden. Dexmedetomidin konnte in den eingeschlossenen Studien mit einem präventiven Einfluss auf die Entstehung des PD in Verbindung gebracht werden. Eine pharmakologische Behandlung mit atypischen und konservativen Antipsychotika ist effektiv, sollte aber nur nach Nutzen-Risiken-Abwägung durchgeführt werden. Ein Einsatz von Antipsychotika ist nur im Rahmen der Off-Label-Verwendung möglich und sollte immer in Zusammenhang mit einem psychiatrischen Konsil erfolgen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in Tabelle 2.

### Vergleich Literatur vs. Station Noeggerath

Erfreulicherweise stehen die nicht-pharmakologischen Interventionen, welche im Rahmen der Mitarbeiter\*innen-Befragung auf Station Noeggerath identifiziert wurden, im Einklang mit den Ergebnissen der Literaturübersichtsarbeit. Die Pflegenden führen keine Maßnahmen durch, welche von der hier eingeschlossenen Literatur als nicht geeignet bezeichnet

Literaturrecherche: Delirprävention und -therapie	
1. Auslöser identifizieren	
2. Interventionspakete	
3. Sedierung optimieren	3.1 Benzodiazepine reduzieren
	3.2 Dexmedetomidin einsetzen
4. Pharmakologische Therapien	4.1 Klassische Antipsychotika
	4.2 Atypische Antipsychotika
	4.3 Psychiatrisches Konsil
5. Schulung Pflegender, Anleitung Angehöriger	
6. Delireinschätzung	
7. Empfehlungen	7.1 Tag-Nacht-Rhythmus
	7.2 Umfeld
	7.3 Mobilisation

Tab. 2: Ergebnisse der Literatur

wurden. Leider konnte durch die Literaturrecherche nur die nicht-pharmakologische Maßnahme des „Auslöser suchen“ als evidenzbasiert eingestuft werden. Alle weiteren Maßnahmen konnten nicht auf ihre Evidenz überprüft werden, da keine der gefundenen Studien diese individuell untersuchte. Die Maßnahmen sind aber Teil verschiedener Interventionsprogramme und multidimensionaler Delirmanagement-Ansätze. Zusätzlich wurden sie in den ergänzenden Empfehlungen der untersuchten Literatur genannt.

### Implikationen für Praxis und Forschung

Durch ein kluges Delirmanagement könnten Behandlungskosten vermindert, die Krankenhausverweildauer reduziert und eine erhöhte Letalität vermieden werden. Insbesondere ganzheitliche Ansätze mit multidimensionalen Interventionsprogrammen haben sich in der Literatur als effektiv erwiesen. Als limitierend für die Umsetzung dieser Programme hat sich das teilweise ungenügende Fachwissen des behandelnden Personals gezeigt. Eine dringliche und sinnvolle Maßnahme für die Praxis sollte

deshalb die Schulung des medizinischen Personals sein. Im Rahmen des medikamentösen Managements kann unter gründlicher Nutzen-Risiken- Abwägung der Einsatz klassischer Antipsychotika erwogen werden. Vielversprechend sind atypische Antipsychotika welche sich durch deutlich geringere Nebenwirkungen auszeichnen. Ein weiterer Ansatz ist die Optimierung der Sedierung. Hierbei hat sich der Einsatz von Dexmedetomidin als sinnvoll erwiesen, während Benzodiazepine weitestgehend vermieden werden sollen.

### Ausblick

Eine interdisziplinäre Expert\*innengruppe der Kinderkardiologie des Universitäts-Herzzentrums sowie des Zentrums für Kinder- und Jugendmedizin des Universitätsklinikums hat mit der Erarbeitung eines Standards zum Delirmanagement in der Pädiatrie begonnen. Die Thematik des PD wurde im Rahmen von Kurzfortbildungen aufgegriffen, um den Mitarbeiter\*innen diese näher zu bringen.

*Durch ein kluges Delirmanagement können Behandlungskosten vermindert, die Krankenhausverweildauer reduziert und eine erhöhte Letalität vermieden werden. Die Implementierung multidimensionaler Interventionsprogramme mit einem Fokus auf Delirprävention, -erfassung und -behandlung sowie einer optimierten Sedierung und Frühmobilisation wird empfohlen.*

Literatur bei der Verfasserin

**Kontaktadresse**  
Alienor Ringwald  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Mathildenstraße 1 • 79106 Freiburg  
E-Mail: alienor.ringwald@uniklinik-freiburg.de

**Herzensangelegenheit Computermodellierung**

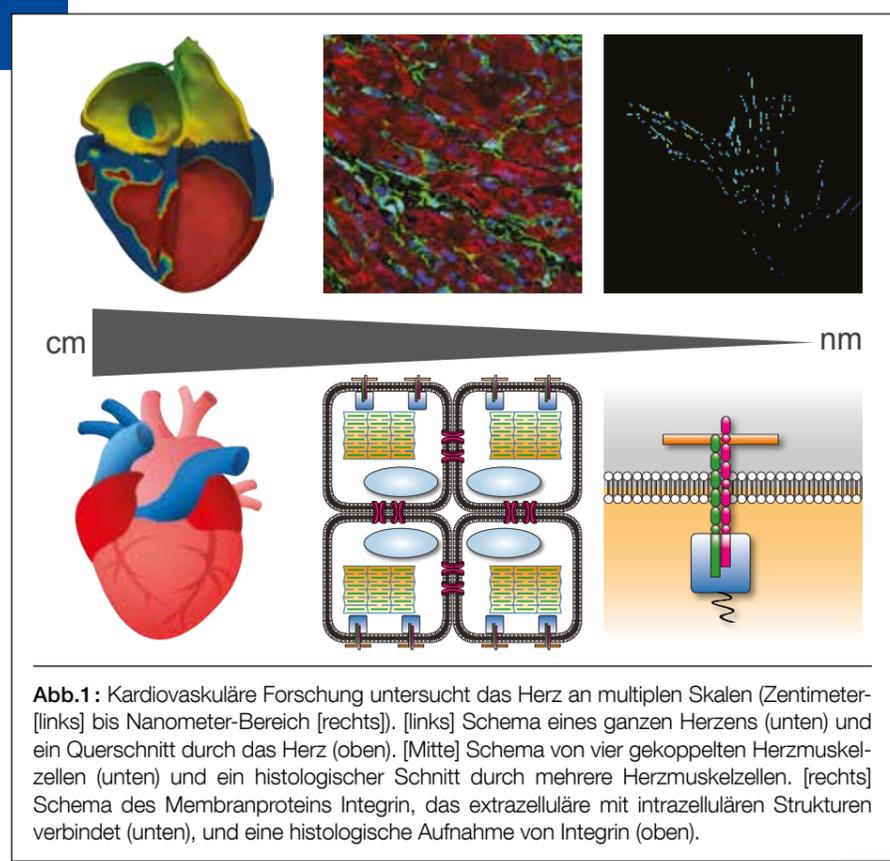
Dr. Viviane Timmermann

**Computermodellierung im Alltag**

Das Heranziehen mathematischer Funktionen zur Simulation experimenteller Ergebnisse dient dem Erkennen von Gesetzmäßigkeiten in den zugrunde liegenden Prozessen. Vor der Verfügbarkeit leistungsfähiger Computer wurde beispielsweise geprüft, ob ein Prozess mit einer Exponentialfunktion dargestellt werden kann, indem Messpunkte halb-logarithmisch (Ordinate) auf einem Blatt aufgetragen und die Punkte über eine Gerade verbunden wurden. Somit hatte man ein Testverfahren der mathematischen Funktionsanpassung an die Daten ohne Computer. Heutzutage sind die Datenmengen sehr viel größer, sodass die Modelle derart komplex sind oder eine große Anzahl von Freiheitsgraden enthalten, dass sie nur von einem Computer gelöst werden können. In diesem Fall spricht man von Computermodellierung. Hierbei denkt man gern an Modelle, die von Banken, Versicherungen oder für künstliche Intelligenz genutzt werden, aber Computersimulationen kommen mittlerweile in allen Bereichen unseres Lebens vor – so auch in der Medizin.

**Historische Relevanz von Computermodellen**

Forschungsaktivitäten, die sich mit dem digitalen Modellieren von elektrophysiologischen Problemen beschäftigen, starteten 1952 mit Alan Hodgkin und Andrew Huxley. Gemeinsam publizierten sie die erste mathematische Formulierung für die elektrische Aktivität (Aktionspotenzial) im Riesenneuron des Tintenfischs, für die sie 1963 den Nobelpreis für Physiologie/Medizin bekamen. Jede lebende Zelle hält eine elektrische Spannungsdifferenz über ihrer Zellmembran (Membranpotenzial) aufrecht, das Ruhemembranpotenzial. Erregbare Zellen, wie Nerven- oder Herzmuskelzellen, sind in der Lage, diese

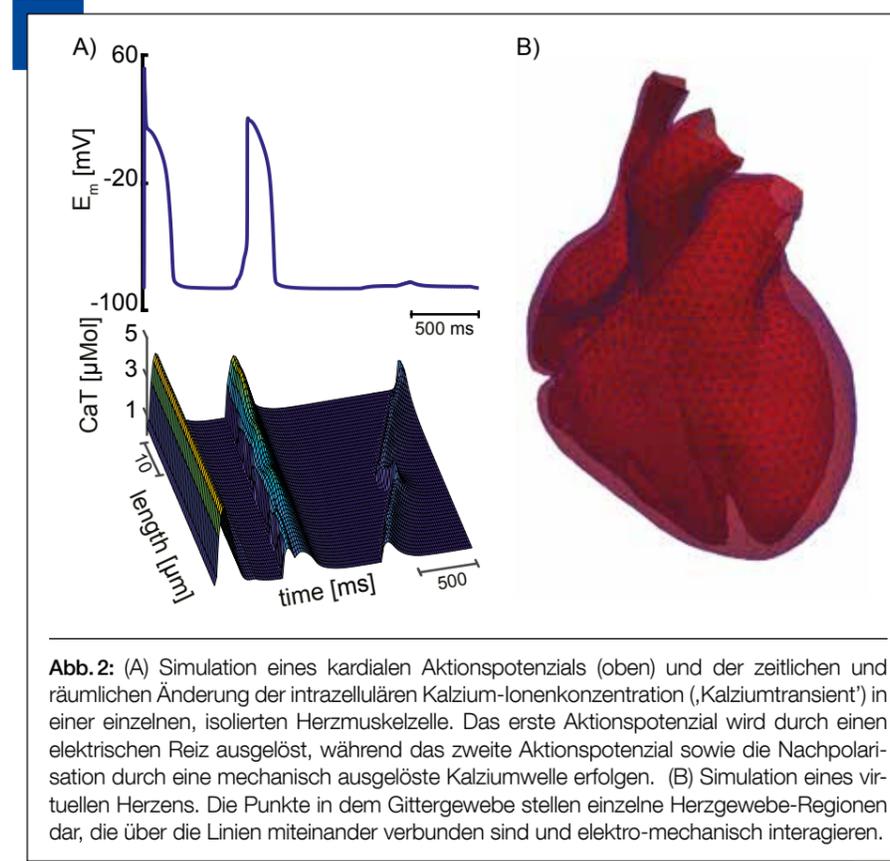


**Abb.1 :** Kardiovaskuläre Forschung untersucht das Herz an multiplen Skalen (Zentimeter-[links] bis Nanometer-Bereich [rechts]). [links] Schema eines ganzen Herzens (unten) und ein Querschnitt durch das Herz (oben). [Mitte] Schema von vier gekoppelten Herzmuskelzellen (unten) und ein histologischer Schnitt durch mehrere Herzmuskelzellen. [rechts] Schema des Membranproteins Integrin, das extrazelluläre mit intrazellulären Strukturen verbindet (unten), und eine histologische Aufnahme von Integrin (oben).

Spannungsdifferenz für die Bildung und Weiterleitung von Aktionspotenzialen zu nutzen. Solche elektrische Signale sind von Hodgkin und Huxley an Tintenfischen gemessen worden. Dabei stellten sie fest, dass Kationen, wie Natrium oder Kalium, in Abhängigkeit vom Membranpotenzial durch die Zellmembran hindurchtreten können. Als Erklärung für ihre Beobachtung postulierten sie ionendurchlässige Poren innerhalb der Membran (Ionenkanäle), die sich potenzial- und zeitabhängig öffnen und schließen. Basierend auf diesem Konzept entwickelten Hodgkin und Huxley einen Satz mathematischer Formeln für die durch die Membran fließenden Ionenströme, mit deren Hilfe sich die gemessenen Aktionspotenziale sehr genau simulieren ließen. Dieses mathematische Konzept konnte somit den Mechanismus der Entstehung eines Aktionspotenzials anhand der Aktivität von Ionenkanälen erklären, lange bevor überhaupt ein einziger Ionenkanal funktionell

oder als Struktur nachgewiesen werden konnte.

1960 gelang Denis Noble eine Hodgkin-Huxley-Formulierung für Herzmuskelzellen, die in den letzten 60 Jahren durch den technologischen Fortschritt bei experimentellen Messverfahren und durch die Entwicklung leistungsfähigerer Computer nach und nach verfeinert wurde. In einer beeindruckenden Studie an der amerikanischen Johns-Hopkins-University in Baltimore konnte das Team um Natalia Trayanova beispielsweise anhand virtueller Herzmodelle, die spezifisch für individuelle Patient\*innen anhand von MRT-Bildern angefertigt wurden, innerhalb eines Tages die optimalen Ablationspunkte für die Behandlung von Vorhofflimmern vorherzusagen. Hierbei wurde eine Vielzahl von Ablationspunkten virtuell getestet und die mathematisch optimalen Ablationsstellen berechnet. Besonders spannend ist die Tatsache, dass nicht nur der direkte Effekt der Ablation simuliert, sondern auch



**Abb.2:** (A) Simulation eines kardialen Aktionspotenzials (oben) und der zeitlichen und räumlichen Änderung der intrazellulären Kalzium-Ionenkonzentration („Kalziumtransient“) in einer einzelnen, isolierten Herzmuskelzelle. Das erste Aktionspotenzial wird durch einen elektrischen Reiz ausgelöst, während das zweite Aktionspotenzial sowie die Nachpolarisation durch eine mechanisch ausgelöste Kalziumwelle erfolgen. (B) Simulation eines virtuellen Herzens. Die Punkte in dem Gittergewebe stellen einzelne Herzgewebe-Regionen dar, die über die Linien miteinander verbunden sind und elektro-mechanisch interagieren.

die Verbesserung der Prognose der Patient\*innen dargestellt wurde. Damit bei dem folgenden Eingriff die berechneten Stellen ablatiert werden konnten, lag bei dem Eingriff eine computererstellte Grafik synchron mit dem Operationsvideo vor. Diese Methode hat die Erfolgsrate und die Notwendigkeit für „nur“ einen operativen Eingriff der Ablation signifikant erhöht.

**Erkenntnisgewinn durch Simulationen**

Die Arbeitsgruppe „Computermodellierung“ am Institut für Experimentelle Kardiovaskuläre Medizin (IEKM) versucht, klinische Krankheitsbilder des ganzen Herzens (Abb. 1 [links]) mit mechanistischen Veränderungen in Herzzellen (Abb. 1 [Mitte]) und mechanistischer Funktionsweise von subzellulären Strukturen, wie z.B. einem spezifischen Protein, dem Integrin, (Abb. 1 [rechts]), zu erklären.

Auch wir versuchen also mithilfe experimenteller Resultate Computermodelle zu konstruieren, um dann mathematisch verschiedene, mechanistische Hypothesen zu testen.

Ein wissenschaftlich spannendes Beispiel ist das Ereignis einer „Comotio Cordis“, bei der durch starke Gewalteinwirkung auf den Brustkorb ein plötzlicher Herztod aufgrund von Kammerflimmern ausgelöst wird. Hierbei wird nicht wie im gesunden Herzen das Aktionspotenzial durch eine elektrische Potenzialänderung initiiert, sondern durch eine plötzliche Kräfteinwirkung auf den Brustkorb. Unsere Simulationen zeigen, dass mechanische Kräfte zu einem intrazellulären Anstieg von Kalziumionenkonzentrationen in einzelnen Zellen führen können, die sich wie Wellen ausbreiten. Diese Kalziumwellen können zu Membranpotenzialänderungen beitragen, die u. U. Arrhythmien auslösen (Abb. 2A). Obwohl die Entstehung von Kalziumwellen noch nicht vollständig

geklärt ist, können unsere Computermodelle, ähnlich wie der Versuch von Hodgkin und Huxley, helfen, den zugrunde liegenden Mechanismus zu untersuchen und/oder verschiedene Hypothesen zu testen. Noch tiefere Einsichten, wie diese zellulären Wellen entstehen und sich unabhängig von einer elektrischen Stimulation ausbreiten, könnten dann 3D-Modelle des gesamten Herzens liefern, mit denen die Entstehung von Arrhythmien erforscht werden kann (Abb. 2B).

Obwohl es sich noch wie Science-Fiction anhören mag, werden computerbasierte Methoden in den nächsten 10 bis 20 Jahren dazu beitragen, einen „Virtual Human Simulator“ zu entwickeln, welcher bei dem ärztlichen Operationstraining und der patientenspezifischen Behandlung eine unterstützende Rolle für die Ärzte und Ärztinnen einnehmen soll. Dazu bedarf es auch der Weiterentwicklung der Rechenleistung unserer Computer. Selbst mit Supercomputern können die Modellierer\*innen heute das virtuelle Herz nur annähernd wiedergeben. Denn das erwachsene menschliche Herz besteht aus über vier Milliarden Zellen, die selbst mit moderner High-Performance-Computing-Power nicht effizient und mit realisierbarem Rechenaufwand dargestellt werden können.

*Computermodellierung und -simulation erlauben die dynamische Darstellung eines virtuellen Herzens vom Protein bis zum EKG. Obwohl selbst modernste Computertechniken nur eine gute Annäherung an die Komplexität des Herzens erlauben, bieten sie bereits heute schon viele Ansatzpunkte in der Forschung und erste klinische Anwendungen.*

Literatur bei der Verfasserin

**Kontaktadresse**  
 Dr. Viviane Timmermann  
 UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
 Universitäts-Herzzentrum  
 Institut für Experimentelle Kardiovaskuläre Medizin  
 Elsässer Straße 2q • 79110 Freiburg  
 Tel.: 0761-270-63955  
 Fax: 0761-270-63959  
 E-Mail: viviane.timmermann@uniklinik-freiburg.de

## DGPk-Leitlinie Truncus Arteriosus Communis (TAC) 2020

Julia Hackenbrach und Dr. Rouven Kubicki

In Deutschland kommt etwa eins von 100 Neugeborenen mit einem therapiebedürftigen angeborenen Herzfehler zur Welt. Der Truncus arteriosus communis (TAC) ist eine seltene, den Ausflusstrakt des Herzens betreffende Fehlbildung mit einer Inzidenz <1%. Zwischen der 4. und 5. Schwangerschaftswoche sollte das Einwachsen des aortopulmonalen Septums zur Trennung von Aorta und Pulmonalarterie stattfinden. Bleibt dieser Schritt aus, resultiert ein einzelnes Gefäß (Truncus), welches sowohl den Lungen- als auch den Körperkreislauf fortan mit Blut versorgt. Meist „überreitet“ das gemeinsame Gefäß einen Kammercheidewanddefekt. Häufig ist dieser Herzfehler mit einem Mikrodeletions-Syndrom 22q11 und anderen Begleiterkrankungen (in 1/3 der Fälle) assoziiert.

Die im Februar 2020 vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie und Angeborene Herzfehler e.V. beschlossene Leitlinie konzentriert sich auf die Klassifikation, Diagnostik und Therapie des TAC. Ein besonderer Schwerpunkt wird auf die Nachsorge mit den begleitenden Komorbiditäten und die Translation in die Erwachsenenachsorge gelegt.

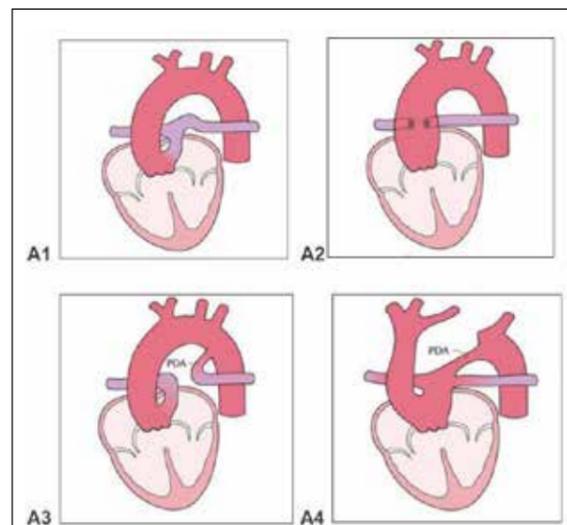


Abb. 1: Einteilung der Truncus-Typen nach van Praagh (aus Haas/Kleideiter, Kinderkardiologie, Thieme Verlag, Stuttgart 2011)

## Klassifikation

Abgänglich vom Abgang der Pulmonalarterien aus dem gemeinsamen Truncusgefäß unterteilt man verschiedene Truncus-Typen nach van Praagh (Abb. 1):

- Typ A1–A2 (häufigste Typen): Die Aorta und der Stamm der Pulmonalarterie entspringen aus dem Truncus (Typ 1) oder beide Pulmonalarterien entspringen gemeinsam oder getrennt als linke und rechte Pulmonalarterien (Typ 2) aus der Hinterwand des Truncus.
- Typ A3: Nur eine Pulmonalarterie entspringt aus dem Truncus, die andere Pulmonalarterie wird aus dem Ductus arteriosus (sog. „Hemitruncus“) versorgt.
- Typ A4: Es bestehen zusätzliche Aortenbogenfehlbildungen, sodass die Durchblutung der unteren Körperhälfte über einen offenen Ductus arteriosus erfolgt.

## Hämodynamik

Aufgrund des Kammercheidewanddefekts kommt es nach Geburt zum Druckgleich in beiden Herzkammern. Der Truncus erhält arterialisiertes und venöses Mischblut. Das Mischblut fließt dann sowohl in den Lungen- als auch in den Körperkreislauf. Mit Abfall des Lungenwiderstands in den ersten Tagen nach Geburt nimmt die Lungendurchblutung rasch zu, da das Blut den „Weg des geringsten Widerstandes“ nimmt. So unterliegen beide Herzkammern bereits in der frühen Neugeborenenperiode einer massiven Volumenbelastung.

## Leitsymptome

Leitsymptome sind eine zunehmende Herzinsuffizienz mit Kurzatmigkeit, Atemnot und Trinkschwäche. Oftmals ist die vorhandene milde Zyanose klinisch nicht sichtbar. Die Blutdruckamplitude ist weit. Ein plötzlicher Verschluss des Ductus arteriosus nach Geburt führt bei Typ 4 zum Kreislaufchock, da die untere Körperhälfte nicht mehr mit Blut versorgt wird.

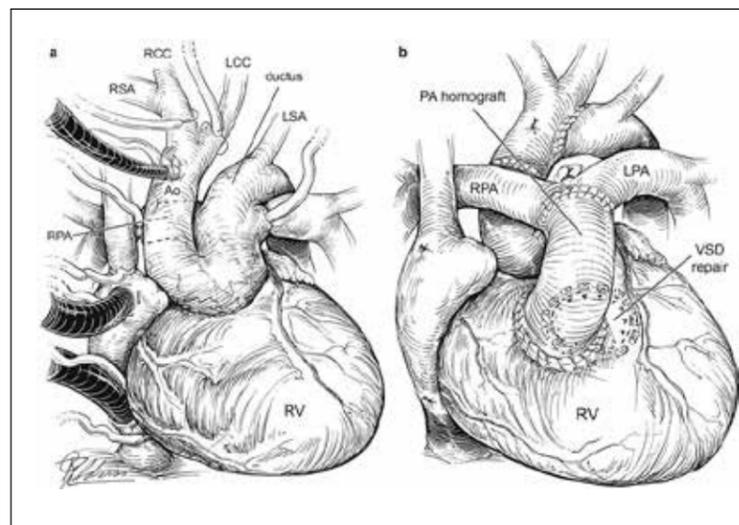


Abb. 2: Truncus arteriosus communis vor (a) und nach (b) Korrektur-Operation mittels Homograft (aus Mavroudis/Backer, Atlas of Pediatric Cardiac Surgery, Springer Verlag 2015, Abbildung Rachid F. Idriss)

## Diagnostik

Heutzutage kann ein TAC zu 70% mittels fetaler Echokardiographie pränatal diagnostiziert werden. In jedem Falle aber muss direkt nach Geburt die vollständige Identifikation des Herzfehlers mit Auffinden möglicher Begleitfehlbildungen erfolgen. Folgende spezifische Untersuchungen sind notwendig:

- Die Echokardiographie ist der Goldstandard in der Diagnostik; in der parasternal langen Achse (Längsschnitt) ist das erweiterte Truncusgefäß und das Fehlen des rechtsventrikulären Ausflusstrakts zu sehen. Zusätzlich müssen die Lokalisation und Topografie der Pulmonal- und Koronararterien sowie etwaige Aortenbogenanomalien dargestellt werden. Auf weitere bildgebende Verfahren (CT/MRT/Herzkatheter-Untersuchung) kann in der Regel verzichtet werden.
- Die Blutdruckmessung an allen vier Extremitäten ergibt in der Regel eine weite Blutdruckamplitude aufgrund des „run offs“ in die Lungenstrombahn.
- Zusätzlich sollten Pulsoxymetrie, EKG und ein Röntgen-Thorax erfolgen, bei denen unspezifische Zeichen der kardialen Belastung zu sehen sind.

## Therapie

Die Indikation zur operativen neonatalen anatomischen Korrektur mit Aufhebung des Mischkreislaufs und Herstellung einer Zweikammerherzphysiologie ist praktisch immer gegeben. Lediglich eine fixierte pulmonale Widerstandserhöhung ist eine Kontraindikation. Die früh einsetzende Herzinsuffizienz macht meist eine konservative, medikamentöse Behandlung bis zur Operation nötig.

A) Konservative Therapie: Zur antikongestiven Behandlung werden  $\beta$ -Rezeptorenblocker und Diuretika eingesetzt. Liegt ein Typ 3 oder Typ 4 vor, so muss Prostaglandin E zum Offenhalten des

Ductus arteriosus eingesetzt werden. Trotz vorliegender Zyanose ist eine Sauerstoffapplikation kontraindiziert, da sie den Lungengefäßwiderstand senkt und die Lungendurchblutung und damit die Herzinsuffizienz verstärkt.

B) Chirurgische Maßnahmen: Die Korrekturoperation umfasst den Verschluss des Kammercheidewanddefekts, sodass der linke Ventrikel in das Truncusgefäß drainiert (Rastelli-Verfahren). Das Truncusgefäß wird anschließend als „Neo-Aorta“ bezeichnet. Liegt eine relevante Insuffizienz dieser Klappe vor, wird diese rekonstruiert oder muss (heute selten) mittels Homograft ersetzt werden. Zur Kontinuitätsherstellung zwischen dem rechten Ventrikel und den Pulmonalarterien wird vorzugsweise eine klappentragende Prothese (Conduit) verwendet (Abb. 2). Bei gut ausgebildetem Pulmonalishauptstamm kann eine direkte Anastomose (zwischen rechtem Ventrikel und Pulmonalishauptstamm) im Sinne einer REV (réparation à l'étage ventriculaire) -Prozedur durchgeführt werden. Besteht eine Aortenbogenanomalie, muss diese ebenfalls operativ korrigiert werden. Die Operation erfolgt über eine Sternotomie unter Einsatz einer Herz-Lungenmaschine.

Ohne Korrektur-Operation versterben bei nahezu allen Kindern innerhalb der ersten Lebensjahre. Die postoperative Frühletalität wird mit 5–16% angegeben. Die Sterblichkeit ist bei TAC Typ 4 oder simultaner Chirurgie der Truncusklappe deutlich höher. Eine Mikrodeletion 22q11 erhöht zusätzlich die perioperative Morbidität und Mortalität.

## Nachsorge

Erfreulicherweise ist die Lebensqualität der meisten korrigierten Patient\*innen gut. Grundsätzlich sind Patient\*innen mit einem TAC auf lebenslange kardiologische Verlaufskontrollen angewiesen. Hierbei ist besonders auf die Funktion des Con-

ductus in Pulmonalisposition und der Truncusklappe sowie auf mögliche Stenosen der Pulmonalarterien, Herzrhythmusstörungen und die Ausbildung einer pulmonalarteriellen Hypertonie zu achten. Bei ehemals unterbrochenem Aortenbogen können Re-Stenosen entstehen. Die Bewertung erfolgt mittels Echokardiographie, MRT und ggf. invasiven Druckmessungen mittels Herzkatheteruntersuchungen. Die Leitlinie umfasst detaillierte Empfehlungen zu Behandlungsindikationen möglicher o. g. Langzeitfolgen.

Aufgrund der hohen Rate an auftretenden Begleiterkrankungen bei Patient\*innen mit TAC wird die Wichtigkeit einer interdisziplinären Betreuung und Implementierung gezielter Frühförderung betont.

Die meisten Patient\*innen erreichen heute das Erwachsenenalter, daher wird in dieser Leitlinie ein besonderes Augenmerk auf die Behandlung der Erwachsenen mit TAC gelegt. Eine sportliche Betätigung zur Leistungserhaltung und Steigerung der körperlichen Fitness ist Patient\*innen mit TAC prinzipiell zu empfehlen. Zusätzlich werden Empfehlungen für spezielle Fragestellungen wie Schwangerschaftswunsch bei Patientinnen mit TAC skizziert.

**Der Truncus arteriosus communis ist ein seltener angeborener Herzfehler, bei dem nur ein Gefäß sowohl den Körper- als auch den Lungenkreislauf versorgt. Die Echokardiographie ist der Goldstandard zur Diagnosesicherung und Identifikation der vorliegenden Anatomie. Die operative Korrektur ist die primäre Therapie der Wahl, und lebenslange kardiologische Kontrollen sind notwendig.**

Literatur bei der Verfasserin

## Kontaktadresse

Julia Hackenbrach  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Angeborene Herzfehler  
und Pädiatrische Kardiologie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-43230  
E-Mail: julia.hackenbrach@uniklinik-freiburg.de

## Transport von Intensivpatient\*innen – Erfahrungsbericht aus dem Schulungskonzept der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Dr. Michael Berchtold-Herz, Tim Stratmann, Simon Gronau, Dr. Domagoj Damjanovic

### Hintergrund

Die Intensivmedizin ist ein besonders sensibles Feld in allen medizinischen Disziplinen. Reibungslose Abläufe, gezieltes, sicheres und effektives Handeln in zeitkritischen Situationen unter physischer und emotionaler Belastung stellen große Anforderungen an die behandelnden Teams. Deshalb müssen diese Situationen zusätzlich zur Vermittlung des medizinischen Wissens in lebensnahen Simulationen praktisch trainiert werden. Regelmäßige Reanimationsfortbildungen nach ERC-Leitlinien gehören mittlerweile zum Standard der Intensivstationen. Hierbei werden kritische Situationen unter standardisierten Bedingungen unter der Aufsicht von Expert\*innen trainiert, um einen nachhaltigen Lerneffekt zu erzielen.

Diese Übungen finden jedoch in einem sehr kontrollierten Setting statt. Hinsichtlich der vorhandenen Infrastruktur, der Übersichtlichkeit sowie der zur Verfügung stehenden materiellen und personellen Ressourcen herrschen optimale Bedingungen. Was ist nun aber, wenn Mitarbeiter\*innen in Situationen geraten, in denen sie nicht auf diese Reserven zurückgreifen können? Ein klassisches Beispiel für eine derartige Situation ist der Transport von Intensivpatient\*innen. Bei einem Transport reduziert sich die Anzahl der zur Verfügung stehenden Personen auf zwei bis drei, an Equipment steht nur das zur Verfügung, was für den Transport ausgewählt wurde.

Die Ressourcen sind durch die Transporteinheit begrenzt, die Gesamtsituation ist wesentlich unübersichtlicher. Während des Transports müssen Umgebungen durchquert werden, in denen um das Bett herum wenig Raum ist (Aufzug, vollgestellte Flure, etc.). Dringend benötigte Materialien müssen, wenn der Gebrauch nicht antizipiert wurde, aus dem Notfallrucksack herausgeholt oder im schlimmsten Fall von der Intensivstation beschafft werden. Zwischenfälle auf Transporten stellen somit weitaus größere Herausfor-



Abb. 1: Trainee bei Reanimation, im Hintergrund die Instruktor\*innen

derungen an die involvierten Teams als die simple Reanimationsfortbildung auf der Intensivstation. Aus diesem Grund wird der Umgang mit derartigen Situationen mittlerweile seit drei Jahren regelmäßig auf der herz- und gefäßchirurgischen Intensivstation geschult und trainiert.

### Schulungskonzept

Auf der herzchirurgischen Intensivstation findet alle zwei Monate ein zweitägiger Schulungsblock für Arzt\*innen und Pflegekräfte statt. Neben intensivmedizinischen Grundlagen und spezifischen Inhalten der Herz- und Gefäßchirurgie werden spezielle Inhalte für die Planung und Durchführung von einfachen und kritischen Transporten in Theorie und Praxis vermittelt. Während Verlegungstransporte auf andere Intensivstationen oder Transporte aus dem OP eher einfachere Transporte sind, stellen die Transporte von kritisch kranken Patient\*innen, die meist aufgrund eines akuten, neu aufgetretenen Problems in eine diagnostische Einheit gefahren werden müssen, die höchsten Herausforderungen an das Team. Fragen wie welches Zeitfenster für den Transport zur Verfügung steht, ob der\*die Patient\*in überhaupt transportabel ist, wie lange die Vorbereitungen in Anspruch nehmen, wie viel

Personal in den Transport involviert sein muss, welche der aktuell kontinuierlich verabreichten Medikamente auf den Transport mitgenommen werden müssen, welche Medikamente zusätzlich in einer Notfallsituation zur Verfügung stehen müssen, sowie die Verantwortlichkeiten für die Planung werden daher in den theoretischen Inhalten ausführlich behandelt. Nach den Vorbereitungen des Transports hat sich bei uns vor der Abfahrt ein „Team-Time-out“ etabliert, in dem noch einmal mit allen Beteiligten die Indikation für den Transport, der voraussichtliche Ablauf, die spezifischen, aktuell bestehenden sowie gegebenenfalls zu erwartende Probleme der Patient\*innen durchgesprochen werden. Nicht immer kann ein kritischer Transport von den erfahrensten Mitarbeiter\*innen begleitet werden. Aus diesem Grund muss das transportierende Team selbstkritisch reflektieren, mit welchen Problemen es umgehen kann und wann sofort um Hilfe gerufen werden muss. Auch dies ist Bestandteil des Team-Time-outs, sodass für den Ernstfall eine strukturierte Kommunikation sichergestellt ist.

Hat der Transport einmal begonnen, müssen die Teams auf mögliche Komplikationen vorbereitet sein. Natürlich können kritisch kranke Patient\*innen sich auf dem Transport destabilisieren oder gar in eine Reanimationssituation geraten. Auch wenn derartige Ereignisse in den regelmäßigen



Abb. 2: Simulationseinheit mit Reanimationspuppe und Steuerungseinheit

Reanimationsfortbildungen geübt werden können, ist die Reanimation in einem Aufzug ein grundlegend verändertes Szenario. Weitere mögliche Zwischenfälle sind der Verlust wichtiger Zugänge (ZVK, Tubus etc.) durch das Bewegen der Patient\*innen, sei es in den Fluren oder auf dem CT-Tisch. Durch die Kollision von unüberlegt angebrachten Perfusoren mit festen Objekten können Medikamentenboli verabreicht werden, die Patient\*innen durchaus zusätzlich destabilisieren können.

Um diese Ereignisse praxisnah zu trainieren, haben wir ein sogenanntes „Training für Transportzwischenfälle“ entwickelt. Je ein Mitglied aus dem ärztlichen und pflegerischen Dienst bilden ein Team, das nach einem kurzen Briefing über die Anamnese und das akute Problem des\*der Patient\*in mit einer Simulationseinheit, bestehend aus einer Reanimationspuppe und dem stationsüblichen Transportequipment auf den Weg geschickt wird. Begleitet werden die Transporte von je einem\*r ärztlichen und pflegerischen Instruktor\*in, die die entsprechenden Zwischenfälle an der Reanimationspuppe steuern und auch auf die getroffenen Maßnahmen reagieren sowie den restlichen Kursteilnehmenden, die lediglich eine beobachtende Position innehaben. Der Transport kann mit einer 360°-Kamera aufgezeichnet und im anschließenden Debriefing analysiert werden.

Die auftretenden Zwischenfälle sind primär auf das herzchirurgische Spektrum zugeschnitten, wie zum Beispiel das Auftreten eines Spannungspneumothorax durch eine versehentlich abgeschaltete Saugpumpe, der Verlust eines ZVK bei einem hoch katecholaminpflichtigen Patienten, hämodynamisch relevante Rhythmusstörungen und vieles mehr. Während des Trainings müssen die auftretenden Probleme von den Teams mit dem zur Verfügung stehenden Equipment gelöst werden. Sie müssen außerdem entscheiden, ob sie die Probleme auf dem Transport lösen können, ob die Dringlichkeit des Transports einem Abbruch entgegensteht, oder ob die\*der Patient\*in auf die Intensivstation zurückgebracht werden soll, um die neu aufgetretenen Probleme mit den dort vorhandenen Ressourcen lösen zu können. Nach Beendigung des Szenarios durch die Instruktor\*innen wird der Transport im anschließenden Debriefing mit allen Beteiligten konstruktiv durchgesprochen.

### Fazit

Unsere Erfahrungen mit dem seit drei Jahren auf der herz- und gefäßchirurgischen Intensivstation durchgeführten interprofessionellen Training von Trans-

portzwischenfällen sind sehr gut. Für die Instruktor\*innen zeigt sich immer wieder, dass das Handling der Transportzwischenfälle nicht durch schwerwiegende Fehler, Unwissen oder fehlende medizinische Fähigkeiten kompliziert wird, sondern durch den Umgang mit der ungewohnten Umgebung und den fehlenden Ressourcen. Genau an diesem Punkt setzt das regelmäßige Training dieser Szenarios an. Indem ärztliche und pflegerische Mitarbeiter\*innen an kritische Zwischenfälle in dieser Umgebung gewöhnt und ihnen entsprechende Werkzeuge an die Hand gegeben werden, können derartige Transporte mit wesentlich größerer Routine und Sicherheit durchgeführt werden. Auch die Arbeit in den Teams fördert die interprofessionelle Zusammenarbeit erheblich und trägt zu einer vertrauensvollen Zusammenarbeit im Ernstfall bei. Die gelebte „No-Blame-Culture“ durch den konstruktiven Umgang mit Fehlern ist ebenfalls ein wichtiger Baustein für die zwischenmenschliche und interprofessionelle Wertschätzung.

*Der Umgang mit Transportzwischenfällen ist meist kompliziert durch die ungewohnte Umgebung und die limitierten materiellen und personellen Ressourcen. Regelmäßige Schulungen zur Planung und Durchführung sowie das praktische Training von Transporten intensivpflichtiger Patient\*innen führen zu einer erhöhten Kompetenz der Teams im Umgang mit Zwischenfällen und somit für mehr Sicherheit für die Patient\*innen.*

### Kontaktadresse

Dr. Michael Berchtold-Herz  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-24543  
Fax: 0761-270-24544  
E-Mail: michael.berchtold-herz@uniklinik-freiburg.de



# 20. Freiburg • Bad Krozinger Herz-Kreislauf-Tage 2021

Konzerthaus Freiburg  
24. – 25. September 2021



## Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr. Dr. h. c. Ch. Bode  
Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. M. Zehender  
Prof. Dr. Dr. h. c. F. Beyersdorf  
Prof. Dr. P. Kohl  
Prof. Dr. F.-J. Neumann  
Prof. Dr. B. Stiller

Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg

[www.freiburger-herz-kreislauf-tage.de](http://www.freiburger-herz-kreislauf-tage.de)

Eine Veranstaltung der C.T.I. GmbH



UNIVERSITÄTS  
FREIBURG • BAD KROZINGEN  
HERZZENTRUM

## 20. Freiburg • Bad Krozinger Herz-Kreislauf-Tage 2021

Konzerthaus Freiburg, 24.–25. September 2021

### Hauptprogramm

#### Freitag, 24. September 2021

##### Eröffnungsvortrag

13:00–13:40 Uhr

Transsektorale Medizin in der Perspektive

##### Wissenschaftliche Hauptsitzung I

13:40–15:00 Uhr

**1. Sitzung: Moderne Therapieansätze zwischen Wissenschaft und Praxis – Nachlese zur virtuellen Jahrestagung European Society of Cardiology 2021**

- KHK: Prävention und Intervention
- Interventionelle Therapie – Koronare und strukturelle Herzerkrankungen
- Herzinsuffizienz
- Herzrhythmusstörungen – Medikamentöse und interventionelle Therapie

15:30–17:30 Uhr

**2. Sitzung: Aktuelle Themen in Klinik und Praxis  
Im Fokus: Primär- und Sekundärprophylaxe in der Vermeidung von Endorganschäden**

- Arterielle Hypertonie – Klug entscheiden!
- Hypercholesterinämie – Statine, PCSK9, Bempedoinsäure, EPA, ANGPTL3 – Leitfaden zur Therapie von heute und morgen
- Vorhofflimmern und Antikoagulation forever? – Wann kann man darauf verzichten (nach PVI, OP, Infarkt, Event-Recorder)?
- Mehrgefäßerkrankung und ACS – Nur Culprit-lesion oder alles in einem Ansatz?
- Asymptomatische Aortenstenose – Abwarten oder rasch handeln?

##### Key Note Lecture

Interventionelle Koronartherapie 3.0 – Wann und wie behandeln wir Koronarstenosen optimal?

##### Wissenschaftliche Abendsymposien

17:45–18:45 Uhr

**Antikoagulation 2021 – Ein Update**

mit freundlicher Unterstützung von Bristol-MyersSquibb GmbH & Co. KGaA in Kooperation mit Pfizer Pharma GmbH

**Herzinsuffizienz und kardiometabolischer Patient – Was gibt es Neues?**

mit freundlicher Unterstützung von Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG

**Herz und Gefäße – Antikoagulation und Lipidmanagement im Einklang**

mit freundlicher Unterstützung von Daiichi Sankyo Deutschland GmbH

#### Samstag, 25. September 2021

##### Wissenschaftliche Frühstückssymposien

07:50–08:50 Uhr

**Das kardiometabolische Weltbild im Wandel:  
Wie die SGLT-2 Inhibitoren neue Maßstäbe setzen**

mit freundlicher Unterstützung von AstraZeneca GmbH

**Kardiovaskuläre Medizin im Wandel – Innovationen für Prävention und Therapie**

mit freundlicher Unterstützung von Novartis Pharma GmbH

##### Wissenschaftliche Hauptsitzung II

9:00–10:20 Uhr

**1. Sitzung: Moderne Diagnostik und Therapie zwischen Wissenschaft und Praxis – Neue Leitlinien der European Society of Cardiology**

- Herzinsuffizienz – Die große Herausforderung der zwanziger Jahre
- Vorhofflimmern – Klare Handlungsmuster sind entscheidend
- Nicht-ST-Strecken-Hebungen akutes Koronarsyndrom – Wie einfach, wenn es scheinbar immer komplexer wird?
- Erwachsene mit angeborenem Herzfehler (EMAH)

10:00–12:00 Uhr

**Arbeitsgruppen der DGK**

10:50–13:40 Uhr

**2. Sitzung: Moderne Ansätze zwischen Wissenschaft und Praxis – Interventionelle Therapie 2021 ...**

- ... bei Mitral- und Trikuspidalinsuffizienz
- ... bei atrialen und ventrikulären Tachykardien
- ... bei Kindern mit angeborenem Herzfehler
- ... bei Aortenklappenstenose
- ... bei Aortenaneurysma

Digitalisierung in der Medizin – Schlüsselfaktor für die Medizin von morgen?

**Festliche Verleihung des Preises „Greats of Cardiology“**

##### Wissenschaftliche Mittagssymposien

14:00–15:00 Uhr

**Auf Herz und Niere geprüft**

mit freundlicher Unterstützung von Bayer Vital GmbH

**TAVI-Konfuzius: Der Weg ist das Ziel**

mit freundlicher Unterstützung von Edwards Lifesciences Services GmbH

**Innovationen 2021**

mit freundlicher Unterstützung von Abbott Medical GmbH

**Metabolisches Syndrom – Wege aus der unheilvollen Trias: Adipositas, Hyperlipidämie-Assoziierte ASCVD und Diabetes**

mit freundlicher Unterstützung von Novo Nordisk Pharma GmbH

##### Wissenschaftliche Hauptsitzung III

15:00–17:00 Uhr

**3. Sitzung: Lessons learned – lessons to give  
Kardiovaskuläre Medizin 2020 – State of the Art**

##### Key Note Lecture

Heterocellular Nature of Cardiac Lesions – Identities, Interactions, Implications

1 Jahr DFG – Sonderforschungsbereich in Freiburg  
Diskussion: Meine Vision für die Behandlung der KHK in 2030

- Depression, Angst und koronare Herzerkrankung – Unterschätzt, vernachlässigt und das in Covid-Zeiten
- Diabetes und HbA1c – Leitparameter um den Herzinfarkt zu verhindern?
- Risikogene – Ist die Bestimmung effektiv? Protektiv?
- Die neueste LVAD-Generation – Wie ausgereift ist die Technik heute?

**Rückblick und Schlusswort des Symposiums  
20 Jahre Herz-Kreislauf-Tage**

## AUSGEZEICHNETE MITARBEITER\*INNEN



**Dr. Maximilian Kreibich, Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, erhält den Gefäßchirurgischen Forschungspreis für besondere wissenschaftliche Leistungen der Herzmedizin**

Dr. Maximilian Kreibich wurde von der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) für seine Arbeit „Distal stent-graft induced new entries following the frozen elephant trunk procedure“ mit dem mit 5.000 Euro dotierten Gefäßchirurgischen Forschungspreis für besondere wissenschaftliche Leistungen der Herzmedizin ausgezeichnet. In seiner Forschungsarbeit untersuchte Kreibich Risikofaktoren für die Entstehung spezieller Komplikationen nach Verwendung moderner Hybrid-

prothesen für den Ersatz des gesamten Aortenbogens. Der Gefäßchirurgische Forschungspreis wurde im Rahmen der virtuellen 50. Jahrestagung 2021 in Berlin verliehen.

**Dr. Vera Oettinger, Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg, Klinik für Kardiologie und Angiologie I wurde mit dem 2. Preis beim Young Investigator Award „Strukturelle Herzerkrankungen“ der DGK-Jahrestagung 2021 ausgezeichnet.**

Dr. med. Vera Oettinger, M.Sc., wurde bei der 87. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V. (DGK), die vom 7. bis zum 10. April 2021 stattfand, mit dem 2. Preis beim Young Investigator Award „Strukturelle Herzerkrankungen“ ausgezeichnet. Die Tagung, welche ursprünglich in Mannheim stattfinden sollte, wurde aufgrund der aktuellen Corona-Situation virtuell abgehalten. Laut DGK waren über 7.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer online beim Kongress anwesend. Vera Oettinger ist Ärztin an der Klinik für Kardiologie und Angiologie I des UHZ und gehört der Arbeitsgruppe von Oberarzt PD Dr. Peter Stachon am „Center for Big Data Analysis in Cardiology“ (CeBAC) an.



**PD Dr. Dennis Wolf, Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg, Klinik für Kardiologie und Angiologie I erhält Forschungsförderung durch Else-Kröner-Fresenius-Stiftung.**

Neue Ansatzpunkte für die Behandlung von immunvermittelten Herz-Kreislauf-Erkrankungen stehen im Fokus der Forschung von PD Dr. Dennis Wolf. Seine Arbeit kann der Kardiologe an der Klinik für Kardiologie und Angiologie I nun im Rahmen einer Else Kröner Clinician Scientist Forschungsprofessur „Kardiovaskuläre System-Immunologie“ weiterführen. Mit einer Million Euro für maximal zehn Jahre fördert die Else Kröner-Fresenius-Stiftung den Forschungsanteil der Professur.



**Kaufmännische Direktorin der Uniklinik Freiburg Anja Simon wird 2. Vorsitzende des Verbands der Universitätsklinika Deutschland (VUD).**

Bei der Mitgliederversammlung des Verbands der Universitätsklinika Deutschlands (VUD) Anfang Juni wurde Anja Simon, Kaufmännische Direktorin der Uniklinik Freiburg, zur zweiten Vorsitzenden gewählt. Als Dialogpartner der Politik auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene vertritt der VUD die Interessen der deutschen Universitätsklinika in der Gesundheits- und Wissenschaftspolitik, insbesondere um die rechtlichen und finanziellen Grundvoraussetzungen für eine leistungsstarke Krankenversorgung, Lehre und Forschung zu schaffen. Die Amtsperiode beträgt drei Jahre.



## TAKOTSUBO-SYNDROM

### Mit gebrochenem Herzen zum Kardiologen

**Herzschmerz aufgrund unerwidelter Liebe kennt wohl fast jeder. Dass daraus echte Herzbeschwerden entstehen können, ist eher unbekannt. Neben dem „Broken Heart Syndrom“ kennen Ärzt\*innen mittlerweile aber auch das „Happy Heart Syndrom“.**



Trauer, Angst oder Konflikte in der Beziehung können schwere seelische Belastungen oder Krisen auslösen. Wenn vor lauter Schmerz das Herz zu brechen scheint, kann sich das tatsächlich auch negativ auf unser Herz auswirken: Schmerzen in der Brust, Atemnot oder Herz-Rhythmusstörungen können die Folge sein. Ärzt\*innen sprechen dann vom Takotsubo-Syndrom, das auch als Stress-Kardiomyopathie oder als Broken-Heart-Syndrom, zu Deutsch „Gebrochenes-Herz-Syndrom“ bezeichnet wird.

„Die Beschwerden ähneln oft denen eines Herzinfarkts. Deshalb führt die Erkrankung oft zu einer notfallmäßigen Aufnahme in die Notaufnahme oder das Herzkatheter-Labor der

Klinik“, sagt Prof. Dr. Sebastian Grundmann, Oberarzt der Klinik für Kardiologie und Angiologie I, Universitäts-Herzzentrum des Universitätsklinikums Freiburg.

Beim Takotsubo-Syndrom kontrahiert das Herz sehr ungleichmäßig. Die Herzspitze zieht sich zu wenig zusammen, der darüber liegende basisnahe Bereich aber verengt sich sehr stark. So sieht die Herzspitze ähnlich aus wie ein aufgeblasener Luftballon. Den japanischen Arzt, der das Phänomen erstmals beschrieb, erinnerte die Herzform an spezielle Tonkrüge, die in Japan traditionell zum Tintenfischfang eingesetzt werden, die Takotsubos.

„Da die Symptome denen eines Herzinfarktes sehr ähneln und sich auch klinische Parameter verändern, führen wir zunächst eine umfangreiche Diagnostik durch, mit der wir einen Herzinfarkt erkennen beziehungsweise ausschließen können“, sagt Grundmann.

#### Schwacher Trost für Traurige: Auch Glückliche kann es treffen

Besonders häufig betroffen sind Frauen nach der Menopause, nur zehn Prozent der Patienten sind Männer. Ob dies am veränderten Hormonhaushalt liegt, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung. „Bei etwa einem Drittel der Betroffenen sind starke emotionale Ereignisse den Beschwerden vorausgegangen. Das kann die

Trennung einer Beziehung oder der Tod eines geliebten Menschen sein; bei einem kleinen Teil der Betroffenen sind Auslöser auch besonders positive Emotionen. Man spricht dann vom „Happy-Heart-Syndrom“, erklärt Grundmann.

Insgesamt handelt es sich bei der Takotsubo-Kardiomyopathie um eine noch relativ junge und nicht gut erforschte Erkrankung. Sehr wahrscheinlich tragen individuelle Aktivierungen des autonomen Nervensystems zur Erkrankung bei. So konnte in einigen Studien gezeigt werden, dass Patient\*innen mit Takotsubo-Syndrom eine Überaktivierung des sympathischen Nervensystems mit vermehrter Ausscheidung von Stresshormonen aufweisen.

In den meisten Fällen sind die Beschwerden vorübergehend, in der Akutphase ist das Risiko für Komplikationen bis hin zum Schock jedoch ähnlich hoch wie bei einem Herzinfarkt. „Neben einer medikamentösen Therapie steht bei allen Patient\*innen die Vermeidung von körperlichem oder emotionalem Stress während der Erkrankung im Vordergrund“, betont Grundmann. Erfreulicherweise erholen sich die meisten Patient\*innen innerhalb der nächsten vier bis sechs Wochen.

**Kontaktadresse**  
Frau Heike Dufner  
Universitätsklinikum Freiburg  
Unternehmenskommunikation  
Breisacher Straße 153, 79110 Freiburg

## TERMINE

Termin	Veranstaltung	Veranstaltung/Ort
14.07.2021	Kardio Fokus 2021	Greiffeneggsschlössle, Freiburg, Registrierung online <a href="https://cvent.me/ov1lbz">https://cvent.me/ov1lbz</a>
28.07.2021	Webinar: Kardiologie-Update 2021	online: <a href="https://www.kardiologie-update-badkrozingen.de/">https://www.kardiologie-update-badkrozingen.de/</a>
24.–25.09.2021	20. Freiburg · Bad Krozinger Herz-Kreislauf-Tage 2021	Konzerthaus Freiburg oder online: <a href="https://www.freiburger-herz-kreislauf-tage.de">https://www.freiburger-herz-kreislauf-tage.de</a>
16.–17.10.2021	Cardiac Arrhythmia Mechanisms (GRS) Gordon Research Seminar	Four Points Sheraton/Holiday Inn Express, 1050 Schooner Drive, Ventura, CA, US <a href="https://www.grc.org/cardiac-arrhythmia-mechanisms-grs-conference/2021/">https://www.grc.org/cardiac-arrhythmia-mechanisms-grs-conference/2021/</a>
17.–22.10.2021	Cardiac Arrhythmia Mechanisms Gordon Research Conference	Four Points Sheraton/Holiday Inn Express, 1050 Schooner Drive, Ventura, CA, US <a href="https://www.grc.org/cardiac-arrhythmia-mechanisms-grs-conference/2021/">https://www.grc.org/cardiac-arrhythmia-mechanisms-grs-conference/2021/</a>
20.11.2021	14. Interdisziplinäres Gefäßsymposium: „Diagnostik & Therapie von Gefäßerkrankungen mit Fokus Ultraschall“	Hotel Stadt Freiburg
25.–26.11.2021	3rd FELS-Freiburg Symposium on Extracorporeal Life Support	Historisches Kaufhaus, Freiburg
10.–11.12.2021	Kardiologie-Update 2021	Kurhaus Bad Krozingen oder online: <a href="https://www.kardiologie-update-badkrozingen.de/">https://www.kardiologie-update-badkrozingen.de/</a>

## Ansprechpartner

### Klinik für Kardiologie und Angiologie I Freiburg

Prof. Dr. Dr. h.c. Ch. Bode

#### Standort Freiburg

Sekretariat	Tel. 0761-270-34410 Fax 0761-270-34412
Aufnahmemanagement/Herzkatheteranmeldung	Tel. 0761-87019800 Fax 0761-270-36800
Ambulanzen Privatambulanz	Tel. 0761-270-34420
Ambulanz/Intervention bei strukturellen und angeborenen Herz-Kreislaufkrankungen/ISAH	Tel. 0761-270-73140
Echokardiographie	Tel. 0761-270-33260
Rhythmus & Herzfunktion	Tel. 0761-270-35480
Herztransplantations-/Erwachsene mit angeborenen Herzfehlern-/ Herzinsuffizienz-Ambulanz	Tel. 0761-270-33870
Chest Pain Unit/Univers.-Notfallzentrum	Tel. 0761-270-33273
Notfallnummer	Tel. 0761-270-73140
Kardiovaskuläre Hochrisikoambulanz	
Stationen	
Medizinische Intensivtherapie I (MIT)	Tel. 0761-270-33590
Medizinische Intensivtherapie II (MIT)	Tel. 0761-270-34930
de la Camp	Tel. 0761-270-35540
von Frerichs III	Tel. 0761-270-35580
von Müller	Tel. 0761-270-35620

#### Standort Bad Krozingen

Sekretariat	Tel. 07633-402-3211
Station 2a/b	Tel. 07633-402-3212/3213/3214

### Klinik für Kardiologie und Angiologie II Bad Krozingen

Prof. Dr. F.-J. Neumann

Sekretariat	Tel. 07633-402-2000 Fax 07633-402-2009
Empfang (24 h)	Tel. 07633-402-0
Aufnahmemanagement (mit oder ohne Wahlleistung)	Tel. 07633-402-5051
Ambulanzen	
Kardiologische Privatambulanz	Tel. 07633-402-5500
Kardiologische Ermühtigenambulanz	Tel. 07633-402-5020
Echokardiographie	Tel. 07633-402-4400
Schrittmacherambulanz	Tel. 07633-402-4301
Anmeldung Notfall (24 h)	Tel. 07633-402-3155
Kardiologische Intensivstation 1c	Tel. 07633-402-3155
Station 1d	Tel. 07633-402-3161
Station 2d	Tel. 07633-402-3261
Station 3d	Tel. 07633-402-3361
Privatstation 4/5/6	Tel. 07633-402-3500

### Klinik für Angeborene Herzfehler und Pädiatrische Kardiologie

Frau Prof. Dr. B. Stiller

Sekretariat	Tel. 0761-270-43230 Fax 0761-270-44680
Ambulanz	Tel. 0761-270-43170
Stationen	
Kinder-Herz-Intensivstation	Tel. 0761-270-28990
Noeggerath	Tel. 0761-270-44220

### Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Prof. Dr. Dr. h. c. F. Beyersdorf

#### Standort Freiburg

Sekretariat	Tel. 0761-270-28180 Fax 0761-270-25500
Patientenmanagement	Tel. 0761-270-28130 Fax 0761-270-25500
Ambulanzen	
Herz- und Gefäßchirurgie	Tel. 0761-270-28810
Aortenaneurysma	Tel. 0761-270-77950
Kinderherzchirurgie	Tel. 0761-270-27710
Stationen	
Intensivstation II	Tel. 0761-270-24390
Blalock	Tel. 0761-270-26630
Zenker	Tel. 0761-270-26690

#### Standort Bad Krozingen

Sekretariat	Tel. 07633-402-2601 Fax 07633-402-2609
Patientenmanagement	Tel. 07633-402-2606 Fax 07633-402-2609
Ambulanz Herz- und Gefäßsprechstunde	Tel. 07633-402-6500 Fax 07633-402-6509
Stationen	
Chirurgische Intensivstation 1E	Tel. 07633-402-6001
Wachstation 2E	Tel. 07633-402-6600

### Interdisziplinäres Gefäßzentrum

Prof. Dr. Dr. h.c. F. Beyersdorf, Prof. Dr. Dr. h.c. Ch. Bode,  
Prof. Dr. F.-J. Neumann

#### Standort Freiburg

Prof. Dr. C. Hehrein Sekretariat	Tel. 0761-270-35000
Angiologische Ambulanz	Tel. 0761-270-77950

#### Standort Bad Krozingen

Leitung: Prof. Dr. T. Zeller, Prof. Dr. M. Czerny	
Prof. Dr. T. Zeller Sekretariat	Tel. 07633-402-2431
Prof. Dr. M. Czerny Sekretariat	Tel. 07633-402-2616
Angiologische Ambulanz	Tel. 07633-402-4900
Venenambulanz	Tel. 07633-402-4930
Hypertonieambulanz	Tel. 07633-402-4900
Angiologische Station 2c	Tel. 07633-402-3230

### Institut für Experimentelle Kardiovaskuläre Medizin

Prof. Dr. P. Kohl

Sekretariat	Tel. 0761-270-63950 Fax 0761-270-63959
-------------	---

### Pflegedirektion

P. Bechtel

Sekretariat (Standort Bad Krozingen)	Tel. 07633-402-2300
Sekretariat (Standort Freiburg)	Tel. 0761-270-25660

#### Service Nummer des UHZ

Tel. 0800 11 22 44 3

UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG

Universitäts-Herzzentrum

Standort Freiburg • Hugstetter Straße 55 • D-79106 Freiburg • Tel. 0761-270-34010

Standort Bad Krozingen • Südring 15 • D-79189 Bad Krozingen • Tel. 07633-402-0

UNIVERSITÄTS  
FREIBURG • BAD KROZINGEN  
HERZZENTRUM