

# Eine Zeitreise im Herzkatheterlabor für angeborene Herzfehler



Priv.-Doz. Dr. med. Götz Müller

Angeborene Herzfehler sind die häufigsten Fehlbildungen des menschlichen Körpers. Die Diagnose und Behandlung von Patienten mit angeborenen Herzfehlern ist eine der Erfolgsgeschichten der modernen Medizin. Bereits im Jahr 1929 erfolgte der erste Herzkatheterselbstversuch des Chirurgen Werner Forßmann. Hier führte sich der Arzt heimlich in der Mittagspause mit Hilfe einer Krankenschwester einen Katheter über die Ellenbeugenvene in das rechte Herz vor (Abbildung 1). Nachdem er einen Aufsatz über diesen Selbstversuch veröffentlicht hat, wurde Forßmann damals mit den Worten „Mit solchen Kunststückchen habilitiert man sich im Zirkus“ aus dem renommierten Krankenhaus Berliner Charité entlassen.

Nachdem im folgenden Jahrzehnt erstmals Gefäßanomalien wie der Persistierende Ductus arteriosus (PDA) und die Aortenbogenenge (Aortenisthmusstenose) bei Kindern erfolgreich operiert wurden und 1944 mit der Anlage des Black-Taussig-Shunts erstmals die Rettung zyanotischer Kinder gelang, begann das Zeitalter der Operation (OP) am offenen Herzen. Zunächst wurden ausschließlich sehr kurze OPs am offenen Herzen während tiefer Unterkühlung im Eisbad durchgeführt. Die Patienten hatten dabei keinen Kreislauf und konnten den Eingriff

nur durch den verminderten Sauerstoffverbrauch des Körpers bei starker Unterkühlung überleben. Um einen Blutkreislauf und die Sauerstoffversorgung von Kindern während einer OP am offenen Herzen auch über längere Zeiträume zu ermöglichen, begann die Entwicklung der Herz-Lungenmaschine.

Ein bemerkenswerter Zwischenschritt auf dem Weg zur heute üblichen Herz-Lungenmaschine für Operationen am offenen Herzen war die sogenannte Lillehei Cross-circulation. Bei dieser durch den Amerikaner Lillehei entwickelten Methode wurden die Kreisläufe von Eltern und Kind zusammengeschlossen. Hierbei übernahmen Herz und Lunge eines Elternteils die Herz- und Lungenarbeit des Kindes während der Herzoperation (Abbildung 2).

Mit der Etablierung einer funktionsfähigen Herz-Lungenmaschine ab dem Jahr 1953 entwickelte sich die Kinderherzchirurgie rasant weiter. Zwischenzeitlich war auch das Genie des ersten Herzkatheterversuches erkannt und Werner Forßmann 1956 mit dem Nobelpreis geehrt worden. Die Diagnostik von Herzfehlern und Herzkrankungen im Herzkatheterlabor war mittlerweile fest etabliert, als im Jahr 1965 die ersten minimalinvasiven Behandlungen

gen mittels Herzkatheter (Herzkatheterinterventionen) erfolgten. Mit Hilfe des Durchzugs eines Ballonkatheters durch das Vorhofseptum konnten William Rashkind und Kollegen erstmals Kinder mit Transposition der großen Arterien retten. Die weitere Entwicklung der Herzchirurgie und Herzkatheterinterventionen erfolgte daraufhin Hand in Hand und führte zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit der behandelten Kinder in den 50er Jahren von 15 % bis heutzutage auf deutlich über 90 %.

Von den 70er bis in die 90er Jahre beherrschten die Entwicklung von Ballonkathetern zum Aufdehnen verengter Herzklappen, Venen und Arterien sowie die Verschlüsse von Shuntverbindungen, wie zum Beispiel dem Vorhofseptumdefekt und dem Ductus arteriosus, die Behandlungen im Herzkatheterlabor für angeborene Herzfehler. Der große Vorteil minimalinvasiver Verfahren mit Verzicht auf eine Operation am offenen Herzen oder großen Gefäßen wurde wissenschaftlich nachgewiesen und die Prozeduren und Materialien zu Standardverfahren für die Kinderkardiologie weiterentwickelt.

Mit Beginn der 2000er Jahre begann die Entwicklung von Herzklappenimplantationen im Herzkatheter als minimalinvasive

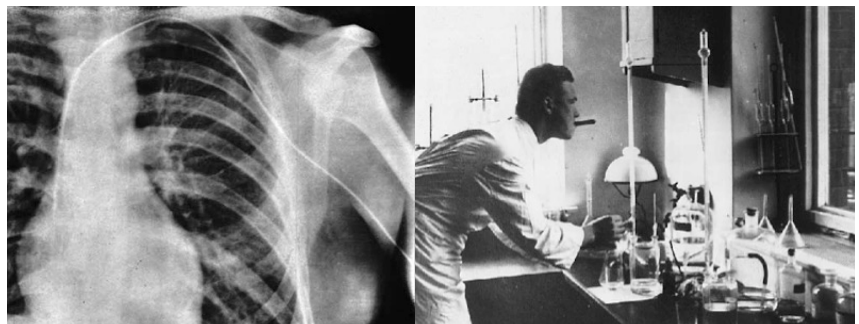


Abb. 1: Röntgenthoraxaufnahme des Herzkatheters, eingeführt über die linke Ellenbeugenvene ins Herz von Werner Forßmann (1,2).

Alternative zum operativen Herzklappenersatz. Hiervon profitierte neben vielen tausend erwachsenen Patienten auch eine stetig wachsende Zahl von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit angeborenen Herzfehlern. Die Zahl der Operationen am offenen Herzen konnte zum Beispiel durch den Pulmonalklappenersatz mit der Melodyklappe insbesondere für mehrfach voroperierte Kinder reduziert werden. Die Patienten erholten sich schneller und konnten das Krankenhaus früher verlassen (Abbildung 3).

Zuletzt haben technische Innovationen den Weg eröffnet, zunehmend kleinere Kinder mit schwierigeren Anatomien behandeln und so lebensgefährliche Eingriffe in vielen Fällen minimalinvasiv mit geringerem Risiko für die Kinder anbieten zu können. Waren Gefäßstützen (Stents) früher nur über große, starre Herzkatheter implantierbar, so können wir heute auf Katheter zurückgreifen, die Implantationen bereits beim Neugeborenen ermöglichen. Dies spiegelt sich zum Beispiel in der Stentimplantation in den Ductus arteriosus bei Neugeborenen mit komplexen Herzfehlern, wie der Pulmonalatresie, wider. Diese Kinder sind ohne den Ductus arteriosus nicht lebensfähig und oftmals für eine Operation noch zu klein oder zu schwach (Abbildung 4).

Ventrikelseptumdefekte sind schon seit über 20 Jahren Ziel von interventioneller Therapie. Hier haben jedoch vielfach technische Limitationen bei kleinen Patienten und mangelhafte Materialien, besonders bei den klappennahen Defekten, Grenzen aufgezeigt. Mittlerweile sind Occluder, Katheter und interventionelle Strategien dahingehend optimiert worden, so dass auch hier interventionelle Verfahren bei einem Teil der Patienten die Operation am offenen Herzen ablösen konnten (Abbildung 5).

Auch sind die Verschlussysteme für Shuntvitien für die Gruppe von Früh- und Neugeborenen, die unter dem Ductus arteriosus leiden, weiterentwickelt worden, so dass diese minimal kleinen Occluder bei Kindern sogar unter 1000g Körpergewicht mittels Herzkatheter implantiert werden können (Abbildung 6).

Zuletzt gab es innovative Entwicklungen, dahingehend kontrollierte Überlaufverbindungen zwischen den Herzvorhöfen für die Patienten zu schaffen, die bei Lungendurchblutung unter höchster Gefahr für

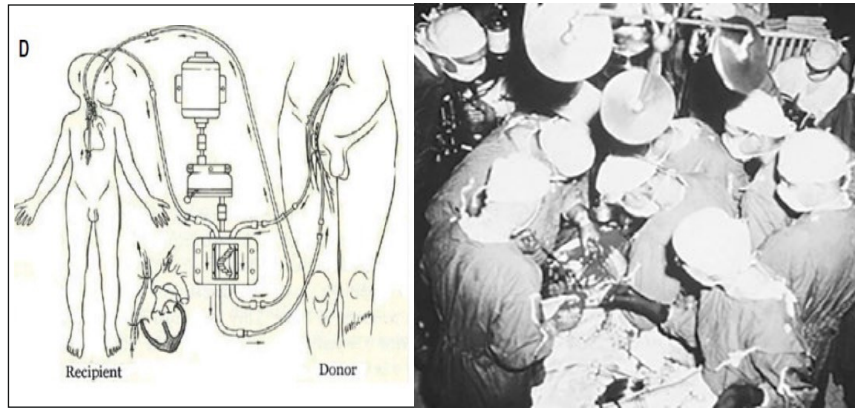


Abb. 2:

Links: Schema der Lillehei Cross-Circulation: Versorgung des Kindes mit sauerstoffreichem Blut aus dem Kreislauf des Elternteils.

Rechts: Erste Operation unter Lillehei Cross-Circulation (2).

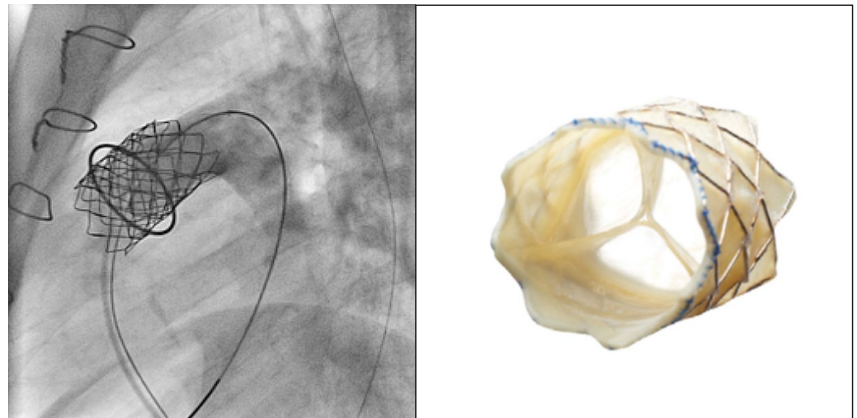


Abb. 3:

Links: Herzkatheter mit Melodyklappenimplantation in einen 10 Jahre zuvor operativ eingebrachten, aber mittlerweile degenerierten Pulmonalklappenersatz.

Rechts: Native Melodyklappe (Medtronic).

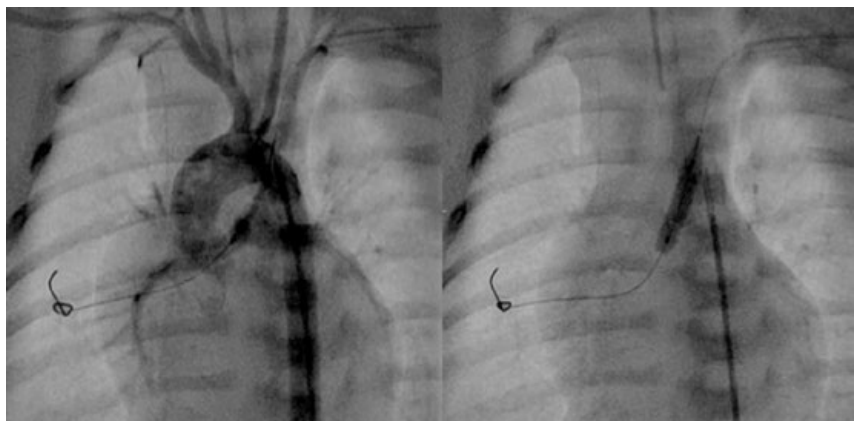


Abb. 4:

Einbringen eines Ductusstents mit Stententfaltung über einen Ballonkatheter bei einem 2,2 kg schweren Neugeborenen mit ductusabhängiger Lungendurchblutung.



ein Rechtsherzversagen mit Todesfolge sind, sowie diejenigen, deren Linksherzfunktion so stark eingeschränkt ist, dass sich das Blut stark in die Lungen zurückstaut. Die sogenannten Atrial Flow Regulator (AFR) sind eine mögliche Option für einen Teil dieser schwer kranken Kinder, um die Lebensqualität für eine gewisse Zeit zu verbessern (Abbildung 7).

Doch nicht nur die Behandlungsmöglichkeiten haben sich relevant weiterentwickelt, auch die Darstellungsmöglichkeiten von Herz und Gefäßen im Herzkatheter haben sich verändert. Die ursprüngliche angiographische Darstellung durch Kontrastmittelgabe ins Blut von Herz und Gefäßen mit Bilddarstellung mittels Röntgenserienbildern ist optimiert worden und kann Rotationsangiographien durchführen oder durch Bildfusion mit Echokardiographie, CT- und MRT-Bild Datensätzen erweitert genutzt werden. Dadurch können komplexe, gewundene oder verletzte Gefäße dreidimensional dargestellt und gezielter behandelt werden. Dies kann die Platzierung von Stents oder Herzklappen weiter optimieren (Abbildung 8).

Früher waren wir Ärzte darauf angewiesen, uns aus zweidimensionalen Bildern ein dreidimensionales Bild der Anatomie unserer Patienten im Kopf zu bauen. Heute gibt es mit Hilfe der sich rasant weiterentwickelnden Bildgebungsoptionen und Rechenleistung der Computer immer mehr Möglichkeiten, Anatomien dreidimensional bildmorphologisch aufzuarbeiten und auch als 3D-Druck darzustellen. Hierdurch können komplexe Operationen und Interventionen besser geplant und noch sicherer durchgeführt werden. (Abbildung 9).

Letztlich haben aber nicht nur die Herzkatheterinterventionen den Weg in unsere Zeit gefunden, auch die Zugangswege ins Gefäßsystem haben sich weiterentwickelt. Gefäße in der Leiste, am Hals, axillär oder am Handgelenk werden unter Ultraschalldarstellung sicherer und schneller punktiert. Dies senkte die Zahl von Gefäßkomplikationen besonders bei kleinen Patienten und reduzierte die Eingriffsdauer für Patienten. Waren früher oftmals Vollnarkosen für einen Herzkatheteringriff erforderlich, so können heute die meisten Untersuchungen in Sedierung (am schlafenden, aber spontan atmenden Kind) durchgeführt werden. Die notwendige Dosis von Röntgenstrahlen

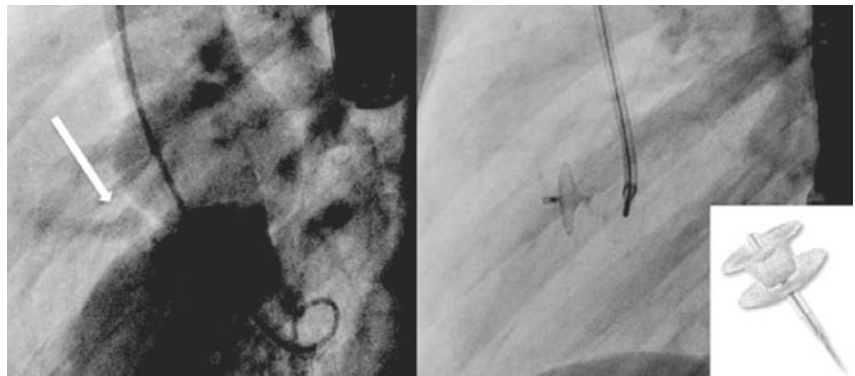


Abb. 5:  
Rechts: Perimembranöser Ventrikelseptum (Pfeil) mit Shuntfluss von der linken in die rechte Herzkammer.  
Links: Defektverschluss mittels Konar MF Occluder (Lifetech).

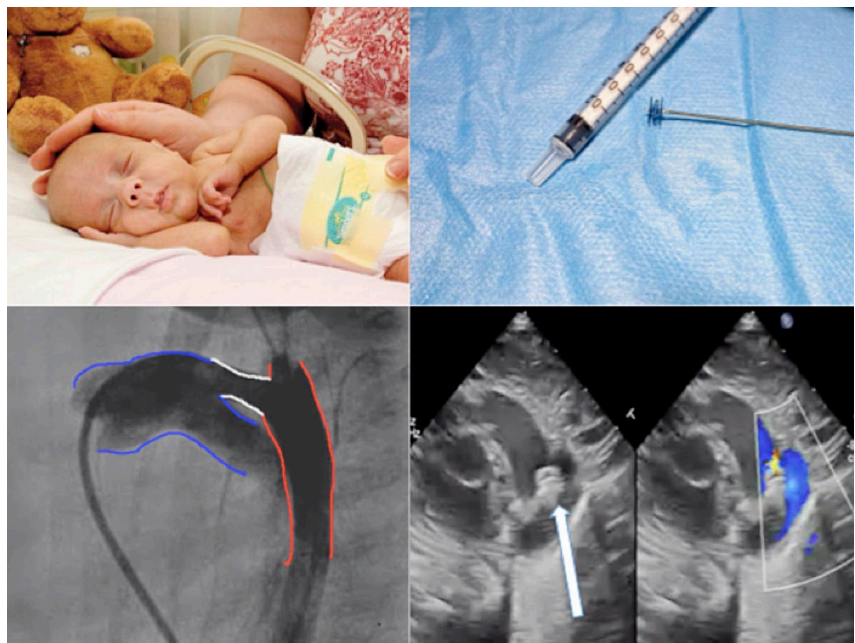


Abb. 6  
Links oben: Frühgeborenes  
Rechts oben: Amplatzer Piccolo Device (Abbot) zum Verschluss eines Ductus arteriosus bei Früh- und Neugeborenen (1ml Spritze zur Größenorientierung).  
Links unten: Angiographie mit Darstellung von Teilen der Aorta (rot), des Ductus arteriosus (weiß) und der Pulmonalarterie (blau).  
Rechts unten: Echokardiographiekontrolle der Occluderlage und Verschlussfunktion (Pfeil).



Abb. 7  
Links: Echokardiographiebild mit starker Erweiterung der Herzvorhöfe  
Mitte: Atrial Flow Regulator Device (Occlutech)  
Rechts: Echokardiographiebild mit einliegendem AFR und blauen Shuntfluss durch die neu geschaffene Lücke im Vorhofseptum.

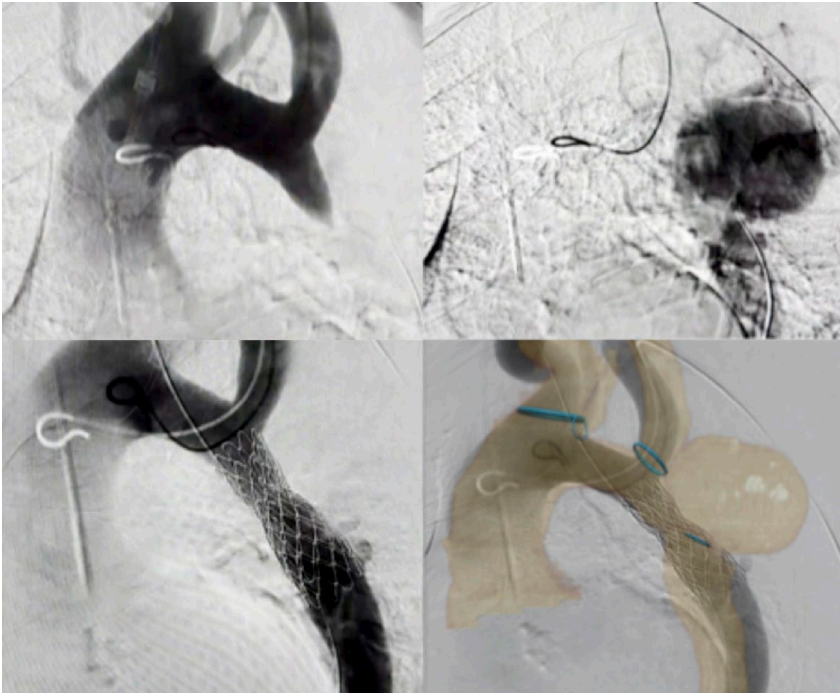


Abb. 8  
 Links oben: Darstellung einer schwersten Aortenisthmusstenose mit angeborenem Beinaheverschluss der Hauptschlagader.  
 Rechts oben: Tennisballgroße Aussackung der Hauptschlagader hinter der Aortenisthmusstenose mit höchstem Risiko einer Ruptur.  
 Links unten: Kontrollbild nach Stentimplantation mit Erweiterung der Aorta und Abdecken des Aneurysmas.  
 Rechts unten: Bildfusion mit CT-Datensatz zur exakten Interventionsplanung und optimierten Stentlage.

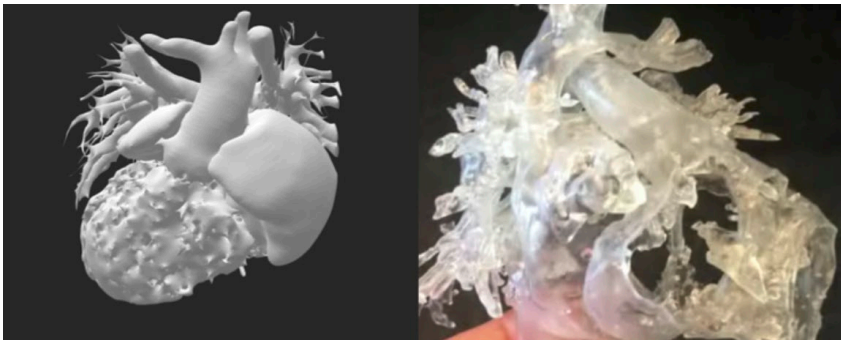


Abb. 9  
 Links: Segmentierung eines dreidimensionalen Bilddatensatzes.  
 Rechts: 3D-Druck eines Herzens zur Behandlungsplanung.



Abb. 10:  
 Herzkatheterlabor

zur Bilderstellung wurde technisch rasant gesenkt und auch die weiterentwickelten Protokolle zur Reduktion von Durchleuchtungszeiten haben es ermöglicht, die Strahlenbelastung für unsere jungen Patienten auf ein nie gekanntes Minimum zu reduzieren. Der Einsatz von Echokardiographie macht zudem viele Röntgenbilder und Durchleuchtungen im modernen Herzkatheterlabor überflüssig (Abbildung 10).

All diese Innovationen im Herzkatheterbereich haben den Anteil der Patienten mit angeborenem Herzfehler, die allein mittels Herzkatheter behandelt werden können, kontinuierlich erweitert und die Eingriffe schneller und sicherer gemacht. Nichtsdestotrotz ist für die Behandlung der Kinder eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den Kinderherzchirurgen von enormer Relevanz, um für jeden Patienten den für ihn besten und nachhaltigsten Behandlungsweg umzusetzen.

Kontakt:  
 Priv.-Doz. Dr. med. Götz Müller  
 Kinderärzte Eimsbüttel  
 Schäferkampsallee 56  
 20357 Hamburg  
 und  
 Universitäres Herzzentrum Hamburg  
 Martinistraße 52  
 20251 Hamburg  
 E-Mail: mueller@diekinderkardiologen.com

Literatur:

1. Werner Forßmann Herzkatheter-Röntgenaufnahme, Über die Sondierung des rechten Herzens.  
 In: Berliner Klinische Wochenschrift vom 5. November 1929
2. Renate Forssmann-Falck,  
 Am J Cardiol 1997
3. Vincent L, Ann Thorac Surg 2005