



## Beiträge

- Bildgebungsverfahren
- Aortenmedizin
- Robotik am UHZ
- Ablationsbehandlung
- Erythrozytentransfusion
- Notfalltraining

Minimalinvasive Mitralklappenrekonstruktion mittels 3D-Endoskopieturn



Frau Prof. Dr. B. Stiller  
Sprecherin des UHZ,  
Klinik für Angeborene  
Herzfehler und  
Pädiatrische Kardiologie



P. Bechtel  
Pflegedienstleitung



Prof. Dr. M. Czerny  
Klinik für Herz- und  
Gefäßchirurgie



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



Prof. Dr. D. Westermann  
Klinik für Kardiologie  
und Angiologie

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

ich darf Sie herzlich zur Oktober-Ausgabe unserer Zeitschrift „UHZ aktuell“ begrüßen, die eine Vielfalt an Beiträgen für Sie bereithält, welche die gesamte Spektrumsbreite unserer Fächer betreffen.

Wir starten mit dem Titelbild, das Sie mitten in die Welt der Herzchirurgie bringt und ein 3D-Kamerabild zeigt, das eine minimal-invasive Mitralklappenrekonstruktion darstellt. Diese Technik wird in kontinuierlich zunehmendem Maße angewandt und bildet jetzt schon den Standard bei isolierten primären und sekundären Erkrankungen der Mitralklappe sowie auch bei mehrfachen Klappenerkrankungen. Es folgt ein Beitrag der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, welcher den gegenwärtigen Stand der minimal-invasiven Herzklappenoperation, insbesondere auf AV-Klappenebene aufzeigt, sowie einen Ausblick auf die weitere zukünftige Gestaltung dieser Verfahren gibt.

Weiter geht es mit einem Blick in das Universum der Aortenerkrankungen, wobei im nächsten Artikel ein Beitrag über Anatomie und Funktion in der Aortenmedizin gegeben wird. Gerade die Aortenmedizin ist ein exponentielles Wachstumsgebiet. Umso wichtiger ist hier eine frühe Standardisierung der Nomenklatur und das Sprechen einer einheitlichen Sprache. Das UHZ hat hierzu in den letzten Jahren einen maßgeblichen Beitrag in Bezug auf Klassifikationen und Scores geleistet, die Ihnen in diesem Artikel nähergebracht werden.

Weiter geht es mit spannenden Einblicken in die Kardiologie, wobei zunächst ein Resümee über ein Jahr Robotik am UHZ gegeben wird. Die ersten Erfahrungen werden beschrieben und Perspektiven für die Zukunft dargestellt.

In einem nächsten Beitrag wird über das exponentiell wachsende Feld der Ablation bei Vorhofflimmern berichtet und hier insbesondere die Rolle der Magnetresonanztomographie in der Diagnostik beleuchtet.

Weiter geht es mit einem Beitrag der Klinik für Angeborene Herzfehler und Pädiatrische Kardiologie über Erythrozytentransfusion bei Kindern mit angeborenem Herzfehler, der über die Abwägungen im Bezug auf Transfusionen auf der kinder-kardiologischen Intensivstation berichtet. Die kalkulierte, restriktive Verabreichung von möglichst frischen Blutprodukten stellt eine wichtige Präventionsmaßnahme dar, die berücksichtigt werden muss, um eine bestmöglichen Versorgung zu erzielen.

Aus der Pflege wird über ein interprofessionelles Notfalltraining auf der kardiologischen Intensivstation berichtet. Wie Sie alle wissen, kommt es dort auf jede Sekunde an, und die Harmonie des Zusammenspiels bildet einen entscheidenden Faktor zum erfolgreichen Meistern dieser komplexen Situationen.

Aus der Forschung wird uns in dieser Ausgabe von Langzeitfolgen von HALT aus der Klinik für Kardiologie und Angiologie berichtet. HALT ist, wenn Sie so wollen, ein neues Krankheitsbild und steht für „hypoattenuated leaflet thickening“. Dies steht symbolisch für asymptomatische Klappenthrombosen nach TAVI, die im CT diagnostiziert werden. Die Klinik für Kardiologie und Angiologie hat hier durch die Erstbeschreibung im „European Heart Journal“ vor mehreren Jahren Pionierarbeit nicht nur in der Diagnose, sondern auch in der Therapie dieses Krankheitsbildes geleistet.

Weiter sind viele unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in erfolgreicher Gremienarbeit nationaler und internationaler Leitlinien tätig. In dieser Ausgabe dürfen wir über neue Richtlinien zur Herztransplantation lesen.

Abgerundet wird diese Ausgabe durch die Vorstellung der neuen Ärztlichen Direktoren der Klinik für Kardiologie und Angiologie sowie der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie und schließlich – das Beste kommt zum Schluss – freuen wir uns über eine Zusammenfassung zum 50-Jahres-Jubiläum des Benedikt Kreuz Vereins, der lange Jahre der Träger des Standorts Bad Krozingen gewesen ist.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Studieren dieser Ausgabe und freue mich mit Ihnen zusammen bereits auf die nächste Ausgabe des „UHZ aktuell“ im Januar 2023.

Mit den herzlichsten Grüßen verbleibe ich für heute  
Ihr

Prof. Dr. M. Czerny  
Ärztlicher Direktor  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Dreidimensionale Bildgebungsverfahren in der Mitralchirurgie .....	4
Anatomie und Funktion in der Aortenmedizin .....	6
Ein Jahr Robotik am UHZ – Erfahrungen und Perspektiven .....	8
Ablationsbehandlung bei Vorhofflimmern: Die Rolle des MRT .....	10
Erythrozytentransfusion bei Kindern mit angeborenem Herzfehler .....	12
Pflege: Interprofessionelles Notfalltraining auf der kardiologischen Intensivstation .....	14
Forschung: Langzeitfolgen von HALT? .....	16
Leitlinien: Die neuen HU-Richtlinien für die Herz- und Herz-Lungentransplantation .....	18
Aktuelles.....	20
Wir über uns.....	22
Wir über uns/Termine .....	23

## Partner am Universitätsklinikum Freiburg

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

### IMPRESSUM

Herausgeber:  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum

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

Redaktionsleitung:  
Prof. Dr. 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,  
Prof. Dr. C. Schlett, 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

## Dreidimensionale Bildgebungsverfahren in der Mitralchirurgie

PD Dr. Wolfgang Bothe und Dr. Martin Thoma

### Hintergrund

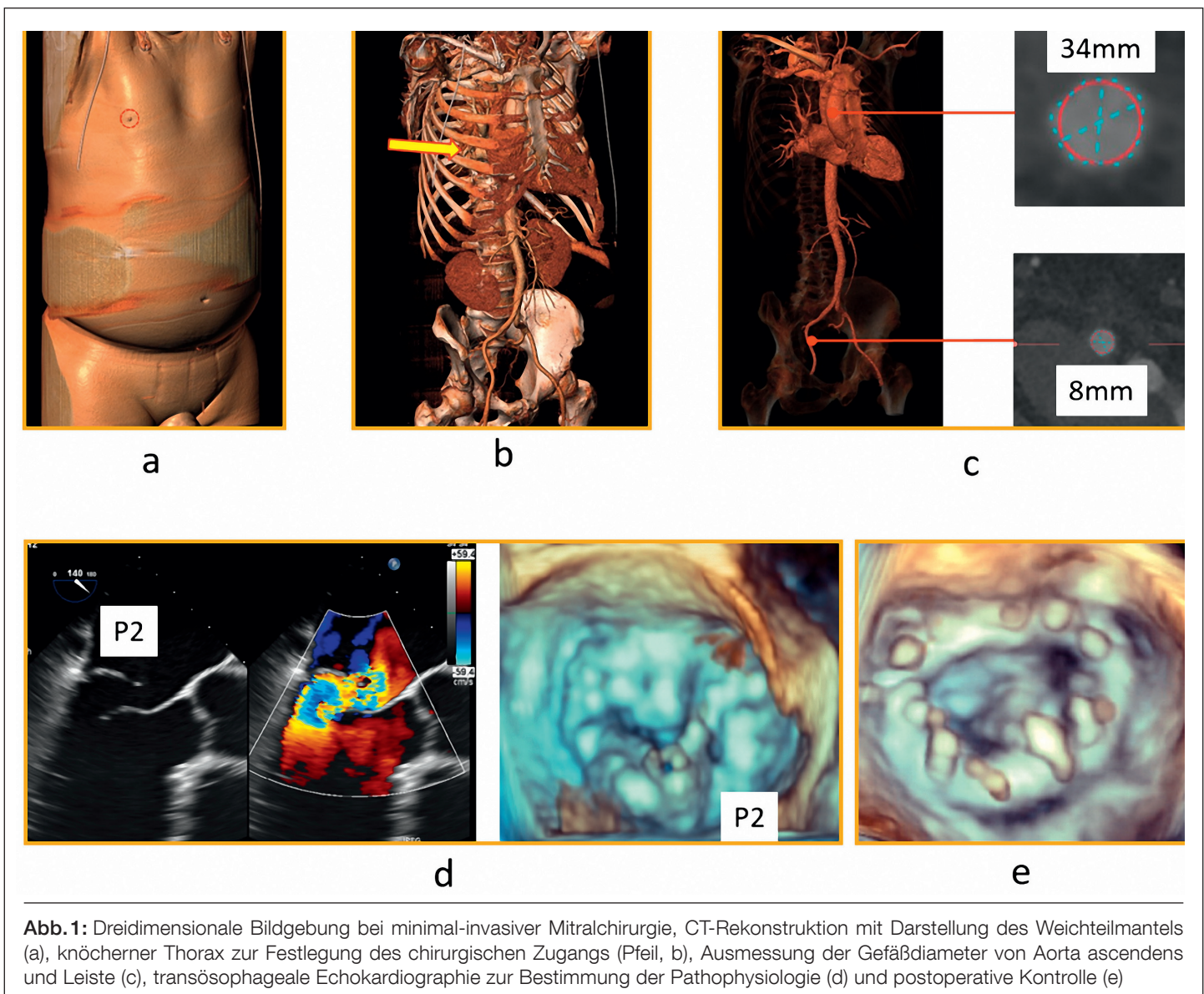
Mit der zunehmenden Anzahl interventioneller Klappentherapieverfahren hat sich auch das Anforderungsprofil an chirurgische Eingriffe verändert. Verfahren zur chirurgischen Rekonstruktion der Mitralklappe werden fast nur noch minimal-invasiv durchgeführt und kontinuierlich verbessert. Eine wichtige Grundlage für die Verbesserung chirurgischer Therapien der Mitralklappe bilden dreidimensionale Bildgebungsverfahren, welche präoperativ die Planung, perio-

perativ die Durchführung und postoperativ die Kontrolle des Rekonstruktionsergebnisses verbessern können.

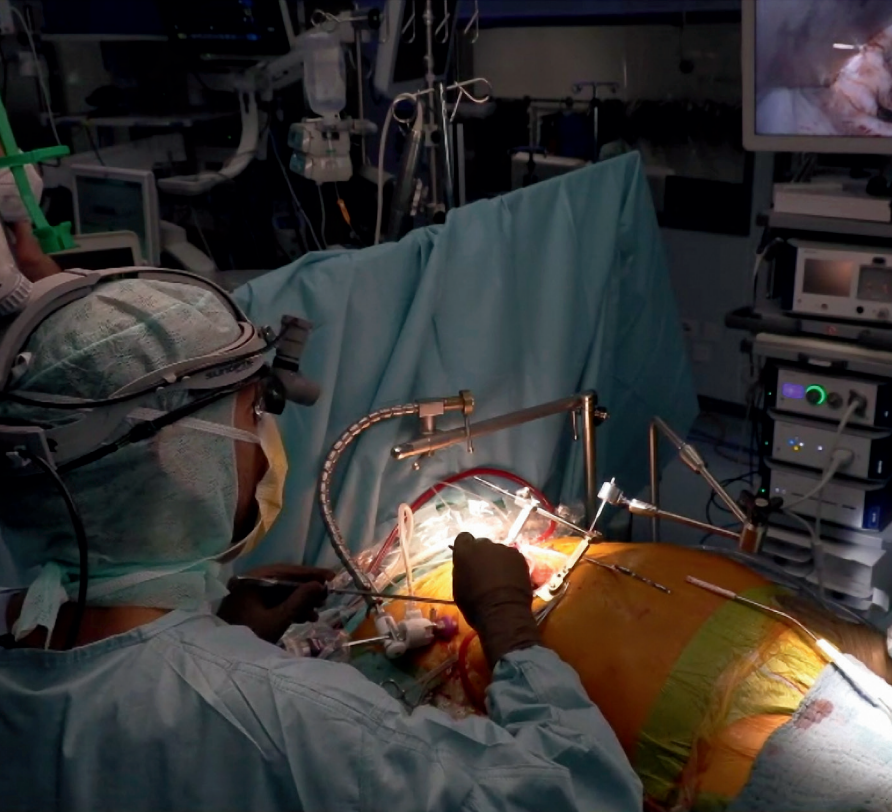
### Präoperatives 3D-Angio-CT

Abbildung 1 a–c zeigt die Rekonstruktion eines Aorten-CTs mithilfe einer speziellen Software (3Mensio, Fa. Pie Medical Imaging) eines Patienten, der einer minimal-invasiven Mitralklappenoperation unterzogen werden soll. Mithilfe der CT-Daten kann der Weichteilmantel mit der Mamille als anatomischer Bezugspunkt (Abb. 1a),

der knöchernen Thorax zur Festlegung des chirurgischen Zugangs (Abb. 1b) und die Aorta mit Becken-Beingefäßen dargestellt und ausgemessen werden. Der Durchmesser der Aorta ascendens sollte 40mm nicht übersteigen, da sonst das Risiko einer iatrogenen Dissektion erhöht ist. Zudem sollten keinerlei Verkalkungen in diesem Bereich vorliegen, da es sonst zu Schädigungen durch die Platzierung der Aortenklammer kommen kann. Bei ausreichenden Durchmessern der Becken-Beingefäße (>6mm) und normaler Wandqualität ist mittlerweile ein duplexsonographisch und echokardiographisch



**Abb. 1:** Dreidimensionale Bildgebung bei minimal-invasiver Mitralchirurgie, CT-Rekonstruktion mit Darstellung des Weichteilmantels (a), knöcherner Thorax zur Festlegung des chirurgischen Zugangs (Pfeil, b), Ausmessung der Gefäßdiameter von Aorta ascendens und Leiste (c), transösophageale Echokardiographie zur Bestimmung der Pathophysiologie (d) und postoperative Kontrolle (e)



**Abb. 2:** Intraoperativer OP-Situs mit Einsatz eines dreidimensionalen endoskopischen Kamerasystems (EinsteinVision, Firma Braun)

gesteuerter Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine per Punktion problemlos möglich (alternativ: offen chirurgische Leistenfreilegung).

### Prä- und perioperative 3D-TEE

In der dreidimensionalen TEE kann das Klappenvitium mit seiner Pathologie exakt dargestellt werden (Abb. 1d). Diese genaue dreidimensionale präoperative Bildgebung verbessert stark die chirurgische Planbarkeit des Eingriffs. Es können nicht nur Größe von Annuloplastieringen und künstlichen Sehnenfäden, sondern auch das Risiko zur Entstehung eines postoperativen SAM-Phänomens (Systolic Anterior Movement) antizipiert werden. Die postoperative Kontrolle erfolgt ebenfalls mit dreidimensionaler

TEE (Abb. 1e). Hier können z.B. im Fall eines nicht optimalen Ergebnisses Insuffizienzjets genau dargestellt und noch im OP-Saal chirurgisch korrigiert werden.

### Intraoperatives 3D-Kamerasystem

Neben der Einführung der 3D-Bildgebungsverfahren haben sich auch die Systeme zur chirurgischen Darstellung des Klappenapparates während der OP stark verbessert. Hier sind mithilfe des Einsatzes neuester, dreidimensionaler endoskopischer Kamerasysteme (EinsteinVision, Fa. Braun, Abb. 2) aufgrund einer stark erhöhten Verbesserung der Visualisierung des OP-Feldes deutlich kleinere Zugangswege und voll endoskopische Eingriffe ohne direkte Sicht möglich. Im UHZ ist dieses System seit

Kurzem im Einsatz. Für die dreidimensionale Sicht ist das Tragen von 3D-Brillen nötig. Hierdurch erhält man eine sehr hohe Bildqualität mit großer Schärfentiefe. Weitere Vorteile dieses Systems bestehen darin, dass in der Optik Heizelemente integriert sind, die ein Beschlagen verhindern. Auch können Sicht Einschränkungen durch Rauch verringert werden. Die Optik ist von einer sterilen Hülle umgeben, so dass diese nicht mehr eigens sterilisiert werden muss und im OP verbleiben kann.

Um die Invasivität der Mitralkirurgie weiter zu reduzieren, werden mittlerweile regelmäßig für den Anschluss der Herz-Lungen-Maschine über die Leiste bei geeigneter Qualität der Becken-Beingefäße perkutane Verschlussysteme (z. B. Perclose Prostyle, Fa. Abbott) verwendet. Hierdurch kann auf einen Hautschnitt verzichtet werden und die Kanülenanlage über Punktion erfolgen (Abb. 2). Insgesamt kann also ein noch geringeres chirurgisches Trauma (bedingt durch eine weitere Verkleinerung der Zugänge) sowie eine verbesserte Haltbarkeit der Klappenrekonstruktion erreicht werden.

*Die Optimierung der prä- und perioperativen Bildgebung mithilfe dreidimensionaler Verfahren (3D-CT, 3D-Echo, intraoperatives 3D-Kamerasystem) verbessert die Planbarkeit und Präzision einer Mitralkappenoperation deutlich. Langfristig können so chirurgische Eingriffe an der Mitralklappe für unsere Patient\*innen noch sicherer und weniger traumatisch gestaltet und die Rekonstruktionsergebnisse weiter verbessert werden.*

Literatur beim Verfasser

#### Kontaktadresse

PD Dr. Wolfgang Bothe  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-28670  
E-Mail: wolfgang.bothe@uniklinik-freiburg.de

## Anatomie und Funktion in der Aortenmedizin

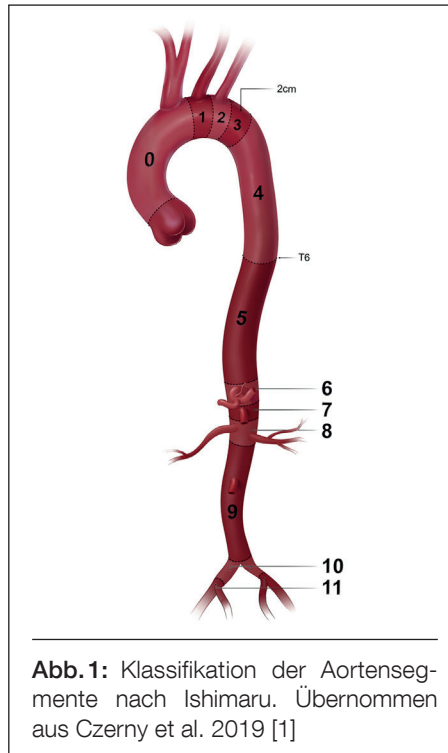
Dr. Stoyan Kondov, Dr. Maximilian Kreibich, Dr. Tim Berger, Prof. Dr. Bartosz Rylski und Prof. Dr. Martin Czerny

### Hintergrund

Die klassische Vorstellung über die Aorta hat sich in den letzten Jahren komplett verändert, so dass diese aktuell nicht nur als die größte Arterie im menschlichen Körper bezeichnet, sondern als ein Organ betrachtet wird. Daher dürfen wir, wie auch bei allen anderen Organen, über die Anatomie des Organs Aorta sprechen. Die Gesamtheit aus Therapie, Nachsorge und Forschung im Bereich der Aorta wird heutzutage als Aortenmedizin definiert. Die moderne Aortenmedizin umfasst alle Behandlungsmethoden der klassischen Aorten Chirurgie, sowie auch die modernsten kathetertechnischen Verfahren. Anatomisch gesehen macht die Aorta eine Reise durch den Körper, beginnend an den Koronarostien und endend im Abdomen mit der Aortenbifurkation. Da die Aorta den Thorax und das Abdomen durchquert, werden verschiedene Aortensegmente definiert, welche sich anatomisch und physiologisch unterschiedlich verhalten. Folgerichtig werden in der heutigen Aortenmedizin innovative Klassifikationen der Aortensegmente verwendet, welche sich durch ihre anatomischen Besonderheiten definieren.

### Die elf Aortensegmente

Die alte anatomische Einteilung der Aorta in Aortenwurzel, aufsteigende, absteigende und infrarenale Aorta wird in der heutigen Wissenschaft kaum noch verwendet. Die aktuelle und modernste Klassifikation der Aorta ist die nach Ishimaru, welche die Aorta in elf Segmente unterteilt (Abb.1) [1]. Dies hat wissenschaftliche und praktische Aspekte, da jedes dieser elf Segmente unterschiedlich ist. Diese vereinheitlichte und von allen Fachgesellschaften adoptierte Nomenklatur der Aortensegmente ist ein exzellentes Beispiel für die Komplexität der Behandlungsmethoden, die heute zur Verfügung stehen. Diese Klassifikation



**Abb. 1:** Klassifikation der Aortensegmente nach Ishimaru. Übernommen aus Czerny et al. 2019 [1]

wird nicht nur in der endovaskulären Behandlung der Aorta verwendet, sondern auch bei der Planung von Hybrid-Eingriffen sowie bei offenen Prozeduren.

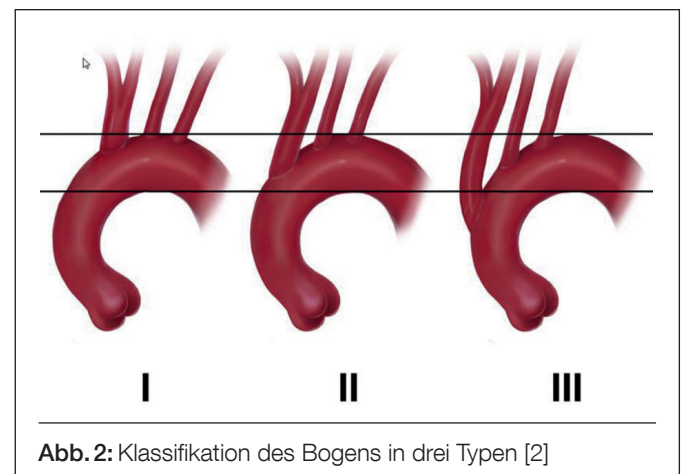
### Der Aortenbogentyp

Der Aortenbogen wird in drei morphologische Typen klassifiziert (Abb. 2) [2]. Der Aortenbogentyp wird durch den vertikalen Abstand vom Abgang des Trunkus brachiocephalicus zum höchsten Punkt der äußeren Krümmung der Aorta in drei Varianten unterteilt. Somit liegt ein Typ-I-Bogen vor, wenn der Abstand weniger als den einfachen Durchmesser der linken A. carotis communis beträgt oder sozusagen der Trunkus brachiocephalicus auf fast einer Ebene mit dem höchsten Punkt der äußeren Krümmung liegt. Zwischen dem ein- bis zweifachen

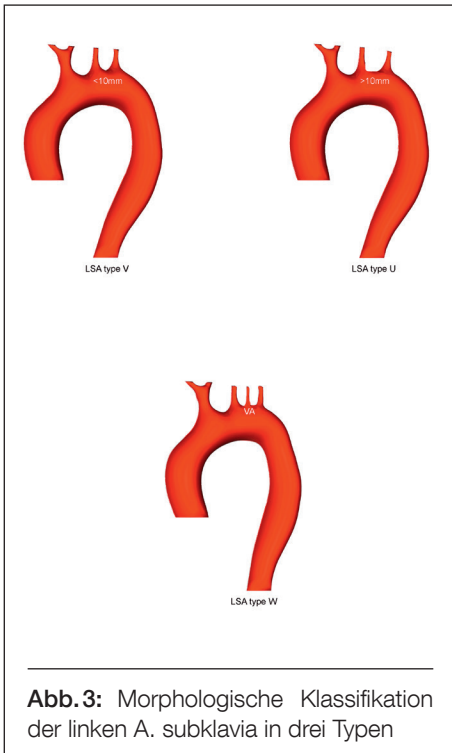
Diameter der linken A. carotis communis liegt ein Bogen-Typ II und bei mehr als zweifachem Diameter der linken A. carotis communis liegt ein Typ-III-Aortenbogen vor. Diese anatomische Klassifikation ermöglicht uns, schwierige Anatomien zu antizipieren und den Patient\*innen das bestmögliche Therapieverfahren anzubieten, so dass ein sicheres und langfristiges Ergebnis erreicht werden kann.

### Die LSA-Klassifikation

Die LSA-Klassifikation ist eine morphologische Klassifikation der linken A. subklavia, welche drei Subtypen (Typ U, V und W) anhand ihrer Position definiert (Abb. 3). Bei der morphologischen Analyse der Aorta und speziell des Aortenbogens wurde in unserer Aortenarbeitsgruppe die Relation zwischen der Position der supraaortischen Äste und dem Aortenbogen mit Fokus auf die linke A. subklavia untersucht. Es zeigte sich, dass der Abstand zwischen dem Trunkus brachiocephalicus und der linken A. carotis communis auf der Seite der großen Aortenkrümmung signifikant geringer ist, als der Abstand zwischen der linken A. carotis communis und der A. subklavia links. Somit ist ebenfalls die Landungszone zwischen der linken A. subklavia und der linken A. carotis communis länger als zwischen dem Trunkus brachiocephalicus und der linken A. carotis communis. Auf-



**Abb. 2:** Klassifikation des Bogens in drei Typen [2]



**Abb. 3:** Morphologische Klassifikation der linken A. subklavia in drei Typen

grund der morphologischen Analyse des Aortenbogens und der Position der linken A. subklavia haben wir drei Typen klassifiziert: Typ U – wenn der Abstand zwischen der linken A. subklavia und linken A. carotis communis mehr als 10 mm beträgt, Typ V – wenn dieser Abstand weniger als 10 mm beträgt und Typ W – wenn die linke A. vertebralis separat aus dem Aortenbogen abgeht [3]. Die Klassifikation der linken A. subklavia ist hilfreich, um eine endovaskuläre Versorgung des Aortenbogens in der Zone 2 mittels einer einfach gebrachten Prothese für die linke A. subklavia zu antizipieren. Die 10 mm-Grenze zwischen den A. subklavia-Typen U und V ergibt sich aufgrund der Empfehlungen für eine minimale proximale Landungszone bei der Verwendung einer einfach gebrachten Stentgraftprothese für die linke A. subklavia.

## TEM-Klassifikation

Die beschriebene Einteilung der Aorta in verschiedene Segmente und die morphologischen Klassifikationen haben auch

eine neue Einteilung der Aortendissektion nach sich gezogen. Die neue Beschreibung lehnt sich an die aus der Onkologie stammende TEM-Methode an. Damit wird das Ausmaß der Dissektion sowie auch die Funktionsbeeinträchtigung durch diese abgebildet. Diese neue Einteilung basiert auf den folgenden Kriterien: „T“ ist das „tear“ im Sinne einer A-, B- oder non-A-, non-B-Dissektion. Das „E“ beschreibt die Lokalisation des primären Entry und das „M“ steht für „malperfusion“ oder mit anderen Worten für die beeinträchtigte Organmalperfusion. Dies wird kodiert mit „1“ für koronare, „2“ für supraaortale und „3“ für spinale, viscerale oder iliakale Malperfusion. Anhand der neuen TEM-Klassifikation für die Aortendissektion können direkt die Behandlungsstrategie und das Outcome avisiert werden [4].

## GERAADA-Score

Die akute Aortendissektion ist abhängig vom Dissektionsmuster mit einer hohen Mortalität vergesellschaftet. Es gibt aber auch zusätzliche Risikofaktoren, welche dieses kalkulierte Risiko erhöhen. Während es sich bei der TEM-Klassifikation um eine genauere Beschreibung der Dissektionsmorphologie handelt, wurde zusätzlich für die Einschätzung der 30-Tage-Mortalität bei Patient\*innen mit einer akuten Typ-A-Dissektion der GERAADA-Score (German Registry for Acute Aortic Dissection Type A) etabliert. Hier handelt es sich um einen Score, welcher von der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie publik gemacht wurde. Anhand dieses Scores kann schnell und zuverlässig die prozentuale perioperative Mortalität durch die Aortendissektion beschrieben werden. Maßgebend hierfür sind das Vorliegen von Malperfusion, die betroffenen Aortensegmente und zusätzliche Risikofaktoren wie Alter, Geschlecht, Reanimation vor dem Eingriff, Intubation bei der Verlegung, Katecholaminpflichtigkeit, das Vorhan-

densein einer Aortenklappeninsuffizienz, einer Hemiparese und vorhergehende Eingriffe am Herzen. Der GERAADA-Score ist auf der Internetseite der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie zu finden und kann schnell und einfach online kalkuliert werden.

*In der heutigen Aortenmedizin hat sich eine komplett neue Vorstellung über die anatomischen Verhältnisse der Aorta etabliert. Durch die rasche Entwicklung der endovaskulären Methoden besteht generell für jedes Aortensegment eine interventionelle Behandlungsoption. Jedoch kann mit Hilfe der neuen präzisen morphologischen Klassifikationen der Aorta für jeden Patient\*in die bestmögliche Lösung antizipiert werden.*

## Literatur

1. Czerny M et al. Editor's Choice – Current Options and Recommendations for the Treatment of Thoracic Aortic Pathologies Involving the Aortic Arch: An Expert Consensus Document of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) & the European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019. Doi: 10.1016/j.jivs.2018.09.016.
2. Madhwal S et al. Predictors of difficult carotid stenting as determined by aortic arch angiography. Journal of Invasive Cardiology 2008;20(5):200–4.
3. Kondov S et al. Morphology of the left subclavian artery: implications for single-branched endovascular aortic arch repair. European Journal of Cardio-Thoracic Surgery 2022;61(2):348–54. Doi: 10.1093/ejcts/ezab482.
4. Sievers H-H et al. Aortic dissection re-considered: type, entry site, malperfusion classification adding clarity and enabling outcome prediction. Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery 2020; 30:451–7. Doi: 10.1093/icvts/ivz281.

## Kontaktadresse

Dr. Stoyan Kondov  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-28670  
E-Mail: stoyan.kondov@uniklinik-freiburg.de

## Ein Jahr Robotik am UHZ – Erfahrungen und Perspektiven

PD Dr. Jonathan Rilinger und Prof. Dr. Constantin von zur Mühlen

### Robotik in der interventionellen Kardiologie

Die Robotik in der interventionellen Kardiologie (R-PCI) bestehend aus einem Roboterarm und einer Steuerkonsole ist eine neue Technik zur Behandlung von Patient\*innen mit koronarer Herzkrankung (KHK, Abb. 1). Bei der Robotik im Rahmen kardiologischer Interventionen wird der\*die Ärzt\*in durch einen Roboterarm unterstützt, der am üblichen Herzkathetertisch fixiert und steril abgedeckt ist. Dieser Roboterarm beinhaltet Motoren und Sensoren, die Katheter und Drähte sehr exakt steuern können. Nach manueller Punktion des Zugangsgefäßes erfolgt die weitere Intervention durch eine Steuerkonsole mit Monitoren und Joystick aus dem Nebenraum. Notwendige Draht- und Katheterwechsel werden durch eine Assistenz in sicherer Entfernung von der Strahlenquelle durchgeführt. Die Kernelemente der Robotik sind damit eine räumliche Trennung des Interventionalisten von dem\*der Patient\*in, was eine deutliche Reduktion der Strahlendosis bedeutet, sowie die hochpräzise Ausführung von Draht- und Kathetermanövern durch den Roboterarm, welcher eine sehr exakte Steuerung der Koronardrähte und -katheter ermöglicht [1–3].

### Bisherige Erfahrungen

Im April 2021 wurde dem Universitätsherzzentrum Freiburg · Bad Krozingen als 5. Europäischem Zentrum ein Robotik-System (Corindus CorPath GRX, Siemens) zur Verfügung gestellt. Bisher konnten ca. 75 Patient\*innen am UHZ mittels R-PCI behandelt werden. Hierbei zeigte sich eine schnelle Lernkurve, die es dem Interventionalisten ermöglichte, bereits nach wenigen Interventionen auch komplexe Läsionen erfolgreich zu behandeln. Dies spiegelt sich in einer Erfolgsrate der Interventionen von 100 % wider. Lediglich in 15 % der Fälle war



**Abb. 1: Aufbau der Herzkatheteranlage mit Robotik (Corindus CorPath GRX, Siemens)** Die konventionelle Herzkatheteranlage bestehend aus Patiententisch (1) und Röntgenanlage (2) wird ergänzt durch den Roboterarm (3). Dieser wird während der Herzkatheteruntersuchung von dem\*der behandelnden Ärzt\*in über eine Steuerkonsole (4) aus dem Kontrollraum heraus betätigt.

eine teilweise oder vollständige manuelle Unterstützung notwendig, wobei dieser Anteil stark davon abhängig war, welche Komplexität primär mittels R-PCI versucht wurde. Erfreulicherweise konnte zudem eine hohe Patientensicherheit bestätigt werden, mit einer Rate der periinterventionellen Komplikationen von 0 %. Neben Therapieerfolg und Patientensicherheit werden im „Freiburger Robotik in der interventionellen Kardiologie“-Register (FRiK-Register) insbesondere auch technische Aspekte der Koronarintervention selbst, wie die Durchleuchtungsdauer, die Strahlendosis für Untersucher\*in und Patient\*in, die Kontrastmittelmenge sowie die Dauer der Prozedur untersucht. Hierbei konnte eine im Vergleich zur manuellen Intervention fast 30-fach geringere Dosis für den\*die Untersucher\*in nachgewiesen werden (Abb. 2).

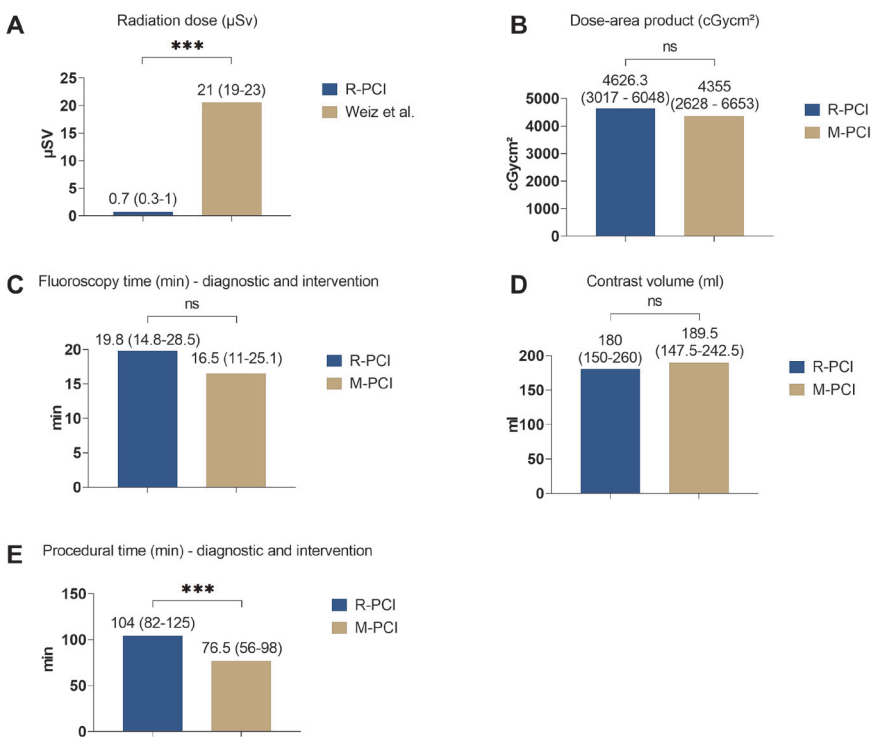
Im Vergleich zur konventionellen, manuellen Koronarintervention (M-PCI) zeigte sich bei Patient\*innen aus dem „Freibur-

ger koronare Diagnostik und Therapie-Register (FCDT-Register) ein günstiges Risikoprofil für die R-PCI (Abb. 2).

Positive Erfahrungen konnten auch in zwei Machbarkeitsstudien in der Kombination der Robotik mit der intrakoronaren Druckmessung (iFR, Robo-FUSION) und der optischen Kohärenztomographie (Robo-OCT) gesammelt werden.

Limitiert ist die aktuelle Version der Robotik noch durch einen hohen personellen Aufwand, da neben dem Interventionalisten an der Steuerkonsole auch ein\*e Ärzt\*in oder Pflegenden im Raum zum Einlegen der Koronardrähte und -Katheter benötigt wird. Zudem ist die Versorgung von komplexen Bifurkationsstenosen zwar prinzipiell möglich, aber mit einem sehr hohen Aufwand durch viele Wechsel von Material am Roboterarm versehen. Wünschenswert wäre daher für zukünftige Generationen der Robotik eine höhere Flexibilität der Draht- und Kathetersteuerung, um unnötige Wechsel zu vermeiden.





**Abb. 2: Vergleich prozeduraler Parameter zwischen Robotik-unterstützter (R-PCI) und manueller Koronarintervention (M-PCI)**

Die Strahlendosis für die Untersuchenden lag bei der R-PCI (FRIK, n=65) ca. 30-fach unter der einer manuellen Referenzkohorte [3] (A). Beim Vergleich der R-PCI-Patient\*innen mit den Freiburger M-PCI-Patient\*innen (FCDT, n=70) zeigten sich keine Unterschiede in der Durchleuchtungsdauer, abgegebenen Strahlendosis und Kontrastmittelmenge (B–D). Lediglich die Dauer der Prozedur war bei R-PCI-Patient\*innen signifikant länger (E). Daten bisher nicht publiziert.

## Perspektiven

Neben einer Weiterentwicklung des aktuellen Systems hinsichtlich Praktikabilität bietet die Robotik darüber hinaus zusätzliche Potentiale zur Weiterentwicklung und Optimierung der Patientenversorgung.

Ein großes Potential liegt in der „Tele-R-PCI“: Aktuell steht die Steuerkonsole im Herzkatheterlabor (HKL) selbst oder im Kontrollraum des HKL, also nur wenige Meter vom Behandlungstisch bzw. Roboterarm entfernt. Die Übertragung der Steuerbefehle könnte aber auch aus größerer Entfernung, wie aus einer anderen Stadt bzw. anderen Klinik, erfolgen. Diese Remote-Steuerung würde es ermöglichen, dass erfahrene Interventionalist\*innen bei der Behandlung

eines komplexen Koronarbefundes hinzu geschaltet werden können oder diese Eingriffe in anderen Regionen durchführbar werden, in denen nicht dauerhaft eine entsprechende Expertise vorhältbar ist.

Ein weiteres großes Potential liegt in der Möglichkeit, dem Roboterarm Befehle nicht nur durch eine manuelle Eingabe über die Steuerkonsole, sondern automatisiert über ein intelligentes Steuersystem zu geben. Durch „machine learning“ könnte ein Algorithmus zur effektiven Steuerung von Koronardrähnen und -kathetern entwickelt werden. Da dieses System mit unbegrenzt vielen anatomischen Varianten trainiert werden kann, besteht das Potential, eine hohe automatisierte Präzision der Intervention durch eine schnelle Verarbeitung von Informa-

tionen während der Intervention mit Reduktion der inter- und intraobserver-Variabilität und optimaler Reaktion auf die jeweilige Koronar anatomie zu erreichen.

Beide Behandlungsansätze sollen in zukünftigen, systematischen Studien am UHZ untersucht werden. Dabei ist die Infrastruktur der beiden Standorte ideal, um eine Tele-R-PCI in der klinischen Routine zu etablieren, nachdem vorher zur Gewährleistung der Patientensicherheit entsprechende Vorarbeiten am Modell erfolgt sind.

*Die Robotik in der interventionellen Kardiologie ist eine vielversprechende Technik, welche sich noch in einer frühen Entwicklungsphase befindet. Gerade in der Fernsteuerung der Intervention über weite Distanzen und die Entwicklung einer automatisierten Drahtsteuerung liegen sehr große Potentiale.*

## Literatur

1. Mahmud E et al. Demonstration of the Safety and Feasibility of Robotically Assisted Percutaneous Coronary Intervention in Complex Coronary Lesions: Results of the CORA-PCI Study (Complex Robotically Assisted Percutaneous Coronary Intervention). JACC Cardiovasc Interv. 2017;10(13):1320-7.
2. Patel TM et al. Comparison of Robotic Percutaneous Coronary Intervention With Traditional Percutaneous Coronary Intervention: A Propensity Score-Matched Analysis of a Large Cohort. Circ Cardiovasc Interv. 2020;13(5):e008888.
3. Weisz G et al. Safety and feasibility of robotic percutaneous coronary intervention: PRECISE (Percutaneous Robotically-Enhanced Coronary Intervention) Study. Journal of the American College of Cardiology. 2013;61(15):1596-600.

## Kontaktadresse

PD Dr. Jonathan Rillinger  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Kardiologie und Angiologie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
Tel.: 0761-270-37815  
E-Mail: jonathan.rillinger@uniklinik-freiburg.de

## Ablationsbehandlung bei Vorhofflimmern: Die Rolle des MRT

Dr. Martin Eichenlaub

### Hintergrund

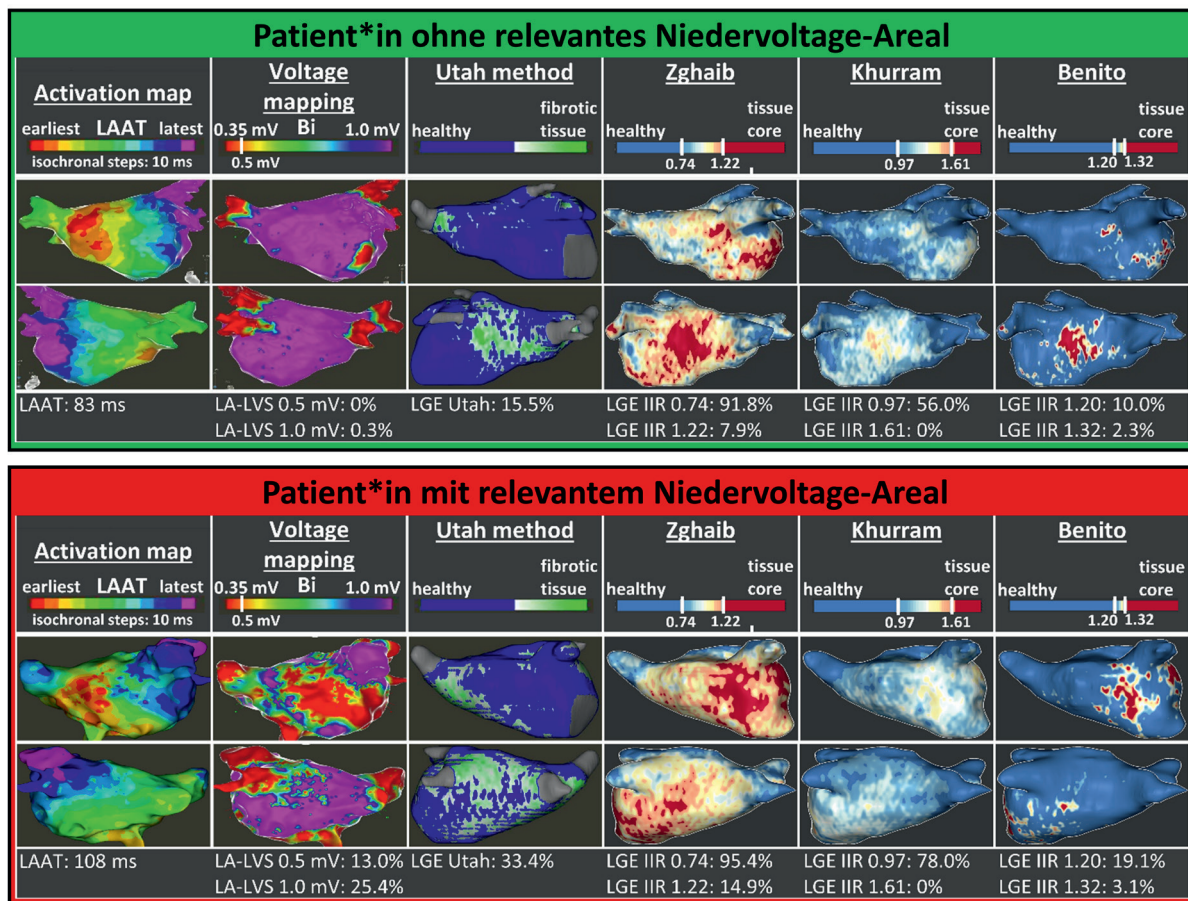
Vorhofflimmern ist die häufigste supraventrikuläre Herzrhythmusstörung beim Menschen. Zu Beginn der Erkrankung tritt das Vorhofflimmern meist anfallsartig auf (paroxysmale Form: kürzer als sieben Tage andauernd) und geht im Verlauf in anhaltende Formen (persistierend: länger als sieben Tage andauernd oder lang-anhaltend persistierend: länger als ein Jahr andauernd) über. Dieser Progress ist durch

ein zunehmendes Remodelling des linken Vorhofs verursacht und erschwert deutlich die Therapierbarkeit des Vorhofflimmerns. Die Pulmonalvenenisolation hat sich in den letzten Jahren als wichtige Therapiemethode bei Vorhofflimmerpatient\*innen etabliert. Allerdings ist die Rezidivrate nach dem Eingriff bei persistierendem Vorhofflimmern im Vergleich zum paroxysmalen Vorhofflimmern deutlich erhöht. Aus diesem Grund empfehlen die aktuellen Vorhofflimmerleitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie das Vorhof-

substrat zu charakterisieren, um einerseits die Patient\*innen besser über die Erfolgsaussichten einer Ablationstherapie informieren, als auch die Therapiestrategie besser planen zu können.

### Bisher etablierte Methoden zur Substratcharakterisierung

Goldstandard zur Charakterisierung des Vorhofsubstrats ist die histologische Untersuchung. Eine routinemäßige Biopsie-



**Abb.:** Vergleich der Maps des linken Vorhofs (jeweils von anterior und posterior) aus dem elektroanatomischen Map (Aktivierungs-Map ganz links und Voltage-Map in der zweiten Spalte) mit den verschiedenen MRT-Nachbearbeitungsmethoden (Utah-Methode und „image-intensity-ratio (IIR)“-Methoden mit den unterschiedlichen Fibrose-Grenzwerten nach Zghaib, Khurram und Benito). Im Aktivierungs-Map entspricht eine Farbfläche (s.g. Isochrone) jeweils 10 ms der linksatrialen Aktivierungszeit (LAAT), im Voltage-Map entsprechen die roten Areale einer bipolaren Niedervoltage <0,5 mV (LA-LVS 0,5 mV), die rot/grün/blauen Areale einer bipolaren Niedervoltage <1,0 mV (LA-LVS 1,0 mV) und die violetten Areale einer normalen Voltage  $\geq 1,0$  mV. Bei den MRT-Methoden entsprechen die blauen Areale gesunden Vorhofabschnitten und die grünen (Utah-Methode) bzw. weiß/gelb/orange/roten Areale („IIR“-Methoden) den fibrosierten Arealen (LGE). Bei den Niedervoltage- bzw. Fibrosearealen ist jeweils der prozentuale Anteil im Vergleich zur Gesamtvorhofoberfläche angegeben.

entnahme ist allerdings aufgrund des hohen Perforationsrisikos, des großen Aufwandes sowie der Gefahr, das Substrat in der Probe nicht zu erfassen, nicht sinnvoll. Stattdessen hat sich über die letzten Jahre die Quantifizierung von Vorhofarealen mit niedriger elektro-kardiographischer Voltage (sog. Niedervoltage-Areale) während des elektroanatomischen Mappings als Mittel der Wahl etabliert. Allerdings kann das Vorhofsubstrat hierbei nur im Rahmen einer linksatrialen elektrophysiologischen Intervention analysiert werden, da ein rein diagnostisches Mapping aufgrund des möglichen Komplikationsrisikos sowie des hohen Aufwandes in keinem Verhältnis zum Nutzen stehen würde. Deshalb wurde als nicht-invasive Alternative die Darstellung von Fibrosearealen in der Magnetresonanztomographie (MRT) entwickelt. Hierbei reichert sich das gadoliniumhaltige Kontrastmittel in den fibrosierten Bereichen der Vorhofwand an. Diese Kontrastmittel anreichernden Bereiche stellen sich dadurch heller als die gesunden Wandabschnitte dar.

## MRT-Nachbearbeitungsmethoden

Für die Nachbearbeitung der MRT-Bilder gibt es verschiedene Methoden: Die bekannteste ist die sog. Utah-Methode, die von der Arbeitsgruppe um Nassir Marrouche entwickelt wurde. In der DECAAF-I-Studie hat man bei 272 Patient\*innen mit paroxysmalem oder persistierendem Vorhofflimmern gezeigt, dass je größer sich das Fibroseareal im Vergleich zur Gesamtvorhofoberfläche darstellt, desto höher die Rezidivrate nach der Pulmonalvenenisolation ist. Weitere Methoden sind die sog. „image-intensity-ratio“-Methoden, für die es je nach Arbeitsgruppe unterschiedlich publizierte Grenzwerte gibt, ab welchen ein Vorhofareal als fibrosiert definiert wird. Dies liegt a. e. daran, dass die in die jeweiligen Studien eingeschlossenen Patient\*innengruppen, anhand derer die Grenzwerte

etabliert wurden, sehr inhomogen waren: So wurden in einigen Studien beispielsweise Patient\*innen eingeschlossen, die bereits vorabladiert waren, oder der Anteil an persistierenden und paroxysmalen Vorhofflimmerpatient\*innen unterschiedlich deutlich zwischen den Studien.

Wir haben deshalb kürzlich in einer homogenen Kohorte aus persistierenden Vorhofflimmerpatient\*innen, die sich zur Erstablation vorgestellt haben, erstmalig alle gängigen MRT-Nachbearbeitungsmethoden sowohl „head-to-head“ untereinander als auch mit den Niedervoltage-Arealen und der invasiv gemessenen linksatrialen Aktivierungszeit verglichen. Wir konnten zeigen, dass sich nicht nur die global als krank klassifizierte Vorhoffläche deutlich zwischen allen untersuchten MRT-Methoden und dem Voltage-Map unterschieden hat, sondern auch die regionale Verteilung der Substratareale komplett unterschiedlich war (Abb.).

Dies ist möglicherweise auch eine Erklärung dafür, dass es in zwei großen randomisierten Studien, in denen die Rezidivrate nach einer alleinigen Pulmonalvenenisolation mit der Rezidivrate nach einer Pulmonalvenenisolation und zusätzlich MRT-gesteuerter Fibroseablation verglichen wurde, keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen gab: Dies gilt sowohl für die Utah-Methode mit insgesamt 843 im Rahmen der DECAAF-II-Studie untersuchten Patient\*innen mit persistierendem Vorhofflimmern als auch für die „image-intensity-ratio“-Methoden mit insgesamt 155 Patient\*innen mit paroxysmalem und persistierendem Vorhofflimmern im Rahmen der ALICIA-Studie. Darüber hinaus kam es in der DECAAF-II-Studie in der Gruppe mit zusätzlicher Fibrose-Ablation zu einem signifikant erhöhten Auftreten von Schlaganfällen (6 versus 0 Fälle) und sogar zu zwei Todesfällen (2 versus 0 Fälle) im Vergleich zur Gruppe mit alleiniger Pulmonalvenenisolation. Dies ist a. e. durch die längere Prozedurzeit und die deutlich größere Ablationsfläche bedingt.

## Zusammenfassung

Die Charakterisierung des Vorhofsubstrats spielt bezüglich des Rezidivrisikos nach einer Pulmonalvenenisolation bei Patient\*innen mit Vorhofflimmern eine sehr wichtige Rolle. Deshalb ist es wichtig, das Substrat möglichst nicht-invasiv bestimmen zu können, um die optimalen Kandidat\*innen für eine rhythmus- oder frequenzkontrollierende Therapie herauszufiltern. Wir konnten in unserer Studie zeigen, dass sich die unterschiedlichen MRT-Nachbearbeitungsmethoden deutlich sowohl in der Gesamtfläche als auch in der regionalen Verteilung des fibrosierten Areals unterscheiden und somit weitere Anpassungen erforderlich sind, um das MRT als Vorlage für zusätzliche Ablationen nutzen zu können. Es wäre sicher auch sinnvoll, unterschiedliche Fibrose-Grenzwerte für unterschiedliche Patient\*innengruppen zu definieren (z. B. paroxysmal versus persistierend, Reablation versus Erstablation). Deshalb sind aus unserer Sicht aktuell andere nicht-invasive Methoden zur Abschätzung des Substrats (z. B. Messung des Vorhofstrains in der transthorakalen Echokardiographie oder Messung der amplifizierten P-Wellenlänge im Oberflächen-EKG) zu bevorzugen und für die Patient\*innen deutlich weniger belastend und aufwendig.

*Die Charakterisierung des Vorhofsubstrats spielt bei Patient\*innen mit Vorhofflimmern eine wichtige Rolle, um das Rezidivrisiko nach einer Pulmonalvenenisolation abschätzen zu können. Das MRT ist allerdings aktuell nicht geeignet, um als Vorlage für eine zusätzliche Substrat-ablation zu fungieren. Es sind deshalb weitere Nachbesserungen erforderlich.*

Literatur beim Verfasser

### Kontaktadresse

Dr. Martin Eichenlaub  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Kardiologie und Angiologie  
Südring 15 • 79189 Bad Krozingen  
Tel.: 07633 402-0 • Fax: 07633 402-2429  
E-Mail: martin.eichenlaub@uniklinik-freiburg.de

## Erythrozytentransfusion bei Kindern mit angeborenem Herzfehler

Dr. Christoph Zürn

### Hintergrund

In der peri- und postoperativen Versorgung von Kindern mit angeborenem Herzfehler sind häufig Transfusionen von Erythrozytenkonzentraten (EK) erforderlich. Die Gabe von EK erfolgt, um einen Blutverlust auszugleichen und einen verbesserten Sauerstofftransport durch ein höheres Hämoglobinangebot zu gewährleisten. Jedoch sollte jede EK-Transfusion individuell abgewogen werden, da insbesondere bei Kindern im ersten Lebensjahr sowie mit univentrikulärem Kreislauf ein erhöhtes Risiko für transfusionsassoziierte Nachteile besteht. Allergische Transfusionsreaktionen sind ebenso beschrieben wie transfusionsbedingte Infektionen, Immunmodulationen und eine transfusionsassoziierte akute Lungeninsuffizienz. Außerdem unterliegt jedes EK im Verlauf seiner Lagerung unweigerlich einem pH-Abfall sowie einem Anstieg von Kalium und Laktat. Trotz entsprechender Pufferlösungen sind diese In-vitro-Veränderungen nicht zu vermeiden. Da Neugeborene und Säuglinge in besonderem Maße vulnerabel für Verschiebungen des Säure-Basen-Haushaltes sowie Elektrolytchwankungen sind, muss jede EK-Transfusion als potentielle, iatrogene Ursache hierfür wahrgenommen werden.

### Transfusionsvolumen Kinder versus Erwachsene

In der klinischen Praxis unterscheidet sich die relative Menge des transfundierten EK häufig zwischen Erwachsenen und Kindern. Das Verhältnis von Transfusionsvolumen gegenüber Gesamtblutvolumen (GBV) der Patient\*innen ist bei Kindern in der Regel deutlich höher, wie das folgende Beispiel zeigt: Das GBV (ideales Körpergewicht  $\times$  70 ml/kg bei Patient\*innen unter 65 Jahren) eines Erwachsenen mit 80 kg Körpergewicht



**Abb. 1:** Säugling auf kinder-kardiologischer Intensivstation neben Erythrozytenkonzentrat.

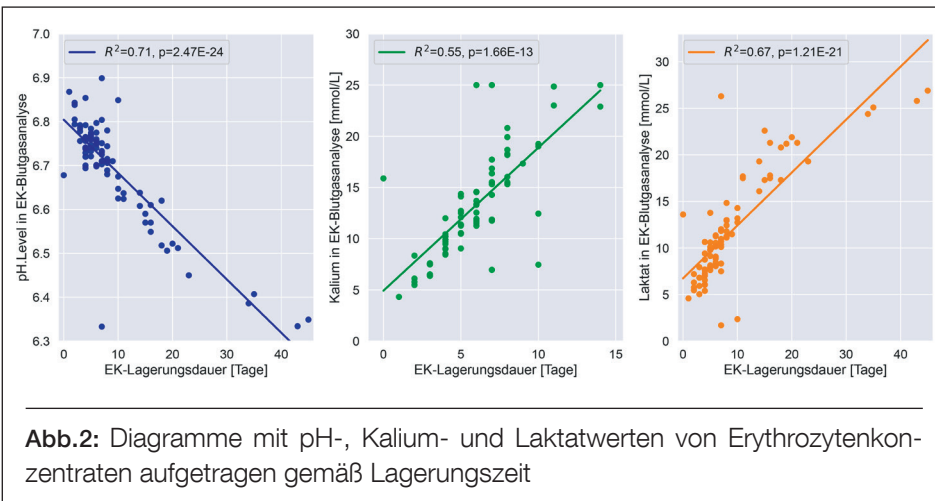
kann auf 5,6 l geschätzt werden. Die Transfusion eines ganzen EK-Beutels (250–300 ml) wären somit 4,5–5,4 % des GBV. Im Gegensatz dazu entsprechen bei einem Kind mit 5 kg Körpergewicht und einem geschätzten GBV von 400 ml eine übliche Transfusionsmenge von 20 ml/kg bereits 25 % seines GBV (Abb. 1).

### Auswirkung EK-Lagerungsdauer

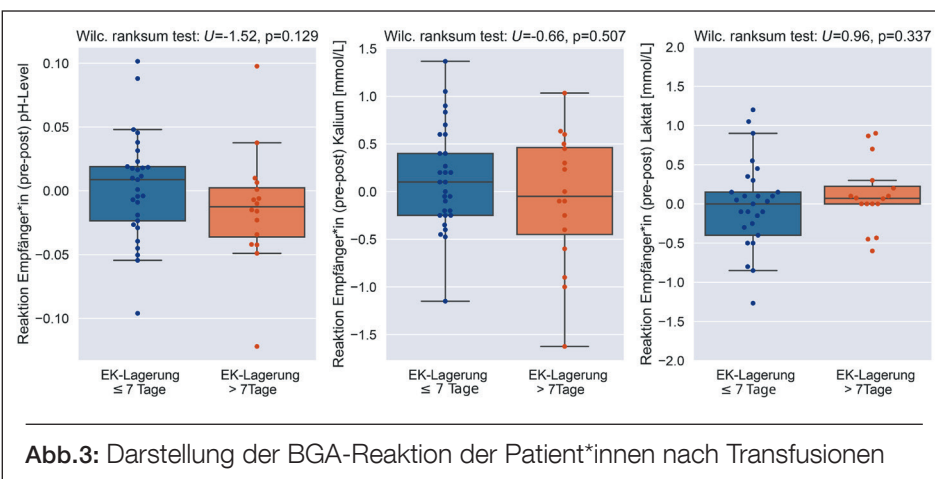
EK unterliegen In-vitro-Veränderungen, die durch die Lagerungsdauer beeinflusst sind. Diese sogenannte Storage Lesion führt unter anderem zu unphysiologischen Verschiebungen von pH, Kalium und Laktat. Um das Ausmaß sowie die Auswirkung der Lagerungsdauer besser zu erfassen, wurden von 2019 bis 2020 Blutgasanalysen (BGA) von 85 Konzentraten vor Transfusion auf der kinder-kardiologischen Intensivstation gesammelt.

Dabei zeigte sich ein hochsignifikanter Anstieg von Kalium und Laktat sowie ein entsprechender Abfall des pH-Werts in Zusammenhang mit dem Alter des Blutprodukts (Abb. 2).

In einem zweiten Schritt wurde ein möglicher Einfluss auf die BGA der Kinder nach Erhalt dieser EK-Transfusionen untersucht. Erfreulicherweise konnte die Studie keine signifikant nachteiligen Auswirkungen der Transfusion auf die Rezipient\*innen-BGA nachweisen. Dies bestätigte sich auch nach einer Stratifizierung der Daten gemäß einer EK-Lagerungsdauer von  $\leq 7$  (sehr frisch) und  $> 7$  Tage (Abb. 3) bei 26 beziehungsweise 19 Kindern. Wobei betont werden muss, dass diese Analysen unter ständiger Überwachung und Therapie auf der kinder-kardiologischen Intensivstation erfolgten. Das heißt, dass auf die regelmäßig durchgeführten BGA der Kinder prompt reagiert und zu keinem Zeitpunkt eine relevant negative Veränderung toleriert wurde.



**Abb.2:** Diagramme mit pH-, Kalium- und Laktatwerten von Erythrozytenkonzentraten aufgetragen gemäß Lagerungszeit



**Abb.3:** Darstellung der BGA-Reaktion der Patient\*innen nach Transfusionen

## Kalkulierte EK-Transfusion

Um die potentiellen Risiken, die mit EK-Transfusionen einhergehen, möglichst gering zu halten, werden am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen eine Reihe präventiver Maßnahmen ergriffen. Seit 2015 gibt es die Bestrebung, Kinder mit angeborenem Herzfehler nach Möglichkeit komplett fremdblutfrei zu operieren. Um dies zu erreichen bedarf es einer engen Zusammenarbeit aller beteiligten Expert\*innen aus Herzchirurgie, Anästhesie, Transfusionsmedizin, Kardiotechnik und Kinderkardiologie.

Zunächst wird allen Kindern zwei Wochen vor einer geplanten Herzoperation die tägliche Einnahme von Eisentropfen empfohlen, um eine bestmögliche Erythropoese zu gewährleisten.

Intraoperativ wird bei Verlust das Blut der Patient\*innen selbst aufgefangen, gefiltert und retransfundiert. Sollten dennoch EK-Transfusionen erforderlich werden, so wird jedes EK im OP vor Verabreichung in einer speziellen Maschine „gewaschen“, um Kalium- und Laktat-Spiegel zu normalisieren und den pH-Wert der Transfusionslösung zu verbessern. Eine physiologischere Zusammensetzung der Konzentrate verringert beispielsweise das Risiko für Herzrhythmusstörungen.

Um möglichst kurze Lagerungszeiten für die Blutkonserven zu gewährleisten, konnte mit Hilfe des Instituts für Transfusionsmedizin und Gentherapie ein weiterer neuartiger Ansatz am Universitätsklinikum Freiburg eingeführt werden. Für bestimmte komplexe Herzoperati-

onen werden im Vorfeld Blutspender\*innen explizit einbestellt, um möglichst frische Konzentrate vorhalten zu können.

Postoperativ werden auf unserer Kinderherzintensivstation die Bemühungen restriktiver Transfusionen fortgeführt. Dabei muss die individuelle klinische Situation sowie die zugrundeliegende Anatomie eines jeden Kindes berücksichtigt werden. Dazu zählt auch die Toleranz niedriger Hämoglobinwerte. Bei schwer kranken Patient\*innen mit einem azyanotischen Vitium werden auf der Intensivstation ab einem Hämoglobinwert von < 10g/dl EK-Transfusionen erwogen. Bei Neugeborenen und Säuglingen mit zyanotischer Herzerkrankung liegt der Schwellenwert bei 13g/dl. Transfusionen werden je nach Hämoglobinzielwert mit 15–20 ml/kg EK und stets langsam über vier Stunden verabreicht. Bei klinisch stabilen Kindern können diese Richtwerte durchaus unterschritten werden.

*Zur bestmöglichen Versorgung von Kindern mit angeborenem Herzfehler sollten restriktive EK-Transfusionen unter Toleranz niedriger Hb-Werte angestrebt werden, um potentiell transfusionsassoziiertem pH-Abfall, Lactatacidose oder Hyperkaliämie vorzubeugen. Storage lesion ist unvermeidbar und daher sind frischere EK mit physiologischerer Zusammensetzung zu bevorzugen, auch wenn unter Intensivtherapie die BGA der Kinder nicht signifikant beeinträchtigt zu sein scheint.*

Literatur beim Verfasser.

### Kontaktadresse

Dr. Christoph Zürn  
 UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
 Universitäts-Herzzentrum  
 Klinik für Angeborene Herzfehler  
 und Pädiatrische Kardiologie  
 Mathildenstraße 1 • 79106 Freiburg  
 Tel.: 0761-270-43230  
 Fax: 0761-270-44680  
 E-Mail: christoph.zuern@uniklinik-freiburg.de

## Interprofessionelles Notfalltraining auf der kardiologischen Intensivstation

Nina Eggers

Die Zusammenarbeit verschiedener Berufsgruppen im Krankenhaus ist von großer Bedeutung. Auf der Intensivstation ist die Zusammenarbeit zwischen Pflegenden und ärztlichem Personal besonders eng. Besonders komplexe Situationen, die eine gute und enge Zusammenarbeit erfordern, stellen Notfälle, insbesondere Reanimationen, dar.

Die kardiologische Intensivstation 1c stellt für den Campus Bad Krozingen das Notfallteam (ausgenommen sind die chirurgische Überwachungs- und Intensivstation, sowie der OP). Dieses besteht aus zwei Pflegenden und mindestens einem\*einer Ärzt\*in. Die Art der Notfälle variiert dabei von Synkopen bis hin zu Reanimationen.

Um insbesondere die Abläufe der erweiterten Reanimationsmaßnahmen (Advanced Cardiac Life Support (ACLS)) zu festigen, ist für alle Pflegenden der Intensivstation ein ACLS-Training einmal im Jahr verpflichtend. Auch für das ärztliche Personal besteht einmal jährlich eine Fortbildungspflicht. Bisher werden diese Fortbildungen jedoch überwiegend uniprofessionell gestaltet. Das ärztliche und pflegerische Personal wird also separat geschult.

### Das uniprofessionelle Notfalltraining hat viele Schwächen

In der Literatur gibt es keine expliziten Darstellungen, wie in deutschen Krankenhäusern Notfall- bzw. Reanimationstrainings im Detail gestaltet werden. Einzelne Untersuchungen lassen lediglich vermuten, dass diese sehr heterogen sind [1]. Jedoch gibt das relativ große Interesse am interprofessionellen Training Hinweise darauf, dass ein Handlungsbedarf gesehen wird. Denn das uniprofessionelle Training hat einige Nachteile: z. B. ein ungleichem Wissensstand der beiden Berufsgruppen, fehlendes Verständnis füreinander und vor allem eine schlechte Kommunikation untereinander [2]. Dies bewirkt wiederum eine schlechtere Qua-



Abb.: Das „10-Sekunden-für-10-Minuten-Prinzip“ [5]

lität der Reanimation [3] und ist folglich mit einem schlechteren Outcome für die Patient\*innen assoziiert [4]. Mit einem interprofessionellen Notfalltraining kann diesen Nachteilen begegnet werden.

### Definition interprofessionelles Notfalltraining

Unter interprofessionellem Notfalltraining wird das Training von Notfallsituationen verstanden, an dem sowohl das pflegerische, als auch das ärztliche Personal teilnimmt.

Der Fokus liegt in diesem Training auf der Zusammenarbeit zwischen den beiden Berufsgruppen. Ein wesentlicher Bestandteil stellt hier das Training der „human factors“ dar [3]. Dies beinhaltet unter anderem die Zusammenarbeit im Team und die Kommunikation, die für ein gutes Patientenoutcome entscheidend sind [3].

### Interprofessionelles Notfalltraining auf der Station 1c

Um das Notfallteam auf der Station 1c weiterzuentwickeln und den Nachteilen des uniprofessionellen Trainings zu begegnen, wurde das interprofessionelle Notfalltraining implementiert. Neben den bisher üblichen ACLS-Trainings, die uniprofessionell gestaltet werden, finden

auf der Station 1c zusätzlich interprofessionelle Notfalltrainings statt. An diesen nehmen also sowohl das ärztliche, als auch das pflegerische Personal teil. Sie werden mindestens zweimal im Jahr durchgeführt und als ACLS-Pflichtfortbildung anerkannt.

Das interprofessionelle Notfalltraining erfolgt im Rahmen eines Simulationstrainings. Hierfür stehen entsprechende Räumlichkeiten, eine moderne Reanimationspuppe sowie Monitoring zur Verfügung.

Das Training wird gemeinsam von ärztlichem und pflegerischem Personal gestaltet, die einen Provider- oder Instruktor-Kurs der American Heart Association (AHA) oder des German Resuscitation Council (GRC) absolviert haben. Die gemeinsame Gestaltung ermöglicht, dass die Schwerpunkte und Sichtweisen beider Berufsgruppen einfließen können.

Während des interprofessionellen Notfalltrainings werden Notfallsituationen simuliert, die das interprofessionelle Team bewältigen muss. Hierbei nimmt jede\*r Teilnehmende prinzipiell jede Rolle ein. Das bedeutet, dass Pflegenden auch die Führungsrolle im Team und ärztliches Personal die Teamrolle in einer Simulationssituation übernehmen.

Ein bedeutender Schwerpunkt der interprofessionellen Trainings ist die Kommunikation innerhalb des Teams. Denn eine mangelhafte Kommunikation ist hauptsächlich dafür verantwortlich, wenn

ein Notfall nicht gut abläuft [3]. Ein bekanntes Beispiel wäre, wenn gefordert wird, dass „jemand Adrenalin aufziehen soll“. Daraufhin ziehen entweder alle Beteiligten Adrenalin auf oder niemand. Daher wird unter anderem die Kommunikationsform „Closed-Loop“ trainiert, mit deren Hilfe im Notfall medizinische Anordnungen bis zu 3,6-mal schneller verabreicht werden können [2]. Zudem ist das Risiko einer falschen Medikation aufgrund von Missverständnissen deutlich reduziert. Ein weiteres wichtiges Element ist das „10-Sekunden-für-10-Minuten-Prinzip“ (Abb.) aus dem Crisis Resource Management (CRM) [5]. Dieses Team-Timeout soll allen ermöglichen, sich in kritischen Situationen zu sammeln und neu zu fokussieren.

Nach jedem absolvierten Trainingsszenario erfolgt eine Feedbackrunde („Debriefing“). Hier erfolgt die Reflexion der Teilnehmenden sowie eine Rückmeldung der Dozierenden. Fragen bzw. Unsicherheiten können in diesem Rahmen besprochen werden.

Das interprofessionelle Notfalltraining wird vom Team der Station 1c sehr gut angenommen und gegenüber dem uniprofessionellen ACLS-Training bevorzugt. Der Grund für diese positive Resonanz sind die möglichen positiven Effekte des interprofessionellen Notfalltrainings.

## Interprofessionelles Notfalltraining bietet viele positive Effekte

Das interprofessionelle Notfalltraining bietet die Möglichkeit, interprofessionelle Kompetenzen zu festigen. Zu diesen gehört unter anderem die Rollenklarheit („Wer übernimmt welche Aufgabe?“), die Zusammenarbeit im Team sowie die interprofessionelle Kommunikation [6].

Durch das gemeinsame Training wird die Expertise des\*der jeweils anderen sichtbar und kann von dem\*der Teamführenden entsprechend genutzt werden. Das Einbinden der unterschiedlichen

beruflichen Perspektiven steigert zudem nicht nur das Wissen aller Teilnehmenden, sondern auch das gegenseitige Verständnis füreinander. Auf diese Weise können eventuell bestehende Vorurteile gegenüber den jeweils anderen abgebaut werden [6]. Das Abbauen der Vorurteile und das gegenseitige Verständnis füreinander fördert eine flache Hierarchie und damit eine Arbeit auf Augenhöhe. Dies ist ein wichtiger Effekt, da ein Hierarchiedenken das Team und damit die Qualität der Reanimation negativ beeinflusst. Flache Hierarchien sind auf der Station 1c bereits gelebter Alltag, was in gemeinsamen Visiten oder Entscheidungen sichtbar wird. Das interprofessionelle Notfalltraining kann dies weiter fördern und die Arbeitszufriedenheit steigern.

Das gemeinsame Training stärkt auch das übergeordnete gemeinsame Ziel: das Wohl der Patient\*innen [6].

Durch das übergeordnete gemeinsame Ziel wird eine positive Interaktion gefördert [2]. Diese bewirkt eine schnellere Rollenfindung („Wer macht was?“) und eine effizientere Koordination, was nachweislich mit einer höheren Überlebenschancenwahrscheinlichkeit der Patient\*innen einhergeht [2]. Zudem ermöglicht die positive Interaktion und der geschützte Rahmen des interprofessionellen Notfalltrainings eine Grundlage für eine offene Fehlerkultur [6]. Stärken und Schwächen werden erkannt und es kann gemeinsam an ihnen gearbeitet werden.

Auch die Führung des Teams wird innerhalb des interprofessionellen Notfalltrainings ideal trainiert. Dies ist wichtig, da eine klare Führung essentiell für eine effiziente Kooperation im Team ist [4]. Durch das Wissen um die Qualifikation des anderen Teammitglieds und das aufgebaute Vertrauen ineinander im Rahmen des interprofessionellen Trainings kann der\*die Teamführende die jeweiligen Stärken des Einzelnen in der jeweiligen Notfallsituation optimal einsetzen.

*Das interprofessionelle Notfalltraining auf der Station 1c bietet viele positive Effekte, mit denen den Nachteilen des uniprofessionellen Notfalltrainings begegnet werden kann. Die inter- und intra-professionelle Kommunikation stellt dabei einen Schwerpunkt im Training dar, mit dem das Notfallteam effektiver und effizienter agieren kann.*

### Literatur

1. Müller M et al. (2015). Innerklinische Reanimation. Entscheidende Maßnahmen für das Outcome. Der Anästhesist, 64, 261-270. DOI 10.1007/s00101-015-0022-x
2. Henn A (2020). Effektive Reanimation durch richtige Kommunikation. Intensiv. Fachzeitschrift für Intensivpflege und Anästhesie, 28 (02), 68-72. DOI 10.1055/a-1088-5117
3. Deutscher Rat für Wiederbelebung-German Resuscitation Council e.V. (GRC) (Hrsg.) (2021). Reanimation 2021. Leitlinien kompakt. Verfügbar unter [https://www.grc-org.de/downloads/Leitlinien%20kompakt\\_26.04.2022.pdf](https://www.grc-org.de/downloads/Leitlinien%20kompakt_26.04.2022.pdf) [28.08.2022]
4. Hunziker S et al. (2011). Teamwork and Leadership in Cardiopulmonary Resuscitation. Journal of the American College of Cardiology, 57 (24), 2381-2388. DOI 10.1016/j.jacc.2011.03.017
5. Rall M et al. (2022). Crew Resource Management für Führungskräfte im Gesundheitswesen. Berlin: Springer.
6. Behrend R et al. (2020). Interprofessionelle Teams in der Versorgung. In K. Jacobs, A. Kuhlmeier, S. Greß, J. Klauber & A. Schwinger (Hrsg.), Pflege-Report 2019. Mehr Personal in der Langzeitpflege – aber woher? (S. 201–209). Berlin: Springer.

### Kontaktadresse

Nina Eggers  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Südring 15 • 79189 Bad Krozingen  
Tel.: 07633-402-3152  
Fax: 07633-402-3139  
E-Mail: [nina.eggerts@uniklinik-freiburg.de](mailto:nina.eggerts@uniklinik-freiburg.de)

## Langzeitfolgen von HALT?

Dr. Manuel Hein und PD Dr. Philipp Ruile

Bei 10 bis 15 % der Patient\*innen lassen sich früh nach einem interventionellen Aortenklappenersatz (TAVI) im CT zunächst asymptomatische a.e. thrombotische Auflagerungen auf den Prothesensegeln nachweisen (Abb. 1) [1,2]. Seit der Erstbeschreibung des Phänomens der sog. HALT („hypoattenuated leaflet thickening“) im Jahre 2015 beschäftigten sich zahlreiche Studien mit dieser neuen Entität [2]. Nachdem initiale Studien nachweisen konnten, dass HALT zumindest im kurz- und mittelfristigen Verlauf eine relativ benigne Erscheinung zu sein schien, blieben längerfristige Folgen zunächst unklar [1,3,4]. Denkbar sind hier vor allem neurologische Ereignisse wie Schlaganfall oder transitorisch ischämische Attacken (TIAs), Tod oder frühe Prothesendegeneration. Im Folgenden wird die aktuelle Datenlage zusammengefasst.

### Neurologische Komplikationen

Daten eines der bisher größten Patientenkollektive mit einem Follow-up-Zeitraum von mehr als drei Jahren zeigen keine erhöhte Inzidenz für Schlaganfälle oder TIAs bei den betroffenen Patient\*innen [5]. Diese Ergebnisse sind kongruent mit MRT-morphologischen Untersuchungen, die keine Hinweise für eine Assoziation von HALT und neurologischen Ereignissen dokumentieren konnten [6]. Lediglich eine Studie beschrieb eine erhöhte Rate an TIAs, allerdings ohne systematische neurologische Follow-up-Untersuchung [3]. Ohnehin erscheint in einem Kollektiv alter Patient\*innen mit hohem kardiovaskulären Risiko und einer erhöhten Prävalenz von Vorhofflimmern ein kausaler Zusammenhang mit TIAs schwer nachzuweisen [7]. Zudem ist aus MRT-Studien bekannt, dass bei über 70 % der Patient\*innen nach TAVI asymptomatische zerebrale Ischämien nachzuweisen sind [8].

### Mortalität

Bislang ergeben sich keine Hinweise für eine erhöhte Mortalität bei den betroffenen Patient\*innen. Weder unsere Arbeit noch die von Karady et al. konnten einen Einfluss auf die Sterblichkeit im Langzeitverlauf feststellen (Abb. 2) [5,6]. Lediglich eine Studie beschrieb eine erhöhte Mortalität in diesem Kollektiv [9]. In dieser Studie wurden allerdings alle Patient\*innen mit HALT über 3–6 Monate systematisch mit Marcumar antikoaguliert. Da dies in der Mehrzahl der Patient\*innen allerdings zu einer Auflösung von HALT führte, ist ein Einfluss von HALT auf die Mortalität im Langzeitverlauf nur schwer zu erklären. Eine systematische Antikoagulation erscheint ohnehin, auch in Anbetracht der GALILEO-Daten mit Übersterblichkeit bei antikoagulierten TAVI-Patient\*innen, nicht gerechtfertigt [10].

### Prothesenfunktion

Es konnte gezeigt werden, dass das Ausmaß der Veränderungen im CT mit dem

echokardiographischen Druckgradienten der Prothese im Verlauf korreliert, auch wenn dieser selbst vorerst meist nicht pathologisch erhöht ist [11]. Bei Patient\*innen, die aus anderen Gründen antikoaguliert wurden, zeigten sich konstante echokardiographische Parameter, wohingegen Patient\*innen ohne Antikoagulation einen leichten Anstieg des mittleren Gradienten im ersten Jahr verzeichneten [12]. Zu pathologisch erhöhten Druckgradienten kommt es jedoch erst bei Mindermobilität mehrerer Prothesensegel bei ausgedehnter Thrombose [13].

HALT erwies sich während des Follow-ups von über drei Jahren als signifikanter Prädiktor für eine symptomatische hämodynamische Prothesendysfunktion (Abb. 2) [5]. Dies deckt sich mit früheren Studien, die bereits bei einem kürzeren Follow-up einen erhöhten Druck-Gradienten bei HALT-Patient\*innen aufzeigten [12]. Auch andere Arbeitsgruppen dokumentierten eine Assoziation von HALT mit früher Dysfunktion [6,14]. Histologische Analysen postulieren sogar einen Zusammenhang der Thrombose mit einer späteren Degeneration [15].

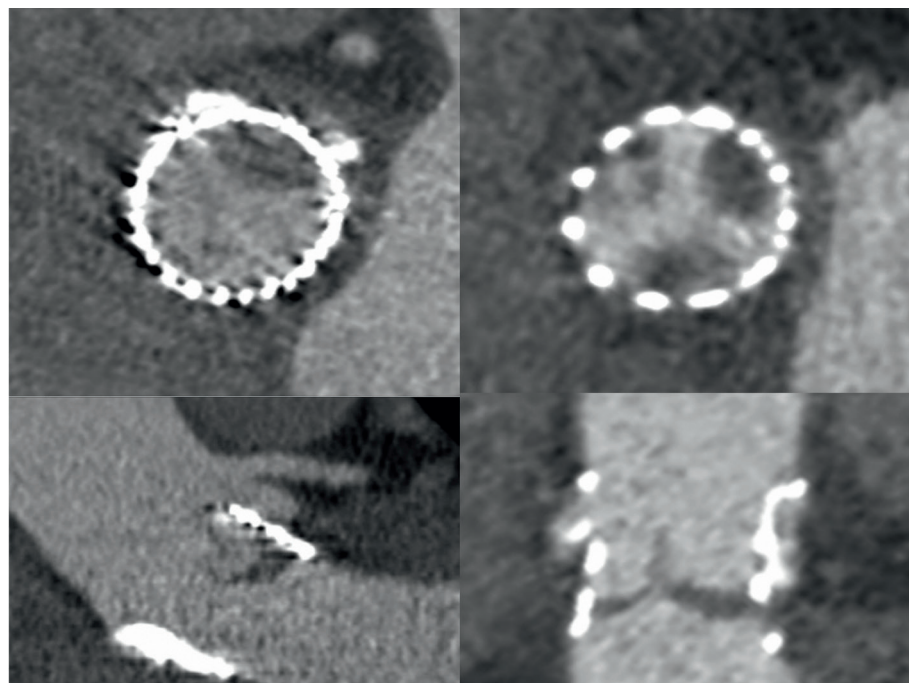
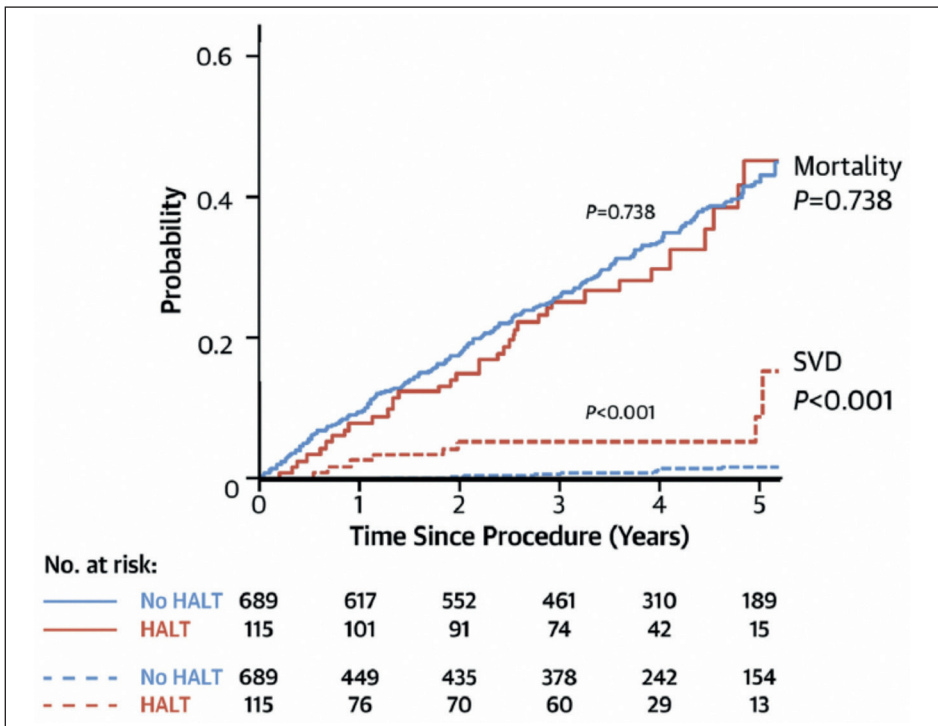


Abb. 1: CT-Bilder von zwei Beispielpatient\*innen mit früher HALT.





**Abb. 2:** Kaplan-Meier-Kurven für Patient\*innen mit und ohne frühe Klappenthrombose nach TAVI zeigen keinen signifikanten Unterschied in der Mortalität, allerdings vermehrtes Auftreten von symptomatischer hämodynamischer Prothesendysfunktion (SVD) [5].

Nun besteht ein therapeutisches Dilemma: Einerseits besteht mit der Antikoagulation ein wirkungsvolles Therapiekonzept gegen HALT, das potentiell eine Degeneration verhindern könnte. Andererseits ist eine generelle Antikoagulation bei diesen Patient\*innen mit einer erhöhten Mortalität assoziiert [10].

Pragmatisch denkbar wäre z.B. eine Screening-CT-Untersuchung während des stationären Aufenthaltes nach TAVI. Somit könnten Patient\*innen mit HALT und erhöhtem Risiko für eine Prothesendysfunktion und eventuelle Degeneration identifiziert und gegebenenfalls zielgerichtet antikoaguliert werden. Hierzu fehlen jedoch Studien, die gezielt Patient\*innen mit einer frühen HALT einer randomisierten Therapie unterzogen haben.

#### Literatur

1. Hansson NC et al., Transcatheter Aortic Valve Thrombosis: Incidence, Predisposing Factors, and Clinical Implications. J Am Coll Cardiol 2016

*Die frühe HALT nach TAVI ist nicht mit einer erhöhten Mortalität oder mit vermehrtem Auftreten von neurologischen Ereignissen vergesellschaftet. Allerdings mehrten sich Hinweise auf eine frühe Prothesen-Degeneration. Weitere randomisierte Studien sollten folgen, um klinische Handlungsempfehlungen herauszuarbeiten.*

2. Pache G et al. Early hypo-attenuated leaflet thickening in balloon-expandable transcatheter aortic heart valves. Eur Heart J 2015
3. Chakravarty T et al. Subclinical leaflet thrombosis in surgical and transcatheter bioprosthetic aortic valves: an observational study. The Lancet 2017
4. Ruile P et al. Medium-Term Follow-Up of Early Leaflet Thrombosis After Transcatheter Aortic Valve Replacement. JACC Cardiovasc Interv 2018
5. Hein M et al. Long-Term Follow-Up of Hypoattenuated Leaflet Thickening After Transcatheter Aortic Valve Replacement. JACC Cardiovasc Interv 2022

6. Karády J et al. Quantification of hypo-attenuated leaflet thickening after transcatheter aortic valve implantation: clinical relevance of hypo-attenuated leaflet thickening volume. Eur Heart J - Cardiovasc Imaging 2020
7. Ruile P et al. Impact of the type of transcatheter heart valve on the incidence of early subclinical leaflet thrombosis. Eur J Cardiothorac Surg 2018
8. Woldendorp K et al. Silent brain infarcts and early cognitive outcomes after transcatheter aortic valve implantation: a systematic review and meta-analysis. Eur Heart J 2021
9. Garcia S et al. Clinical Impact of Hypoattenuating Leaflet Thickening After Transcatheter Aortic Valve Replacement. Circ Cardiovasc Interv 2022
10. Dangas GD et al. A Controlled Trial of Rivaroxaban after Transcatheter Aortic-Valve Replacement. N Engl J Med 2019
11. Ruile P et al. Course of early subclinical leaflet thrombosis after transcatheter aortic valve implantation with or without oral anticoagulation. Clin Res Cardiol 2017
12. Hein M et al. Haemodynamic prosthetic valve performance in patients with early leaflet thrombosis after transcatheter aortic valve implantation. Clin Res Cardiol 2019
13. Makkar RR et al. Possible Subclinical Leaflet Thrombosis in Bioprosthetic Aortic Valves. N Engl J Med 2015
14. Rashid HN et al. The impact of hypo-attenuated leaflet thickening on haemodynamic valve deterioration following transcatheter aortic valve replacement. J Cardiovasc Comput Tomogr 2022
15. Sellers SL et al. Transcatheter Aortic Heart Valves: Histological Analysis Providing Insight to Leaflet Thickening and Structural Valve Degeneration. JACC Cardiovasc Imaging 2019

#### Kontaktadresse

Dr. Manuel Hein  
UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
Universitäts-Herzzentrum  
Klinik für Kardiologie und Angiologie  
Hugstetter Straße 55 • 79106 Freiburg  
E-Mail: manuel.hein@uniklinik-freiburg.de

## Die neuen HU-Richtlinien für die Herz- und Herz-Lungentransplantation

Dr. Michael Berchtold-Herz

### Ausgangssituation

Mit der Einführung des High-urgent-(HU) Status für die bevorzugte Allokation von Spenderherzen für schwer kardial Erkrankte im Jahr 2004 wurden Kriterien festgelegt, um die Zugehörigkeit zu diesem Wartelistenstatus zu definieren. Es wurden damals Kriterien für inotropikaabhängige Patient\*innen, solche mit Komplikationen am Herzunterstützungssystem und für einzelne Spezialfälle festgelegt. Die Definition dieser HU-Kriterien basierte mangels Evidenz auf Expertenmeinungen. Wenn ein\*e Patient\*in die Kriterien für den hochdringlichen Wartelistenstatus erfüllte, konnte von dem behandelnden Transplantationszentrum ein HU-Antrag bei der Vermittlungsstelle Eurotransplant in Leiden (NL) gestellt werden. Die Entscheidung über die Akzeptanz des HU-Antrags lag bereits damals bei der sogenannten Audit-Kommission, in der jeweils drei erfahrene Transplantationsmediziner\*innen in einfacher Mehrheit nach fachlicher Prüfung über den Antrag entschieden.

Bereits seit vielen Jahren wurde Kritik an dem bestehenden HU-System geäußert. Zum einen entsprachen die geforderten Katecholamindosen für inotropika-abhängige Patient\*innen nicht dem aktuellen Stand der Wissenschaft, und die HU-Kriterien ließen, vor allem bei den Erkrankten mit dauerhaften Herzunterstützungssystemen (durable mechanical circulatory support, dMCS), einen großen Interpretationsspielraum für die Auditor\*innen, so dass durch die Konkretisierung der Anforderungen an den HU-Status eine höhere Verfahrenssicherheit im HU-Auditing bei der Vermittlungsstelle erreicht werden sollte.

### Erster Schritt: Neue Kriterien für Nicht-dMCS-Patient\*innen

Empfänger\*innen, die diese Kriterien erfüllen, sind Patient\*innen, die nach Ausschöpfung aller alternativen Behandlungsmöglichkeiten (ausgenommen permanente

#### Kardiales Hypoperfusionssyndrom (1–3 erfüllt)

1. Klinik: Symptome und klinische Zeichen der terminalen Herzinsuffizienz (NYHA III/NYHA IV, AHA/ACC Stadium D) und
2. Eingeschränkte Hämodynamik:
  - Herzindex (Cardiac Index, CI) unter  $2,0\text{ l/min/m}^2$  und
  - gemischt-venöse Sättigung (SVO<sub>2</sub>) unter 50% und
  - pulmonalkapillärer Wedge-Druck (PCWP) über 15mmHg und
3. Zeichen der Endorganschäden (mindesten eines der folgenden):
  - über die Normwerte (Referenzbereich des Kliniklabors) erhöhtes Laktat
  - über die Normwerte (Referenzbereich des Kliniklabors) erhöhtes Bilirubin
  - eine erniedrigte (unter 60 ml/min) kalkulierte glomeruläre Filtrationsrate (GFR) (bei Ausschluss einer Nierenerkrankung)
  - Serum-Natrium unter 135 mmol/l.

#### Eine Inotropikaabhängigkeit liegt vor, wenn

1. unter einer kontinuierlichen Gabe von Dobutamin, Milrinon oder Enoximon mit einer Dauer von mindestens 72 Stunden
  - der CI unter  $2,0\text{ l/min/m}^2$  verbleibt, oder
  - der CI in einem Reduktionsversuch (Reduktion von Dobutamin, Milrinon oder Enoximon unterhalb der in der ESC-Leitlinie angegebenen Minimaldosis) von über  $2,0\text{ l/min/m}^2$  auf unter  $2,0\text{ l/min/m}^2$  abfällt
2. oder nach einer einmaligen Infusion von Levosimendan (über 24 h) innerhalb von 14 Tagen das kardiale Hypoperfusionssyndrom nach o. g. Definition wieder auftritt und eine erneute Inotropikagabe erforderlich ist.

Tab. 1: HU-Kriterien für inotropikaabhängige Patienten

Herzunterstützungssysteme) unter einer kardialen Hypoperfusionssymptomatik leiden und von der Gabe von Inotropika abhängig sind. Ist eine Inotropikagabe erforderlich, so gelten die Dosierempfehlungen der Leitlinie für akute und chronische Herzinsuffizienz der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (European Society of Cardiology, ESC, 2016 Guideline on „Acute and Chronic Heart Failure“) für die initiale Inotropikatherapie und die Erhaltungstherapie (Dobutamin  $2\text{--}20\ \mu\text{g/kg/min}$ , Milrinon  $0,375\text{--}0,75\ \mu\text{g/kg/min}$ , Enoximon  $5\text{--}20\ \mu\text{g/kg/min}$ ). Diese neuen Richtlinien wurden von Beginn an mit dem Eurotransplant Thoracic Advisory Committee (ETHAC) abgestimmt, um möglichst schnell zu einer für den ganzen Eurotransplant-Bereich gültigen internationalen Regelung zu kommen. Sie wurden am 19.12.2019 publiziert. Demnach sind die HU-Kriterien erfüllt, wenn ein kardiales Hypoperfusionssyndrom vorliegt, und der\*die Patient\*in gleichzeitig inotropikaabhängig ist (Tab. 1). Bei der Notwendigkeit des Einsatzes temporärer Unterstützungssysteme im Rahmen des kardialen Hypoperfusionssyndroms muss eine HU-

Meldung im Einzelfall begründet werden.

Die Inotropika-Abhängigkeit muss von den Zentren mittels Rechtsherzkatheter-Untersuchung alle 14 Tage reevaluiert werden. Falls diese nicht mehr besteht, muss das Zentrum den\*der Patient\*in innerhalb von 24 Stunden bei Eurotransplant auf den Status T zurückstufen. Dies wird von Eurotransplant zwar nicht kontrolliert, wohl aber bei den regelmäßigen Zentrumsüberprüfungen durch die Prüfungs- und Überwachungskommissionen der Bundesärztekammer. Eine weitere wesentliche Änderung der HU-Richtlinien ist die Akkumulation der HU-Wartezeiten, so dass die einmal erreichte Wartezeit im HU-Status bei einer Rückstufung in den Status T oder NT, z. B. bei Rekompensation oder einem zwischenzeitlichen Infekt, nicht verloren geht. Dies soll eine Benachteiligung derjenigen Patient\*innen verhindern, die sich beispielsweise unter Katecholamintherapie zwar rekompensieren lassen und somit den HU-Status verlieren, aber bei jeder neuen Dekompensation wieder bei null Tagen HU-Wartezeit beginnen müssten. Der HU-Erstantrag gilt nun für einen Zeitraum von vier Wochen, jeder Verlängerungsantrag

(HU-Reevaluation) für jeweils acht Wochen. Der HU-Status setzt voraus, dass sich der\*die Patient\*in im Transplantationszentrum oder in einem mit diesem eng kooperierenden, dieselben medizinischen Therapierichtlinien anwendenden Krankenhaus befindet, das örtlich so nahe gelegen ist, dass ein\*e Ärzt\*in der transplantierenden Klinik den\*die Patient\*innen mindestens einmal wöchentlich visitieren (mit Dokumentation) kann. Die Behandlung inotropikaabhängiger Patient\*innen muss auf einer Intensivstation, einer Intermediate-Care-Station oder einer Heart-Failure-Unit durchgeführt werden. Aufgrund der parallelen Homologisierung dieser deutschen Richtlinien mit dem EThAC wurden diese inhaltlich von Eurotransplant zeitgleich im ET-Manual veröffentlicht.

## Zweiter Schritt: Patient\*innen mit dauerhaften Herzunterstützungssystemen (dMCS)

Unter dem Begriff dMCS werden Patient\*innen mit einem dauerhaft implantierbaren ventrikulären Unterstützungssystem (ventricular Assist Device, VAD) und Patient\*innen mit einem Kunstherzen (total artificial heart, TAH) zusammengefasst. Während stabile dMCS-Patient\*innen nicht unmittelbar vital bedroht sind und somit auch nicht vorrangig transplantiert werden müssen, können sie beim Auftreten von lebensbedrohlichen Situationen in den HU-Status eingestuft werden. Am 7. September 2021 wurden die HU-Kriterien für Patient\*innen mit dMCS (Tab. 2) veröffentlicht. Um eine Abgrenzung zu perioperativen Ereignissen zu erreichen, gelten alle genannten Komplikationen erst ab einem Zeitraum von 30 Tagen nach Implantation des dMCS als HU-Kriterium. Alle genannten Komplikationen müssen mittels geeigneter Diagnostik nachgewiesen werden, es müssen außerdem alle alternativen Behandlungsmöglichkeiten ausgeschöpft sein bzw. per Entscheid durch die Transplantationskonferenz des beantragenden Zentrums als nur mit unverhältnismäßig hohem Risiko durchführbar

### Komplikationen am dMCS

1. dMCS bedingte zerebrale Komplikationen
  - zerebrale Ischämie oder Blutung mit nachgewiesenem neurologischen Defizit
2. periphere Embolie
3. therapierefraktäre GI-Blutungen
  - mindestens 3 stationäre Aufenthalte wegen GI-Blutung oder >15 EK in 4 Wochen
4. neu aufgetretene mittel- bis hochgradige Aortenklappeninsuffizienz
  - PCWP >15 mmHg und Klinik (NYHA III–IV)
5. Chronisches Rechts Herzversagen am LVAD
  - 2 erfolglose Weaningversuche vom temporären RVAD oder kardiales Hypoperfusionssyndrom (ohne erhöhtem PCWP)
6. Infektion eines dMCS
  - Infektionszeichen oder infektionstypische Zeichen in Bildgebung (CT, PET), Klinik, rez. Bakteriämie trotz Antibiose
  - Abszesse oder freiliegende Pumpen
7. Gerätebedingte Fehlfunktion eines dMCS
  - Mit drohendem Funktionsverlust
8. Rezidivierende Pumpenthrombose
  - Nach bereits durchgeführtem Pumpentausch oder Lysebehandlung erneute Hämolysezeichen und ungenügende Entlastung des LV

**Tab. 2:** HU-Kriterien für Patienten am Herzunterstützungssystem (dMCS)

beurteilt und begründet sein. So müssen z. B. bei schwerer Klappeninsuffizienz auch interventionelle Verfahren evaluiert werden, genauso wie bei gastrointestinalen Blutungen oder Deviceinfektionen alle interventionellen oder chirurgischen Behandlungsoptionen ausgeschöpft sein müssen. Alle Blutungs- oder embolischen Komplikationen müssen unter der individuell erforderlichen Antikoagulation aufgetreten sein. Bei allen Fällen gilt, dass der\*die Patient\*in vom Zentrum selbst aktiv auf den Status „T“ zurückgestuft werden muss, wenn die Bedingungen für den HU-Status nicht mehr vorliegen, wie z. B. ein Sistieren einer gastrointestinalen Blutung. Patient\*innen mit einer Komplikation am dMCS müssen nicht zwingend auf einer Intensiv- oder Intermediate-Care-Einheit aufgenommen sein. Die interdisziplinäre Transplantationskonferenz kann entscheiden, dass in medizinisch begründeten

### Spezialfälle

1. isolierte kardiales AL- oder ATTR-Amyloidose und kardiales Hypoperfusionssyndrom
  - Beurteilung der Mehrorganbeteiligung nach Gertz et al. 2005
2. obstruktive oder restriktive Kardiomyopathie und kardiales Hypoperfusionssyndrom
3. lebensbedrohliche, nicht kontrollierbare Arrhythmien trotz maximal ausgeschöpfter medikamentöser und interventioneller Therapieversuche
4. Erwachsene mit angeborenem Herzfehler und sekundärem Endorganschaden

**Tab. 3:** HU-Kriterien für Spezialfälle

Ausnahmefällen die Behandlung auch in einer neurologischen Rehabilitationseinrichtung stationär erfolgen kann.

## HU-Kriterien in speziellen Fällen

Zeitgleich mit den HU-Kriterien für die Patient\*innen mit dMCS wurden Spezialfälle definiert, bei denen im Rahmen einer begründeten Einzelfallentscheidung ein HU-Status gewährt werden kann. Dies sind Diagnosen, bei denen die Behandlung mit einem VAD technisch schwierig ist bzw. eine Therapie mit Inotropika meist nicht zielführend oder sogar kontraindiziert ist. Die Diagnosen per se sind in diesen Spezialfällen nicht ausreichend, es muss eine begründete Ausnahmesituation vorliegen.

### Literatur

Gertz Morie A et al. (2005): Definition of Organ Involvement and Treatment Response in Immunoglobulin Light Chain Amyloidosis (AL): A Consensus Opinion From the 10th International Symposium on Amyloid and Amyloidosis. In: American Journal of Hematology 79 (4), S. 319–328. DOI: 10.1002/ajh.20381.

### Kontaktadresse

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

## 50 Jahre Herzmedizin in Bad Krozingen

Thilo Jakob und Bernhard Grotz



Abb. 1: Prof. Dr. Helmut Roskamm

### Vom Rehaszentrum zum Universitäts-Herzzentrum Vor 50 Jahren wurden in Bad Krozingen die Grundlagen gelegt

Als der 1965 gegründete Verein Benedikt Kreutz Rehabilitationszentrum Bad Krozingen e.V. im Oktober 1972 ein Modellzentrum für kardiologische Rehabilitation eröffnete, war es unvorstellbar, dass daraus einmal eines der bedeutendsten Zentren zur Behandlung von Herzkrankheiten in Europa werden könnte.

Im Rückblick ist die Schaffung einer umfassenden und integrierten Versorgung der Patient\*innen der Pionierleistung des ersten Ärztlichen Direktors, Professor Dr. Helmut Roskamm, zu verdanken. Dies war das Fundament für die

sehr erfolgreiche Entwicklung des 1994 in „Herz-Zentrum Bad Krozingen“ umbenannten Modellzentrums für kardiologische Rehabilitation und umfassende internistische Kardiologie.

Prof. Helmut Roskamm baute die Bekanntheit des Zentrums systematisch aus. Wegweisende Behandlungskonzepte und die für ein Rehabilitationszentrum ungewöhnlichen Aktivitäten im Bereich der Forschung und Wissenschaft gehörten zu den entscheidenden Erfolgsmotoren. Die Integration der Ausbildung Studierender der Universität Freiburg

trug hierzu ebenso bei, wie die Durchführung von Fortbildungsveranstaltungen und wissenschaftlichen Studien, sowie die Herausgabe von Lehrbüchern.

Sehr hilfreich war in der Gründungszeit, dass es im Südwesten eine Versorgungslücke im Bereich Koronarangiographie und Koronarchirurgie gab. So wurde im Benedikt Kreutz Rehabilitationszentrum für Herz- und Kreislaufkranke (RHZ) praktisch von Anfang an die invasive Diagnostik durchgeführt. In kurzer Zeit erfuhr das RHZ nicht nur als Modell einer kardiologischen Rehabilitation, sondern auch als kardiologisches Zentrum für Herzerkrankungen große Anerkennung. Schon im Jahr 1974, nur zwei Jahre nach seiner Gründung, wurden nirgendwo in Deutschland so viele Koronarangiographien durchgeführt wie im RHZ.

Viele der koronarangiographierten Patient\*innen mussten sich einer Herz-Operation unterziehen. Ein wichtiger Meilenstein war deshalb die im Jahr 1978 erfolgte Inbetriebnahme der Herz- und Gefäßchirurgie unter der Leitung von Dr. Martin Schmutziger. Das RHZ Bad Krozingen war dann auch am 7. März 1986 die Bühne für die erste Herztransplantation in Baden-Württemberg. Mit der Möglichkeit einer chirurgischen Intervention wurde ein Kolloquium eingeführt, in dem mit Beteiligung der Kardiolog\*innen und Chirurg\*innen die jeweils individuell passende Therapie beraten wurde. Bis heute ist die Frage „Was hilft dem\*der Patient\*in?“ auf allen Ebenen des heutigen UHZ das zentrale Steuerungsinstrument für zu treffende Entscheidungen.

Die berufsgruppenübergreifende Vernetzung von Wissen fand schon damals in einem von Benedikt Kreutz (1879 – 1949), dem zweiten Präsidenten des Deutschen Caritasverbandes und Namensgeber des RHZ, geprägten Geist statt. Er betonte stets: „... es sind die Menschen, die zusammenwirken, die sich gegenseitig unterstützen und helfen. Jeder auf dem Platz, den er ausfüllt, so



**Abb. 2:** Universitäts-Herzzentrum, Campus Bad Krozingen, Universitätsklinikum Freiburg 2020 (Foto: Nils Theurer)

wie ein Uhrwerk, bei dem jede kleine Schraube, jedes kleine Zahnrad wichtig ist...“. Diese Atmosphäre ist bis heute das Fundament für die Realisierung des Ziels, die bestmögliche Patientenversorgung zu erreichen.

2001 übernahm Prof. Dr. Franz-Josef Neumann die ärztliche Leitung des Herzzentrums. Unter seiner Leitung entwickelte es sich zu einem der bedeutendsten Zentren für kardiovaskuläre Medizin in Europa. 2012 wurde mit der Gründung des Universitäts-Herzzentrums Freiburg · Bad Krozingen (UHZ) eine für beide Träger neue und überaus erfolgreiche Entwicklung eingeleitet. Mit der im Jahre 2021 erfolgten Integration des UHZ in das Universitätsklinikum Freiburg wurden die Weichen für eine nachhaltige und weiter erfolgreiche Entwicklung des einstigen RHZ gelegt.



**Abb. 3:** Eröffnung Herzzentrum 1972

## Fit für die Zukunft: Doppelwechsel am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen Neue Ärztliche Direktoren an der Klinik für Kardiologie und Angiologie und der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Seit dem 1. August 2022 ist Prof. Dr. Dirk Westermann Ärztlicher Direktor der Klinik für Kardiologie und Angiologie und Prof. Dr. Martin Czerny Ärztlicher Direktor der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Freiburg. Zudem wurden die Kliniken für Kardiologie und Angiologie I und II zusammengelegt. Prof. Dr. Westermann folgt damit auf Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph Bode und Prof. Dr. Franz-Josef Neumann, Prof. Dr. Czerny ist Nachfolger von Prof. Dr. Dr. h.c. Friedhelm Beyersdorf.

„Das Universitäts-Herzzentrum ist eines der größten und leistungsfähigsten Zentren für kardiovaskuläre Medizin in Europa. Mit den beiden neuen Ärztlichen Direktoren sind wir stark für die Zukunft aufgestellt. Damit werden die Kliniken und ihre Fachbereiche noch enger verzahnt, was direkt unseren Patient\*innen zugute kommt“, sagt Prof. Dr. Dr. h.c. Frederik Wenz, Leitender Ärztlicher Direktor des Universitätsklinikums Freiburg. Am Universitäts-Herzzentrum mit seinen beiden Standorten Freiburg und Bad Krozingen werden jährlich etwa 36.000 Patient\*innen ambulant und rund 20.000 Patient\*innen stationär behandelt, darunter bundesweit die meisten Herzinfarkt-Patient\*innen.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden für optimale Behandlungserfolge zunehmend fachübergreifend behandelt, denn Krankheitsbilder und Therapien werden immer komplexer. „Der Team-Gedanke ist mir sehr wichtig. Deshalb freue ich mich, dass am Universitäts-Herzzentrum bereits eine sehr gute fächerübergreifende Zusammenarbeit erfolgt, die wir noch weiter intensivieren werden“, sagt Prof. Dr. Westermann.

„Wir werden den Zentrumsgedanken stärken und dafür zusätzliche Schwerpunkt-Einheiten einrichten, in denen die Patient\*innen rundum versorgt werden“, erklärt Czerny. Weiterer Schwerpunkt ist die frühzeitige Diagnostik und Behandlung von Patient\*innen mit Erkrankungen der Herzklappen sowie eine Heart Failure Unit, in der Patient\*innen mit fortgeschrittener



**Abb. 1:** Gemeinsam verstärken sie das Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen: Prof. Dr. Dirk Westermann (links) und Prof. Dr. Martin Czerny (rechts)

Herzschwäche optimal betreut werden. Auch die international anerkannten Abteilungen für Rhythmologie und Angiologie werden stärker interdisziplinär aufgestellt, wodurch noch bessere Therapien angeboten werden können.

### Zur Person: Prof. Dr. Dirk Westermann

Prof. Dr. Dirk Westermann hat in München, Wien und Berlin Medizin studiert. 2006 wurde er an der Charité – Universitätsmedizin Berlin promoviert, 2011 ebendort habilitiert. 2013 wechselte er als Oberarzt an das Universitäre Herz- und Gefäßzentrum Hamburg, wo er Ärztlicher Leiter des Herzkatheter-Labors und ab 2016 auch stellvertretender Ärztlicher Direktor der Klinik für Kardiologie war.

Prof. Dr. Westermanns klinische Schwerpunkte liegen in der Behandlung koronarer Herzerkrankungen wie Herzinfarkt und Herzklappenerkrankungen. Einen klini-

schen und wissenschaftlichen Fokus legt er in der Erforschung innovativer Behandlungsansätze beim „kardiogenen Schock“, durch den das Herz plötzlich an Pumpfunktion verliert. Weitere Schwerpunkte ist die frühzeitige Diagnostik von Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch geeignete Stoffwechselprodukte. „Die Forschung am Universitäts-Herzzentrum ist auf international höchstem Niveau“, sagt Westermann. „Indem wir die Grundlagen verstehen, können wir Behandlungskonzepte verbessern und neue entwickeln. Unser Ziel ist, am Universitäts-Herzzentrum unseren Patient\*innen auch in Zukunft immer die beste Medizin anzubieten.“

### Zur Person: Prof. Dr. Martin Czerny

Prof. Dr. Martin Czerny wurde 1998 in Wien promoviert. Nach weiteren Stationen in Bern und Zürich war er ab 2015 am Universitäts-Herzzentrum des Universi-



Foto: Universitätsklinikum Freiburg

**Abb.2:** Prof. Dr. Martin Czerny



Foto: Universitätsklinikum Freiburg/Britt Schilling

**Abb.3:** Prof. Dr. Dirk Westermann

tätsklinikums Freiburg als Sektionsleiter für offene und endovaskuläre Gefäßchirurgie tätig. 2020 wurde er auf eine Heisenberg-Proffessur für konventionelle und interventionelle Aorten Chirurgie an der Universität Freiburg berufen. Czerny ist (Mit-) Herausgeber mehrerer wissenschaftlicher Zeitschriften und Vorsitzender deutscher und europäischer Expertengremien der Herz- und Gefäßchirurgie.

Zu Prof. Dr. Czernys klinischen Schwerpunkten gehören Eingriffe an der Hauptschlagader und den Herzkranzgefäßen sowie das Einsetzen von Herzklappen.

Auch Herztransplantationen und die Behandlung komplexer Entzündungen am Herzen gehören zu seinem Themenfeld. Seine Forschungsschwerpunkte liegen unter anderem auf der Entwicklung neuer Behandlungsformen bei Erkrankungen der Hauptschlagader. Ursachen eines Risses der Hauptschlagader sind bislang nicht bekannt und sein Auftreten völlig unvorhersehbar. Neue Erkenntnisse erhoffen sich Czerny und seine Arbeitsgruppe durch die Erforschung von Blutwerten, die auf ein persönliches Risiko für einen Aortenriss hinweisen. Außerdem

untersucht er neue Eingriffe an der Aorta zur Schlaganfallsprophylaxe.

**Kontaktadressen**

Prof. Dr. Dirk Westermann  
 UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
 Universitäts-Herzzentrum  
 Klinik für Kardiologie und Angiologie  
 Südring 15 • 79189 Bad Krozingen  
 Tel.: 07633 402-2001  
 E-Mail: dirk.westermann@uniklinik-freiburg.de  
 Prof. Dr. Martin Czerny  
 UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG  
 Universitäts-Herzzentrum  
 Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie  
 Südring 15 • 79189 Bad Krozingen  
 Tel.: 07633-402-6216  
 E-Mail: martin.czerny@uniklinik-freiburg.de

## TERMINE

Termin	Veranstaltung	Veranstaltung/Ort
07./08.10.2022	21. Freiburg · Bad Krozinger Herz-Kreislauf-Tage 2022	Konzerthaus Freiburg
03.12.2022	Interdisziplinäres Gefäßsymposium	Online-Veranstaltung
10.12.2022	Kardiologie-Update 2022 – Schwerpunkt Rhythmologie	Kurhaus Bad Krozingen

## Ansprechpartner

### Klinik für Kardiologie und Angiologie Freiburg

Prof. Dr. D. Westermann

#### Standort Freiburg

Sekretariat Tel. 0761-270-34410  
Fax 0761-270-34412

Aufnahmemanagement/Herzkatheter-  
anmeldung Tel. 0761-87019800  
Fax 0761-270-36800

Ambulanzen  
Privatambulanz Tel. 0761-270-34420  
Ambulanz/Intervention bei strukturellen und  
angeborenen Herz-Kreislaufkrankungen/ISAH  
Echokardiographie Tel. 0761-270-73140  
Rhythmus & Herzfunktion Tel. 0761-270-33260  
Herztransplantations-/Erwachsene mit  
angeborenen Herzfehlern/  
Herzinsuffizienz-Ambulanz Tel. 0761-270-35480

Chest Pain Unit/Univers.-Notfallzentrum  
Notfallnummer Tel. 0761-270-33273  
Kardiovaskuläre Hochrisikoambulanz Tel. 0761-270-73140

Stationen  
von Frerichs III Tel. 0761-270-35580  
von Müller Tel. 0761-270-35620

#### Campus Bad Krozingen

Sekretariat Tel. 07633-402-2000  
Fax 07633-402-2009  
Empfang (24 h) Tel. 07633-402-0  
Aufnahmemanagement Tel. 07633-402-5051  
(mit oder ohne Wahlleistung)

Ambulanzen  
Kardiologische Privatambulanz Tel. 07633-402-5500  
Kardiologische Ermächtigtenambulanz 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 2a/b Tel. 07633-402-3212/3213/3214  
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  
Kinderherzintensivstation Tel. 0761-270-28990  
Noeggerath Tel. 0761-270-44220

### Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

Prof. Dr. M. Czerny

#### 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

#### Campus 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. M. Czerny, Prof. Dr. D. Westermann

#### Standort Freiburg

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

#### Campus 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

### Pflegedienstleitung

P. Bechtel

Sekretariat (Campus Bad Krozingen) Tel. 07633-402-2300

**Servicenummer des UHZ Tel. 0800 11 22 44 3**