

# Besonderheiten beim Total Artificial Heart

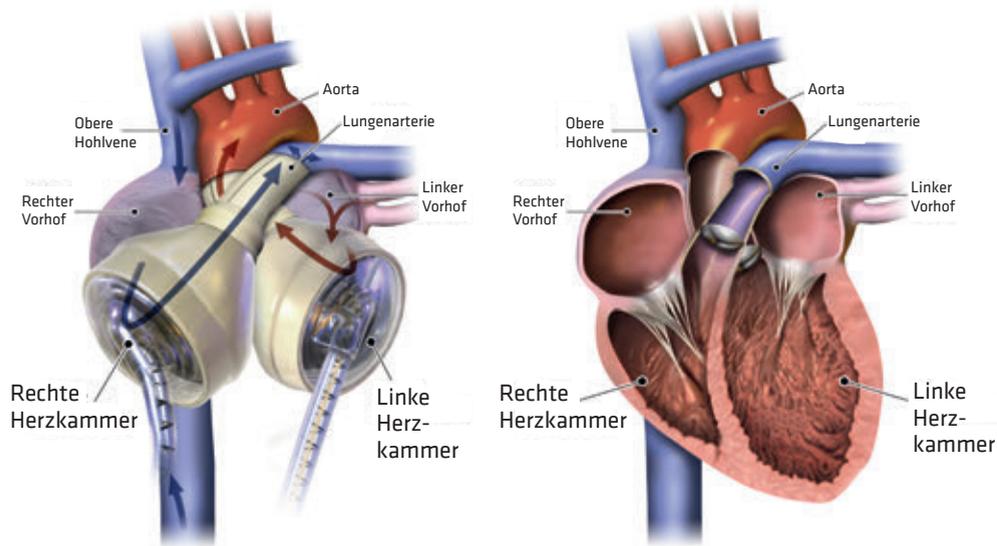
## Indikationen zum vollständigen Herzersatz durch ein totales Kunstherz

Für Patienten, die von einem Versagen der beiden Herzhälften betroffen sind, stellt die Implantation eines kompletten Kunstherzens (Total Artificial Heart, TAH) heute eine Versorgungsoption dar. Ähnlich wie bei einer Transplantation wird ein TAH anstelle des Patientenherzens implantiert und übernimmt die vollständige Funktion beider Herzkammern und aller vier Herzklappen. Mit der Entfernung des kranken Herzens werden auch dessen Pathologien (Krankheitsbefunde) wie etwa Tumore, Klappenfehler und Rhythmusstörungen beseitigt. Die Implantation eines Kunstherzens ist daher bei lebensbedrohlich erkrankten Patienten mit schwerem Herzversagen in Betracht zu ziehen, für die eine Herztransplantation nicht möglich ist und bei denen die alleinige Therapie mit einem Unterstützungssystem für die linke Herzkammer nicht ausreicht. Eine TAH-Implantation ist hauptsächlich nach dem Versagen eines transplantierten Herzens oder einem sehr stark ausgedehnten Herzinfarkt angezeigt. Daneben kann ein TAH auch bei einem Herztumor oder aufgrund einer ausgeprägten Herzklappenentzündung eingesetzt werden. Gegenwärtig ist weltweit nur ein zugelassenes System verfügbar.

## Das SynCardia Total Artificial Heart (TAH)

Schon früh in der Geschichte der Herzchirurgie wurde die Möglichkeit eines vollständig künstlichen Herzersatzes in Betracht gezogen. So wurde bereits im Jahr 1963 das erste Patent für ein derartiges System eingetragen. 1969 wurde der erste Patient mit einem totalen Kunstherz versorgt. Er überlebte 64 Stunden mit dem TAH und konnte dann herztransplantiert werden. In den folgenden Jahrzehnten wurden mehrere verschiedenartige Systeme entwickelt. Die bislang gewonnenen Daten und Erfahrungen zur Verwendung eines totalen Kunstherzens stammen jedoch überwiegend von Patienten, bei denen ein SynCardia-TAH implantiert wurde. Dieses vormals auch unter dem Namen CardioWest bekannte System der Firma SynCardia ist seit rund 30 Jahren verfügbar. Es ist nicht nur das erste, sondern gegenwärtig auch das weltweit einzige zugelassene totale Kunstherz. Bis zum Jahresende 2017 wurde es weltweit bei über 1.700 Patienten eingesetzt.

Das SynCardia-TAH besteht aus zwei vollständig implantierbaren Herzkammern, den sogenannten Ventrikeln, mit je zwei mechanischen Herzklappen. Es wird mit den verbleibenden Vorkammern des Patienten und über Gefäßprothesen mit der Körper- bzw. Lungenschlagader verbunden (Abb. 26).



## Total Artificial Heart

Abb. 26: Das SynCardia-TAH (links) im Vergleich zum normalen menschlichen Herzen (rechts).

Jede der beiden TAH-Herzkammern (Ventrikel) wird von dem sogenannten Diaphragma, einer flexiblen Membranschicht, unterteilt: Diese Membran trennt den blutführenden Kammeranteil vom luftgefüllten Pneumatiksystem. Die Pumpe funktioniert, indem Luft einströmt, Druck aufbaut und dieser Druck das Blut aus der Kammer herausdrückt. In der darauf folgenden Füllungsphase fließt das Blut erneut passiv in die Herzkammern. Zur Erzeugung des Luftdrucks und Steuerung des Kunstherzens ist eine externe Konsole erforderlich, die

## Menschliches Herz



Abb. 27: Schematischer Überblick über den Einsatz des SynCardia-TAH. Gut erkennbar sind die Pumpenkammern sowie die beiden aus dem Oberbauch austretenden Drivelines in Verbindung mit dem portablen Freedom-Driver (Steuereinheit).

über ein luftgefülltes Schlauchsystem, die sogenannte Driveline, jede der beiden Herzkammern mit der externen Konsole verbindet. Die beiden Drivelines werden bei der Implantation des TAH im Bereich des Oberbauchs ausgeleitet (Abb. 27). Die Steuereinheit ermöglicht eine Beeinflussung der TAH-Funktion, wie etwa die Festlegung der Herzfrequenz. Im Notfall kann bei einem Ausfall der Antriebseinheit das System bis zur Ersatzbeschaffung vorübergehend mit einer Handpumpe betrieben werden.

Die Implantation eines Kunstherzens erfolgt in einem vier- bis sechsstündigen Eingriff. Der Patient erhält dabei eine Vollnarkose. Ihm wird das Brustbein chirurgisch durchtrennt (Sternotomie) und er wird an eine Herz-Lungen-Maschine angeschlossen. Aufgrund seiner Größe war das TAH-System lange Zeit nur für größere Erwachsene geeignet. Erst seit der Zulassung einer kleineren Version im März 2015 steht das SynCardia-TAH auch für viele Frauen und Heranwachsende zur Verfügung. Der bisher jüngste Empfänger war zum Zeitpunkt der Implantation neun Jahre alt.

## Postoperativer Verlauf

Nach der Operation werden die Patienten auf der herzchirurgischen Intensivstation überwacht, wo kontinuierlich Lebenszeichen (Vitalzeichen) und TAH-Funktionsparameter kontrolliert werden. Zudem werden das Volumen des beförderten Blutes und der Blutdruck eingestellt. Falls erforderlich können jederzeit die Herzfrequenz oder andere Kreislauffunktionen angepasst werden. Sofern keine Nachblutung eintritt, wird frühzeitig mit der erforderlichen Hemmung der Blutgerinnung (Antikoagulation) begonnen. Es wird sichergestellt, dass die Kreislauffunktionen stabil und die Organdurchblutung gut ist. Im nächsten Schritt wird der Patient so bald wie möglich von der Beatmungsmaschine entwöhnt und so frühzeitig wie möglich mobilisiert. Wichtig ist auch eine gute Wundheilung im Bereich der Operationswunden. Die Wunde an der Driveline des TAH muss im weiteren

Verlauf regelmäßig keimfrei versorgt werden. Dieser Verbandswechsel bleibt auch im Langzeitverlauf notwendig. Die Patienten und ihre Angehörigen werden, sobald eine Erholung von der Operation eingetreten ist, hierzu eingehend geschult. Verbandswechsel, Akkuwechsel und das Auslesen von grundlegenden Systeminformationen können nach einer Schulung durch den Patienten und seine Bezugspersonen selbstständig erfolgen. Läuft das TAH-System stabil, kennt der Patient die Funktionsweise des Systems und ist er auf mögliche Alarm- und Notfallsituationen gut vorbereitet, kann der Patient nach Hause entlassen werden. Wichtig für eine Entlassung nach Hause und in eine anschließende ambulante Weiterbehandlung ist jedoch, dass er beschwerdefrei und voll mobilisiert ist.

Für einen erfolgreichen Langzeitverlauf muss der Patient ambulant sowohl sich wie auch das Gerät regelmäßig einer Verlaufskontrolle unterziehen. Auch sollte das implantierende Herzzentrum über eine 24-Stunden-Hotline verfügen, um jeweils sämtliche systemrelevante Fragen unmittelbar mit einem kompetenten Ansprechpartner klären zu können.

Rund 70 % der Patienten mit einem TAH-System überleben das erste Jahr nach der Implantation. Mehr als 4,5 Jahre war bisher die längste Zeit am TAH, ehe ein passendes Spenderorgan für den Patienten zur Verfügung stand. Mit der Implantation eines Kunstherzens verlieren zuvor oftmals HU-gelistete (d. h. als hoch dringlich eingestufte) Pati-

enten ihren High-Urgency-Status (=HU) für eine Herztransplantation. Sie können jedoch bereits kurze Zeit nach der Implantation wieder mit dem T-Status (T=transplantabel) gelistet werden. Eine erneute HU-Listung kann nach der Operation notwendig werden, wenn es zu weiteren bedrohlichen Komplikationen kommt. Eine Transplantation erfolgt dann, sobald ein Spenderorgan verfügbar ist. Diese Überbrückung der Wartezeit bis zu einer Transplantation (Bridge-to-Transplantation) mit einem Kunstherzsystem war über Jahrzehnte der einzige Einsatzbereich eines Kunstherzens.

### Technische Weiterentwicklungen ermöglichen einen breiteren Einsatzbereich

In den vergangenen Jahren konnten die pneumatischen Antriebskonsolen des SynCardia-Systems kontinuierlich weiterentwickelt werden (Abb. 28). Nachdem „Big Blue“, die erste verfügbare Antriebseinheit, mit 180 kg Gewicht noch ungefähr die Größe einer Waschmaschine aufwies, erlauben die heute verfügbaren „Companion“- (ca. 38 kg) und „Freedom“-Driver (ca. 6 kg) eine deutlich verbesserte Mobilität und damit letztlich auch eine Entlassung der Patienten nach Hause (Abb. 29). In geeigneten Einzelfällen wird das SynCardia-TAH somit bereits heute auch bei nicht transplantierbaren Patienten zur Dauertherapie eingesetzt. Langzeitergebnisse zur Dauertherapie stehen derzeit jedoch noch nicht zur Verfügung, da sich die Erfahrung auf wenige ausgewählte Patienten beschränkt.



Abb. 28: Technische Evolution der Antriebseinheiten des SynCardia-TAH: Die Abbildung erlaubt einen Größenvergleich zwischen den im Bild von links nach rechts dargestellten Konsolen „Big Blue“, Companion-Driver und Freedom-Driver.

Abb. 29: Das SynCardia-TAH, im Bild über das Pneumatiksystem an den Freedom-Driver angeschlossen, erlaubt die Entlassung des Patienten in eine ambulante Betreuung.



## Komplikationen und Einschränkungen der TAH-Therapie

Der Betrieb eines TAH geht in der Praxis mit dem Risiko einer Embolie infolge einer Thrombusbildung einher. Die hierfür notwendige Gerinnungshemmung des Blutes (Antikoagulation) kann zugleich jedoch Blutungskomplikationen hervorrufen. Diese Komplikationen treten potenziell meist kurz nach einer Operation auf. Im weiteren Verlauf können Infektionen der Geräte oder des Steuerungskabels hinzukommen. Driveline-Infektionen können meist erfolgreich durch eine Antibiotikatherapie und regelmäßige keimfreie Verbandswechsel behandelt oder notfalls durch eine Operation am Steuerkabel behoben werden. Hingegen geht eine Infektion der im Körper liegenden Geräteanteile mit einer hohen Sterblichkeit einher. Im Langzeitverlauf kann es zudem zu Verschleiß, wie etwa zu einem Klappenfehler oder dem Versagen einer Membran, kommen. Diese technischen Probleme sind aber ebenso wie ein Ausfall der Steuereinheit eher selten. Ist das Steuerkabel beschädigt, kann dies zu einem Pumpenstopp führen, sodass die Reparatur oder ein Austausch der Driveline bzw. der Wechsel des gesamten TAH-Systems notwendig wird. Fällt das System aus, kann es durch den abrupten Verlust der Herz- und Kreislauffunktion zu einem raschen Versterben des Patienten kommen.

Ebenso ist für TAH-Patienten – als wesentlicher Unterschied zur VAD-Therapie – eine Entwöhnung von der mechanischen Kreislaufunterstützung ausgeschlossen. Da das kranke Patientenherz komplett entfernt wurde, besteht keinerlei Restfunktion des Herzens.

Nicht unerwähnt bleiben soll die mit dem Betrieb des SynCardia-TAH untrennbar verbundene permanente und hohe Lärmkulisse, die von der pneumatischen Antriebseinheit ausgeht. Diese sehr lauten Maschinengeräusche sowie die Mobilitätseinschränkung durch die Notwendigkeit der Steuerkabel und der externen Antriebseinheit begrenzen die Alltagstauglichkeit dieses Systems deutlich. Trotz dieser Einschränkungen und Risiken ist das TAH bereits heute eine wichtige Therapieoption für Patienten im Endstadium eines Versagens der beiden Herzkammern (biventrikuläres Herzversagen). Ein TAH kommt in aller Regel nur für Patienten infrage, die unmittelbar vom Versterben bedroht sind. Sein Einsatz ist damit für spezielle klinische Indikationen durchaus gerechtfertigt. Damit Kunstherzen immer öfter eingesetzt werden können, müssen Komplikationsraten beständig weiter gesenkt und eine bessere Alltagstauglichkeit erreicht werden. Gegenwärtig befinden sich mehrere TAH-Systeme in Entwicklung, die in dieser Hinsicht interessante Verbesserungen ermöglichen.

## Komplikationsvermeidung und Entwicklung neuer TAH-Systeme

Von zentraler Bedeutung bei der Entwicklung eines TAH ist eine gute biologische Verträglichkeit der mit den Körpergeweben in Kontakt stehenden Systemoberflächen. So werden spezielle, körperähnlichere Oberflächen entwickelt, welche die Blutgerinnung nur in kleinem Umfang aktivieren. Neben der Wahl des Werkstoffes ist auch eine Beschichtung der Materialien entscheidend. In dieser Hinsicht bemerkenswert ist der beim Carmat-TAH verfolgte Ansatz, die mit Blut in Kontakt kommenden Systemoberflächen mit dem Herzbeutel eines Rindes (Rinderperikard) auszukleiden. Ausgehend von der jahrzehntelangen Erfahrung mit biologischen Herzklappenprothesen aus Rinderperikard liegt die Hoffnung auf eine ähnlich gute Funktion und Verträglichkeit dieses Gewebes für die Verwendung im TAH nahe. Denkbare Vorteile sind, dass die Rate der Komplikationen durch Gerinnselbildung vermindert wird und es folgerichtig auch seltener zu Blutungskomplikationen kommt, da weniger aggressive Maßnahmen zur Gerinnungshemmung (Antikoagulation) ergriffen werden müssten. Um zu vermeiden, dass Kabel aus dem Körper ausgeleitet werden müssen, werden kabellose, vollständig implantierbare Systeme entwickelt. Vorübergehend war mit dem AbioCor (s. u.) bereits ein entsprechendes und zugelassenes TAH verfügbar. Technisch sind die einzelnen hierfür erforderlichen Schritte zwar bereits durchaus möglich, ein erneuter Einsatz im klinischen Alltag ist dennoch bis auf

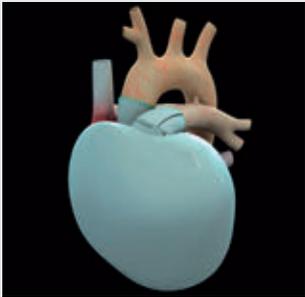
Weiteres noch nicht konkret absehbar. Neue, nahezu verschleißfrei arbeitende Pumpentypen und die Verwendung ausdauernder Materialien versprechen eine längere Haltbarkeit der Systeme. Beides ist eine Voraussetzung für eine sichere Langzeittherapie. Für den seltenen Fall eines Systemausfalls stehen derzeit Handpumpen bereit, um die Kreislauffunktion aufrechtzuerhalten. Die Geräte werden kontinuierlich verbessert und verkleinert, was auch eine Integration von implantierbaren Backup-Systemen denkbar macht.

Eine zusätzliche wichtige postoperative Begleittherapie betrifft die seelische Verfassung der Patienten. Nicht zuletzt die Geräuschkulisse des einzigen derzeit verfügbaren TAH, aber auch die aufkommenden Bedenken zur Herztransplantation oder Ängste vor einem Pumpenstopp wie auch die häufig zeitlich lange Krankenhausbehandlung sind extreme Belastungen für das Wohlbefinden des Patienten. Diese Bedenken sollten professionell begleitet werden. Gewiss bietet bereits die Vorstellung der Entnahme des eigenen Herzens allein genügend Raum für psychische Konflikte, gilt es vielen als „Sitz der Seele“.

Um im langfristigen Vergleich mit den Ergebnissen nach einer Herztransplantation konkurrieren zu können, muss es den Patienten perspektivisch möglich werden, ihre alte Lebensqualität wiederzuerlangen und sich sogar so weit zu erholen, dass sie wieder eine Arbeit aufnehmen können. Die Idealvorstellung eines voll implantierbaren,

uneingeschränkt alltagstauglichen Kunstherzsystems ist mit den im Klinikalltag derzeit verfügbaren Systemen jedoch nicht verwirklicht. In Anbetracht der noch jungen Geschichte der mechanischen Kreislaufunterstützung und Kunstherztherapie stellen die bislang erreichten Fortschritte in der TAH-Entwicklung dennoch bereits beachtliche Erfolge dar. Künftige Systeme könnten die Therapie einer Herzinsuffizienz deutlich verbessern. Vier neuartige Total Artificial Hearts, die in den nächsten Jahren verfügbar sein könnten, werden nachfolgend kurz vorgestellt.

### Carmat-TAH



*Besonderheiten des Carmat-TAH sind seine biologischen Oberflächen und seine Anpassungsfähigkeit an veränderte Kreislaufbedingungen.*

Das Carmat-TAH wird in der Zusammenarbeit von Luft- und Raumfahrt-ingenieuren der Airbus-Gruppe mit dem Herzchirurgenteam um Professor Alain Carpentier entwickelt. Es wird anstelle des Patientenherzens implantiert und besteht aus zwei Ventrikeln (Herzkammern), die jeweils von einer flexiblen Membran in eine blutgefüllte und eine flüssigkeitsgefüllte Kammer unterteilt werden.

Zwei geräuscharme elektrohydraulische Rotationspumpen versetzen die Membran in eine pumpende Bewegung. Am Ein- und Auslass jedes der beiden blutgefüllten Ventrikel befinden sich biologische Herzklappen, um zu gewährleisten, dass das Blut nur in Strömungsrichtung fließt. Die verwendeten Herzklappen haben sich bereits seit Jahrzehnten im klinischen Einsatz erfolgreich bewährt und erfordern eine dauerhafte Einnahme von Acetylsalicylsäure (ASS). Es ist denkbar, dass eine darüber hinaus gehende Hemmung der Blutgerinnung (Antikoagulation) für das Carmat-TAH daher möglicherweise nicht erforderlich ist.

Mit der Entwicklung des Carmat-TAH wurde 1993 begonnen. Seit 2013 wird das System im Rahmen einer klinischen Studie bei schwer herzkranken Menschen eingesetzt. Der erste Patient überlebte 74 Tage. Für den zweiten Empfänger war postoperativ eine Entlassung nach Hause möglich, er überlebte neun Monate mit dem Carmat-TAH. Inzwischen wurde das System bei zehn Patienten eingesetzt und einer der Empfänger wurde bereits erfolgreich transplantiert. Mit einer CE-Zulassung des Carmat-TAH ist frühestens 2019 zu rechnen. Eine positive weitere Entwicklung vorausgesetzt, könnte das TAH bereits innerhalb weniger Monate auch in Deutschland implantiert werden.

## AbioCor II

Ein zweites System, das es schon zur Marktreife und Zulassung gebracht hatte, war das in den Jahren 2001 bis 2009 verfügbare AbioCor. Hierbei handelte es sich um ein vollständig implantierbares Kunstherz, welches ohne eine die Hautbarriere überwindende Kabel- oder Schlauchverbindung auskam.

Aufgrund einer zu hohen Thromboembolierate wird das System zwar zwischenzeitlich nicht mehr hergestellt. Die Firma Abiomed entwickelt gegenwärtig jedoch ein Nachfolgemodell, welches neben den bekannten Vorteilen eine kompaktere Größe und eine geringere Komplikationsrate mitbringen soll.

## ReinHeart-TAH

Das ReinHeart-TAH ist ein neuartiges, vollständig implantierbares Kunstherzsystem, welches derzeit von der ReinHeart TAH GmbH in enger Kooperation mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen) entwickelt wird (Abb. 31). Das ReinHeart ist auf lange Laufzeiten ausgelegt und benötigt keine Driveline oder Pneumatikschläuche. Hier wird die Energie über eine sogenannte transkutane Energietransmission (TET) über die intakte Haut übertragen. Es verwendet vier mechanische Herzklappen und hat einen nahezu geräusch- und verschleißfrei arbeitenden magnetischen Linearantrieb mit pulsatiler Pumpfunktion. Das ReinHeart steht derzeit für die Implantation beim Menschen jedoch noch nicht zur Verfügung.

*Abb. 31: Das ReinHeart-TAH im Vergleich zur Größe einer menschlichen Hand. Es verwendet mechanische Herzklappen, einen nahezu geräusch- und verschleißarmen magnetischen Antrieb sowie ein TET-System (s.o.).*





*Abb. 32: Schematische Darstellung von Pumpenkörper, Einlassöffnungen und Auslasskanülen des BiVACOR. Es wird überwiegend aus Titan gefertigt, generiert einen nicht pulsatilen Pumpenfluss und befindet sich derzeit noch in der tierexperimentellen Testphase.*

## BiVACOR

Das BiVACOR wird von seinem Erfinder Dr. Daniel Timms und einer internationalen Forschergemeinschaft entwickelt (Abb. 32). Von dem BiVACOR-System wird eine hohe Ausdauer und Langlebigkeit erwartet. Besonders ist seine geringe Größe und sein Pumpendesign, das beide Herzhälften gleichzeitig und nicht-pulsatil versorgt. Das BiVACOR hat einen nahezu geräusch- und verschleißfrei arbeitenden Magnetantrieb und benötigt zur Steuerung und Energieversorgung eine Driveline. Eine weiterhin positive Entwicklung vorausgesetzt, könnte es bereits innerhalb der nächsten Jahre erstmals beim Menschen implantiert werden.

## Fazit

Der Einsatz von mechanischen Herz- und Kreislaufunterstützungssystemen eröffnet neue Behandlungsmöglichkeiten für Patienten mit akutem und schwerem Herz-Kreislauf-Versagen. Therapeutischer Goldstandard bleibt jedoch die Herztransplantation. Bislang ist es nicht gelungen, mit einem TAH ausreichende Ergebnisse zu erzielen, die ein Kunstherz zu einer vollkommenen Alternative zur Herztransplantation machen würden. Der Einsatz eines TAH ist daher mit den derzeit zur Verfügung stehenden Systemen begrenzt und kommt nur bei speziellen Krankheitsbildern (Indikationen) infrage. Ein Großteil der herzinsuffizienten Patienten ist nach wie vor mit einer Herztransplantation oder der Implantation eines LVAD besser versorgt. Seinen Stellenwert hat das TAH dennoch bereits heute für unmittelbar vom Tode bedrohte Patienten mit einem Herzversagen beider Herzkammern im Endstadium. In diesem Fall bietet ein Kunstherz einen Vorteil gegenüber allen anderen Therapieoptionen. Mit dem SynCardia-TAH steht hierfür ein ausgereiftes System bereit. Haupt-sächliche Indikationen für ein TAH sind die komplette (fulminante) Abstoßung eines transplantierten Herzens oder ein ausgedehnter Herzinfarkt.

Für diese Patienten kann heute durch die Implantation eines TAH das Überleben bis zu einer (erneuten) Herztransplantation ermöglicht werden. Eine Dauertherapie mit späterer ambulanter Betreuung der Patienten ist zwar technisch ebenfalls bereits möglich. Allerdings ist sie für viele Patienten aufgrund zahlreicher Einschränkungen noch wenig alltagstauglich. Künftige Systeme versprechen eine weitere Reduzierung der Komplikationsraten und eine Steigerung der Sicherheit, Mobilität und Lebensqualität für den Patienten. Die Anforderungen an ein derartiges System sind jedoch hoch. So muss es praktisch wartungsfrei und verschleißarm sowie vollständig implantierbar sein und trotz einer kabellosen Steuerung und transkutanen Energieübertragung über eine ausreichende und permanente Stromversorgung verfügen. Die über die letzten Jahrzehnte erzielten Ergebnisse stimmen hoffnungsvoll, verdeutlichen aber zugleich, dass die Verwirklichung eines perfekten Kunstherzsystems noch in einiger Ferne liegt.

---

**Dr. med. Matthias D'Inka**

ist Facharzt für Herzchirurgie in der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen. Zu seinen Schwerpunktinteressen zählen Kunstherzsysteme und die Herztransplantation.

**Prof. Dr. med. Matthias Siepe**

ist Leitender Oberarzt der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen. Seine klinischen Schwerpunkte sind neben der Behandlung von angeborenen Herzfehlern die Therapie mit Herzunterstützungssystemen, die Aortenchirurgie und die Herzklappenrekonstruktion.

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Benk**

ist Bereichsleiter für mechanische Kreislaufunterstützungssysteme an der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen. Als Kardiotechniker unterstützt der Ingenieur bei Implantationen von Herzunterstützungssystemen das Ärzteteam mit technischem Know-how und bleibt auch postoperativ eng in die Patientenbetreuung mit einbezogen.

**Prof. Dr. med. Dr. h.c. Friedhelm Beyersdorf**

ist der Ärztliche Direktor der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen. Er setzte in der chirurgischen Behandlung der Herzinsuffizienz entscheidende Impulse. Unter anderem fand er durch die erste Implantation eines permanenten Herzunterstützungssystems vom Typ Jarvik 2000 in Deutschland sowie die erste Implantation eines Total Artificial Hearts (CardioWest) und die erste Herz-Lungen-Transplantation in Baden-Württemberg Beachtung.