



# Künstliche Herzen

*Dr. med. Thorsten N. H. Drews, Dr. h. c. Norbert Franz, Assistent des Ärztlichen Direktors,  
Prof. Dr. med. Dr. h. c. Roland Hetzer, Ärztlicher Direktor der Abteilung Herz-, Thorax- und  
Gefäßchirurgie, Deutsches Herzzentrum Berlin*

Christiaan Barnard transplantierte 1967 zum ersten Mal ein Herz. Aber schon vier Jahre vorher wurde das erste Kunstherz eingesetzt. Mit einer Kunstherzpumpe unterstützte Michael Ellis DeBakey 1963 das Herz einer Patientin, das nach einer Herzklappenoperation nicht mehr ausreichend arbeitete. Das Kunstherz wurde über zwei Schläuche an den Blutkreislauf angeschlossen. Es pumpte Blut zusätzlich zum eigenen Herzen, damit dieses sich wieder erholen konnte. Die Pumpe konnte wieder entfernt werden. Die Patientin lebte noch elf Jahre. Der erste vollständige Herzersatz erfolgte im Jahre 1969: Der amerikanische Herzchirurg Denton Cooley setzte einem 47-jährigen Schriftsteller eine künstliche Pumpe ein, die an der Stelle des Herzens arbeitete. 60 Stunden später stand ein geeignetes Spenderherz zur Verfügung; er konnte transplantiert werden.

## Die Herzschwäche

Inzwischen sind künstliche Herzen in einer Vielfalt von Modellen weiterentwickelt worden. Sie werden eingesetzt, wenn Patienten sich im Endstadium einer Herzschwäche befinden und eine rechtzeitige Transplantation wegen des Mangels an Spenderherzen nicht möglich ist. Es sind Patienten, deren Herz so geschwächt ist, dass Medikamente und andere chirurgische Eingriffe nicht mehr helfen. Für sie ist das Kunstherz die einzige Chance zu überleben.

Am häufigsten wird eine solche lebensbedrohliche Herzschwäche durch die Folgen eines schweren Herzinfarkts verursacht. Wie groß der Schaden ist, den ein Herzinfarkt am Herzmuskel anrichtet, hängt davon ab, wie schnell das durch den Herzinfarkt verschlossene Gefäß durch einen Katheteringriff oder Lysetherapie wieder eröffnet wird. Im

Idealfall, wenn schnell genug eingegriffen wird, kann ein bedeutsamer Schaden am Herzmuskel sogar ganz verhindert werden.

Bleibt das Gefäß länger als ein bis zwei Stunden verschlossen, so wird der Bereich des Herzmuskels, der normalerweise von diesem Gefäß versorgt wird, zu wenig durchblutet. Je länger gewartet wird, desto mehr Herzmuskelgewebe stirbt ab und wird durch Narbengewebe ersetzt, das zur Herzarbeit nichts mehr beitragen kann. So entsteht eine Herzschwäche mit den typischen Beschwerden wie Luftnot, Verringerung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Wassereinlagerungen (Ödemen).

Das Herz versucht, durch Umbauvorgänge im verbliebenen aktiven Herzmuskelgewebe den Schaden zu kompensieren. Doch sind diese Umbauvorgänge auf Dauer schädlich und können dazu führen, dass das Herz weiter geschwächt wird (*ischämische Kardiomyopathie*).

Zur Behandlung der Herzschwäche stehen heute wirkungsvolle Medikamente zur Verfügung (z. B. ACE-Hemmer, Betablocker, Diuretika und Aldosteron-Antagonisten) und auch andere Therapiemöglichkeiten wie der biventrikuläre Schrittmacher. Nur wenn mit diesen Therapien das drohende Herzversagen nicht abgewendet werden kann, ist die Herztransplantation das Mittel der Wahl. Wenn kein Spenderherz zur Verfügung steht, bleibt als Alternative nur das Kunstherz.





Berlin Heart Excor

Eine weitere Ursache der schweren Herzschwäche ist die *dilatative Kardiomyopathie*, bei der es zu einer deutlichen Überdehnung des Herzens kommt. Sie tritt vorwiegend bei Männern in einem Alter zwischen dem 30. und dem 50. Lebensjahr auf. Diese Erkrankung kann aufgrund genetischer Faktoren, aber auch durch äußere Faktoren wie exzessivem Alkoholgenuss oder durch die Einnahme bestimmter Medikamente auftreten. Sie wird auch als Folge einer Herzmuskelentzündung beobachtet, kann aber auch ohne vorhergehende Erkrankung auftreten. Bei den Patienten kommt es ebenfalls zu Zeichen einer zunehmenden Herzleistungsschwäche mit Luftnot und einer Minderversorgung der Organe mit Sauerstoff.

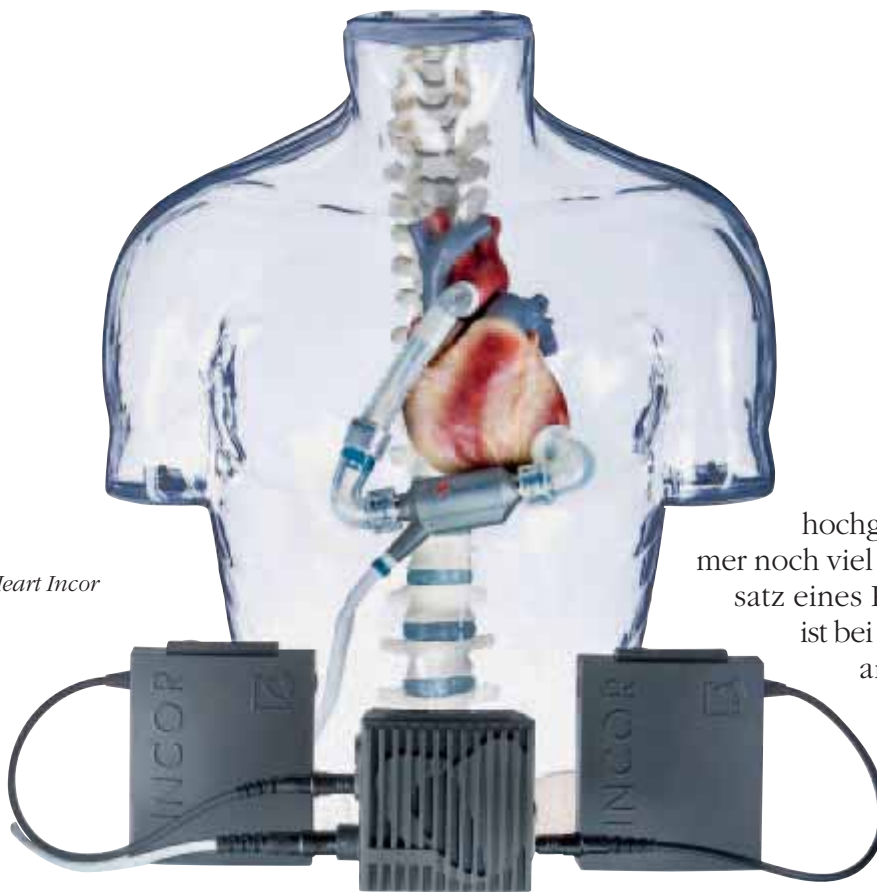
Auch andere Herzerkrankungen können zu einer lebensbedrohenden Herzschwäche führen (z. B. andere Formen der Kardiomyopathie, Herzklappenschädigungen); sie sind jedoch erheblich seltener.

Diese Herzerkrankungen können die Kraft des Herzens derart reduzieren, dass es zu einem Herzversagen kommt mit Rückstau des Blutes in die Lunge und daraus folgender Luftnot des Patienten. Es kommt zu Wasseransammlungen in den Beinen und in schweren Fällen zur Bauchwassersucht. Eine Minderversorgung mit Sauerstoff und eine daraus resultierende Funktionseinschränkung der Organe sind eine Folge der Pumpleistungsschwäche des Herzens. In solchen Stadien ist nur noch eine Herztransplantation oder der Einsatz eines Kunstherzsystems lebensrettend.

### Die Herztransplantation

380 Herzen wurden im Jahr 2005 in Deutschland transplantiert, aber 713 Patienten standen noch auf der Warteliste. Am Jahresende 2006 warteten 756

Berlin Heart Inco<sup>r</sup>



hochgradig gefährdete Patienten immer noch viel zu lang. Hier hilft nur der Einsatz eines Kunstherzsystems. Außerdem ist bei Patienten mit zusätzlichen bösartigen Erkrankungen (Krebs), mit einem erheblich fortgeschrittenen Alter oder mit einer gleichzeitig bestehenden erheblichen Schädigung der anderen Organe nur der Einsatz der Kunstherzsysteme als lebensrettende Maßnahme möglich.

auf eine Transplantation. Aufgrund der begrenzten Zahl an Spenderorganen stagniert die Zahl der Herztransplantationen. Die Lebenserwartung nach der Transplantation ist durch eine langfristige Schädigung des transplantierten Organs (chronische Abstoßung) mit Verkalkung der Herzkranzgefäße sowie durch die Nebenwirkungen der immunsuppressiven Medikamente eingeschränkt. Trotzdem liegt die mittlere Lebenserwartung nach einer Herztransplantation derzeit bei zwölf Jahren. Wir betreuen hier Patienten, die vor mehr als 20 Jahren transplantiert wurden. Die Lebensqualität ist zumeist sehr gut. Damit stellt die Transplantation heutzutage die Therapie der Wahl im Endstadium der Herzschwäche dar. Die mittlere Wartezeit auf ein Spenderorgan beträgt in Deutschland, das Mitglied im Verbund von Eurotransplant ist, 18 Monate. Für viele Patienten ist diese Wartezeit zu lang, so dass für sie nur eine höhere Listung (HU: high-urgent oder U: urgent) bei Eurotransplant das ersehnte Organ vermitteln kann. Die Wartezeit kann trotzdem mehrere Monate betragen. Das ist für

### Kunstherzsysteme heute

Am Deutschen Herzzentrum Berlin wurde am 19. Juli 1987 erstmals ein Kunstherz bei einem 54-jährigen Patienten eingesetzt. Der Patient konnte 48 Stunden später erfolgreich transplantiert werden. Es handelte sich um ein komplettes Kunstherz, das durch die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. med. Emil Sebastian Bücherl entwickelt worden war. Es wurde in den Brustkorb als Ersatz für das menschliche Herz eingesetzt.

Seit diesem Tag erhielten am Deutschen Herzzentrum Berlin bis Juni 2007 insgesamt 1 040 Patienten ein Kunstherz. Es ist heutzutage möglich, dass die Patienten nach der Operation, dem sich anschließenden Krankenhausaufenthalt und der Rehabilitation wieder in ihre häusliche Umgebung zurückkehren, um ihrer gewohnten Tätigkeit nachzugehen.

Grundsätzlich gibt es bei künstlichen Herzen zwei verschiedene Konzepte:



- Das eigentliche Kunstherz setzt voraus, dass das Herz des Patienten entfernt wird und eine mechanische Pumpe es vollständig ersetzt. Diese Form des Kunstherzens kommt selten zur Anwendung.
- Das Kunstherz ersetzt nicht das eigene Herz, sondern unterstützt es (Assist-System). Es überbrückt die Zeit bis zur Herztransplantation. Das eigene Herz bleibt erhalten.  
In einigen Fällen trägt das Kunstherz zur Entlastung des eigenen Herzens bei, bis dieses sich wieder erholt hat und das Kunstherz entfernt werden kann.

Der Einsatz künstlicher Herzen setzt hochspezialisierte Teams voraus, die in großen deutschen Herzzentren arbeiten: Herz- und Diabeteszentrum NRW – Bad Oeynhausen, Deutsches Herzzentrum Berlin, Universitätsklinikum Großhadern, München, Medizinische Hochschule Hannover, Universitäres Herzzentrum Hamburg, Herzzentrum Leipzig, Universitätsklinikum Freiburg, Universitätsklinikum Münster und andere.

### Drei Generationen

Es gibt drei verschiedene Formen der mechanischen Kreislaufunterstützung: *Die erste Generation* besteht aus sogenannten *pulsatilen* Systemen. Diese Kunstherzen werfen das Blut – das menschliche Herz nachahmend – stoßweise aus und erzeugen dadurch Pulswellen. Es sind Pumpen, die Blutkammern haben und mit Druckluft oder über einen elektrischen Motor das Blut durch eine Herzklappe auswerfen. Manche Systeme hängen außen am Körper, z. B. *Berlin Heart Excor* (Abb. S. 5). An-



dere werden als Herzersatz in den Brustkorb, z. B. *CardioWest*, oder in den Oberbauch eingesetzt, z. B. *Novacor*, *HeartMate I*.

Diese Kunstherzen werden über ein Stromführendes Kabel mit einer externen Batterie verbunden. In den letzten Jahren wurden diese Pumpen häufig eingesetzt.

*Die zweite Generation* stellt Systeme dar, die deutlich kleiner sind. Dadurch ist die Operation für die Patienten weniger belastend. Diese Pumpen, z. B. *DeBakey LVAD*, *HeartMate II*, arbeiten wie kleine Turbinen und pumpen das Blut kontinuierlich, so dass bei den Patienten *kein Puls mehr* zu fühlen ist. Aufgrund unserer bisherigen Erkenntnisse bei 73 Patienten, die eine solche Pumpe erhielten, hat das keine negative Auswirkung auf die menschlichen Organe.

Eine Weiterentwicklung dieser pulslosen Systeme stellt die *dritte Generation* dar. Diese ebenfalls kleinen Blutpumpen haben einen innenliegenden Rotor, der *reibungsfrei im Magnetfeld* schwebt, z. B. *Berlin Heart Incor* (Abb. S. 6), *DuraHeart*. Mit diesen Systemen ist es möglich geworden Blut zu pumpen, ohne die darin befindlichen Blutplättchen zu zerstören. Die Gerinnungshemmung kann daher schwächer eingestellt werden.

Patienten, die ein Kunstherz erhalten haben, sind wieder gut belastbar. Zum Teil können sie sogar wieder arbeiten. Aber die Kunstherzen bringen auch Probleme mit sich:

Die Kabel, die für die Stromversorgung des künstlichen Herzens durch die Haut nach außen gelegt werden müssen, sind eine Eintrittspforte für Infektionen, die manchmal schwer zu beherrschen sind.

*63-jähriger Patient mit mechanischer Kreislaufunterstützung DuraHeart (Terumo).*



*15-jährige Patientin am Berlin Heart Excor BVAD.*

Außerdem kommt das Blut in dauernden Kontakt mit der künstlichen Pumpenoberfläche. Dadurch wird die Bildung von Blutgerinnseln gefördert mit dem Risiko für Thrombosen und Embolien. Eine Hemmung der Blutgerinnung ist notwendig, bei der zusätzlich zu Marcumar je nach Modell noch ASS oder Clopidogrel gegeben wird. Diese Gerinnungshemmung ist eine schwierige Gratwanderung: Ist die Gerinnungshemmung zu niedrig, kann es zu Schlaganfällen kommen, ist sie zu hoch zu Gehirnblutungen.

Aus diesem Grund sind nach der Operation, auch wenn der Patient wieder in seine häusliche Umgebung entlassen wird, eine genaue Kontrolle der Blutgerinnung, eine regelmäßige Wiedervorstellung beim Arzt und in der Ambulanz des Herzzentrums notwendig.

### Die 15-jährige Patientin

Am 1. Juni 2002 wurde eine damals 15-jährige Patientin aus den Niederlanden ins Deutsche Herzzentrum Berlin überwiesen. Sie litt am Endstadium einer Herzschwäche aufgrund einer Kardiomyopathie, die durch eine Chemotherapie entstanden war. Bei ihr wurde sechs Monate zuvor Knochenkrebs (Osteosarkom) festgestellt. Der Tumor wurde operativ entfernt. Anschließend muss-

te sich die Patientin einer Chemotherapie mit Anthracyclin unterziehen. Diese Chemotherapie schädigte ihr Herz derart, dass sie in lebensbedrohlichem Zustand auf die Intensivstation kam. Am nächsten Tag wurde ihr ein Kunstherzsystem der ersten Generation mit zwei extrakorporalen Pumpen (Berlin Heart Excor BVAD) eingesetzt (Abb. S. 8). Nach der Operation erholte sie sich zunehmend, so dass sie 101 Tage nach der Operation ausgestattet mit dem Kunstherzen wieder in ihre häusliche Umgebung entlassen werden konnte. Nachdem bei ihr eine erneute Krebserkrankung ausgeschlossen werden konnte, wurde sie 14 Monate später herztransplantiert. Die Transplantation ist nunmehr fast vier Jahre her (Abb. S. 9). Die Patientin, inzwischen 20 Jahre alt, hat im vergangenen Jahr bei den Weltmeisterschaften transplantiert Patienten teilgenommen und die Silbermedaille im Schwimmen (50 Meter) errungen. Zur Zeit bereitet sie sich für die diesjährigen Weltmeisterschaften transplantiert Patienten in Bangkok vor.

### Der 63-jährige Patient

Vor über zwei Jahren, es war am 27. Juni 2005, wurde ein damals 63-jähriger Patient im Deutschen Herzzentrum Berlin stationär aufgenommen. Er litt an einer erheblichen Verkalkung der Herzkranz-



gefäße aufgrund seiner Zuckerkrankheit. Er hatte schon eine Herzkatheteruntersuchung hinter sich, bei der ihm ein Stent eingesetzt wurde. Trotzdem kam es zu einer schweren Herzschädigung, bei der selbst eine Bypass-Operation nicht mehr helfen konnte. Da die Herzschädigung zu Minderdurchblutung von Organen und zum Blutrückstau in die Lunge mit schwerer Luftnot führte, kam nur eine unverzügliche Herztransplantation in Frage. In diesem akut lebensbedrohlichen Zustand stand jedoch kein Herz zur Transplantation zur Verfügung. Es musste ein Kunstherzsystem eingesetzt werden. Zu diesem Zeitpunkt wurde gerade am Deutschen Herzzentrum Berlin das damals neue Kunstherz *DuraHeart* eingeführt, ein System der dritten Generation. Es zeichnet sich durch seine gute Blutverträglichkeit aus, was eine geringere Gerinnungshemmung notwendig macht. Dem Patienten wurde am 4.7.2005 dieses System eingesetzt.

Einen Monat später konnte er entlassen werden und führt seit nunmehr zwei Jahren wieder ein normales Leben (Abb. S. 7). Er kann seinem Hobby, der Jagd, wieder begeistert nachgehen und lehnt aufgrund der sehr guten Lebensqualität eine Herztransplantation ab.

### Was kann das Kunstherz leisten?

Eine sehr häufig gestellte Frage lautet: *Wie lange kann man mit einem Kunstherzen leben?*

Da die Systeme, die zur langfristigen Anwendung in Frage kommen, erst wenige Jahre existieren, sind die Erfahrungen begrenzt. Dennoch gibt es zwei Patienten, die über fünf Jahre, und sechs Patienten, die am Deutschen Herzzentrum Ber-

lin über vier Jahre mit einem pulsatilem Kunstherzen gelebt haben. Zwei Patienten davon waren über 70 Jahre alt und starben an einer herzfremden Ursache. Bisher haben neun Patienten mit einem pulslosen System über zwei Jahre gelebt. Fünf dieser Patienten wurden bisher transplantiert und drei lehnen aufgrund der sehr guten Lebensqualität die Herztransplantation ab.

Trotz der eindrucksvollen Entwicklung der künstlichen Herzen können sie die Herztransplantation nicht ersetzen. Die Ergebnisse der Herztransplantation lassen sich durch ein Kunstherz nicht erreichen. Die Lebenserwartung mit einem Kunstherzen wird heute noch durch die Risiken der Blutungen, Schlaganfälle und Infektionen sowie selten auch durch technische Probleme eingeschränkt.

An den Schwächen des Kunstherzens wird weiter gearbeitet. Die Tendenz geht zu kleineren und leichteren Modellen. Zum Beispiel versucht man, mit Nanotechnik die Oberflächen der Pumpen zu verändern, um das Problem der Gerinnselbildung zu verringern. Auch erprobt man andere Antriebe, die hohen Druck vermeiden. Langlebige Akkus sollen unter die Haut des Patienten eingesetzt werden, so dass kein Kabel mehr notwendig ist und dadurch die Infektionsgefahr gebannt werden kann.

Diese Entwicklungen werden dazu führen, dass in Zukunft das Leben mit einem Kunstherzen weiter verbessert wird.



*Die gleiche Patientin nach der Transplantation.*