

# Leben

## mit einem Kunstherz

Ein Ratgeber für Betroffene, Angehörige und Interessierte





# Leben

## mit einem Kunstherz

Ein Ratgeber für Betroffene, Angehörige und Interessierte

**Herausgeber:**

Deutsche Herzstiftung in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft für Extrakorporale Zirkulation und mechanische Kreislaufunterstützung der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie



Vorwort	9		
<b>Was ist eine schwere Herzinsuffizienz, bei der über ein VAD-System nachgedacht wird?</b>	10		
Prof. Dr. med. Stefan Klotz, Klinik für Herzchirurgie, Seegeberger Kliniken, Bad Seegeberg			
<b>Geschichte der Kunstherzen und Überblick über die Pumpen</b>	14		
Dr. med. Michiel Morshuis, Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen			
<b>Präoperative Evaluation von VAD-Patienten Was sollte der Herzinsuffizienzpatient über die notwendige präoperative Evaluation wissen?</b>	18		
Dr. med. Henryk Welp, Department für Herz- und Thoraxchirurgie, Klinik für Herzchirurgie, Universitätsklinikum Münster Prof. Dr. med. Jürgen R. Sindermann, Schüchtermann-Schiller'sche Kliniken, Bad Rothenfelde			
		<b>Implantationstechniken von LVAD-Systemen</b>	26
		Dr. med. Jasmin S. Hanke, Prof. Dr. med. Axel Haverich, Prof. Dr. med. Jan D. Schmitto, Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover	
		<b>Indikationen zur VAD-Therapie</b>	30
		Prof. Dr. med. Udo Boeken, PD Dr. med. Alexander Assmann, Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie, Universitätsklinikum Düsseldorf	
		<b>Postoperativer Verlauf im Krankenhaus nach Kunstherzimplantation</b>	36
		Dr. med. Erik Rehn, Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen	

<b>Rehabilitation von Patienten mit einem Linksherzunterstützungssystem</b>	40	<b>Externe Komponenten von Kunsterzsystemen</b>	67
Prof. Dr. med. Nils Reiss, Dr. Sportwiss. Thomas Schmidt, Prof. Dr. med. Jürgen Sindermann, Schüchtermann-Schiller'sche Kliniken, Bad Rothenfelde		Sarah Bucsky (Co-Autor), Sonja Lindner, Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck	
<b>Überleben und Komplikationen</b>	48	<b>Leben und Alltag mit einer Herzunterstützungspumpe</b>	78
Prof. Dr. med. Christof Schmid, Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum Regensburg		PD Dr. med. Anna L. Meyer, Universitätsklinik für Herzchirurgie, Herzzentrum Leipzig	
<b>Medikamente nach der Implantation eines Unterstützungssystems</b>	53	<b>Psychoziale Situation von VAD-Patienten</b>	85
Dr. med. René Tandler, Klinik für Herzchirurgie, Universitätsklinikum Erlangen		Dr. phil. Dipl.-Psych. Katharina Tigges-Limmer, Dipl.-Psych. Yvonne Brocks, Dipl.-Psych. Yvonne Winkler, Prof. Dr. med. Jan Gummert, Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen	
<b>Die Rolle der VAD-Koordination</b>	62		
Volker Lauenroth, Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen			

**Mit dem Kunstherz alt werden und sterben** 96

Dr. med. Jasmin S. Hanke,  
Prof. Dr. med. Axel Haverich,  
Prof. Dr. med. Jan D. Schmitto,  
Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations-  
und Gefäßchirurgie der Medizinischen  
Hochschule Hannover

**Zukunft der Kunstherztherapie** 98

Prof. Dr. med. Stefan Klotz,  
Klinik für Herzchirurgie,  
Seegeberger Kliniken,  
Bad Seegeberg

**Besonderheiten beim Total Artificial Heart** 100

Dr. med. Matthias D'Inka,  
Prof. Dr. med. Matthias Siepe,  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Benk,  
Prof. Dr. med. Dr. h.c. Friedhelm Beyersdorf,  
Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie,  
Universitäts-Herzzentrum Freiburg · Bad Krozingen

**Kontraindikationen für die Implantation  
eines Herzunterstützungssystems** 110

Dr. med. Manfred Richter,  
Abt. f. Herzchirurgie,  
Kerckhoff-Klinik Bad Nauheim

Schlussworte 113

Glossar: medizinische Begriffe 114

Glossar: Medikamente 120



Die Arbeitsgemeinschaft Extrakorporale Zirkulation und mechanische Kreislaufunterstützung der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie hat unter der Schirmherrschaft der Deutschen Herzstiftung diesen Ratgeber für Patienten, Angehörige und Interessierte erstmalig 2016 herausgegeben. Nach sehr großer Resonanz dieses Ratgebers freuen wir uns nun eine aktualisierte Version aufzulegen. Vordringlichstes Ziel ist es weiterhin, Ihnen einen Überblick über die Kunstherztherapie zu geben, und dadurch häufig auftretende Ängste abzubauen. Die Häufigkeit schwerer Herzmuskelschwächen in Deutschland nimmt stetig weiter zu. Gleichzeitig ist die rein medikamentöse Therapie häufig nicht ausreichend, den Patienten so zu stabilisieren, dass ein symptomfreies Leben möglich ist. Die beste Therapie bei einer schweren Herzmuskelschwäche ist immer noch eine Herzverpflanzung. Allerdings bewegt sich die Anzahl der Herztransplantationen weiterhin auf einem niedrigen Niveau von nur etwa 300 Transplantationen pro Jahr. Dem stehen jährlich knapp 1.000 Implantationen von Kunstherzen gegenüber – Tendenz steigend. In zunehmendem Maße können hiermit auch ältere Patienten behandelt werden. So sind Implantationen heutzutage deutlich schonender möglich, zumal die Pumpensysteme deutlich kleiner sind und ihr Einsatz damit komplikationsärmer geworden ist.

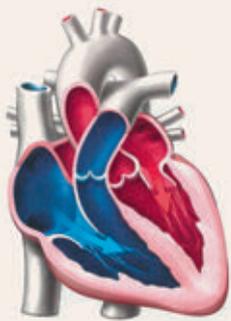
**Prof. Dr. med. Stefan Klotz** ist Chefarzt der Klinik für Herzchirurgie der Segeberger Kliniken und hat die ersten minimal-invasiven Kunstherzimplantationen in Schleswig-Holstein durchgeführt.

**Prof. Dr. med. Udo Boeken** ist seit 2002 Oberarzt der Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf. Als Chirurg fokussiert er auf die spezielle herzchirurgische Intensivmedizin und leitet das Transplantationsprogramm der Düsseldorfer Klinik.

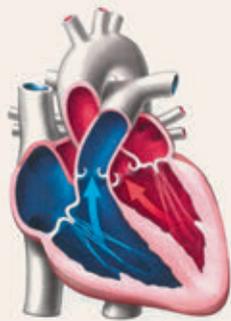
**PD Dr. med. Alexander Assmann** arbeitet als Oberarzt an der Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf. Der Herzchirurg forscht zu kardiovaskulären Implantaten.

In diesem Ratgeber wollen wir Ihnen einen Überblick über das große Themengebiet der Kunstherztherapie geben. Angefangen mit der Geschichte der Geräte über den operativen Verlauf in der Klinik und Rehabilitation bis hin zum Leben aber auch Sterben mit einem Kunstherzsystem wollen wir Ihnen Ihre Ängste nehmen und Sie umfassend beraten und informieren. Wir bedanken uns ausdrücklich bei allen beteiligten Autoren für ihr großes Engagement bei der Erstellung dieser aktualisierten Version, zumal alle Kapitel unentgeltlich geschrieben worden sind. Allen Autoren liegt das Bedürfnis nahe, die Kunstherztherapie weiter voran zu bringen. Weiterhin gilt unser Dank der Deutschen Herzstiftung e. V., die bei der Vollendung dieses Ratgebers organisatorisch und finanziell alle Hürden aus dem Weg geräumt hat. Dank der Finanzierung der Deutschen Herzstiftung durch Spenden ist es überhaupt erst möglich, diesen Ratgeber in so einer hohen Auflage für Sie zur Verfügung zu stellen.

Bad Segeberg und Düsseldorf im Juli 2018



Füllungsphase (Diastole)



Auswurfphase (Systole)

*Die Aufgaben des Herzens bestehen darin, Blut durch den Körper zu pumpen, so dass dieser mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt wird und Abfallstoffe abtransportiert werden. Jede Minute sind es rund fünf Liter, die durch den Körper gepumpt werden. Das sind rund 7000 Liter Blut täglich. Das gesunde Herz schlägt dabei sehr regelmäßig, ungefähr mit einer Herzfrequenz zwischen 60 und 80 Mal pro Minute. Bei körperlicher Anstrengung passt das Herz die Herzfrequenz entsprechend an. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Muskeln während körperlicher Betätigung mit ausreichend Sauerstoff versorgt werden. Damit das Herz richtig arbeiten kann, muss es auch selbst gut mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt werden. Die Durchblutung des Herzens übernehmen die Herzkranzgefäße (Koronararterien).*

Bei einer Herzinsuffizienz (bzw. Herzmuskelschwäche) ist das Herz nicht mehr in der Lage, ausreichend Blut durch den Körper zu pumpen. Die Ursachen für eine solche Herzschwäche können sehr unterschied-

## Was ist eine schwere Herzinsuffizienz, bei der über ein VAD-System nachgedacht wird?

lich sein. Bei einer koronaren Herzkrankheit (koronar: die Herzkranzgefäße betreffend) ist die Versorgung der Herzmuskulatur mit Blut eingeschränkt, da die Herzkranzgefäße entweder eingengt oder verschlossen sind. Folge sind ein oder mehrere Herzinfarkte. In der Folge ersetzt funktionsuntüchtiges Narbengewebe das gesunde Herzmuskelgewebe. Eine solche koronare Herzkrankheit ist die häufigste Ursache der Herzinsuffizienz. Aber auch lange Jahre unbehandelter Bluthochdruck, Herzklappenfehler, Herzmuskelentzündungen und Herzmuskelerkrankungen, ausgelöst durch Alkohol, Drogen oder bestimmte Medikamente oder genetisch bedingt, können Ursachen einer Herzmuskelschwäche sein.

Die Herzinsuffizienz entwickelt sich häufig schleichend. Dem Körper gelingt es zunächst lange, die Herzschwäche auszugleichen. Durch körpereigene Anpassungsmechanismen wird die Pumpleistung des Herzens so lange aufrechterhalten, bis diese Mechanismen nicht mehr ausreichen. Anfangs spüren die Patienten daher nur, dass ihre

körperliche Leistungsfähigkeit langsam aber stetig nachlässt. Schreitet die Herzinsuffizienz weiter fort, können weitere Beschwerden auftreten. Zu nennen sind zum Beispiel: Luftnot, Müdigkeit und Antriebslosigkeit, geschwollene Beine und Füße oder Bauch, Appetitlosigkeit, vermehrtes Wasserlassen in der Nacht oder Schlafstörungen.

## Einteilung der Herzmuskelschwäche

Die Herzmuskelschwäche wird üblicherweise nach der Schwere ihrer Symptome eingeteilt. Die Skala der New York Heart Association (NYHA) unterteilt die Herzinsuffizienz in die NYHA-Klassen I, II, III und IV. Ärzte verwenden diese Klassifizierung häufig, wenn es um die Symptome und die Behandlung von Herzinsuffizienz geht. Während bei einer Herzmuskelschwäche im NYHA-Stadium I und II der Patient erst nach stärkerer Aktivität Kurzatmigkeit oder Erschöpfung verspürt, treten diese Symptome in der NYHA-Klasse III bereits bei leichter Belastung und im Stadium IV schon in Ruhe auf. Eine andere Einteilung, die Sie vielleicht schon mal gehört haben ist die INTERMACS-Klassifikation. Anhand dieser Skala wird die Herzinsuffizienz vor einer Kunstherztherapie eingeteilt. Tab. 1 gibt dazu einen Überblick.

Bei der Therapie der Herzmuskelschwäche versucht man zunächst die Ursache zu bekämpfen. Des Weiteren wird bei den Patienten eine Behandlung der Herzmuskelschwäche durch Medikamente begonnen. Diese umfassen in der Regel ein Medikament zur Senkung des Blutdrucks (z.B. ACE-Hemmer), der Herzfrequenz (z.B. Beta-Blocker) und ein Medikament zur Steigerung der Urinausscheidung (Diuretikum). All diese Medikamente gibt es von verschiedenen Herstellern und in

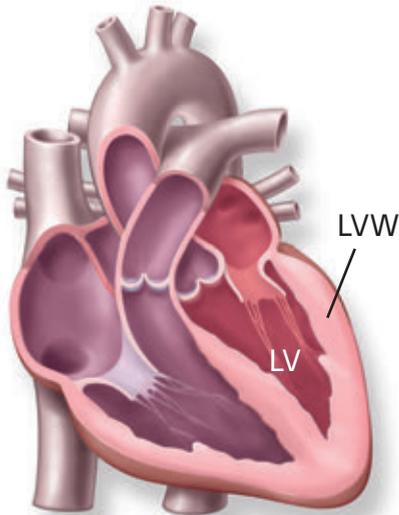
Tab. 1

### INTERMACS-Klassifikation zur Kunstherztherapie

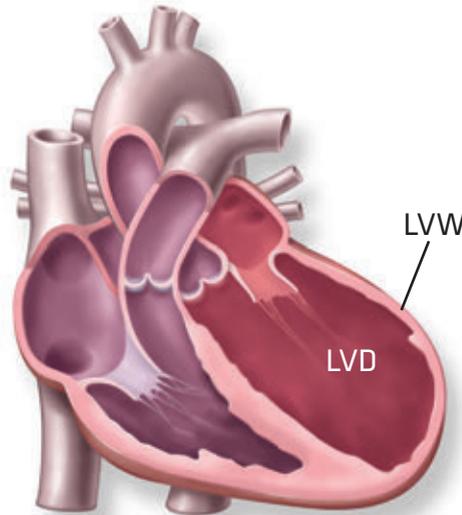
INTERMACS Klasse	Beschwerden
1	Patient ist im schweren Schock
2	Patient hat eine beginnende Kreislaufinstabilität und ist abhängig von Medikamenten zur Kreislaufunterstützung
3	Patient ist klinisch stabil, jedoch abhängig von Medikamenten zur Kreislaufunterstützung, von denen er nicht entwöhnt werden kann
4	Patient braucht wiederholt Medikamente zur Kreislaufunterstützung, von denen er jedoch immer wieder entwöhnt werden kann
5	Patient ist die meiste Zeit zu Hause mit Beschwerden bei leichter Belastung
6	Patient kann das Haus verlassen, jedoch mit deutlich eingeschränkter Belastbarkeit
7	Patient ist klinisch stabil mit hochgradig eingeschränkter Herzfunktion

unterschiedlicher Dosierung abhängig vom Krankheitsstadium und der individuellen Ursache der Herzmuskelschwäche. Bei schlechter Pumpfunktion des Herzmuskels wird häufig zudem ein elektrischer Defibrillator implantiert, da Patienten mit einem kranken Herzen ein erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod haben. Diese Geräte gibt es, abhängig von der Ausprägung der Erkrankung, als Ein-, Zwei- oder Dreikammer-Geräte mit dann entsprechend einer, zwei oder drei Sonden.

Veränderung der Form, der Struktur und der Größe des Herzens bei der Entwicklung einer Herzinsuffizienz



Normal großes Herz (LV, linker Ventrikel) und normal dicke Kammerwand (LVW).

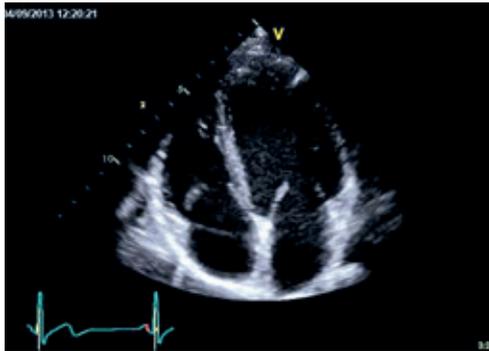


Herzinsuffizienz: erweiterte linke Herzkammer (LVD) und deutlich verdünnte Kammerwand mit abgeschwächter Pumpfunktion.

Grafiken: medicalARTWORK

## Wie häufig ist eine schwere Herzmuskelschwäche?

Etwa 0,5 bis 1 Prozent der Gesamtbevölkerung in Deutschland sind an einer Herzmuskelschwäche erkrankt. Das entspricht etwa 80.000 neuerkrankten Patienten pro Jahr. Zu bedenken ist, dass die Herzinsuffizienz deutlich mehr alte als junge Menschen betrifft. Bei Menschen über 75 Jahren hat jeder Zehnte statistisch gesehen eine Herzschwäche. Männer trifft es dabei dreimal so häufig wie Frauen. Mit einem steigenden Durchschnittsalter der Bevölkerung ist zu erwarten, dass die Häufigkeit der Herzinsuffizienz in Zukunft weiter steigen wird.



Ultraschall eines gesunden Herzens.



Ultraschall eines Herzens bei Herzinsuffizienz:  
Die linke Herzkammer ist stark erweitert (Pfeil).

## Wer ist ein Kandidat für ein Kunstherz?

Für eine Therapie mit einer implantierbaren mechanischen Pumpe kommen Patienten in Betracht, die zwar optimal mit Medikamenten versorgt wurden und die trotz einer Therapie möglicher Ursachen der Herzmuskelschwäche weiterhin nur wenig belastbar und damit deutlich eingeschränkt sind. Diese Pump-Systeme heißen linksventrikuläre Unterstützungssysteme (LVAD, Left Ventricular Assist Device) oder manchmal einfach VAD (Ventricular Assist Device). Früher war diese Therapie eine Notlösung für Herzinsuffizienz-Patienten, um sie am Leben zu halten, bis sie eine Herztransplantation erhielten. Diese Geräte wurden früher nur als „Überbrückung“ verwendet. Heutzutage aber sind diese Pumpen so klein, effektiv und nebenwirkungsarm, dass sie eine Alternative zur Herztransplantation darstellen.

---

### Prof. Dr. med. Stefan Klotz

ist Chefarzt der Klinik für Herzchirurgie der Segeberger Kliniken und hat die ersten minimal-invasiven Kunstherzimplantationen in Schleswig-Holstein durchgeführt.

---

# Geschichte der Kunstherzen und Überblick über die Pumpen

Ein Meilenstein in der Herzchirurgie war die Erfindung der Herz-Lungen-Maschine durch Dr. Gibbon im Jahr 1953 (Abb. 1). Zum ersten Mal übernahm dabei eine Maschine die Funktion von Herz und Lungen. So wurde das Herz ruhig gestellt, was eine sichere Herzoperation ermöglichte. Sehr früh erkannte die Herzchirurgie, dass das Herz durch verschiedene Ursachen versagen kann. Bereits 1957 entwickelte Dr. Akutsu zusammen mit Dr. Kolff ein Kunstherz (Abb. 2). Jedoch erst nach zahlreichen weiteren Entwicklungsschritten konnte dieses Herz erstmals 1982 bei einem Menschen eingesetzt werden.

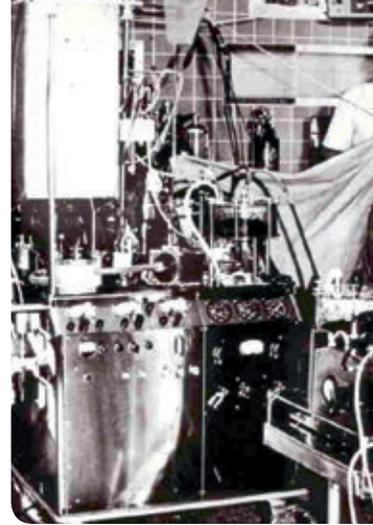


Abb. 1:  
Erste Herz-Lungen-Maschine  
aus dem Jahr 1953 von Dr. Gibbon.



Abb. 2:  
Prototyp des ersten Kunstherzens von  
Dr. Akutsu und Dr. Kolff aus dem Jahr 1957.



Einem berühmten Herzchirurgen aus den USA, Michael DeBakey, gelang es im Jahr 1966, bei einer Patientin eine Unterstützungspumpe an der linken Seite des Herzens zu implantieren. Die Patientin erholte sich nach zehn Tagen und das System konnte erfolgreich wieder entfernt werden.

Abb. 3: Erstes erfolgreiches Linksherzunterstützungssystem aus dem Jahr 1966.

In Hershey, USA, entwickelten Dr. Pierce und Dr. Donachy ein System, das sowohl die linke als auch rechte Seite des Herzens unterstützte: das Thoratec-Unterstützungssystem (Abb. 4). Die erste Implantation fand im Jahr 1981 statt. 1992 wurde es zum ersten Mal in Deutschland eingesetzt. Die Produktion wurde 2015 jedoch eingestellt, weil sich dieses System teilweise außerhalb des Körpers befand und die Antriebseinheit relativ groß und laut war, was die Lebensqualität der Patienten deutlich einschränkte. Weil die meisten Patienten ausschließlich eine Unterstützung der linken Seite des Herzens benötigen, wurden Linksherzunterstützungssysteme (LVAD) entwickelt, die großenteils implantierbar waren. Nur ein Steuerkabel (sogenannte Driveline) führt aus dem Körper heraus. Es versorgt das System mit Energie und steuert es. Im Jahr 1993 wurde im Herz- und Diabeteszentrum NRW in Bad Oeynhausen das



Abb. 4: Vier Patienten mit dem Thoratec-Unterstützungssystem, das 1981 zum ersten Mal eingesetzt wurde.

erste Novacor-System in Deutschland eingesetzt (Abb. 5). Die Lebensqualität des Patienten wurde hierbei deutlich gesteigert, weil nur eine Steuereinheit (sogenannter Controller) und Batterien mitgetragen werden. Dies leitete eine neue Ära für die Patienten ein, denn es war zum ersten Mal möglich, einen Patienten mit einem Herzunterstützungssystem nach Hause zu entlassen. Das System war jedoch groß und wog über ein Kilogramm, sodass es nur mit einer aufwendigen Operation implantiert werden konnte.

Ein weiterer Schwachpunkt war das Steuerkabel, also die Driveline. Bei ca. zehn Prozent der Patienten entwickelte sich eine Infektion (siehe hierzu Kapitel „Externe Komponenten von Kunstherzsystemen“ auf Seite 74). Im Jahr 1999 wurde deswegen zum ersten Mal das LionHeart-System eingesetzt, ein komplett implantierbares System ohne Steuerkabel (Abb. 6). Die notwendige Energie wurde über die Haut übertragen. Bereits ein Jahr später musste das LionHeart jedoch aufgrund technischer Schwierigkeiten vom Markt genommen werden. Die Energieübertragung über die Haut ist bis heute noch nicht ausgereift. Aktuell stehen daher nur Systeme mit einer Driveline zur Verfügung.

### Wearable Electrical Heart Assist System

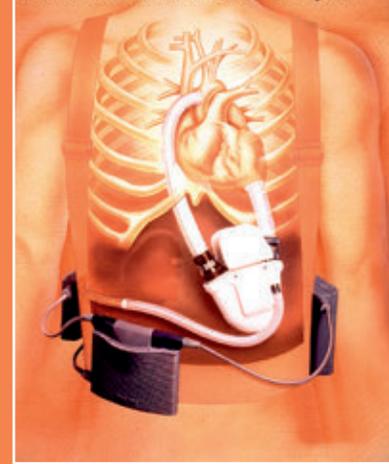


Abb. 5: Das Novacor-LVAD aus dem Jahr 1993. Mit diesem System konnten erstmalig Patienten aus dem Krankenhaus nach Hause entlassen werden.



Abb. 6: Das komplett implantierbare LionHeart aus dem Jahr 1999.

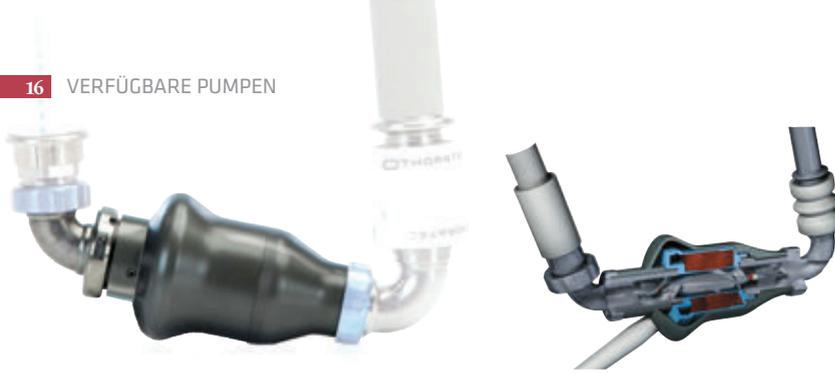


Abb. 7: Das HeartMate II-System mit Querschnittszeichnung.



Abb. 8: Das HeartWare LVAD mit hydrodynamischer Lagerung.

## Überblick über die aktuell verfügbaren Pumpen

Die Einsatzdauer der implantierten Systeme wurde über die Jahre immer länger. Eine Ursache dafür ist der Mangel an Organspenden, der die Wartezeiten deutlich verlängert. Zum anderen werden die Systeme nun auch bei Patienten eingesetzt, die aufgrund ihrer Begleiterkrankungen oder ihres Alters gar nicht transplantiert werden können. Beides setzt eine lange Lebensdauer der Systeme voraus. Ein Systemwechsel ist möglich, jedoch aufwendig und belastend für die Patienten. Moderne Pumpen sind so entwickelt, dass ihr Verschleiß so gering wie möglich ist. Wichtig ist auch, dass möglichst keine Komplikationen auftreten und die Lebensqualität erhalten wird.

Die heutzutage verfügbaren Pumpen unterscheiden sich von den oben beschriebenen durch das Fehlen von Klappen und durch besondere Flusseigenschaften. Die konstante Umdrehung eines Rotors

(Impella) erzeugt einen kontinuierlichen Blutfluss im Körper. Somit ist es unter Umständen schwierig, beim Patienten einen Puls zu fühlen. Kontinuierliche Flusspumpen sind im Vergleich kleiner, was ihre Implantation deutlich einfacher macht. Diese Systeme haben sich aufgrund ihrer Dauerhaftigkeit und geringer Komplikationen bis heute durchgesetzt.

Die aktuell verfügbaren implantierbaren Linksherzunterstützungssysteme (LVAD), unterscheiden sich in der Aufhängung des Rotors. 2001 kam das HeartMate II-System der Firma Thoratec zum Einsatz (Abb. 7), welches bis heute über 20.000 Mal eingesetzt wurde. In dem HeartMate II-System befinden sich ein Lager, eine Pfanne und ein Ball, in dem der Rotor liegt. Der Rotor dreht sich dabei mit etwa 8.000 bis 9.000 Umdrehungen pro Minute. Ein zweites System, das HVAD der

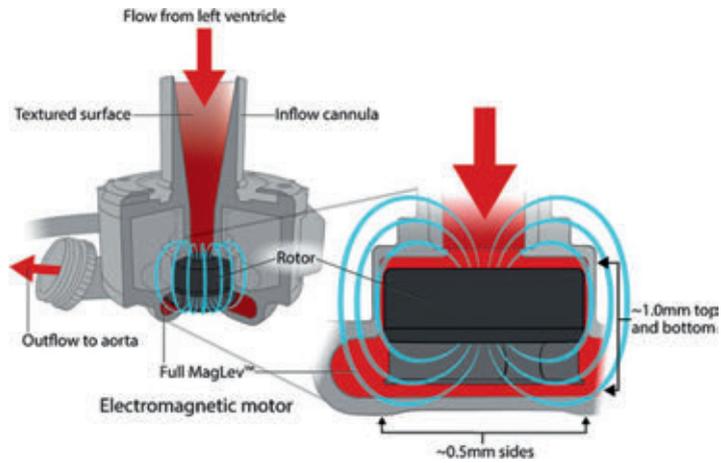


Abb. 9: HeartMate 3, Aufbau der Pumpe und Lagerung des Rotors

Firma HeartWare, verfügt über ein hydrodynamisches Lager (Abb. 8). Zwischen Rotor und Gehäuse bildet sich hier ein Flüssigkeitsfilm. So wird ein direkter Kontakt von Rotor und Gehäuse vermieden, was das System weniger verschleißanfällig macht. Der Rotor dreht sich bei diesem System mit etwa 2.500 bis 3.500 Umdrehungen pro Minute. Seit Oktober 2015 hat das HeartMate 3 System seine Zulassung in Europa erhalten. Der Rotor ist magnetisch gelagert, was eine lange Haltbarkeit erwarten lässt. Aufgrund größerer Spalten zwischen Rotor und Gehäuse ist die Pumpe weniger anfällig für Thrombosierung (Abb. 9).

Rund 90 Prozent der Patienten werden mit einem Linksherzunterstützungssystem (LVAD) versorgt. Etwa 10 Prozent der Patienten brauchen jedoch zusätzlich eine Unterstützung des rechten Herzens und damit ein komplettes Kunstherz (siehe hierzu Kapitel „Besonder-



Abb. 10: BerlinHeart ExCor-System

heiten beim Total Artificial Heart“ auf Seite 100) oder ein beidseitiges Unterstützungssystem wie das ExCor-System der Firma BerlinHeart (Abb. 10). Beide Pumpen befinden sich jedoch außerhalb des Körpers und werden von einer Konsole pneumatisch über Druckluft angetrieben. Dies schränkt die Bewegungsfreiheit des Patienten ein und kann nur als Überbrückung zur Transplantation eingesetzt werden.

---

### Dr. med. Michiel Morshuis

ist Oberarzt an der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie im Herz- und Diabeteszentrum NRW in Bad Oeynhausen. Dr. Morshuis ist Experte für mechanische Kreislaufunterstützungssysteme.

---



## Präoperative Evaluation von VAD-Patienten

**Was sollte der Herzinsuffizienzpatient über die notwendige präoperative Evaluation wissen?**

**Für wen ist das LVAD eine geeignete Therapie?**

Die Anzahl der Systeme zur mechanischen Unterstützung des Herzkreislaufs (VAD; Ventricular Assist Device) ist in den vergangenen Jahren in Deutschland wie auch international stark gewachsen. Seit dem Jahr 2007 werden in Deutschland pro Jahr mehr Unterstützungssysteme implantiert als Herzen transplantiert. Dabei wurden diese Systeme ursprünglich als Überbrückungsmaßnahme bis zu einer Transplantation eingeführt. Bei entzündlichen Herzmuskelerkrankungen werden die Unterstützungssysteme auch vorübergehend eingesetzt,

bis sich die Herzfunktion erholt. Die Beurteilung des Ausmaßes der Herzschwäche beruht in der Regel auf mehreren Untersuchungsverfahren. Dabei kommt der Ultraschalluntersuchung des Herzens (Echokardiographie) eine besondere Bedeutung zu. Mit dieser Untersuchung lässt sich nicht nur die Herzgröße, sondern auch die Pump- und Herzklappenfunktion erfassen. Daher wird eine Ultraschalluntersuchung in der Regel eines der ersten Untersuchungsverfahren sein, das eingesetzt wird, um die Funktion des Herzens zu beurteilen.

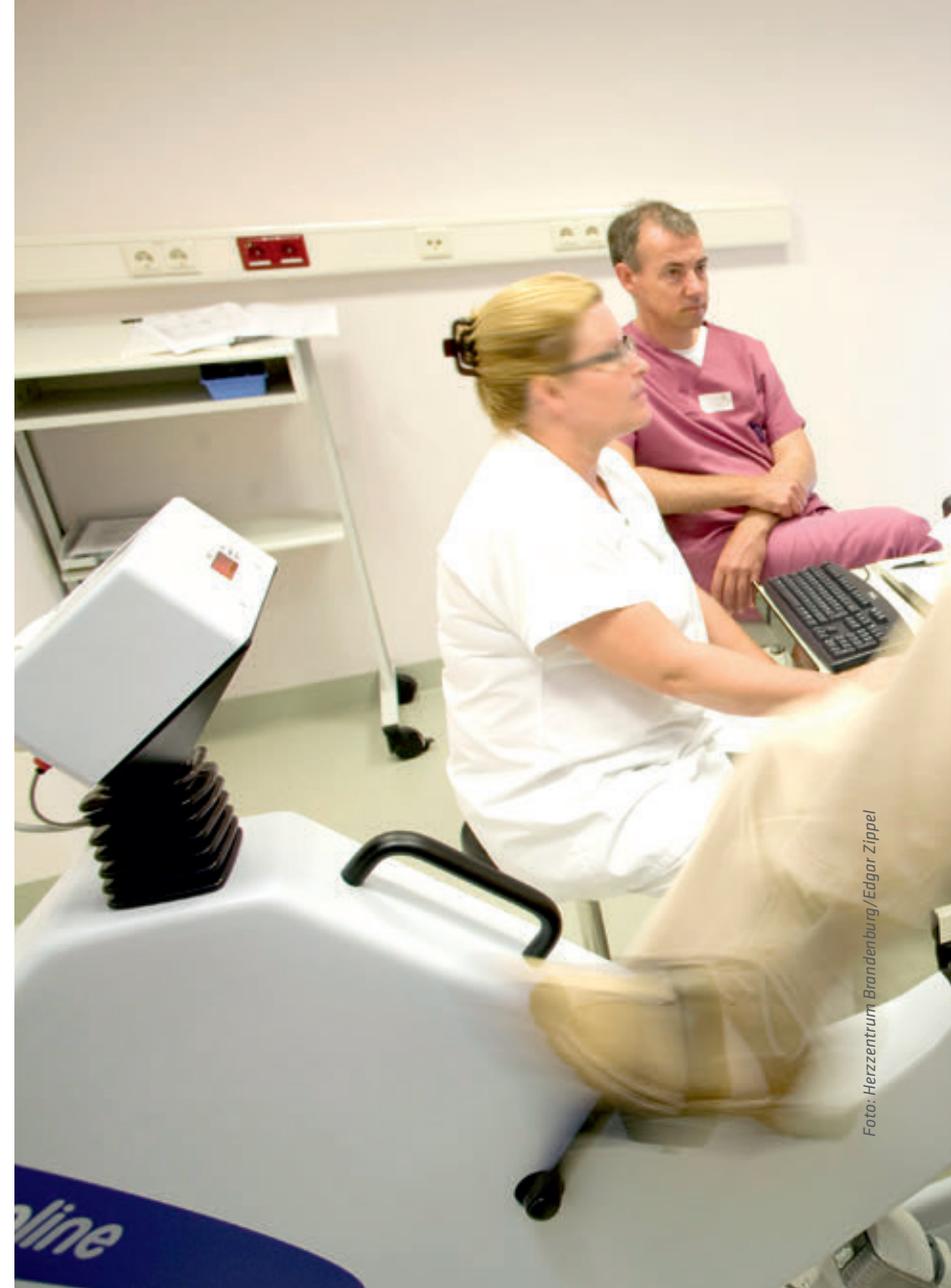
Zusätzlich werden im Labor häufig Blutwerte (wie z.B. BNP, NT-proBNP) kontrolliert. Hiermit kann gezielt nach einer Herzschwäche gesucht oder deren Ausmaß und Verlauf beurteilt werden. Damit der Patient von der Implantation eines LVAD profitiert und sich seine Belastbarkeit tatsächlich erhöht, ist es wichtig, dass er vor einer solchen Operation sorgfältig untersucht wird. Nur so können das Ausmaß der Herzschwäche festgestellt und mögliche Therapiealternativen besprochen werden. Im Rahmen dieser Untersuchungen werden einerseits der Schweregrad der Herzschwäche festgestellt wie auch andererseits mögliche Vorerkrankungen erkannt. Diese können den Erfolg einer LVAD-Therapie generell infrage stellen. Weitergehende Untersuchungen wie der Rechtsherzkatheter oder die Spiroergometrie stellen dann eine wichtige Ergänzung für die Diagnose der Herzschwäche dar und sollen nachfolgend näher erläutert werden.

## Beurteilung des Schweregrades der Herzschwäche

- 1.** Herzultraschall (Echokardiographie): Diese Untersuchung macht die Pumpleistung des Herzens sichtbar und stellt die Herzklappen dar. Ein wichtiger Parameter ist die sogenannte linksventrikuläre Ejektionsfraktion (kurz EF). Diese misst den prozentualen Anteil des Blutes, der bei jedem Herzschlag aus der linken Herzkammer ausgeworfen wird. Unterschreitet dieser Wert eine kritische Grenze, kann die Implantation eines mechanischen Kreislaufunterstützungssystems erwogen werden.
- 2.** Rechtsherzkatheteruntersuchung: Der Rechtsherzkatheter wird auch als „kleiner Herzkatheter“ bezeichnet. Hierbei wird unter örtlicher Betäubung eine Vene an Hals, Arm oder Leiste punktiert, um von dort einen Katheter einzuführen, der mit dem Blutstrom den Gefäßen folgend bis in die rechten Herzkammern und schließlich bis in die Lungengefäße vorgeschoben wird. Mit diesem Katheter lässt sich die Pumpleistung des Herzens, das sogenannte Herzzeitvolumen ermitteln. Zudem gibt die Rechtsherzkatheteruntersuchung Aufschluss über die Druckwerte im rechten Herz und den Lungenarterien. Diese Messwerte benötigt der Arzt sowohl für die Beurteilung der Herzschwäche wie auch für die Bewertung möglicher Therapien bei Lungenhochdruck.

**3. Spiroergometrie:** Bei dieser Untersuchung soll die Leistung des Herzens beurteilt werden. Diese Diagnostik wird auch in der Sportmedizin eingesetzt. Die Menge der maximalen Sauerstoffaufnahme (gemessen in ml/kg/Minute) ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit bzw. die mangelnde Leistung bei einer ausgeprägten Herzschwäche. Die Spiroergometrie wird ähnlich wie ein Belastungs-EKG unter stetiger Erhöhung der Belastung durchgeführt. Zusätzlich wird hierbei der über eine Atemmaske aufgenommene Sauerstoff gemessen. Unterschreitet der Wert der maximalen Sauerstoffaufnahme eine kritische Grenze, gilt dieses – sofern keine schwergradige Lungenerkrankung vorliegt – als Maß für eine ausgeprägte Herzschwäche, bei der die Implantation eines LVAD diskutiert werden kann.

**4. Weitergehende Untersuchungen:** In weitergehenden Untersuchungen wird geklärt, ob Erkrankungen bzw. Befunde vorliegen, die sich negativ auf eine LVAD-Therapie auswirken können. Diese sollten dann vor der Implantation eines Unterstützungssystems behandelt werden. Hierzu zählen in erster Linie Infektionen und Tumorerkrankungen. Eine etwaige Infektion im Körper birgt das Risiko, dass nach einer LVAD-Implantation die Pumpe des Systems von Keimen besiedelt wird. Dieses kann sich zu einem ständigen Bakterienherd entwickeln.





Es ist daher zu empfehlen, dass die Patienten im Rahmen einer Voruntersuchung vor der LVAD-Implantation gründlich untersucht werden. Hierzu gehört auch die Vorstellung beim Zahnarzt, Hals-Nasen-Ohrenarzt, Urologen bzw. Gynäkologen und beim Neurologen. Um mögliche Blutungsquellen auszuschließen, ist eine Magen- und Darmspiegelung ratsam. Diese wie auch mögliche Ultraschall- oder Computertomographie-Untersuchungen des Brustraums und des Bauches dienen dazu, Tumorerkrankungen auszuschließen. Da der Patient nach einer LVAD-Implantation dauerhaft blutverdünnende Mittel einnehmen muss, können andere Operationen oder Eingriffe gefährlich werden.

Darüber hinaus sollte jeder Patient, der für eine LVAD-Implantation infrage kommt, ausgiebig über die Therapie mit einem solchen System aufgeklärt werden. Hier können auch klinische Psychologen einbezogen werden. Der Patient sollte in jedem Fall die Therapieform in vollem Umfang überschauen können. Dies ist wichtig, damit er sich an die erforderlichen Therapiemaßnahmen, insbesondere die strenge Einnahme der Blutverdünnungsmittel, hält.

## Wann ist der richtige Zeitpunkt zur Implantation eines LVAD?

Patienten stellen sich natürlich die Frage, ob die Herzmuskelschwäche bei ihnen schon so ausgeprägt ist, dass die Implantation eines LVAD sinnvoll ist. Die Beantwortung dieser Frage kann im Einzelfall sehr komplex sein und auch dazu führen, dass ein Patient unter Umständen auch mehrfach in der Klinik untersucht wird. Nur so lässt sich die Herzinsuffizienz in ihrem Verlauf beurteilen. Dabei gilt die Maxime, dass die LVAD-Implantation keinesfalls so spät erfolgen sollte, dass andere Organe wie die Leber oder die Niere aufgrund der geringen Kreislaufleistung bei Herzschwäche schon Schaden genommen haben. Allgemein gilt, dass die Implantation eines LVAD notwendig sein kann, wenn die Symptome der fortgeschrittenen Herzinsuffizienz mit einer herkömmlichen Therapie (z. B. Medikamente) und ggf. der Therapie mit einem sogenannten CRT-Schrittmacher / ICD nicht mehr beherrschbar sind.

Um diese komplexen Zusammenhänge besser abschätzen zu können, werden Krankheitsbilder in Risikoklassen, sog. Risiko-Scores, eingeteilt. Hier ist der INTERMACS-Score zu nennen, der eine Einteilung des klinischen Schweregrades der Herzinsuffizienz (siehe Seite 11) vornimmt. Zudem können über das Seattle Heart Failure Model verschiedene medizinische Daten zu Laborwerten oder Medikamentendosen erhoben und anhand dieser eingeschätzt werden, wie hoch das von der Herzschwäche verursachte voraussichtliche Sterberisiko des Patienten ist. Mit dem Heart Failure Model kann errechnet werden, wie durch bestimmte Behandlungsmethoden, z. B. die Implantation eines Defibrillators oder die Veränderung der Medikamente, das Risiko statistisch gemindert werden kann. Letztlich dienen die Risikoklassen dazu, dass sich der Arzt ein umfassendes Bild vom Ausmaß der Herzschwäche machen kann, um so das aus der Herzschwäche resultierende Risiko für den Patienten zu mindern.

## Mögliche Problemfelder bei vorbestehenden Erkrankungen

Folgende Nebenerkrankungen, die für die Therapie am LVAD von besonderer Bedeutung sind, sollen nachfolgend hervorgehoben werden:

### Rechtsherzschwäche

Mit der LVAD-Therapie wird eine schwere Herzschwäche behandelt, genauer gesagt eine Linksherzschwäche, da das LVAD in die linke Hauptkammer des Herzens implantiert wird und diese damit entlastet. Generell wird hierdurch das gesamte Herz entlastet, also auch die rechte Herzseite. Allerdings funktioniert diese Entlastung der rechten Herzseite über das in die linke Herzkammer implantierte LVAD nur bis zu einem gewissen Grad. Ist die Funktion des rechten Herzens zu schlecht oder der Lungengefäßwiderstand sehr hoch, dann kann das Problem auftreten, dass das rechte Herz zu schwach ist, um das Blut von der rechten Herzhälfte durch die Lungenarterien bis in die linke Herzhälfte zu pumpen. In einem solchen Fall kann auch das linksseitig implantierte LVAD die Gesamtherzfunktion nur eingeschränkt verbessern. Da unter bestimmten Voraussetzungen eine ausgeprägte Schwäche des ganzen Herzens durch die Implantation eines LVAD allein nicht ausreichend behandelt werden kann, ist die Beurteilung der Rechtsherzfunktion besonders wichtig. In solchen Fällen muss

eine zusätzliche Implantation einer Pumpe in die rechte Hauptkammer (RVAD) erwogen werden.

### Lungenhochdruck (Pulmonale Hypertonie)

Für Patienten, die grundsätzlich für eine Herztransplantation infrage kommen, stellt der fixierte Lungenhochdruck eine der schwerwiegendsten Befunde dar, die gegen eine LVAD-Operation sprechen. Solange es vor der Implantation nicht zu einem schweren Rechtsherzversagen gekommen ist, stellt der pulmonale Hochdruck keine Kontraindikation zur Implantation eines LVAD dar. Tritt bei einer Herzschwäche vielmehr eine pulmonale Hypertonie auf, so kann die Implantation eines LVAD zur Behandlung dieser Lungenschwäche beitragen. Häufig normalisieren sich der Lungenhochdruck und der Widerstand in der Lungenstrombahn drei bis sechs Monate nach Implantation eines LVAD. Dieser Prozess kann durch die Gabe von speziellen Medikamenten, die die Lungenstrombahn erweitern, unterstützt werden.

### Nieren- und Leberschwäche

Eine lang bestehende, ausgeprägte Herzschwäche zieht andere Organe wie Niere und Leber in Mitleidenschaft. Hierin können sich besondere Probleme bei der Nachsorge von Patienten mit LVAD ergeben. Da die Leber für die Produktion der Blutgerinnungsfaktoren zuständig ist, kann eine ausgeprägte Leberschwäche mit einer erhöhten Blutungsneigung einhergehen. Das bedeutet nicht nur, dass kurz nach der Operation ein erhöhtes Blutungsrisiko besteht, sondern sich auch im weiteren Verlauf der Therapie mit blutverdünnenden Medikamenten Probleme ergeben können.

Bei Patienten mit Nierenschwäche kann ggf. die VAD-Operation zu einem dauerhaften Ausfall der Nierenfunktion führen, sodass der Patient anschließend eine Dialyse erhalten muss. Einige Herzzentren werten eine Dialysepflicht als Kontraindikation für die Implantation eines LVAD. Hier sollte jedoch jeder Einzelfall immer sorgfältig beurteilt und bewertet werden.

## Blutungen

Neue LVAD-Systeme erzeugen einen gleichmäßigen Blutdruck und unterdrücken damit den von Natur aus bestehenden systolischen und diastolischen Blutdruck, den wir als Puls fühlen können. Durch diese veränderte Blutdrucksituation kann es bei einigen Patienten zu einer erhöhten Neigung zu Blutungen im Magen-Darm-Trakt kommen. Daher ist anzuraten, vor Implantation eines LVAD-Systems möglichst eine spezifische Diagnostik, zum Beispiel eine Magen- und Darmspiegelung durchzuführen, um mögliche Blutungsquellen schon im Vorfeld finden und behandeln zu können.

## Größe und Gewicht

Ursprünglich war der Einsatz von LVADs, bei denen die Pumpe in den Körper implantiert werden konnte, limitiert auf Patienten mit einer Körperoberfläche von über 1,5 m<sup>2</sup>. Mit der Einführung von kleineren Pumpen können nun auch kleinere Patienten mit einer Körperoberfläche von unter 1,3 m<sup>2</sup> unterstützt werden. So steigt der Anteil an Frauen und jungen Erwachsenen, die durch die Implantation eines LVAD behandelt werden können, erheblich. Für die modernen Pumpen gibt es heutzutage praktisch keine Größen- oder Gewichtsbeschränkungen.



## Übergewicht

Es gibt widersprüchliche Daten dazu, welchen Einfluss Übergewicht auf das Ergebnis der Operationen hat. Bei der Implantation von LVADs gilt, dass Patienten mit moderatem Übergewicht nach einer LVAD-Implantation im ersten Jahr nach dem Eingriff keine geringere Überlebenschance haben als normgewichtige Patienten. Kürzlich wies eine Studie jedoch nach, dass Übergewicht nach einer LVAD-Implantation mit einer gesteigerten Rate an Infektionen einhergeht. Ursache hierfür ist in erster Linie eine erhöhte Anzahl von Infektionen im Bereich des Steuerkabels. Diese werden durch Hautfalten begünstigt.

## Untergewicht

Patienten, die starkes, krankhaftes Untergewicht (kardiale Kachexie) haben, leiden unter einem schlechten Ernährungszustand. Werte wie Albumin und Serumeiweiß (unter 3,5 mg/dl bzw. unter 6 mg/dl) sind bei ihnen stark erniedrigt. Sie haben nach der Operation ein erhöhtes Risiko, Komplikationen wie Infektionen oder Wundheilungsstörungen zu erleiden oder gar zu sterben. Um die Ergebnisse nach der Implantation zu optimieren, sollten diese Patienten begleitend eine Ernährungsberatung erhalten.

## Alter

Die wohl am meisten diskutierte Frage bei der operativen Behandlung von Patienten mit chronischer Herzschwäche ist deren Alter. Bei der Herztransplantation sind viele Zentren eher zurückhaltend, wenn es darum geht, ältere Patienten auf die Warteliste aufzunehmen. Im Gegensatz hierzu gibt es inzwischen bei der Implantation von LVADs keine Altersobergrenze, sodass auch ältere Patienten behandelt werden können. Allerdings ist hier die Datenlage zu den Erfolgsaussichten nicht einheitlich. Einige Studien beschreiben, dass die Überlebenschancen von einem Jahr bei Patienten über 65 Jahren deutlich niedriger sind als bei jüngeren Patienten. Allerdings sind auch Studien bekannt, in denen das Überleben und die Dauer des Krankenhausaufenthaltes bei über 70 Jahre alten Patienten nicht schlechter bzw. länger waren als bei jüngeren Patienten. Die Studien stellten einen guten funktionellen Status und eine hervorragende Lebensqualität der Patienten fest. Das Alter allein sollte daher nicht als limitierender Faktor bei der Implantation eines mechanischen Kreislauf-unterstützungssystems gelten. Allerdings sollten ältere Patienten noch kritischer hinsichtlich altersbedingter Begleiterkrankungen wie zum Beispiel Tumorerkrankungen untersucht werden.

Foto: Duke Photography



## Psychosoziale Aspekte

Wie bei der vorbereitenden Untersuchung zu einer Herztransplantation sollten auch Patienten, die für die Implantation eines LVAD vorgesehen sind, vor der Operation durch einen Neurologen und einen Psychologen untersucht werden. Hierbei sollte bewertet werden, ob die Versorgung nach der Operation und die Einnahme der erforderlichen Medikamente gewährleistet ist. Zu den psychosozialen Faktoren, die die Überlebenschancen einschränken, gehören Drogenabhängigkeit, ein fehlendes soziales Umfeld, Persönlichkeitsstörungen, aber auch eine mangelnde Therapietreue, bei der der Patient sich nicht an die ärztlichen Anweisungen hält. Insgesamt sollte der Patient in der Lage sein, das LVAD-Gerät selbstständig sicher bedienen und entsprechende Therapieempfehlungen umsetzen zu können.

### Dr. med. Henryk Welp

Facharzt für Herzchirurgie, ist Funktionsoberarzt am Department für Herz- und Thoraxchirurgie an der Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums in Münster.

### Prof. Dr. med. Jürgen Sindermann,

leitet als Chefarzt die Abteilung Rehabilitation der Schüchtermann-Schiller'schen Kliniken in Bad Rothenfelde.

# Implantationstechniken von LVAD-Systemen

Kunstherzimplantationen sind durch viele technische und chirurgische Verbesserungen in den letzten Jahren zu einer Standardoperation der Herzchirurgie geworden. Während in der Vergangenheit solche Operationen große Schnitte und viele Tage auf der Intensivstation bedeuteten, sind heute bereits minimal-invasive Implantationstechniken und kurze Aufenthalte auf der Intensivstation möglich.

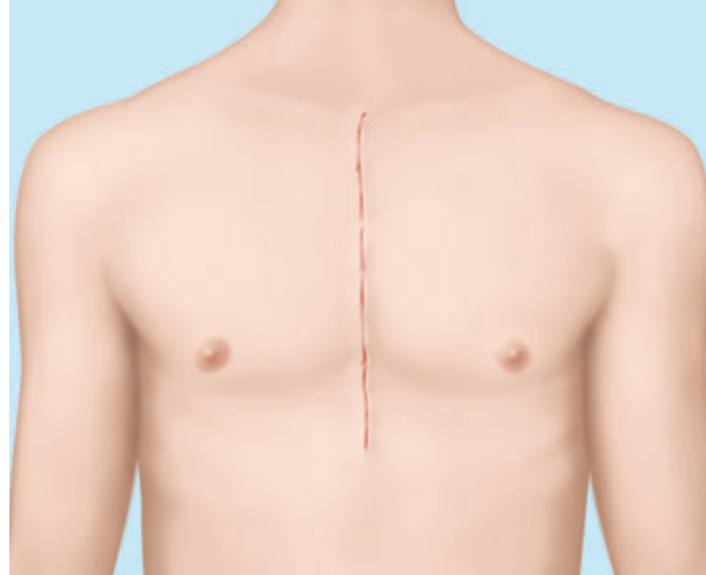


Abb. 11: Narbe nach kompletter Durchtrennung des Brustbeines (mediane Sternotomie).

## Standard-Implantationstechnik

Die traditionelle Kunstherzimplantation erfolgt über eine mediane Sternotomie, d. h. über eine vollständige, senkrechte Durchtrennung des Brustbeines (Abb. 11). Der Patient wird dann anschließend an die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen und das Herz freigelegt (Freipräparation). Der Einflusstrakt des Unterstützungssystems wird über einen Haltering am Herzen befestigt und der Ausflusstrakt an die Hauptschlagader (Aorta) genäht. Das Batteriekabel wird über einen kleinen Schnitt aus dem Unterbauch ausgeleitet. Anschließend wird das Kunstherz gestartet und der Patient von der Herz-Lungen-Maschine entwöhnt. Am Ende der Operation wird das Brustbein mittels Drähten wieder verschlossen.



Abb. 12: Patient nach minimal-invasiver Operation mit seitlichem Zugang und partieller Durchtrennung des oberen Brustbeins.

## Minimal-invasive Implantationen

Aufgrund der Entwicklung von kleineren Herzunterstützungssystemen verzichten neuere Methoden je nach zu implantierendes Gerät weitestgehend auf die komplette Durchtrennung des Brustbeins. Die gängigsten minimal-invasiven Techniken verwenden einen seitlichen Schnitt an der linken Brustwand, über den das Unterstützungssystem in die linke Herzkammer eingesetzt wird (Abb. 12). Häufig wird dieser Zugang durch einen kurzen Schnitt im oberen Drittel des Brustbeins ergänzt. Andere mögliche Zugänge sind Schnitte unterhalb des linken oder rechten Schlüsselbeins. Je nach der Schnittführung sind unterschiedliche Befestigungsstellen für den Ausflusstrakt des

Kunstherzens möglich. Die Wahl, an welchem Gefäß der Ausflusstrakt befestigt wird, richtet sich nach dem ausgewählten Herzunterstützungsgerät, dem individuellen Körperbau, der Krankheitssituation des Patienten sowie der Erfahrung des Chirurgen/des Zentrums.

Der Vorteil einer minimal-invasiven VAD-Implantation ist primär der kosmetische Aspekt. Immer mehr Studien zeigen, dass durch dieses Vorgehen das Risiko für Blutungen und Infektionen reduziert ist. Spätere Herztransplantationen sind u.U. durch geringeres operationsbedingtes Narbengewebe einfacher und es kommt seltener zum Versagen des rechten Herzens.

Aktuell wird in Studien getestet, ob diese beobachteten positiven Effekte zutreffen.

## Aufrechterhaltung des Körperkreislaufes

Die Mehrzahl der Kunstherzimplantationen findet in Vollnarkose unter dem Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine statt (Abb. 13). Diese übernimmt während der Operation die Funktion des Herzens und hält den Körperkreislauf aufrecht. Die Maschine „lädt“ das Blut mit Sauerstoff, sodass auch die Funktion der Lungen ersetzt wird. Manche der aktuellen Implantationsmethoden verzichten auf den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Hierdurch reduziert sich die Operationszeit. Allerdings fehlen dabei die stabilisierende Funktion des maschinellen Kreislaufes und die Möglichkeit, zusätzliche Eingriffe durchzuführen. Welche Operationsmethode angewandt wird, ist daher stark patientenabhängig.

In manchen Fällen ist eine vollständige Entwöhnung des Kreislaufes von der Herz-Lungen-Maschine nicht möglich. In dieser Situation erfolgt die Implantation einer mobilen, kleineren Maschine, eines sogenannten ECLS-Systems (Extracorporeal Life Support), über die Leistengefäße. Von dieser kann der Patient langsam, über mehrere Tage auf der Intensivstation entwöhnt werden.

## Wie lange dauert die Operation?

Die reine Operationszeit einer Kunstherzimplantation beträgt etwa zwei bis drei Stunden. Die Zeiten der Narkoseeinleitung, des Transportes und der Erstversorgung des Patienten auf der Intensivstation kommen hinzu.



Abb. 13: Herz-Lungen-Maschine

## Wann wacht der Patient aus der Operationsnarkose wieder auf?

Nach der Operation muss sich der Körper zunächst an die neue Kreislaufsituation gewöhnen. Bei unkomplizierten Verläufen wacht der Patient in der Regel noch am Operationstag wieder aus der Narkose auf. Bei komplizierten Verläufen wird die Narkose so lange aufrechterhalten, bis sich der Gesamtzustand des Patienten stabilisiert hat.

## Welche Komplikationen können während der Operation auftreten?

Die Risiken einer VAD-Implantation sind, aufgrund des in der Regel beeinträchtigten Allgemeinzustandes der Patienten, vielfältig. Die chirurgischen, technischen und medizinischen Verfahren sind in den letzten Jahren erheblich verbessert worden. Trotzdem bleibt die Implantation eines Kunstherzens immer noch eine schwierige Operation mit Komplikationsrisiko. Möglich sind Blutungen und Nachblutungen, die die Gabe von Fremdblut und eine erneute Operation nötig machen. Dadurch, dass Fremdmaterial im Körper eingesetzt wird, ist ein Infektionsrisiko unvermeidbar. Des Weiteren sind Schlaganfälle und Thrombosen möglich. Der behandelnde Arzt sollte den Patienten daher unbedingt ausführlich über individuelle Operationsrisiken aufklären.

## Welche Methode passt zu wem?

Die Entscheidung, ob ein Unterstützungssystem durch die konventionelle oder die minimal-invasive Technik implantiert wird, ist abhängig davon, welches Unterstützungssystem eingebaut wird und ob der Patient am Herzen voroperiert ist. Zudem muss der Herzchirurg/das Zentrum im Umgang mit minimal-invasiven Techniken erfahren sein. Generell ist die Entscheidung für oder gegen eine konventionelle Implantation individuell für jeden Patienten zu treffen.

---

### **Dr. med. Jasmin S. Hanke**

arbeitet als Assistenzärztin an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover.

### **Prof. Dr. med. Axel Haverich**

leitet als ärztlicher Direktor die Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover. Haverich, Träger des Leibniz-Förderpreises der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG), hat die Klinik aufgebaut.

### **Prof. Dr. med. Jan D. Schmitto**

ist Herzchirurg und arbeitet als Oberarzt an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover. Er ist zudem Leiter des Bereichs „Aktive Implantat-Technologien und Herzunterstützungssysteme“ an der MHH.

---

# Indikationen zur VAD-Therapie

## Rationale Therapiekonzepte

Herzunterstützungssysteme werden heutzutage mit unterschiedlichen Therapiezielen eingesetzt.

Im Hinblick auf die zu erwartende mittelfristige Perspektive des Patienten gibt es für die mechanische Kreislaufunterstützung vier verschiedene Einsatzarten:

**Bridge-to-Decision (BTD) sowie Bridge-to-Bridge (BTB):**  
Überbrückung bis zur endgültigen Therapieentscheidung

**Bridge-to-Recovery (BTR):**  
Überbrückung bis zur Erholung der Herzfunktion

**Bridge-to-Transplantation (BTT):**  
Überbrückung bis zur Herztransplantation (HTX)

**Destination Therapy (DT):**  
Definitive (endgültige) Therapie

Je nach Indikation werden unterschiedliche Systeme in verschiedenen Anwendungen eingesetzt: So kommen Links- und Rechtsherzunterstützungssysteme zum Einsatz (LVAD, RVAD). In seltenen Fällen erfolgt auch eine Unterstützung beider Herzkammern (BVAD). Die Mehrzahl der aktuell eingesetzten Systeme ist nicht-pulsatil, d. h. es liegt ein kontinuierlicher Blutfluss ohne tastbaren Pulsschlag vor. Die heute am häufigsten angewandten LVADs befinden sich in der Regel intrakorporal – also innerhalb des Körpers. Allerdings verlässt dabei immer noch eine sogenannte „Driveline“ (Steuerkabel) zur Steuerung und zum Antrieb des Systems den Körper. Extra- bzw. parakorporale Systeme – also Systeme außerhalb des Körpers oder aus dem Körper austretend –



stellen die Minderheit dar. In sehr wenigen Fällen (in Deutschland etwa 25 Fälle pro Jahr) kommt ein totales Kunstherz (Total Artificial Heart; TAH) zum Einsatz, welches das gesamte Herz ersetzt (siehe Kapitel „Besonderheiten beim Total Artificial Heart“ auf Seite 100). Kurzfristig anzuwendende Herz-Lungen-Maschinen wie ein sogenanntes (veno-arterielles) ECLS-System (Extracorporeal Life Support) oder auch die verfügbaren, durch die Haut hindurch (perkutan) einzubringenden Systeme spielen nur für die Indikation „Bridge-to-Decision“ (BTD) eine Rolle. Hiermit kann nur für eine kurze Zeit, Tage bis Wochen, ein Kreislaufversagen überbrückt werden, um dann – gegebenenfalls mit implantierbaren Systemen – den Patienten dauerhaft zu stabilisieren.

Innerhalb der einzelnen Kategorien gibt es nicht selten Änderungen der Therapieziele. Zum Beispiel kann sich ein Patient, der ein VAD als endgültige Lösung (DT) erhalten hat, klinisch so entwickeln, dass er durchaus für eine Transplantation infrage kommt (BTT). Den umgekehrten Fall gibt es ebenso häufig: Ein mit der Indikation „Bridge-to-Transplantation“ (BTT) versorgter Patient entwickelt am Kunstherz ein Krankheitsbild, das eine Herzverpflanzung unmöglich macht. Oder aber der Patient ist mit dem Leben mit einem VAD so zufrieden, dass er keine weitere Operation mehr will.

### Bridge-to-Decision (BTD)

Man versteht darunter die kurzfristige (meist notfallmäßige) Implantation eines temporären Unterstützungssystems. Hiermit wird die Zeit bis zur Entscheidung über eine fortführende Therapie bzw. Implantation des endgültigen Unterstützungssystems überbrückt. Häufig können die Patienten bis zum Zeitpunkt der Implantation nicht ausreichend untersucht und beurteilt werden (z. B. neurologische Beeinträchtigungen nach erfolgreicher Wiederbelebung). Dabei kann die endgültige Therapie in Richtung Ausbau des Kurzzeit-Systems (BTR), eine Herztransplantation (BTT) oder eine Langzeitunterstützung (DT) gehen. Bei dieser „Bridge-to-Decision“-Indikation kommt meist ein ECLS-System (kleine Herz-Lungen-Maschine) zum Einsatz.

### Bridge-to-Recovery (BTR)

Bei dieser Indikation überbrückt das System eine gewisse Zeit die Herzfunktion, sodass sich das Herz erholen kann. Hierbei unterscheidet man zwei grundsätzlich unterschiedliche Patientengruppen:

Die erste Gruppe sei der Vollständigkeit halber erwähnt. Sie spielt aber im Gesamtkontext dieses Ratgebers keine entscheidende Rolle, da die Therapie der Wahl in der Regel ein kurzfristiges ECLS-System ist. Es handelt sich hier um Patienten, bei denen sich der Herzmuskel in der Regel binnen nur weniger Tage erholt. Beispiele hierfür sind Patienten mit akutem Herzinfarkt oder Pumpversagen nach einer Herzoperation.

Die zweite Gruppe bilden Patienten mit Herzmuskelentzündungen (Myokarditis). Einige dieser Patienten mit sogenannten Myokarditiden haben durchaus eine gute Prognose. Die Erholung nimmt dann aber manchmal längere Zeit in Anspruch.

Auch bei Herzmuskelerkrankungen als Folge mehrerer Infarkte (ischämische Kardiomyopathien) gibt es in wenigen Fällen die Möglichkeit einer Erholung der Pumpfunktion. Eine Entlastung der linken Herzkammer durch ein LVAD über mindestens einige Monate kann auch hier zu einer Verbesserung der Herzfunktion führen, sodass in einigen Fällen das System auch wieder entnommen, also explantiert werden kann. Für diese zweite Gruppe mit Indikation „Bridge-to-Recovery“ (BTR) können alle verfügbaren LVAD-Typen eingesetzt werden. Die „Entwöhnung“ vom System ist jedoch aufwendig und bedarf einer großen Erfahrung der behandelnden Ärzte. Der Patient muss anschließend in jedem Fall auf ihn abgestimmte Medikamente einnehmen.

### Bridge-to-Transplantation (BTT)

Nur noch etwa 60% der Herzunterstützungssysteme werden primär vor dem Hintergrund einer späteren Herztransplantation (HTX) eingesetzt. Geeignete Kandidaten sind Patienten auf der Warteliste, die eigentlich eine Herztransplantation erhalten sollten, die die wahrscheinliche Wartezeit auf ein Spenderorgan aber wohl nicht überleben würden – zumindest nicht ohne schwerere Komplikationen. Hierfür darf allerdings keine Kontraindikation gegen eine Transplantation vorliegen. Dazu zählen unter anderem Lungengefäßhochdruck, psychiatrische Erkrankung und schwere Begleiterkrankungen mit deutlich eingeschränkter Lebenserwartung.

Es gibt heute widersprüchliche Studien dazu, welchen Einfluss ein mechanisches Herzunterstützungssystem vor einer Herztransplantation auf das spätere Überleben nach erfolgter Transplantation hat. Einerseits kann das Kunstherz eine Sensibilisierung gegen das neue Organ hervorrufen. Andererseits erholt sich jedoch die Kreislaufsituation des herzinsuffizienten Patienten durch das VAD. Diese verbesserte Ausgangssituation vor einer Herztransplantation wird den weiteren Verlauf eher positiv beeinflussen.

Bei einer Sensibilisierung kann es hingegen zu Komplikationen wie der Abstoßung des Organs kommen.

Häufig liegt bei Patienten ein Hochdruck der Lungengefäße vor, welcher eine Kontraindikation für eine Herztransplantation ist. Es ist bewiesen, dass ein solcher Hochdruck durch den Einbau eines LVAD bereits nach drei Monaten mit Herzunterstützung deutlich gesenkt werden kann.

Bei der Entscheidung, ob bei einem Patienten vor der Herztransplantation ein VAD implantiert werden soll, muss angesichts zunehmenden Spendermangels immer die Wartezeit auf das Spenderorgan bedacht werden. Diese hängt nicht zuletzt von der Blutgruppe und dem Gewicht des Empfängers ab. Selbst bei hochdringlich gelisteten Patienten kann sie heutzutage bis zu über sechs Monate betragen. Bei regulärer – nicht hochdringlicher – Listung kann die Wartezeit bei weit über einem Jahr liegen.

### Destination Therapy (DT)

Bei Patienten mit fortgeschrittener Herzinsuffizienz, die bereits bei leichtester Belastung und in Ruhe Beschwerden haben, wird ein Herzunterstützungssystem als endgültige Therapie eingesetzt. Im Vorfeld sollten alle weiteren möglichen Therapieschritte erfolgt sein, wie z.B. medikamentöse Optimierung, gegebenenfalls Resynchronisationstherapie mittels biventrikulären Defibrillators, Myokardrevaskularisation bei bekannter koronarer Herzerkrankung oder auch die Korrektur eventueller Herzklappenfehler. Wurden alle notwendigen Schritte dieser Stufentherapie durchlaufen und der Patient leidet weiterhin an einer Herzinsuffizienz, sollte frühzeitig die Implantation eines VAD als dauerhafte Lösung (DT) erwogen werden, vor allem wenn der Patient nicht für eine anschließende Herztransplantation infrage kommt. Kontraindikationen für eine Herztransplantation sind vor allem: fortgeschrittenes Alter (hier jedoch individuelle Entscheidung), fixierter Lungengefäßhochdruck, bösartige Tumorerkrankungen mit aber noch guter Lebenserwartung sowie weitere substanziale Begleiterkrankungen. Diese Patientengruppe macht mittlerweile etwa 40% aller VAD-Implantierten aus.

## Indikation anhand des klinischen Zustands

Unabhängig von den zuvor beschriebenen Indikationen für einen VAD-Einsatz mit Hinblick auf die kardiale Perspektive des Patienten spielt der aktuelle klinische Zustand des Patienten eine entscheidende Rolle. Das sogenannte INTERMACS-Profil (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support; US-Register für Patienten, die Herzunterstützungssysteme erhalten) charakterisiert die Notwendigkeit und den zeitlichen Rahmen, in dem ein VAD implantiert werden sollte.

### Im Folgenden eine kurze Übersicht über die sieben Stufen der INTERMACS-Einteilung:

**Level 1:** Patienten im kardiogenen Schock trotz maximaler medikamentöser Unterstützung sowie gegebenenfalls Anwendung einer sogenannten intraaortalen Ballonpumpe.

**Sofortige VAD-Implantation erforderlich, wobei es dennoch zu einer sehr hohen Sterblichkeit kommt.**

---

**Level 2:** Stabilität des Kreislaufs mit maximaler medikamentöser Unterstützung sowie gegebenenfalls Anwendung einer sogenannten intraaortalen Ballonpumpe, beginnende Organbeeinträchtigungen.

**VAD-Implantation innerhalb von Tagen notwendig.**

---

**Level 3:** Klinisch stabile Kreislaufsituation unter moderater medikamentöser Unterstützung. Eine Entwöhnung von der Unterstützung ist jedoch nicht möglich.

**VAD-Implantation innerhalb von Wochen bzw. Monaten angezeigt.**

---

**Level 4:** Wiederholte medikamentöse Unterstützung erforderlich. Eine temporäre Entwöhnung ist jedoch möglich.

**VAD-Implantation innerhalb von Wochen bzw. Monaten indiziert.**

---

**Level 5:** Patienten leben primär zu Hause mit Beschwerden bei leichter Belastung.

**Zeitpunkt der VAD-Implantation variabel.**

---

**Level 6:** Patienten können das Haus verlassen und sind eingeschränkt belastbar.

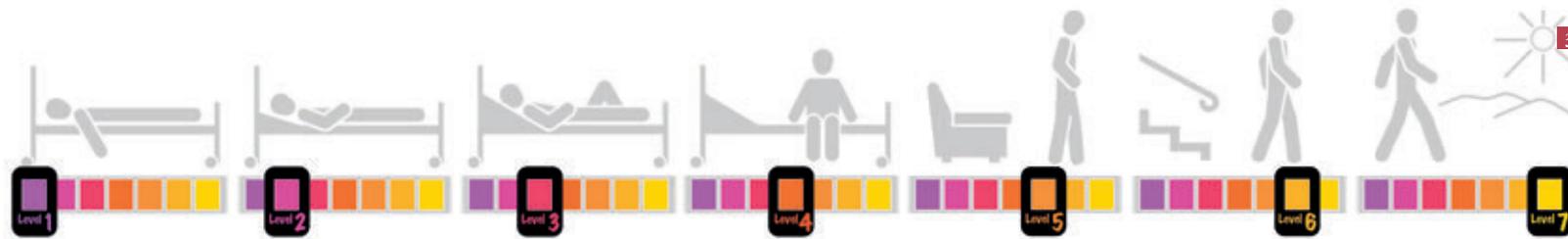
**Zeitpunkt der VAD-Implantation variabel.**

---

**Level 7:** Herzfunktion reduziert. Patient ist aber klinisch stabil.

**Keine VAD-Indikation.**

---



## Indikation aufgrund der Hämodynamik

Wenn man die Indikation für die Implantation eines Herzunterstützungssystems isoliert an der sogenannten hämodynamischen Situation (Kreislaufsituation) festmachen möchte, so gibt es drei relevante Kenngrößen, bei denen ein VAD in Erwägung gezogen werden kann:

<b>Systolischer Blutdruck</b>	<b>&lt; 80 mmHg</b>
<b>Pulmonalkapillärer Verschlussdruck (PCWP)</b>	<b>&gt; 20 mmHg</b>
<b>Herzindex (CI)</b>	<b>&lt; 2 L/min/m<sup>2</sup></b>

Ein VAD wird dann trotz maximaler medikamentöser Unterstützung sowie gegebenenfalls trotz Anwendung einer sogenannten intraaortalen Ballonpumpe notwendig.

Grundsätzlich sollte bereits vor der Operation geklärt sein, ob ein isoliertes LVAD für den einzelnen Patienten ausreicht. Dies ist wichtig, da ein zusätzliches, vorübergehendes RVAD wie auch eine permanente Zwei-Kammer-Unterstützung durch ein sogenanntes BVAD die Gefahr von Komplikationen bis hin zum Tod erhöhen. Zur Klärung dieser Frage gibt es verschiedene klinische wie auch Laborparameter, mit denen allerdings nicht in jedem Fall der individuelle Verlauf sicher vorhergesagt werden kann. Auch bei einer mutmaßlich isolierten LVAD-Implantation kann es während des Eingriffs oder danach zu schweren Problemen mit der rechten Herzkammer kommen, sodass dann doch zusätzlich ein RVAD erforderlich wird.

Eine möglichst rechtzeitige Implantation des Herzunterstützungssystems führt zu den besten Ergebnissen. Die Definition des Begriffs „rechtzeitig“ ist allerdings schwierig, da man natürlich das oft sehr enge Zeitfenster nicht verpassen darf, in dem noch kein kardiogener Schock vorliegt, welcher die übrigen Organe bereits geschädigt haben könnte. Daher müssen sich potenzielle Patienten regelmäßig in einer speziellen Herzinsuffizienzambulanz vorstellen und damit bereits im frühen Stadium eng an ein Herzzentrum angebunden sein.

### Prof. Dr. med. Udo Boeken

ist seit 2002 Oberarzt der Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf und leitet das Transplantationsprogramm der Düsseldorfer Klinik.

### PD Dr. med. Alexander Assmann

arbeitet als Oberarzt an der Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie am Universitätsklinikum Düsseldorf.

# Postoperativer Verlauf im Krankenhaus nach Kunstherzimplantation

Der typische Verlauf nach der Implantation eines Kunstherzsystems stellt sich folgendermaßen dar:

## Intensivstation

Direkt im Anschluss an die VAD-Operation wird der Patient aus dem Operationssaal auf die Intensivstation gebracht. Zu diesem Zeitpunkt ist der Patient noch in Narkose und daher weder wach noch ansprechbar. Zudem ist er immer noch intubiert und beatmet, d. h. er ist weiterhin über einen Schlauch mit einem Beatmungsgerät verbunden. Insofern unterscheidet sich die VAD-Operation nicht von einer „normalen“ Herzoperation wie etwa einer Bypass- oder Herzklappenoperation.

In den folgenden Stunden werden auf der Intensivstation ständig alle wichtigen Kreislauf- und Laborwerte überwacht. Besonders beobach-



## ... nun atmet der Patient bereits wieder vollkommen selbstständig ...

tet werden die Herz-Lungen-Funktion wie auch mögliche Blutverluste infolge der Operation. Bei Bedarf können auch Verfahren angewendet werden, die die Nieren- oder Leberfunktion ersetzen. Hiermit werden eventuelle Fehlfunktionen behandelt.

Ist die Kreislaufsituation stabil und treten keine Komplikationen (wie z. B. Herzrhythmusstörungen) auf, so wird die Narkose beendet und der Patient erwacht.

Nun atmet der Patient bereits wieder vollkommen selbstständig. Meist können nun auch die Medikamente zur Kreislaufstabilisierung weiter in ihrer Dosierung reduziert oder auch völlig abgesetzt werden.

Ein Krankengymnast kümmert sich schon sehr früh darum, dass der Patient durch Übungen seine Mobilität zurückerlangt. Es werden auch Übungen durchgeführt, um etwa die Atmung des Patienten zu verbessern.

Die zuständigen Pflegekräfte und Ärzte kontrollieren zudem das VAD-System.

### IMC (Intermediate Care)

Falls in der Klinik vorhanden, wird der Patient nach der Intensivstation zur Zwischenpflege auf die sogenannte IMC-Station verlegt. Hier wird der Patient weiterhin engmaschig überwacht. Insbesondere die Herzfunktionen wie z. B. Blutdruck oder Herzrhythmus, aber auch alle anderen wichtigen Parameter wie z. B. Atmung, Nierenfunktion und Laborwerte können über ein Monitorsystem überwacht werden und bei Bedarf z. B. durch die Gabe von Medikamenten behandelt werden.

Auch auf der IMC-Station werden die bereits auf der Intensivstation begonnenen Maßnahmen zur Mobilisation des Patienten fortgeführt. Damit der Patient wieder möglichst schnell zu Kräften kommt, wird zudem mit dem Kostenaufbau begonnen. Wenn möglich werden auch die Wundschläuche entfernt. Die Kontrolle des VAD-Systems erfolgt durch die zuständigen Pflegekräfte und Ärzte.

## Normalstation

Auf der Normalstation liegt der Schwerpunkt der Behandlung auf der Mobilisation des Patienten. Zudem werden Wundheilung, Laborwerte und alle weiteren Kreislaufwerte regelmäßig kontrolliert. Alle eventuell noch vorhandenen Zugänge (Katheter) werden entfernt und die medikamentöse Therapie wird weiter optimiert.

Sobald sich der Patient wieder ausreichend bewegen und selbstständig essen kann, schulen Ärzte und Pfleger den Patienten und seine Angehörigen im Umgang mit dem VAD-System. Neben der Alarmkontrolle und dem Wundverband muss der Gerinnungswert kontrolliert werden. Um eine sichere Handhabung des VAD-Systems und all seiner Besonderheiten zu gewährleisten, werden diese Einweisungen, falls notwendig, auch wiederholt.

Nach einer ausgiebigen Schulung ist der Patient selbst für die Kontrolle und Bedienung des VAD-Systems verantwortlich. Nur bei größeren Problemen helfen die zuständigen Pflegekräfte oder Ärzte.

Für den Fall, dass nach der Entlassung Fragen oder Probleme auftreten, erhalten der Patient und seine Angehörigen die notwendigen Telefonnummern der Ansprechpartner der Klinik, wie z. B. der VAD-Koordinatoren oder der Intensivstation. Auch der weiterbehandelnde Hausarzt oder Kardiologe wird über das VAD-System und seine Besonderheiten informiert.

Sobald der Patient auf der Normalstation angekommen ist und ein Termin zur Verlegung oder Entlassung näher rückt, wird durch den



Foto: Sean Graff Photography



Sozialdienst der Klinik ein Termin zur Anschlussheilbehandlung (AHB) vereinbart. Diese dauert typischerweise drei Wochen und wird in dafür speziell ausgestatteten und im Umgang mit VAD-Systemen erfahrenen Kliniken durchgeführt.

## Zusammenfassung

Die Nachsorge nach der VAD-Operation ist in den Kliniken inzwischen standardisiert. Sowohl für eine engmaschige Überwachung der Herz-Kreislauffunktion als auch für eine Behandlung von auftretenden Komplikationen ist gesorgt. Es werden u.a. regelmäßige Laboruntersuchungen, Ultraschallkontrollen des Herzens und Röntgenuntersuchungen des Brustkorbes gemacht, um schnellstmöglich auf Probleme reagieren zu können.

Der Patient und seine Angehörigen werden genau und bei Bedarf wiederholt in das VAD-System und seine Besonderheiten eingewiesen, sodass ein sicherer Umgang gewährleistet wird. Durch regelmäßige Besuche in der VAD-Ambulanz ist der Patient eng an die implantierende Klinik angebunden, sodass VAD-spezifische Besonderheiten und eventuelle Probleme zügig behandelt werden können.

### Dr. med. Erik Rehn

leitet als Oberarzt in der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie am Herz- und Diabeteszentrum NRW in Bad Oeynhausen die Abteilung Mechanische Kreislaufunterstützung.

# Rehabilitation von Patienten mit einem Linksherzunterstützungssystem

Nach der Implantation einer künstlichen Herzunterstützung ist die daran anschließende Rehabilitationsphase der entscheidende Schritt zur Rückkehr in das gewohnte und selbstständige Leben zu Hause. Ermöglicht wird dies heutzutage vor allem dank der zunehmenden Miniaturisierung der Linksherzunterstützungssysteme, die in den vergangenen zwei Jahrzehnten vorangeschritten ist. Zum Vergleich: Während die ersten Antriebskonsolen noch die Größe von Kühlschränken besaßen, mit denen die Patienten an den stationären Aufenthalt in der Klinik gebunden waren, sind die modernen Systeme deutlich kleiner und können in einer Gürteltasche mitgeführt werden (Abb. 14).



Abb. 14: LVAD-Patient heute

Zwischenzeitlich haben sich kardiologische Rehabilitationskliniken auf die Nachbehandlung von Patienten mit einem LVAD spezialisiert. Behandlungsstandards und Leitlinien für diese spezielle Patientengruppe sind im Frühjahr 2016 von einer bundesweiten Arbeitsgruppe innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation (DGPR) publiziert worden.

Für den drei- bis fünfwöchigen Rehabilitationszeitraum von LVAD-Patienten werden die folgenden therapeutischen Schwerpunkte gesetzt:

1. Wiederherstellung der körperlichen Leistungsfähigkeit
2. psychologische Unterstützung
3. langfristige medikamentöse Einstellung
4. Vorbereitung auf das Leben zu Hause

## Wiederherstellung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz bereiten wenige Schritte schon große Mühe, mitunter sind sie lange Zeit an das Bett gebunden. Es ist nicht nur die fortgeschrittene Herzschwäche, die die körperliche Leistung mindert. Der Patient ist auch aufgrund der mangelnden Bewegung und dem damit verbundenen Abbau der



Abb. 15: LVAD-Patientin beim Krafttraining

Muskelmasse erheblich eingeschränkt. Nach der Implantation der künstlichen Herzunterstützung wird der Körper des Patienten wieder mit einer ausreichenden Blutmenge versorgt. Dies erlaubt ihm, mit einem leichten Muskelaufbautraining, sowie mit einem Ergometertraining zu beginnen.

Für LVAD-Patienten gelten die gleichen Empfehlungen wie für Patienten mit einer fortgeschrittenen Herzschwäche: Geraten wird zu einem moderaten Kraftausdauertraining mit vielen Wiederholungen und wenig Gewicht, z. B. 15 bis 20 Wiederholungen und ein bis zwei Minuten Pause zwischen den Übungen (Abb. 15). Kraftausdauertraining regt den Muskelstoffwechsel an, verbessert die Koordination und baut Muskelmasse auf. Ein auf den Patienten abgestimmtes Kraftausdauer- und Muskelaufbautraining wirkt zusätzlich Risikofaktoren wie einem hohen Blutdruck oder Übergewicht entgegen.

Unterstützend wird ein zusätzliches Ausdauertraining empfohlen. Die Patienten empfinden eine größere Leistungsfähigkeit und höhere Belastbarkeit in aller Regel als deutliche Verbesserung ihrer Lebensqualität. Die Wiedereingliederung in den Alltag fällt zudem leichter, wenn Übungen wie das Treppensteigen oder das Aufstehen aus dem Sitz Teil des regelmäßigen Trainings sind. Dies sollte am besten zunächst in einer Einzeltherapie geschehen. Mit zunehmender Muskelkraft und Leistungsfähigkeit zielt das Training eines LVAD-Patienten innerhalb der kardiologischen Rehabilitation darauf ab, eine bestimmte Gehstrecke ohne Beschwerden allmählich zu verlängern.

Zu Beginn und zum Ende der Rehabilitation erfolgt unter anderem ein Sechs-Minuten-Gehtest. Hier wird die Gehstrecke gemessen, die der Patient in einem selbstgewählten Tempo innerhalb von sechs Minuten zurücklegt. Der Sechs-Minuten-Gehtest ist ein einfach durchzuführender Belastungstest zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Er spiegelt die alltägliche Belastbarkeit von schwer beeinträchtigten Patienten unter Umständen besser wider als andere Belastungstests wie die Fahrradergometrie oder die Laufbandbelastung. Der Gehtest ist zudem auch bei schwer beeinträchtigten Patienten möglich. Im Mittel nimmt die in sechs Minuten zurückgelegte Wegstrecke bei den LVAD-Patienten während der Rehabilitationsphase um etwa 100 Meter zu. Mit einer sogenannten spiroergometrischen Untersuchung wird abschließend die Funktion von Herz, Kreislauf, Atmung und muskulärem Stoffwechsel in Ruhe sowie unter

VAD-Ratgeber



Abb. 16: Spiroergometrie bei einem Kunstherzpatienten.

ansteigender körperlicher Belastung bis hin zur maximalen Belastung beurteilt (Abb. 16). Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen bei nahezu allen Patienten, dass sie trotz der Implantation eines LVADs in ihrer Leistungsfähigkeit hochgradig eingeschränkt sind. Nach aktuellem Kenntnisstand verbessern sich die Werte nur über ein Muskeltraining im weiteren Verlauf, welches der Patient auch nach der Entlassung aus der Rehabilitationsklinik fortsetzt.

Im Langzeitverlauf sollte einer deutlichen Gewichtszunahme entgegengewirkt werden. Dies ist wichtig, da das LVAD (im Zusammenspiel mit dem eigenen Herzen) nur eine begrenzte Menge an Blut fördern kann. Durch zusätzliche Pfunde muss der Körper jedoch deutlich mehr Energie aufwenden, um die gleiche Leistung im Alltag absolvieren zu können (z. B. beim Treppensteigen). Die geförderte Menge an Blut wird

sich bei einer Gewichtszunahme jedoch nicht erheblich erhöhen, sodass ein Ungleichgewicht entsteht. Neben einem regelmäßigen körperlichen Training sollte deswegen insbesondere auf eine ausgewogene Ernährungsweise geachtet werden. Nützliche Hinweise hierzu lernt der Patient während der Ernährungsberatung in der Rehabilitation.

## Psychologische Betreuung

Eine oft sehr lang andauernde Krankheitsgeschichte mit kontinuierlicher Herzschwäche hat die Patienten geprägt. In den meisten Fällen können sich die Patienten daher auf den Einsatz ihrer künstlichen Herzunterstützung und den damit verbundenen Konsequenzen umfassend vorbereiten. Es gibt aber auch Patienten, die sich völlig überraschend mit einem Leben am LVAD-System konfrontiert sehen, wie etwa im Rahmen einer schweren Herzmuskelentzündung oder nach einem akuten Herzinfarkt. Den Einsatz ihres LVAD-Systems empfinden vor allem Patienten mit einer langen Vorgeschichte als deutliche Verbesserung ihrer Lebensqualität. So bessert sich die Atemnot und die Patienten werden zunehmend mobiler. Zugleich sehen sich die Patienten mit einem Unterstützungssystem jedoch von einem Tag auf den anderen in lebenswichtiger Abhängigkeit von einem technischen System. Das Leben mit dem Unterstützungssystem und die Angst vor dem technischen Versagen können den Alltag erheblich beeinträchtigen. Mit psychologischer Unterstützung gilt es hier, schrittweise ein Vertrauen in die medizintechnische Versorgung aufzubauen.

Die neue, ungewohnte Situation mit einem LVAD-System sowie die Wahrnehmung der Abhängigkeit können zu verschiedenen psychischen Störungen wie Ängsten, Depressionen oder Anpassungsstörungen führen und die Lebensqualität erheblich einschränken. Die Patienten durchleben dabei eine kontinuierliche vegetative Anspannung. Es kommt unter Umständen zu depressiven Stimmungen, Wunschdenken und Verleugnungen. Ein wesentliches Ziel der psychologischen Beratung ist es daher, gemeinsam mit dem Patienten Strategien zu entwickeln, um diese Situation zu entspannen und Ängste zu bewältigen.

Um psychische Veränderungen beim LVAD-Patienten zu analysieren, kann zu Beginn der Rehabilitation ein Selbstbeurteilungsfragebogen eine hilfreiche erste Maßnahme sein, um sich mit der neuen Situation auseinanderzusetzen. Das gilt sowohl für den Patienten als auch für die Angehörigen. Psychologen und psychosomatisch geschulten Ärzten gibt ein solches Screening wichtige Hinweise auf begleitende Maßnahmen.

Während des stationären Aufenthaltes in der Rehabilitationsklinik kann jeder Patient das Angebot einer psychologischen Beratung wahrnehmen. Als Reaktion auf die ungewohnte und als belastend empfundene Lebenssituation treten häufig Angstgefühle und Depressionen auf. Sie betreffen in der ersten Phase nach der Implantation sehr häufig auch die Lebenspartner der LVAD-Patienten. Daher kann es ratsam sein, Angehörige in die psychologische Betreuung in



Abb. 17: INR-Selbstbestimmung

Einzel- oder auch Familiengesprächen mit einzubeziehen. Das ist auch bei familiären Belastungen oder unerwartet auftretenden Komplikationen möglich. Einen intensiveren Überblick gibt hierzu das Kapitel „Psychosoziale Situation am Kunstherzsystem“ auf Seite 85.

## Medikamentöse Einstellung

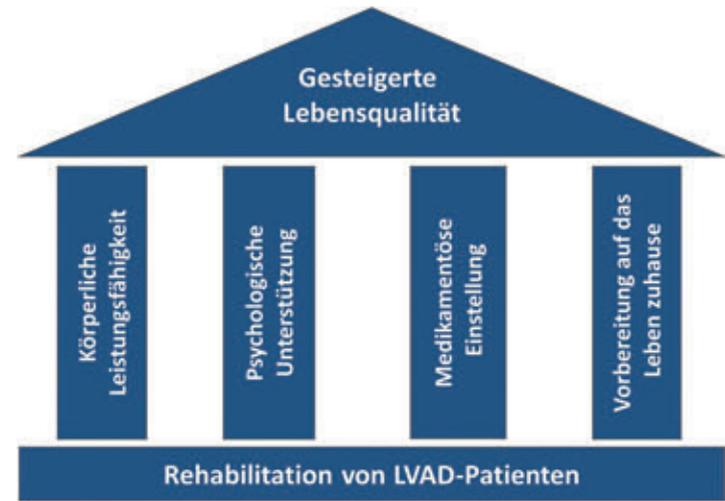
Aufgrund des künstlichen Herzunterstützungssystems im Körper besteht die Gefahr der Blutgerinnelbildung. Zum einen können sich Blutgerinnsel am Pumpenkopf bilden, infolgedessen es zu einer Verstopfung der Pumpe kommen kann. Zum anderen können Blutgerinnsel aber auch in den Körper oder das Gehirn abwandern und einen lebensbedrohlichen Schlaganfall hervorrufen.

Um die Bildung von Blutgerinnseln zu vermeiden, muss der Patient daher Medikamente zur Blutverdünnung einnehmen. Zu den gerinnungshemmenden Medikamenten zählen unter anderem Aspirin und Marcumar. Sie verhindern die Bildung von Blutgerinnseln im Herzen oder am LVAD-System. Die Gabe von Marcumar richtet sich nach dem Quick-Wert oder dem INR-Wert. Mit bestimmten Geräten (z. B. CoaguChek®) kann der Wert zu Hause einfach selbst bestimmt werden (Abb. 17). Dabei teilt sich der Patient auch die notwendige Medikamentendosis selbst zu. Diese Vorgehensweise wird daher auch „INR-Selbstmanagement“ genannt.

Im Vergleich zur hausärztlichen Kontrolle liegen die Gerinnungswerte bei Patienten, die das INR-Selbstmanagement anwenden, nachweislich häufiger im angestrebten Bereich. Der LVAD-Patient lernt das Selbstmanagement bereits während der Rehabilitation intensiv kennen. Während seines Aufenthaltes übt er die Bestimmung seines INR-Wertes und lernt, seinen Medikationsvorschlag mit den Empfehlungen des betreuenden Arztes abzugleichen.

Das Durchführen des INR-Selbstmanagements ermöglicht dem Patienten im weiteren Verlauf eine gewisse Unabhängigkeit von Arztbesuchen. Dies bedeutet z. B. auch, dass der Patient sich auf Reisen begeben kann, ohne andernorts einen Arzt konsultieren zu müssen.

Neben Tabletten zur Gerinnungshemmung müssen viele Patienten zusätzlich Medikamente einnehmen, die sie bereits vor der LVAD-Implantation über lange Zeit aufgrund ihrer Herzschwäche erhalten haben. Hierzu zählen zum Beispiel Medikamente gegen zu hohen Blutdruck, gegen Wassereinlagerungen, gegen schwerwiegende Herzrhythmusstörungen oder zur Therapie einer Schwäche der rechten Herzseite (siehe hierzu Kapitel „Medikamente nach der Implantation eines Unterstützungssystems“ auf Seite 53). Die Rehabilitationszeit wird genutzt, um den LVAD-Patienten über einen längeren Zeitraum hinweg sowohl in Ruhe als auch in Belastungssituationen medikamentös einzustellen. So ist der Patient auch nach seiner Entlassung aus der Rehabilitationsklinik den alltäglichen Anforderungen gewachsen.



## Vorbereitung auf das Leben zu Hause

Häufig ist beschrieben, dass der LVAD-Patient sich während seiner Zeit in der Rehabilitationsklinik in einer sogenannten „Honeymoon“-Phase befindet. Die Verlegung aus der chirurgischen Klinik zur Rehabilitation bedeutet für den Patienten psychisch gesehen einen entscheidenden Schritt nach vorn.

In der Rehabilitationsklinik spürt der Patient, wie sein Körper sich vom chirurgischen Eingriff erholt und sich seine Mobilität nach einer langen Phase der körperlichen Einschränkung deutlich verbessert. Zudem kann sich der LVAD-Patient unter Aufsicht von erfahrenem Personal mit seiner neuen Lebenssituation und allen sich daraus ergebenden Konsequenzen vertraut machen. Erst kurz vor der Entlassung nach Hause entsteht bei vielen Patienten ein Gefühl der Unsicherheit, den Herausforderungen des Alltags zu Hause möglicherweise nicht gewachsen zu sein.

Daher ist es eine wichtige und herausfordernde Aufgabe in der Rehabilitationsklinik, auf die Patienten beruhigend einzuwirken und sie auf die auf sie zukommende Situation in ihrer gewohnten Umgebung zu Hause vorzubereiten. Der Patient ist nach dem Aufenthalt in der Rehabilitationsklinik erstmalig nach mehrwöchigem Krankenhausaufenthalt allein auf sich gestellt und muss das Leben mit seinem LVAD-System meistern, ohne dass medizinisches Personal in direkter Nähe ist und um Rat gefragt werden kann. Auch wenn jederzeit die Möglichkeit zur Kontaktaufnahme mit dem zuständigen VAD-Koordinator besteht, führt die größere räumliche Distanz zum implantierenden Zentrum doch häufig zu Verunsicherung beim Patienten und seinen Angehörigen.

Um dem Patienten und seinen Angehörigen eine entsprechende Sicherheit für das Leben in heimatlicher Atmosphäre zu gewähren, sollten vor der Entlassung aus der Rehabilitationsklinik nach Hause folgende Punkte geklärt sein:

- Der Patient sollte das LVAD-Gerät allein managen können und alle Alarmfunktionen kennen.
- Die Wohnung des Patienten sollte vorbereitet sein.
- Der Stromversorger sollte schriftlich zugesichert haben, dass die Stromversorgung in der Wohnung sichergestellt ist.
- Der Patient sollte alle erforderlichen Notrufnummern vorliegen haben.
- Der VAD-Koordinator des implantierenden Zentrums sollte über den aktuellen klinischen und funktionellen Status des Patienten informiert werden.
- Der Hausarzt muss den aktuellen klinischen und funktionellen Status des Patienten kennen und sollte ebenfalls eine grundsätzliche Einweisung in das LVAD und seine wichtigsten Funktionen erhalten haben.
- Falls nicht die Angehörigen dies übernehmen, sollte ein Pflegedienst zur Versorgung der Driveline organisiert sein.

Es ist darauf zu achten, dass insgesamt eine für die Betroffenen und ihre Familien tragfähige und verantwortbare Versorgungsform organisiert wird. Für die Organisation des Lebens zu Hause tragen die Sozialarbeiter der Rehabilitationsklinik Sorge.

## Zusammenfassung

Die Implantation von LVAD-Systemen als Therapie bei einer weit fortgeschrittenen Herzschwäche gewinnt angesichts rückgängiger Organspendebereitschaft an Bedeutung. Dank moderner Linksherzunterstützungssysteme können heute schwer herzkrankte Patienten mehrere Lebensjahre bei akzeptabler Lebensqualität überbrücken. Der Rehabilitation kommt die wichtige Aufgabe zu, den LVAD-Patienten nach dem chirurgischen Eingriff in einen guten körperlichen und stabilen psychischen Zustand zu bringen, um ihn so nach Hause zu entlassen. Während der Rehabilitation vertieft der Patient seine Kenntnisse im Management des LVAD und ihm wird zusätzliches Wissen, etwa zur notwendigen Blutverdünnung, vermittelt. Auch die Organisation eines gut funktionierenden häuslichen Umfeldes fällt der Rehabilitationsklinik zu. Dies alles schafft eine Basis dafür, dass der Patient mit seinem LVAD zu Hause ein angstfreies Leben in angemessener Qualität führen kann. Zusätzlich sollte der Patient detailliertere, auf ihn abgestimmte Trainingspläne erhalten, um über eine Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit seine Lebensqualität weiter zu verbessern.

**Trainingsplan**  
Kraft und Ausdauer

47

Wochentag	Mo. Kraft	Di. Ausdauer	Mi. Kraft	Do. Ausdauer	Fr. Kraft
08:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
09:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
10:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
11:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
12:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
13:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
14:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
15:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
16:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
17:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
18:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
19:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
20:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
21:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
22:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
23:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min
24:00	10 min	20 min	10 min	20 min	10 min

### Prof. Dr. med. Nils Reiss

ist Leiter des Instituts für Herz-Kreislauf-Forschung an den Schüchtermann-Schiller'schen Kliniken in Bad Rothenfelde und beschäftigt sich mit der Nachbehandlung von LVAD-Patienten.

### Dr. Sportwiss. Thomas Schmidt

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Herz-Kreislauf-Forschung an den Schüchtermann-Schiller'schen Kliniken in Bad Rothenfelde und beschäftigt sich mit Aspekten der körperlichen Leistungsfähigkeit bei LVAD-Patienten.

### Prof. Dr. med. Jürgen Sindermann

leitet als Chefarzt die Abteilung Rehabilitation der Schüchtermann-Schiller'schen Kliniken in Bad Rothenfelde.

# Überleben und Komplikationen

## Lebenserwartung nach einer VAD-Implantation

„Wie ist meine Lebenserwartung und mit welchen Komplikationen muss ich nach der VAD-Implantation rechnen?“, das ist für den Patienten sicherlich eine der wichtigsten Fragen, die er sich vor dem operativen Eingriff stellt.

Die Antwort darauf gestaltet sich jedoch gar nicht einfach, da das Überleben nach einer VAD-Implantation und auch die zu erwartenden Komplikationen von zahllosen Faktoren abhängig sind. In erster Linie hängt die Lebenserwartung aber von dem Zustand des Patienten vor der Operation ab. Vereinfacht gesagt haben Patienten, denen es zum Zeitpunkt der Operation noch relativ gut geht, eine sehr viel bessere Lebenserwartung als solche, die in hoch kritischem Zustand einer VAD-Implantation unterzogen werden. Aus diesem Grunde sollte ein Patient mit einer VAD-Implantation nicht so lange warten, bis er akut vom Tode bedroht ist. Vielmehr sollte er den Empfehlungen der sogenannten Leitlinien folgen und das VAD-System zeitgerecht erhalten.

In Deutschland werden in über 95 Prozent der Fälle reine Linksherzunterstützungssysteme (LVADs) implantiert. Eine Unterstützung des linken und gleichzeitig des rechten Herzens erfolgt kaum noch. Die weiteren Betrachtungen beschränken sich daher auf LVAD-Systeme. Geht man davon aus, dass Patienten idealerweise dann ein VAD erhalten, wenn sie intravenöse Medikamente zur Aufrechterhaltung des Kreislaufs benötigen, dann überleben statistisch gesehen rund acht von zehn Patienten das erste Jahr; nach zwei Jahren überleben etwa sieben von zehn Patienten. Das ist deutlich besser als die Überlebensrate von Patienten, die eine VAD-Implantation ablehnen, zumal die Wartezeit auf eine Herztransplantation beträchtlich ist. Jedes Jahr sterben 150 bis 200 Patienten, weil sie nicht rechtzeitig ein Spenderherz erhalten. Verschlechtert sich der Zustand der Patienten, sodass sie mit intravenösen, kreislaufstärkenden Medikamenten kaum oder gar nicht mehr zu stabilisieren sind, ist das Risiko bei einer VAD-Implantation um 45 bis 70 Prozent höher. Bei Patienten, die an einem Nierenversagen leiden und eine Dialyse erhalten, verdoppelt sich nach einer VAD-Implantation das Sterberisiko. Bei Patienten mit einem Versagen mehrerer Organe (Multiorganversagen) – Herz, Lunge, Niere, Leber – ist eine VAD-Implantation zur ausschließlichen Unterstützung der linken Herzkammer in der Regel nicht (mehr) möglich.

## Herztransplantation nach VAD-Implantation

Das Ziel einer VAD-Implantation kann sein, die Wartezeit auf ein Spenderherz zu überbrücken, oder sie kann als Dauertherapie ohne anschließende Herztransplantation geplant sein. In den meisten Untersuchungen schneiden Patienten, welche nachfolgend eine Herztransplantation erhalten, besser ab als Patienten, denen ein VAD zur Dauertherapie eingesetzt wurde. Der Hauptgrund dafür liegt in der Tatsache, dass die VAD-Dauertherapiepatienten häufig älter und kranker sind und eine Herztransplantation aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist.

2016 wurden 965 VAD implantiert. Dem standen 2016 nur 291 und 2015 sogar nur noch 257 durchgeführte Herztransplantationen gegenüber. Auf eine Herztransplantation warten aber jährlich über 900 Patienten. Von den herztransplantierten Patienten trug etwa jeder Dritte zuvor ein VAD-System. So erhalten also nur noch knapp 100 VAD-Patienten pro Jahr ein Spenderherz. Das bedeutet, dass bei Weitem nicht alle Patienten, die ein LVAD als rettende Überbrückungsmaßnahme bis zu einer Herztransplantation wünschen, diese auch erreichen. Sie sind häufig sehr viel länger auf ein VAD-System angewiesen und müssen im späteren Verlauf oft mit den Problemen kämpfen, die ein Langzeit-LVAD mit sich bringt.

Foto: Lennart Nilsson



*Blick in ein Gefäß mit einem Gerinnsel*

## Notwendigkeit der Blutverdünnung

Kunsthertzunterstützungssysteme sind Fremdkörper für den Patienten. Sie werden vom Körper zwar nicht abgestoßen, aber es können sich Blutgerinnsel bilden, wie dies auch bei einer künstlichen Herzklappe der Fall ist. Aus diesem Grund muss eine medikamentöse Blutverdünnung (Antikoagulation) erfolgen. Sie ist für die verschiedenen VAD-Systeme ähnlich, aber nicht identisch und sollte an den Patienten angepasst werden, da sie nicht bei jedem Patienten gleich wirken.

Am wichtigsten ist das Marcumar, dessen Wirksamkeit die Patienten mit entsprechenden Messgeräten selbst bestimmen können. Zusätzlich erfolgt die Gabe von Aspirin und eventuell auch Clopidogrel – beide hemmen die Blutplättchenfunktion – wie bei Patienten, die einen Koronarstent erhalten haben. Wirksamkeitsmessungen hierfür sind durch den Patienten nicht möglich, sondern werden üblicherweise im betreuenden Herzzentrum durchgeführt. Genaueres erfahren Sie diesbezüglich im Kapitel „Medikamente nach der Implantation eines Unterstützungssystems“ auf Seite 53.

Problematisch seitens der Antikoagulation sind Über- und Underdosierungen. Überdosierungen bergen ein erhöhtes Blutungsrisiko, insbesondere bei Verletzungen. So kann selbst bei kleineren Verletzungen wie Schnittwunden ein Arztbesuch zur Verbesserung der Gerinnung notwendig werden. Blutungen sind aber nicht nur Folge einer zu starken Antikoagulation, vielmehr kann die VAD-Implantation zu Veränderungen am Gerinnungssystem, an den Blutplättchen und an der Darmwand führen. Die Veränderungen an den Darmwandgefäßen, sog. arteriovenöse Malformationen, neigen besonders leicht zu spontanen Blutungen, die bei 30-40% der LVAD-Patienten mit bestimmten Systemen beobachtet werden und eine Absenkung der Antikoagulation und ggf. eine Magen-Darmspiegelung erforderlich machen.

## Eine Gerinnselbildung ist gefährlich

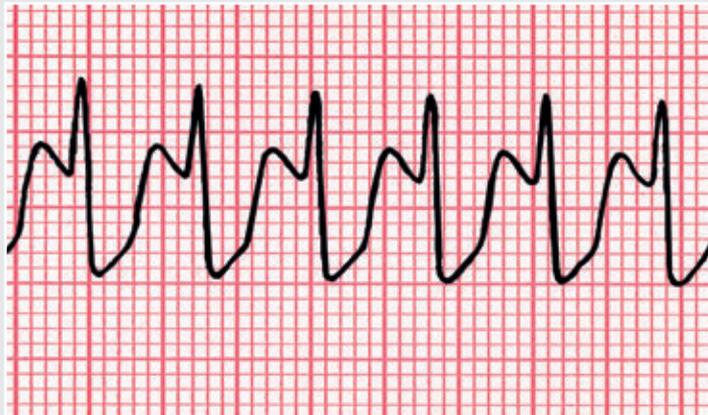
Ist die Blutgerinnung nicht ausreichend gehemmt, können sich Blutgerinnsel bilden. Die Hauptursache ist eine zu geringe Antikoagulation. Seltener führen Infektionen zu einer gesteigerten Gerinnungsaktivität. Je nachdem wo und mit welcher Größe Gerinnsel entstehen, sind unterschiedliche Komplikationen möglich. Es ist davon auszugehen, dass sicherlich die meisten Gerinnsel klein und für den Patienten folgenlos sind. Im Rahmen von Nachuntersuchungen zeigen bisweilen die großen Bauchorgane Leber, Niere und Milz kleine Infarkte, welche jedoch zu keinerlei Funktionsausfall führen.

Problematisch sind Gerinnsel, wenn sie in das Gehirn verschleppt werden. Hierbei können die Gerinnsel aus dem kranken Herzen wie auch aus dem VAD-System stammen. Gerinnsel im Gehirn führen meist zu Lähmungserscheinungen an Armen und Beinen, oft besteht eine sogenannte Halbseitensymptomatik, d. h. der Patient ist auf einer Seite gelähmt. Die Symptome verschwinden entweder nach kurzer Zeit wieder oder sie bleiben, wenn sich der Patient nur eingeschränkt erholt, als dauerhafter Schlaganfall bestehen. Dies schränkt die Lebensqualität des Patienten erheblich ein. Therapeutisch besteht die Möglichkeit, größere Gerinnsel über Kathedertechniken in einer Neuroradiologie zu bergen und die Antikoagulation zu intensivieren. Ebenso problematisch sind Gerinnsel, die im VAD entstehen oder aus den Herzkammern dorthin gespült werden. Wird die Pumpe an irgendeiner Stelle durch ein Blutgerinnsel verstopft, verliert sie an Effektivität und es entsteht

eine sogenannte Pumpenthrombose. Fällt die Pumpleistung und steigt der Strombedarf, deutet das auf eine solche Diagnose hin. Bildgebende Verfahren wie ein Herzultraschall oder eine Computertomographie können die Diagnose bestätigen. Das vorrangige Ziel ist es dann, das Gerinnsel durch spezielle Medikamente (Lyse-Therapie) aufzulösen. Dies ist allerdings nicht bei allen Patienten möglich und funktioniert bei manchen VADs gut und bei anderen weniger gut. Gelingt es mittels Lyse-Therapie nicht, wieder eine ausreichende Pumpfunktion herzustellen, muss das VAD in einem chirurgischen Eingriff ausgetauscht werden.

## Rhythmusstörungen

Herzrhythmusstörungen sind bei schwer kranken Herzen nicht selten. Besonders gefährlich sind schnelle Herzschläge der Herzkammern

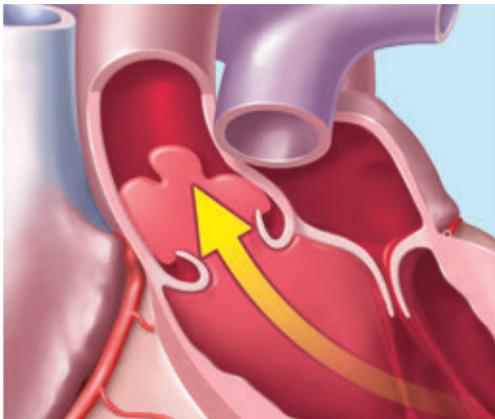


Grafik: www.phototakeusa.com

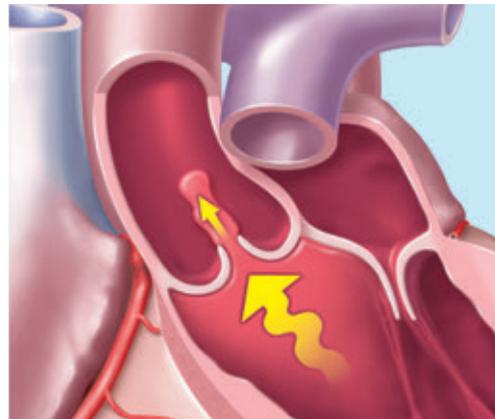
(Kammertachykardien bzw. Herzrasen) und sogenanntes Kammerflimmern. Hierbei kann das Herz kein Blut mehr auswerfen. Viele Patienten mit schlechter Pumpfunktion des Herzens erhalten heutzutage frühzeitig einen implantierbaren Defibrillator, der wie ein Herzschrittmacher eingebracht wird und diese Rhythmusstörungen mit einem Stromstoß behandeln kann. Benötigt der Patient später ein VAD-System, wird der Defibrillator als zusätzlicher Schutz im Körper belassen. Entwickelt der Patient die Rhythmusstörungen erst nach der VAD-Implantation, erhält er nachfolgend einen Defibrillator.

## Undichtigkeit der Aortenklappe

Verschlechtert sich die Pumpfunktion des kranken Herzens soweit, dass sich die Hauptschlagaderklappe (Aortenklappe) bei regelrechter VAD-Funktion nicht mehr öffnet, hat dies auf lange Sicht Folgen für den Patienten. Die Öffnung der Aortenklappe senkt das Risiko der Gerinnselbildung in den Herzkammern, denn die Gerinnsel werden herausgespült. Das Öffnen schützt aber auch die Aortenklappe selbst.



*Gesunde Aortenklappe:  
Das Blut kann ungehindert fließen.*



*Verengte Aortenklappe:  
Das Blut staut sich.*

Eine dauerhaft geschlossene Aortenklappe ist stets dem Druck des Pumpflusses ausgesetzt. Das kann die Klappe im Verlaufe der Jahre beschädigen. Sie wird mit der Zeit undicht, sodass einerseits Blut in die Herzkammer zurückfließt und andererseits weniger Blut aus der Pumpe in den Körperkreislauf gelangt. Die Pumpe muss in der Folge mehr arbeiten, der Patient wird aber schlechter versorgt.

## Infektionen

Da sich Bakterien, die in den Blutstrom gelangen, an den Implantaten festsetzen, muss sich jeder Patient, der ein Implantat trägt (künstliche Zähne, Hüfte, Herzklappe etc.) gegen Infektionen schützen. Ist das System einmal bakteriell infiziert, ist durch Antibiotika üblicherweise keine „Heilung“ zu erzielen. Entweder muss das VAD-System dann ausgetauscht werden oder der Patient bekommt dringend eine Herztransplantation.

Prinzipiell ist dieses Risiko für VAD-Patienten das gleiche wie bei Patienten, die eine künstliche Herzklappe tragen. Problematisch für die Patienten sind insbesondere Zahnbehandlungen und Magen-Darm-Spiegelungen. Für sie wird eine strikte Antibiotikaprophylaxe empfohlen.

Infektionen, die am Steuerkabel entstehen, werden im Kapitel „Externe Komponenten von Kunstherzsystemen“ auf Seite 74 erläutert.

---

### Prof. Dr. med. Christof Schmid

ist Direktor der Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie an dem Universitätsklinikum in Regensburg.

---

# Medikamente nach der Implantation eines Unterstützungssystems

Nach erfolgreicher Implantation eines Herzunterstützungssystems ist die regelmäßige und zuverlässige Einnahme einer Reihe von verschiedenen Medikamenten notwendig, um eine problemlose Funktion des Herzunterstützungssystems zu gewährleisten. Diese Medikamente müssen in aller Regel dauerhaft für den gesamten Zeitraum eingenommen werden, in dem das Herz unterstützt wird. In den meisten Fällen ist dies bis zur Herztransplantation oder bis zur Erholung des eigenen Herzens. Für den Fall, dass die künstliche Blutpumpe als Dauerlösung bzw. als Alternative zu einer Herzverpflanzung implantiert wurde, müssen die Medikamente lebenslang eingenommen werden. Welche Medikamente Patienten einnehmen sollten und deren entsprechende Dosierungen legt das Ärzteteam der Klinik fest, welche die Operation durchgeführt hat. Diese Empfehlungen werden in der Anschlussheilbehandlung und danach später vom Hausarzt fortgeführt und in enger Absprache mit der implantierenden Klinik an den Gesundheitszustand des Patienten angepasst.



Im Folgenden werden die verschiedenen Medikamente vorgestellt, welche möglicherweise nach der Operation verordnet werden.

### **Blutverdünnende bzw. blutgerinnungshemmende Medikamente**

Das wichtigste Medikament nach der Implantation eines Herzunterstützungssystems ist die Blutverdünnung mit Marcumar® (Wirkstoff Phenprocoumon). Da das Blut nach der Operation in Kontakt mit den körperfremden Materialien des VAD-Systems, also Metall und Kunststoff, kommt, würde ohne blutgerinnungshemmende Medikamente das Gerinnungssystem des Körpers aktiviert. Das hätte die Folge, dass sich Blutgerinnsel bilden können. Diese Gerinnsel können entweder die künstliche Blutpumpe (sogenannte Pumpenthrombose) verstopfen oder sie gelangen aus dem Herz etwa in das Gehirn und verursachen dort dann einen Schlaganfall. Damit diese gefährlichen

Komplikationen verhindert werden, muss das Blut „verdünnt“ werden. Hierzu dient die Behandlung mit Marcumar. Marcumar ist ein Medikament aus der Gruppe der Vitamin-K-Antagonisten (Gegenspieler) und wird seit vielen Jahren zur Blutverdünnung eingesetzt. Weitere, nicht so häufig verordnete Substanzen aus der Gruppe der Vitamin-K-Gegenspieler sind Warfarin und Acenocoumarol, die sich vom Marcumar in der Wirkdauer unterscheiden.

Das Besondere an dieser Art von Blutverdünnung mit Marcumar oder seinen Verwandten ist die Tatsache, dass man die Wirkung der Blutverdünnung messen muss, um

die Dosierung, also die Anzahl der Tabletten, individuell festlegen zu können. Im Rahmen einer regelmäßigen Blutkontrolle wird der INR-Wert (International Normalized Ratio) gemessen. Der normale INR-Wert des Blutes ohne Behandlung mit Marcumar liegt bei eins. Um eine gute und komplikationsfreie Funktion der Blutpumpe zu gewährleisten, ist je nach Typ des Herzunterstützungssystems eine Einstellung des INR-Wertes auf etwa zwei bis drei anzustreben. Den genauen INR-Wert, welcher für das VAD-System einzuhalten ist, legt die Klinik fest, die das System implantiert hat.

Es ist möglich und sinnvoll, regelmäßige Blutentnahmen beim Hausarzt zur Bestimmung des INR-Wertes zu vermeiden, indem der Patient entweder in der Anschlussheilbehandlung oder später zu Hause bei einem spezialisierten, niedergelassenen Arzt selbst lernt, den INR-Wert zu messen. Hierzu entnimmt er ähnlich wie bei der Blutzuckerbestimmung (z. B. mittels CoaguChek®) aus der Fingerkuppe Blut. Im Anschluss kann er je nach Messwert eigenständig die notwendige Marcumar-Dosierung wählen. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Patienten, welche diese INR-Selbstbestimmung erlernen, die INR-Werte seltener schwanken und die Gefahr von Unter- oder Überdosierung deutlich geringer ist. Die größte Gefahr bzw. Nebenwirkung der Blutgerinnungshemmung mit Marcumar liegt in einer Überdosierung, in deren Folge der Patient verstärkt zu Blutungen neigt. Sollte es zu einer erhöhten Blutungsneigung kommen und spontan Nasenbluten, Blut in Stuhl oder Urin oder aber schwarzer Stuhl (Teerstuhl) auftreten, muss der INR-Wert umgehend bestimmt und der betreuende Arzt kontaktiert werden.

Foto: Andreas Malkmus



*Gerinnungsschulung: Die Patienten lernen, ihren INR-Wert selbst zu bestimmen.*

**Es gibt eine ganze Anzahl von anderen Medikamenten, welche die blutgerinnungshemmende Wirkung des Marcumar verstärken oder abschwächen können.**

Deshalb sollten alle Medikamente, welche im weiteren Verlauf von anderen Ärzten verordnet werden, mit dem betreuenden Hausarzt abgesprochen werden, um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden. Marcumar-Patienten erhalten einen Ausweis, in dem die INR-Werte und die Marcumar-Dosis regelmäßig eintragen werden. Diesen Ausweis müssen Patienten bei Notfällen oder geplanten Eingriffen, z.B. beim Zahnarzt oder vor einer Magenspiegelung, unbedingt dem behandelnden Arzt vorlegen, damit dieser das Blutungsrisiko abschätzen kann.

Seit einiger Zeit gibt es Alternativen zu der Blutverdünnung mit Marcumar. Diese neuen Blutgerinnungshemmer, von denen hier beispielhaft Pradaxa® (Wirkstoff Dabigatran), Eliquis® (Wirkstoff Apixaban) und Xarelto® (Wirkstoff Rivaroxaban) genannt werden, sind bei bestimmten Erkrankun-

gen, z.B. Vorhofflimmern, häufig eine gute Alternative zum Marcumar®. Vom Einsatz dieser Substanzen zur Blutverdünnung bei VAD-Systemen muss zum jetzigen Zeitpunkt allerdings unbedingt abgeraten werden, da es hierzu keine Untersuchungen gibt, welche die Wirksamkeit dieser neuen Substanzen bei VAD-Systemen belegen.

**Medikamente, welche die Blutplättchen hemmen**

Bei den Herzunterstützungssystemen, die zurzeit verfügbar sind, ist die alleinige Gerinnungshemmung mit Marcumar® nicht ausreichend, um sicher die Bildung von Blutgerinnseln zu verhindern. Aus diesem Grund ist die zusätzliche Einnahme von Medikamenten notwendig, welche die Funktion der Thrombozyten (Blutplättchen) hemmen. Die Blutplättchen tragen dazu bei, dass das Blut gerinnen kann. Sie sind zugleich auch an der Bildung von Blutgerinnseln beteiligt. Sogenannte Blutplättchenhemmer hemmen diese Funktion der Blutplättchen und verhindern dadurch, dass sich gefährliche Blutgerinnsel bilden können.

**Acetylsalicylsäure (Aspirin®/ ASS®):**

Das bekannteste Medikament zur Hemmung der Blutplättchen ist Aspirin. Es wird regelmäßig nach Einpflanzung eines VAD-Systems in Kombination mit Marcumar angewandt. Die Dosis ist abhängig von dem Typ des VAD-Systems und dem Protokoll der implantierenden Klinik. In der Regel ist die Gabe von 100 bis 300 mg ASS pro Tag notwendig.

**Clopidogrel (Plavix®, Iscover®):**

In seltenen Fällen, etwa bei Aspirin-Unverträglichkeit, ist die Einnahme von Plavix als Alternative zum Aspirin angezeigt. Neigt der Patient trotz der Therapie mit Marcumar und Aspirin unerwartet zur Gerinnselbildung, kann der behandelnde Arzt zusätzlich Plavix verordnen. Die Dosis von Plavix beträgt dann 75 mg pro Tag (eine Tablette). Diese dreifach gerinnungshemmende Therapie hat jedoch den Nachteil, dass Blutungskomplikationen erheblich häufiger sind als bei der herkömmlichen Therapie mit Marcumar und Aspirin alleine.

### Aggrenox® (Dipyridamol+ ASS):

Der Wirkstoff Dipyridamol ist in Deutschland nur als Kombinationspräparat mit einer geringen Dosis ASS zusammen erhältlich. Der Wirkstoff weist ebenfalls blutplättchenhemmende Eigenschaften auf und wird in manchen Kliniken zur Behandlung von VAD-Trägern verordnet (z. B. 2 x 200 mg Dipyridamol + 2 x 25 mg ASS pro Tag).

**Neue Plättchenhemmer: Neue Entwicklungen von Medikamenten zur Blutplättchenhemmung wie Ticagrelor (Brilique®) oder Prasugrel (Efient®) sind in der Regel bei der Vorbeugung von Gerinnselbildungen für Träger eines VAD-Systems nicht notwendig.**

### Thrombozytenfunktionstests:

Als Alternative zur fixen Gabe einer bestimmten Menge von Aspirin oder Plavix kann es notwendig oder sinnvoll sein, den Grad der Hemmung der Blutplättchen als Folge der Gabe von Aspirin oder Plavix zu messen. Hierfür stehen verschiedene Bluttests zur

Verfügung, mit denen die aktuelle Funktion der Blutplättchen und somit die Wirkung der Medikamente direkt bestimmt werden kann.

So ist es möglich, die Behandlung mit Blutplättchenhemmern zu individualisieren. Der behandelnde Arzt wird Patienten informieren, ob diese Tests für den speziellen Fall notwendig sind.

### Nebenwirkungen der Plättchenhemmer:

Die wichtigste Nebenwirkung bei der Hemmung der Blutplättchen ist wie beim Marcumar die Zunahme der Blutungsneigung. Auch hier gilt: Beim spontanen Auftreten von Blutungen ist umgehend der Arzt zu informieren, damit dieser zeitnah reagieren kann. Des Weiteren können diese Medikamente zu einer Reizung der Magenschleimhaut und somit auch zu einem Magengeschwür führen. Falls dieses der Fall sein sollte, ist die Verordnung von Medikamenten sinnvoll, welche die Magenschleimhaut schützen (s. u.: Magenschutz).

### Sonstiges zum Thema Blutplättchen:

In seltenen Fällen kommt es nach der Operation – vor allem in Kombination mit Entzündungen jeglicher Art – zu einem Anstieg der Zahl der Blutplättchen über das normale Maß hinaus. Bei einem massiven Anstieg der Anzahl der Thrombozyten (Blutplättchen) kann es sein, dass der Arzt zur Absenkung der Blutplättchenanzahl vorübergehend ein dafür geeignetes Medikament verordnet. Dieses Präparat heißt Anagrelid (Xagrid®). Nach Normalisierung der Anzahl der Blutplättchen kann dieses Präparat dann ersatzlos abgesetzt werden.

## Magenschutz

Die Operation selbst, aber auch der Krankenhausaufenthalt nach der Einpflanzung eines Herzunterstützungssystems stellen für den Körper eine erhebliche Stresssituation dar. Deshalb besteht zumindest in den ersten Tagen bis Wochen nach dem Eingriff ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Magengeschwürs. Dieses Risiko wird durch die Einnahme von notwendigen Medikamenten – vor allem auch durch die Präparate zur Blutverdünnung und Hemmung der Blutplättchen – erhöht. Aus diesem Grund erhalten Patienten bereits in der Klinik ein Medikament zum Magenschutz. In der Regel nimmt der Patient dieses Medikament auch in den ersten Wochen nach der Operation noch zu Hause ein. Danach kann es sinnvoll sein, einen Auslassversuch zu unternehmen.

### Ranitidin (Zantic®, Ranitic®):

Dieses Magenschutzpräparat hemmt die Bildung der Magensäure und wird einmal täglich eingenommen.

### Pantoprazol (Pantozol®):

Es ist ein weiteres Medikament zur Hemmung der Magensäurebildung und stärker wirksam als das oben genannte Ranitidin. Die Einnahme erfolgt ein- bis zweimal täglich. Bei gleichzeitiger Einnahme von Marcumar kann es zu Wechselwirkungen kommen. Daher sollte nach dem Beginn oder nach dem Absetzen dieses Medikaments der INR-Wert kontrolliert werden.

### Medikamente zur Behandlung der Herzschwäche am VAD-System und Harefield-Protokoll:

Wenn das Herzunterstützungssystem nicht aufgrund einer akuten, plötzlich neu aufgetretenen Herzerkrankung implantiert werden musste, hat der Patient meist vor der Operation eine Reihe von Medikamenten eingenommen, welche die Funktion des Herzens verbessern und die Herzerkrankung behandeln sollten. Einige dieser Präparate finden sich auch nach der erfolgreichen Operation wieder auf dem Medikamentenplan. Diese Medikamente dienen auf der einen Seite dazu, eine optimale Funktion der Blutpumpe zu gewährleisten, auf der anderen Seite sollen diese Präparate dem schwer erkrankten Herzen bei der Erholung helfen. Durch die Kombination von Entlastung des Herzens durch das VAD-System und dem Einsatz dieser Medikamente kann es in einigen Fällen sogar zu einer nahezu vollständigen Erholung der Herzfunktion kommen. In diesen Fällen kann das Herzunterstützungssystem wieder entfernt und auf eine Herztransplantation verzichtet werden.

## Blutdruckmedikamente

Zu diesen Medikamenten zählen u.a. Präparate, welche eigentlich zum Ziel der Blutdrucksenkung entwickelt wurden. Sie entfalten am erkrankten Herzen eine äußerst günstige Wirkung, indem sie den schädlichen Umbau des Herzmuskels (Remodelling) hemmen. Sie haben darüber hinaus eine positive Wirkung auf den gestörten Hormonhaushalt (Renin-Angiotensin-System) und auf das überschießend aktivierte vegetative Nervensystem (Sympathoadrenerges System). Zu den Medikamenten zählen Beta-Blocker, ACE-Hemmer und die AT-I-Blocker (Sartane). Durch ihre blutdrucksenkende Wirkung sorgen sie außerdem dafür, dass die Blutpumpe gegen einen geringeren Widerstand – den Blutdruck des Patienten – arbeitet und somit eine größere Menge Blut fördern kann. Idealerweise sollte der Blutdruck im Mittel 60 bis 80 mmHg betragen.

### Beta-Blocker:

Diese Medikamentengruppe senkt nicht nur den Blutdruck, sondern erniedrigt auch die Schlagfolge, also Frequenz, des Herzens. Dazu zählen Metoprolol (Beloc®), Carvedilol (Querto®), Bisoprolol (Concor®) und viele andere Substanzen. Vorsichtig eingesetzt werden diese Präparate bei schwerem Asthma und einer bereits vorhandenen sehr niedrigen Herzfrequenz.

### ACE-Hemmer:

Beispielhaft für die Medikamentengruppe der ACE-Hemmer seien Enalapril (Xanef®), Ramipril (Delix®), Fosinopril (Dynacil®) genannt. Bei einer schweren Nierenschädigung sollte vor einer Therapie mit dieser Medikamentenklasse ein Facharzt für Nierenheilkunde aufgesucht werden. Eine typische Nebenwirkung der ACE-Hemmer ist ein hartnäckiger Reizhusten, der nach dem Absetzen des Medikaments wieder verschwindet. In solchen Fällen kann auf die Medikamentengruppe der AT-I-Blocker oder auch Sartane ausgewichen werden.

### AT-I-Blocker (Sartane):

Zu dieser Gruppe zählen u.a. Valsartan (Diovan®), Candesartan (Atacand®), Losartan (Lorzaar®), Irbesartan (Aprovel®). In der Regel finden diese Medikamente als Alternative zu den ACE-Hemmern Verwendung. Seltener werden ACE-Hemmer und Sartane auch in Kombination gegeben. Auch bei den Sartanen gilt: Bei schwerer Nierenschädigung vor der Einnahme das Gespräch mit einem Facharzt für Nierenheilkunde suchen.



Leben mit einem Kunstherz

## Harntreibende Medikamente (Diuretika)

Zur Regulierung des Flüssigkeitshaushaltes kann es auch nach der Einpflanzung eines Herzunterstützungssystems notwendig sein, harntreibende Medikamente, also Diuretika, einzunehmen. Die Dosierung dieser Diuretika wird vom behandelnden Arzt angepasst. Dazu kontrolliert der Patient regelmäßig sein Gewicht und achtet auf das Auftreten von Flüssigkeitseinlagerungen an den Knöcheln oder auch im Bauch. Ist die Förderleistung des VAD-Systems zu niedrig, kann das auf einen Flüssigkeitsmangel bzw. auf eine zu hohe Menge an harntreibenden Medikamenten zurückzuführen sein.

Als Vertreter der Substanzklasse der Diuretika seien hier Furosemid (Lasix®), Torasemid (Torem®), Xipamid (Aquaphor®), Hydrochlorothiazid (HCT®) genannt.

### Aldosteronantagonisten:

Auch diese Medikamentengruppe hat harntreibende Eigenschaften und wird häufig in einer geringen Dosis mit den oben genannten Diuretika kombiniert. Eine weitere Eigenschaft dieser Substanzklasse ist die positive Wirkung auf den Hormonhaushalt (Renin-Angiotensin-System). Diese kann die Erholung der Herzfunktion unterstützen. Als Substanzen sind hier im Wesentlichen das Spironolacton (Aldactone®) und das Eplerenon (Inspra®) zu nennen.

## Harefield-Protokoll

Hierbei handelt es sich um ein spezielles Medikamentenschema, auch Protokoll genannt, welches von Ärzten in der Londoner Harefield-Klinik speziell für VAD-Patienten

entwickelt wurde. Ziel dieses Protokolls ist es, die Erholung der Herzfunktion maximal zu unterstützen, um bei möglichst vielen Patienten das Unterstützungssystem wieder entfernen zu können.

Neben der hoch dosierten Gabe der oben angegebenen Medikamente (Beta-Blocker, ACE-Hemmer/Sartane, Diuretika, Aldosteronantagonisten) enthält das Protokoll die zunächst einschleichende, später hoch dosierte Gabe von Clenbuterol (Spiropent®). Eigentlich wird Clenbuterol zur Behandlung des Asthma bronchiale eingesetzt, fand jedoch auch als Dopingmittel bei Sportlern bereits Verwendung. Beim Harefield-Protokoll soll es die Erholung der Herzfunktion begünstigen. Die Anwendung des Harefield-Protokolls hat sich jedoch außerhalb Großbritanniens noch nicht durchgesetzt, da die Ergebnisse, welche in London erzielt und veröffentlicht wurden, sich an anderer Stelle nicht bestätigt haben.

## Medikamente zur Behandlung des Lungenhochdrucks

Die meisten Patienten, die ein Herzunterstützungssystem implantiert bekommen, tragen ein isoliertes Linksherzunterstützungssystem. Damit wird die Funktion der linken Herzkammer unterstützt bzw. ersetzt. Die rechte Herzkammer muss es weiterhin alleine schaffen, das Blut durch die Lungengefäße zu pumpen. Erst in der linken Herzkammer befördert das VAD-System das Blut dann in den Körperkreislauf. Sehr häufig ist aber vor der Operation auch die Funktion der rechten Herzkammer eingeschränkt. Es gelingt jedoch glücklicherweise in den meisten Fällen, dem Patienten alleine mit einem Linksherzunterstützungssystem gut zu helfen. Für die ebenfalls erkrankte rechte Herzkammer sind in diesem Fall entweder vorübergehend oder auch dauerhaft Medikamente notwendig, die das rechte Herz bei der Arbeit unterstützen. Die einfachste Art, der rechten Herzkammer die Arbeit zu erleichtern, besteht darin, einen erhöhten Blutdruck in den Lungengefäßen zu senken.

Hierfür wird möglicherweise Sildenafil (Revatio®) verordnet. Dieses Medikament wurde ursprünglich als Viagra® für die Erektionsstörung beim Mann entwickelt. Die gefäßerweiternden Eigenschaften in der Lungenstrombahn wurden erst danach entdeckt. In seltenen Fällen kann auch die Inhalation von Iloprost (Ventavis®) in der Heimtherapie mit einem speziellen Inhalationsgerät sinnvoll sein.

### Antibiotika:

Alle heute verfügbaren VAD-Systeme weisen eine Verbindung des Gerätes nach außen auf, sei es über Kanülen bei Blutpumpen wie dem Berlin Heart ExCor und dem Thoratec-System oder viel häufiger eine Kabelverbindung (Driveline) vom VAD-System zur außen liegenden Steuereinheit (Controller) bzw. den Batterien. Die Durchtrittsstelle dieser Verbindung durch die Haut stellt eine mögliche Quelle für eine Entzündung (Infektion) dar (hierzu siehe auch Kapitel „Externe Komponenten von Kunstherzsystemen“ auf Seite 74). Aus diesem Grund werden Patienten und deren Angehörige im sorgfältigen keimfreien Verbandswechsel dieser kritischen Stelle geschult. Wenn es hier zu einer

schmerzhaften Rötung, einem Austritt von Wundflüssigkeit (schmutzige Sekretion) oder gar zur Eiterbildung kommt, wird häufig ein Antibiotikum verschrieben. Dieses dient dazu, die Infektion zu bekämpfen und vor allem eine Ausbreitung der Entzündung bis zur Blutpumpe oder dem Herzen zu verhindern.

Es würde zu weit führen, in diesem Rahmen alle Antibiotika aufzulisten. Der behandelnde Arzt wird diese Medikamente entsprechend der zu erwartenden Keime und nach den Ergebnissen der Abstrichuntersuchungen an der Kabelaustrittsstelle verordnen. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die meisten Antibiotika Wechselwirkungen mit dem Marcumar aufweisen, welches der Patient zur Blutverdünnung einnimmt. Bei der Einnahme von Antibiotika sollte also unbedingt der INR-Wert engmaschig kontrolliert werden.

---

### Dr. med. René Tandler

ist Oberarzt der Klinik für Herzchirurgie am Universitätsklinikum in Erlangen.

---

# Die Rolle der VAD-Koordination

Die Aufgaben eines VAD-Koordinators werden in den einzelnen Ländern und Herzzentren unterschiedlich definiert. Mit der zunehmenden Zahl von Patienten an diversen VAD-Systemen und mit der deutlich steigenden Zahl jener Patienten, die im häuslichen Bereich mit VAD-Systemen leben, wurde es notwendig, geschultes Personal als Ansprechpartner für die Patienten, Hausärzte und das Klinikpersonal zu schaffen.

In Deutschland gibt es keine Berufsausbildung zum VAD-Koordinator. Das bedeutet, dass in den einzelnen Zentren oft ein Mediziner, ein Kardiotechniker und/ oder eine Pflegekraft als VAD-Koordinator tätig ist. Das Aufgabengebiet eines VAD-Koordinators wird in den einzelnen Zentren oft unterschiedlich ausgelegt. Im Bereich der Pflegeweiterbildung haben sich in den letzten Jahren zunehmend Fachbereiche spezialisiert. So ist die Ausbildung zur „Heart Failure Nurse“ eine mögliche Spezialisierung für die VAD-Koordination, wenn diese von Pflegefachkräften ausgeübt wird.

An dem Beispiel des Herz- und Diabeteszentrums NRW Bad Oeynhausen wird im folgenden Abschnitt die Entwicklung und Funktion des VAD-Koordinators beschrieben.

## Vorbereitung auf die OP

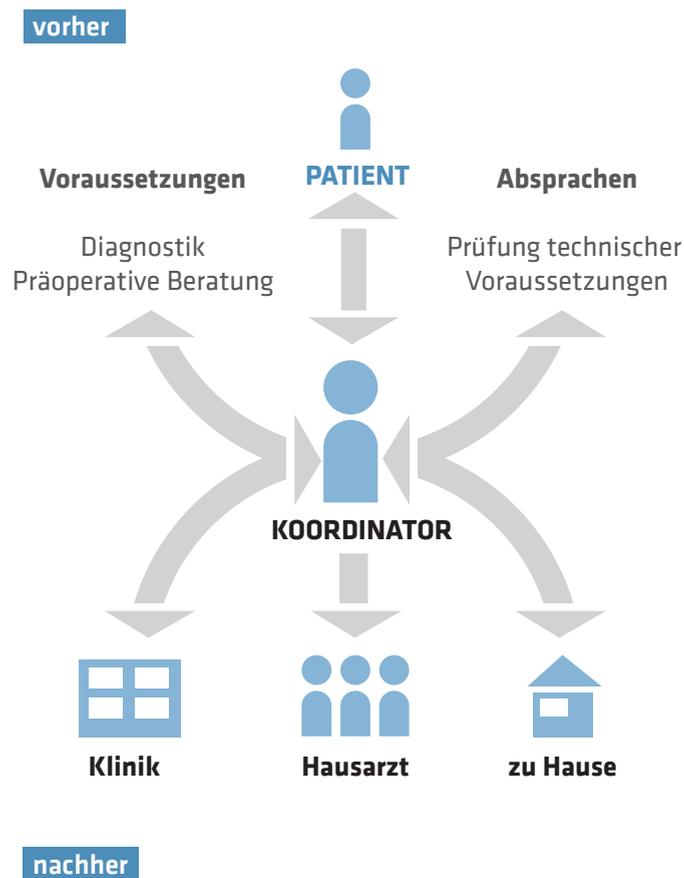




Foto: Jan Neuffer

Anfang der neunziger Jahre wurde deutlich, dass es aufgrund der unterschiedlichen Systeme und dem damit verbundenen Mehraufwand zwingend erforderlich wurde, eine Person als Ansprechpartner für technische und auf die Therapie bezogene Fragen aus dem Alltag des Stationsbereiches herauszunehmen. Fragen kamen zunächst in erster Linie vom Krankenhauspersonal. Separate Schulungen für Ärzte und Pfleger wurden notwendig, um die Patienten sicher versorgen zu können. Mit der ersten Patientin weltweit, die nach einer erfolgten Implantation eines VAD nach Hause entlassen wurde, wurde bewusst, dass auch das häusliche Umfeld mit in die Therapie einbezogen werden muss. Allein durch die oft weite Entfernung zum Herzzentrum war es notwendig, den Hausarzt als möglichen Ersthelfer mit dem Equipment vertraut zu machen und ihm für Notfälle die Kontaktnummern des Herzzentrums an die Hand zu geben. Auch der erforderliche Verbandswechsel des VAD-Versorgungskabels wurde dem Hausarzt übertragen. Aufgrund der immer zuverlässiger werdenden Systeme hat sich in der Folge eine Therapie zur Nachsorge bei einer VAD-Implantation etabliert, die den Einsatz von VAD-Koordinatoren unabdingbar macht.

## Präoperative Aufgaben

Vor der Operation ist der VAD-Koordinator dafür verantwortlich, dass die benötigten Materialien für die Implantation im Hause vorhanden und alle Geräte einsatzbereit sind. Die notwendigen Batterien müssen aufgeladen, das chirurgische Material muss unversehrt, keimfrei gelagert und vollständig sein.

Für den Patienten und seine Angehörigen ist ein Informationsgespräch vor der Operation sehr wichtig.

Das Leben nach der Implantation eines VAD muss gut organisiert sein. Welche Dinge darf man mit einem VAD machen und worauf ist zu achten? Diese Fragen geht der VAD-Koordinator mit dem Patienten durch und kann ihn so mental gut auf das Leben mit einem VAD vorbereiten. Damit der Patient das VAD-System nach der Operation besser akzeptiert, muss er mit allen Einschränkungen konfrontiert werden. Nur so kann er die sich bietenden neuen Chancen nutzen und Lebensqualität zurückgewinnen.

Gemeinsam mit dem behandelnden Ärzte- und Pflorgeteam sorgt der VAD-Koordinator für die vollständige Diagnostik und bereitet den Patienten optimal auf den Eingriff vor.

## Postoperative Versorgung

Wie erlernt man nach der Operation die Technik des Systems? Je nach Verlauf der Operation erfolgt die Verlegung auf die normale Station. Hier wird der Patient in Ruhe auf den selbstständigen Umgang mit dem System vorbereitet. Dazu gehört auch die Gewöhnung an ein Kabel, das aus dem Bauch herausführt. Aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung erkennen die VAD-Koordinatoren den „richtigen“ Zeitpunkt für die ersten Einweisungen in das System.

Einer der ersten Schritte ist das Umstecken der Batterien und der Stromversorgung sowie das Vertrautmachen mit der Steuereinheit, dem Controller. In folgenden Trainingseinheiten werden gemeinsam mit den Familienangehörigen Notfallsituationen und ein möglicher Controllertausch trainiert. Dann wird die Telefonkette in einer möglichen Notfallsituation besprochen. Welche Probleme können zu Hause entstehen? Diese wie weitere Fragen werden vom Patienten und seinen Angehörigen angesprochen und von den VAD-Koordinatoren beantwortet. Trainiert wird auch der unverzichtbare Verbandswechsel des VAD-Versorgungskabels. Meistens sind es die Ehepartner, die in das keimfreie Vorgehen beim Verbandswechsel durch den VAD-Koordinator eingewiesen werden. Die Verbandsschulungen erstrecken sich über mehrere Tage.

Marcumar ist ein überlebenswichtiger Baustein in der VAD-Therapie. Um das Risiko einer Bildung von Blutgerinnseln zu minimieren, muss die Blutgerinnung verzögert werden. Für die Zeit nach der Implantation lernt der Patient daher, den INR-Wert, der die Blutgerinnung an-

zeigt, selbst zu bestimmen. Dieser Wert bestimmt dann die Dosierung des Marcumars. Durch die Selbstbestimmung des INR-Wertes zu Hause gewinnt der Patient deutlich an Lebensqualität, werden doch die regelmäßigen Besuche beim Hausarzt hierfür überflüssig.

Sobald die Medikation angepasst ist und der Patient für die Rehabilitation oder für die direkte Rückkehr nach Hause vorbereitet ist, organisiert der VAD-Koordinator die Entlassung. So wird der Hausarzt vorab telefonisch über den Verlauf informiert und der Koordinator vereinbart noch für den Entlassungstag einen Termin beim weiterbehandelnden Arzt. Der VAD-Koordinator begleitet den Patienten in die Praxis des Hausarztes, wo diesem das VAD und seine Besonderheiten erklärt werden. Wichtig sind vor allem Informationen dazu, dass durch den kontinuierlichen Bluttransport des VAD eine „Pulslosigkeit“ auftritt und das Blutdruckmessen damit erschwert wird. Besprochen werden auch die wichtigen Blutkontrollen, bestimmte Standards wie z. B. die der Blutgerinnung und die Vorsorge mit Antibiotika (antibiotische Prophylaxe). Zu guter Letzt erhält die Arztpraxis die notwendigen Kontakttelefonnummern des Herzzentrums.

Zu Hause angekommen bauen der Patient und der VAD-Koordinator gemeinsam das VAD-Equipment auf. Der Koordinator nutzt noch einmal die Möglichkeit, im vertrauten Umfeld und in Ruhe bestimmte Fragen zu klären. Dabei ist auch immer Zeit für Nachschulungen. Denn ein gut trainiertes und im Umgang mit dem VAD-System sicheres Patientenumfeld ist für einen optimalen Start in den Alltag ausgesprochen wichtig.

## Die Kontakt- und Vertrauensperson im Herzzentrum

Tauchen Fragen zu technischen oder VAD-bezogenen Problemen auf, sollte der Patient den VAD-Koordinator im Herzzentrum kontaktieren. Aufgrund seines Wissens und seiner Erfahrung kann dieser schnell und sicher die nächsten Schritte in der Hilfskette wählen. Wer kennt sich schon mit dem VAD-System in der Heimat aus?

Die am einfachsten zu beantwortenden Anrufe sind: „Ich habe eine defekte Batterie oder einen nicht funktionierenden Stromadapter.“ Komplizierter ist es, wenn Zwischenfälle wie etwa ein Beinbruch das Einleiten von weiteren Schritten erforderlich machen. Was ist dann zu tun? Was passiert mit der Fortführung der Blutgerinnung mit Marcumar? Was muss bei einer anstehenden Operation beachtet werden?

Zunächst muss das Ärzte- und Pflegepersonal, das einen möglichen Eingriff vornehmen soll, im Umgang mit dem VAD-System vertraut gemacht werden. Ebenso müssen die Medikamente für die Blutgerinnung abgeklärt werden. Es muss zudem abgeschätzt werden, welche Kompromisse hierbei eingegangen werden können. Wichtig auch: Wer kann das VAD-System während der notwendigen Operation kontrollieren oder steuern? Der VAD-Koordinator sorgt dann für den notwendigen schriftlichen bzw. telefonischen Kontakt zwischen den behandelnden Medizinern vor Ort und den Spezialisten des Herzzentrums. Mitarbeiter der VAD-Firmen schulen in den weit entfernten Krankenhäusern die Ärzte und weisen diese in die verschiedenen

VAD-Systeme ein. Wird der Patient in der geografischen Nähe zum Herzzentrum versorgt, übernimmt der VAD-Koordinator die Unterstützung während der Operation und weist das Team der behandelnden Ärzte nach dem Eingriff in die notwendigen Maßnahmen ein. Für eine optimale Begleitung muss nach der Operation eine 24-stündige Rundumbereitschaft für Patient und Mitarbeiter im Herzzentrum gewährleistet sein.

Aber auch Anfragen vom Hausarzt oder weiterbehandelnden Kardiologen werden dem VAD-Koordinator zugetragen. Er nimmt die Problematik auf, so kann der behandelnde Arzt im Herzzentrum den Rückruf starten und Empfehlungen aussprechen. Durch die direkte Kontaktaufnahme mit dem Herzzentrum wird der Hausarzt in seinem Praxisalltag nur kurz unterbrochen und es entstehen für beide Seiten keine Wartezeiten.

Die meisten telefonischen Anfragen an den VAD-Koordinator beziehen sich auf den Alltag: Darf ich wieder arbeiten gehen? Darf ich meinen Rasenmäher benutzen? Kann ich vielleicht eine weitere Ersatzbatterie bekommen, weil ich über das Wochenende meine Freunde besuchen möchte? Darf ich überhaupt verreisen? All diese Fragen kann am besten jemand beantworten, der mit den Themen vertraut ist. Was im Detail und individuell erlaubt ist, muss tatsächlich persönlich mit dem behandelnden Team und dem VAD-Koordinator besprochen werden.

Auch die ambulante Nachsorge im Herzzentrum wird durch den VAD-Koordinator organisiert. Diese Besuchstage bieten die Möglichkeit, anfallende Fragen persönlich zu klären. Bei Unsicherheiten können aber auch Nachschulungen mit dem VAD-System erfolgen. Zur eigenen Sicherheit sollten dann auch Sorgen und mögliche Ängste besprochen werden. Durch diese regelmäßigen Kontakte, aber auch durch den stetigen Gewinn an weiteren Erfahrungen der VAD-Koordinatoren wird ein gutes Verhältnis zwischen Patient und VAD-Koordinator aufgebaut. Das hebt die Lebensqualität des Patienten mit einem VAD-System.

---

### **Volker Lauenroth**

ist VAD-Koordinator an der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie am Herz- und Diabeteszentrum NRW in Bad Oeynhausen.

---

# Externe Komponenten von Kunstherzsystemen

Nach der Implantation eines Kunstherzsystems verbleibt nur die Herzunterstützungspumpe im Körper. Mittels eines Verbindungskabels, Driveline oder Steuerkabel genannt, wird diese Pumpe mit Strom versorgt und über einen Computer, einen sogenannten Controller oder Steuereinheit, überwacht und gesteuert. Die sich außerhalb des Körpers befindenden Kunstherzbestandteile bezeichnet man als externe Komponenten. Sie setzen sich aus folgenden Teilstücken zusammen:

- 1. Driveline:** Eine stromleitende Kabelverbindung zwischen der implantierten Herzunterstützungspumpe und dem Computer, der die eingesetzte Pumpe steuert und überwacht. Dieses Verbindungskabel wird seitlich des Bauchnabels ausgeleitet.
- 2. Steuereinheit:** Ein kleiner Computer, der die Pumpe reguliert und kontrolliert. Er wird auch als Controller bezeichnet.
- 3. Externe Stromversorgung:** Um die Kunstherzpumpe und den Controller mit Strom zu versorgen, muss eine dauerhafte Stromversorgung gewährleistet sein. Das System kann mit Akkus, Netzstromkabel oder einem PKW-Batterie kabel betrieben werden.
- 4. Batterieladegerät:** Das Gerät sorgt dafür, dass die Akkus geladen werden, und führt, je nach Herstellertyp, Funktionsprüfungen durch. Das Batterieladegerät zählt nicht zu den am Körper verbleibenden Kunstherzkomponenten.
- 5. Tragesysteme:** Ein Kunstherzpatient bleibt lebenslänglich mit seinem Steuerkabel (Driveline), der Steuereinheit (Controller) und der dazugehörigen Stromversorgung verbunden. Diese Komponenten müssen in Tragesystemen verstaut werden, um das Kunstherzsystem zu sichern und zu stabilisieren.

Im Folgenden wird ausführlicher auf die externen Komponenten, den Umgang mit der Driveline, einschließlich der hier bestehenden Infektionsgefahr, und auf die verschiedenen Tragesysteme eingegangen.

## Die Steuereinheit: Controller

Wie schon erwähnt, steuert und überwacht der Controller die am Herzen implantierte Pumpe. Das Gerät stellt sicher, dass die Pumpe ordnungsgemäß funktioniert und komplikationsfrei läuft. Zusätzlich werden Daten gespeichert, die Auskunft über mögliche Komplikationen, Informationen zur Funktionsweise der Pumpe und Fehlermeldungen geben. Der Aufbau einer Steuereinheit variiert je nach Herstellerfirma. Generell vorhandene Bestandteile sind eine Benutzeroberfläche, bestehend aus einem Display, Tasten und optischen wie auch akustischen Signalzeichen sowie Anschlussbuchsen. Über die dazugehörigen Monitore werden die jeweiligen Steuereinheiten konfiguriert und die am Herzen implantierte Pumpe eingestellt. Diese Einstellungen können ausschließlich in der Ambulanz durchgeführt werden (Abb. 18).



Abb. 18: Steuereinheiten mit den dazugehörigen Akkubatterien, einschließlich Monitor: links: Firma Medtronic, rechts Firma Abbott.

Fällt die Pumpe komplett aus, sichert eine interne Batterie das Absenden eines Alarms. Je nach Herstellertyp kann die implantierte Pumpe im Falle einer fehlenden anderweitigen Stromversorgung auch eine begrenzte Zeit von einer Batterie weiter betrieben werden. Das System führt eigenständig Selbsttests durch oder erlaubt solche durch manuelle Auslösung. Jeder Träger eines Kunstherzsystems erhält einen Ersatzcontroller. Dieser soll bei einem Ausfall des Hauptcontrollers einen sofortigen Steuereinheitstausch vor Ort sicherstellen. Diesen Ersatzcontroller muss der Patient jederzeit bei sich tragen. Kunstherzträger sind in das Wechseln eines Controllers eingewiesen. Regelmäßige Nachschulungen frischen die Handhabung auf.

Das Display des Controllers zeigt Pumpwerte an. Auch Informationen über die aktuelle Pumpfunktion und Kurzinformationen bei Fehler- und Alarmmeldungen sind hier ablesbar. Über die Tasten können, je nach Kunstherzsystem, Alarmmeldungen und zusätzliche Pumpeninformationen aufgerufen werden. Teilweise lassen sich Geräteselbsttests durch spezielle Tastenfunktionen auslösen, und es werden Meldungen auf dem Display zur Bedienung des Systems angegeben. Einige Kunstherzsysteme verfügen über eine sogenannte Alarm-Stumm-Taste. Bei Stummschaltung muss jedoch die Ursache des Alarms ebenfalls behoben werden.

## Akustische und optische Signalzeichen

Akustische und optische Signalzeichen zeigen häufig den Ladestatus der Akkus an und erlauben einen Rückschluss darauf, wie viel Akkukapazität noch vorhanden ist. Kommt es zu Fehlermeldungen des Controllers, ertönen Warnlaute und es blinken, je nach Dringlichkeit, Zeichen auf. In einigen Fällen gibt es Symbole, die auf eine ordnungsgemäß laufende Pumpe hinweisen.

## Anschlussbuchsen

An jedem Gerät finden sich die Verbindung der Steuereinheit mit der Driveline sowie zwei weitere Stromanschlüsse. Es kann zusätzlich noch einen Anschluss für eine Monitorverknüpfung geben. Bei einigen Systemen wird diese Verbindung jedoch über das Umstecken eines Stromanschlussteckers hergestellt.

Der Driveline-Anschluss darf *niemals* von der Steuereinheit getrennt werden. Die Folge wäre ein sofortiger Pumpenstopp der implantierten Kunstherzpumpe. Dies bedeutet akute Lebensgefahr für den Patienten. Einzige Ausnahme ist das Ausstöpseln im Notfall, etwa wenn die Steuereinheit ausgefallen ist. Alle Geräte zeigen an, wenn ein Controllertausch und somit ein Umstecken der Driveline erfolgen muss. Patienten und Angehörige erhalten eigens für diese Ausnahmesituationen spezielle Schulungen, die mehrmals wiederholt werden. Jede Steuereinheit besitzt zwei Stromanschlüsse für die Stromversorgung. Somit wird sichergestellt, dass bei Ausfall oder Defekt *einer* Anschlussbuchse oder Stromquelle die zweite die Kunstherzpumpe weiter betreibt. Der Netzstromstecker wird bei Ruhephasen, also während des Schlafes, eingesetzt. Bei längeren Autofahrten kann über ein Kabel die PKW-Batterie zur Stromversorgung genutzt werden.

Über den Monitoranschluss können Informationen zum Kunstherzsystem abgerufen werden. Ärzte und VAD-Koordinatoren steuern und konfigurieren hierüber die implantierte Pumpe. Auch Alarmsignale werden über den Monitor ausgelesen.

## Driveline

Die Driveline stellt das Verbindungskabel zwischen der implantierten Kunstherzpumpe und der Steuereinheit dar. Das Kabel muss, wie auch alle anderen Leitungen, vor Beschädigungen geschützt werden. Das Führungskabel sollte nicht verdreht, geknickt oder verbogen werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die internen Drähte beschädigt werden und es zu Funktionsstörungen der Kunstherzpumpe kommt. Die Austrittsstelle der Driveline kann als Pforte zwischen im Körper verlaufendem und außerhalb des Körpers liegendem Kabel bezeichnet werden. Sie sollte so sauber und trocken wie möglich gehalten werden. Diese Austrittspforte bleibt eine lebenslang offene Wunde, die eine dauerhafte Infektionsgefahr darstellt (siehe auch Seite 74 „Driveline-Infektionen“). In der Regel befindet sich die Driveline-Austrittsstelle auf Höhe des Bauchnabels. Da Ziehen und Reißen an der Driveline Reizungen und Entzündungen hervorrufen können, werden unterschiedliche Stabilisierungssysteme angewendet, um der Driveline zusätzlich zu dem Wundverband Halt zu geben (siehe auch Seite 76: „Fixierungsmöglichkeiten“).

## Externe Stromversorgung

Die Steuereinheit muss von zwei Stromanschlüssen versorgt werden. In Frage kommen hierfür Akkus, Netzstromkabel und Anschlusskabel für eine PKW-Batterie. Bei manchen Kunstherzsystemen besitzen die Controller eine interne Batterie, die die Pumpe über einen kurzen Zeitraum weiter betreibt, wenn andere Stromquellen ausfallen. Nicht alle Kunstherztypen besitzen eine derartige Funktion. Das Abtrennen beider Stromquellen hat bei letzteren Systemen einen sofortigen Pumpenstopp zur Folge.



Abb. 19: Controller mit zwei angeschlossenen Akkus.

Generell wird die Mobilität des Patienten durch zwei tragbare Akkus sichergestellt (Abb. 19). Je nach Herstellertyp beträgt die Akkulaufzeit im vollgeladenen Zustand sechs bis zehn Stunden pro Batterie.

Der Stromverbrauch der Akkus ist abhängig von der Aktivität eines Kunstherzträgers. Ein Kunstherzpatient kann sich mit zwei voll aufgeladenen Akkus zwölf bis zwanzig Stunden frei bewegen, ohne die Akkus austauschen zu müssen. In der Regel werden einem Kunstherzträger insgesamt vier bis sechs Akkus ausgehändigt. Jeder Akku ist mit einer Kapazitätsanzeige ausgestattet. Sie informiert den Patienten über die verbleibende Laufzeit. Die Batterien müssen vor jedem Einsatz vollständig geladen und auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden.

## Die Pflege der Akkus:

- Die Akkus sollten bei Zimmertemperatur gelagert werden.
- Jeder Akku sollte zum Einsatz kommen.
- Der Akku muss vor dem Einsatz auf Funktionstüchtigkeit und vollständige Akkuleistung überprüft werden.
- Die Batterien müssen vor Feuchtigkeit und Verschmutzungen geschützt werden.
- Um Schäden am Kunstherzsystem zu vermeiden, muss beim Wechsel der Akkus sorgsam mit diesen umgegangen werden.
- Je nach Kunstherzsystem sind die Akkus teilweise mit Kabelleitungen versehen. Diese dürfen weder geknickt noch verdreht werden.
- Nicht funktionstüchtige Akkus müssen gemäß der geltenden Bundes-, Landes- und örtlichen Regelungen entsorgt werden.
- Das Reinigen kann mit einem feuchten Tuch erfolgen.

Das Netzstromkabel versorgt die Steuereinheit über eine Wandsteckdose mit Strom. Je nach Kunstherzsystem werden die Stromkabel direkt oder über ein Stromversorgungsmodul an die Wandsteckdose angeschlossen. Es sichert dem Patienten in Ruhephasen (z.B. Schlaf)

eine zeitlich unbegrenzte Stromversorgung zu. Bei einigen Systemen muss der zweite Stromanschluss der Steuereinheit unbedingt mit einem Akku verbunden bleiben. Das PKW-Batterie-Kabel dient der Stromversorgung des Kunstherzsystems, wenn der Patient längere Autofahrten plant. Dennoch wird empfohlen, immer vollständig aufgeladene Akkus mit sich zu tragen, um im Notfall sofort die Stromversorgung umstellen zu können.

## Batterieladegerät

Mit dem Batterieladegerät werden die Akkus aufgeladen und deren Funktionstüchtigkeit überprüft. Bis zu vier Akkus können gleichzeitig in einem Ladegerät mit Energie versorgt werden. Die Dauer der vollständigen Ladezeit ist herstellerabhängig. Sie bewegen sich in einem Zeitrahmen von vier bis sechs Stunden. In der Regel zeigen Leuchtdioden den Ladestatus der Akkus an. So blinken gelbe Signale auf, wenn der Ladevorgang noch im Gange ist. Grüne Dioden zeigen den abgeschlossenen Ladevorgang an. Die Batterie ist dann vollständig geladen und kann an das Kunstherzsystem angeschlossen werden. Es sollten nur vollständig geladene Batterien an dem System verwendet werden. Jeder Kunstherzsystemhersteller hat seine Batterieladegeräte so konzipiert, dass Funktionsprüfungen durchgeführt werden können. Die Batterien werden auf Schäden und mögliche Betriebsstörungen geprüft. Ist eine Akkubatterie defekt, informiert eine Leuchtdiode über deren Untauglichkeit. Treten Probleme mit Controller, Batterien oder Ladegerät auf, sollte sich der Patient sofort an den VAD-Koordinator seines Herzzentrums wenden.

## Tragesysteme

Die unterschiedlichen Tragesysteme ermöglichen den Kunstherzträgern ein aktives Leben, sodass körperliche Betätigungen im Alltag, wie z. B. Einkaufen, Putzen oder Gartenarbeit, möglich sind. Die Systeme dienen der Sicherung und Stabilisierung von Controller und Akkus. Sie sollen die Kunstherzkomponenten sicher verstauen, sodass sie problemlos transportiert werden können. Einige Kunstherzhersteller berücksichtigen bei ihren Systemen sogar das Tragen durch Rechts- und Linksträger. Die gängigen Tragesysteme setzen sich aus Schulter-, Hüft- und Duschtasche zusammen. Alle Hersteller verweisen darauf, dass ihre Tragesysteme ausschließlich für die externen Kunstherzkomponenten verwendet werden sollten. Fremdgegenstände, wie z. B. Handys, Feuerzeuge oder Ähnliches sollten nicht mit diesen Tragesystemen transportiert werden. Andernfalls können Funktionsstörungen des Kunstherzsystems hervorgerufen werden und Schäden an einzelnen Komponenten auftreten.

### Schultertasche

Dieses Tragesystem wird wie eine herkömmliche Schultertasche (Abb. 20) quer über dem Oberkörper getragen. Der Controller und die Akkubatterien befinden sich in einem Innenfach der Tasche. Je nach Herstellertyp gibt es zusätzliche Fixierungsmöglichkeiten der Kunst-

herzkomponenten, sodass weiterer Zug an der Driveline oder ein Hin- und Herrütteln der einzelnen Komponenten vermieden werden. Reißverschlüsse oder Magnetklappen verschließen die Tasche. Viele Hersteller haben Sichtfenster in ihre Taschen integriert. Somit wird ein sofortiger Kontrollblick auf die Steuereinheit ermöglicht, wenn das System Alarm schlägt. Ein um die Hüfte umgeschnallter Gurt bringt bei einigen Kunstherzherstellern zusätzliche Sicherheit und Stabilität.



Abb. 20:  
Schultertasche

## Hüfttasche

Dieses Kunstherztragesystem wird wie eine Art Gürtel um die Hüfte getragen. Der Controller befindet sich in einer kleinen Tasche, die an dem Hüftgurt befestigt wird. Reißverschlüsse oder Magnetklappen verschließen den Gurt. Das Verstauen der Batterien lässt unterschiedliche Tragekomponenten zu. Entweder werden sie seitlich am Hüftgurt ebenfalls in kleinen Taschen befestigt oder mittels eines Schultergurtes an der rechten oder linken Brustseite transportiert. Auch hier werden je nach Kunstherzherstellertyp Sichtfenster für die Tasche des Controllers verwendet, um einen schnellen Blick auf die Steuereinheit zu ermöglichen. Bei dieser Trageoption kann ein um die Schulter angelegter Halteriem den Hüftgurt zusätzlich stabilisieren und sichern.

## Duschtasche

Die externen Komponenten eines Kunstherzsystems sind feuchtigkeitsbeständig, jedoch nicht wasserdicht. Es besteht die Gefahr, dass bei Wasserkontakt ein elektrischer Stromschlag abgesetzt wird. Nässe und Feuchtigkeit können die Funktionstüchtigkeit des VAD beeinträchtigen und die Kunstherzpumpe unter Umständen stoppen. Sobald die Driveline-Austrittsstelle verheilt ist und der betreuende Herzspezialist die Erlaubnis erteilt, ist kurzes Duschen möglich. Dabei

muss zwingend eine Duschtasche (Abb. 21) verwendet werden. Sie schützt die Steuereinheit und die Akkus vor Nässe und Feuchtigkeit. Beim Duschen müssen immer zwei Akkus verwendet werden. Keineswegs darf ein Kunstherzpatient sich beim Duschen an die Netzstromsteckdose anschließen. Die Gefahr eines Stromschlages ist zu hoch. Zum Duschen werden die externen Kunstherzkomponenten, je nach Herstellertyp, in ein Innenfach der Duschtasche eingelegt und mittels eines Reißverschlusses oder einer Zugkordel verschlossen. Die Driveline wird seitlich ausgeleitet. Teilweise sichern Klettverschlüsse das Abführen des Verbindungskabels nach unten. Somit wird ein Eindringen von Wasser über die Driveline verhindert. Das Außenmaterial der Duschtasche ist wasserabweisend, die obere Verschlussklappe sichert zusätzlich eine wasserableitende Funktion zu. Diese Tasche wird mit einem Schulterriemen getragen. Auch hier werden, je nach



Abb. 21:  
Duschtasche

Kunstherzherstellertyp, Sichtfenster für die Tasche des Controllers verwendet, um einen schnellen Blick auf die Steuereinheit zu ermöglichen. Die Austrittsstelle des Verbindungskabels sollte mittels eines Duschpflasters abgeklebt werden. Rutschfeste Gummiunterlagen in der Duschwanne werden dem Kunstherzträger empfohlen. Haltegriffe und/oder ein Duschstuhl sorgen für weitere Sicherheit. Sie sollen einen Sturz oder ein Ausrutschen des Patienten verhindern. Nach dem Duschen sollten die externen Komponenten auf einer stabilen Ablage mit einem sauberen Handtuch gut abgetrocknet und in ein Tragesystem gelegt werden. Den Verband der Driveline-Austrittsstelle sollte der Patient wie gewohnt wechseln. Die Duschtasche kann dann an der Luft getrocknet werden.

## Driveline-Infektionen

Die Träger eines Kunstherzsystems müssen viele Vorsichtsmaßnahmen beachten, um ein komplikationsarmes Leben mit künstlicher Herzunterstützung führen zu können. Wie schon erwähnt wurde, ist die sogenannte Driveline das Verbindungskabel zwischen implantierter Pumpe und der Steuereinheit. Sie stellt damit eine direkte Verbindung zwischen Körperinnerem und der Außenwelt dar. In der Regel befindet sich die Ausleitung des Kabels auf Höhe des Bauchnabels. Somit können Ober- und Unterbekleidung problemlos angezogen werden. Auch Kleider sind tragbar, sofern sie einen seitlichen Reißverschluss besitzen. Es darf nicht vergessen werden, dass die Austrittsstelle der Driveline lebenslang eine offene, chronische Wunde bleibt. Sie stellt eine dauerhafte Infektionsgefahr dar. Besteht weder eine

Rötung noch eine Schwellung und tritt kein Wundsekret aus, sind die Hautverhältnisse intakt. Dann ist ein ein- bis zweimaliger steriler, also keimfreier Verbandswechsel innerhalb einer Woche ausreichend.

Durch Unachtsamkeit und Unbedachtheit kann sich die Driveline-Austrittsstelle allerdings schnell infizieren. Kommt es zu einer Infektion an der Austrittspforte, besteht die Gefahr, dass sich diese Infektion über das Kabel im Körper bis zum Herzen ausbreitet. Somit liegt in der Nachsorge von Kunstherzpatienten ein großer Schwerpunkt auf der Wundversorgung. Ein fachgerechtes, keimfreies Arbeiten ist verpflichtend. Durch alltägliche Bewegungen, die Zug auf die Driveline bringen, wie z. B. Tätigkeiten in gebückter Haltung oder das Aufstehen aus sitzender Position, kann die Austrittspforte gereizt werden. Daher ist es von großer Wichtigkeit, das Verbindungskabel gut zu fixieren. Je geringer die Zugkraft und die Bewegung, die auf die Driveline ausgeübt wird, desto optimaler verwächst das Stromkabel im Bauchraum. Dadurch verringert sich zusätzlich die stetig drohende Infektionsgefahr.

Nicht unerwähnt sollte eine extreme Gewichtszu- oder abnahme von mehr als 20 kg Körpergewicht bleiben. Sie kann zu einem Reißen oder Lockern der an der Bauchdecke verwachsenen Driveline führen. Es können Reibungen im Bauchraum auftreten, die sich ebenfalls zu einer Infektion ausweiten können. Wird die Driveline innerhalb des Oberkörpers abgeknickt, kommt es zu einem sogenannten Kabelbruch. Dieser kann eine Störung am Kunstherzsystem hervorrufen. In einem solchen Fall muss über einen Pumpentausch oder Austausch des Verbindungskabels nachgedacht werden.

**Um Komplikationen an der Wundaustrittsstelle zu vermeiden, sollten folgende Kriterien beachtet werden:**

Nicht an dem durch die Haut herausgeführten Verbindungskabel ziehen.

Das Verbindungskabel darf nicht ungesichert herunterhängen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass es an externen Gegenständen wie Türgriffen oder Möbelstücken hängen bleibt.

Schwellungen, Rötungen oder Wundfluss um die Austrittsstelle der Driveline herum können Anzeichen einer Infektion sein. Es sollte unverzüglich ein Arzt oder die VAD-Koordination kontaktiert werden.

Antibiotikasalben sollten nicht vorsorglich verwendet werden. Diese können Gewebeverletzungen im Bereich der Austrittsstelle verursachen.

Beim Auswechseln des Verbands an der Austrittsstelle des Verbindungskabels muss auf Feuchtigkeitsansammlungen, Brüche oder Risse geachtet werden.

Befinden sich Blut oder Flüssigkeitsansammlungen im Verbindungskabel, muss sofort ein Arzt oder die Kunstherzambulanz kontaktiert werden. Es kann ansonsten zu Störungen der Pumpenfunktion kommen.

**Des Weiteren sollte beachtet werden:**

Bei einem Verbandswechsel der Driveline sollten keine Scheren oder spitze Materialien (z. B. chirurgische Pinzetten) verwendet werden. Sie können unbeabsichtigt das Stromkabel verletzen.

Eine extreme Sonneneinstrahlung kann die Außenschicht des Driveline-Kabels bleichen. Die Funktion des Stromkabels bleibt uneingeschränkt erhalten.

Es müssen die Duschhinweise beachtet werden.

Viele Kliniken sind dazu übergegangen, Anleitungskataloge zu einem sterilen, also keimfreien Verbandswechsel sowie Infektionsskalen zu erstellen. Diese werden in einem intensiven Training mit den Kunstherzpatienten und deren Angehörigen mehrfach durchgearbeitet. Ziel dieser Schulungen ist es, im häuslichen Umfeld den fachgerechten Verbandswechsel zu üben und hierbei ein größtmögliches keimfreies Arbeiten sicherzustellen. Die geschulten Angehörigen können als Kontrollinstanz mit eingebunden werden. Sie behalten die sterile Wundversorgung im Blick, unabhängig davon, ob der Patient selbst, ein Pflegedienst oder Arztpraxen den Driveline-Verband durchführen. Bei jedem Ambulanzbesuch sollte das bereits vermittelte Wissen über einen keimfreien Verbandswechsel wiederholt und vor möglichen Gefahren einer Infektion aufgeklärt werden. Kunstherzpatienten und deren Angehörige müssen beachten, dass sie sich bei Auffälligkeiten an der Driveline-Austrittspforte unverzüglich bei einem Arzt oder einem VAD-Koordinator melden sollten. Nur so können beginnende Infektionen frühzeitig und effektiv behandelt werden.

Erst wenn die VAD-Koordinatoren sicherstellen können, dass der Patient und seine Angehörigen die Techniken des keimfreien Arbeitens beherrschen, werden die Kunstherzpatienten in eine Anschlussheilbehandlung in einer Rehabilitationsklinik entlassen.

Bei Verlegung erhalten die Patienten den eingangs erwähnten Anleitungskatalog, in dem die einzelnen Arbeitsschritte für einen sterilen Verbandswechsel aufgezeigt werden. In diesem Katalog finden Patienten Fotos mit einer kurzen Erläuterung zu den jeweiligen Arbeitsabschnitten. Zusätzlich bekommt der Patient eine Infektionsskala mit an die Hand, mit dem er beginnende und fortgeschrittene Infektionen leichter erkennen kann. Diese Infektionsskala ist auf einem Blatt zusammengefasst worden. In Ampelfarben werden die einzelnen Entzündungsgrade kurz erläutert und zu ergreifende Maßnahmen aufgezeigt. Die Ausarbeitung ist mit Fotos bebildert (Abb. 23). Patienten geben die Rückmeldung, dass sowohl der Anleitungskatalog zum keimfreien Verbandswechsel als auch die Infektionsskala sehr hilfreich sind. Es werden wichtige Details in Erinnerung gerufen und Erstmaßnahmen bei beginnenden und fortschreitenden Infektionen an die Hand gegeben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die intensiven Schulungen und ihre Wiederholungen zu einem Rückgang der Infektionsraten geführt haben. Die Patienten fühlen sich bedeutend sicherer im Umgang mit der Wundversorgung. Sie bleiben handlungsfähig und fühlen sich in ihrer Ressourcenkompetenz bestärkt. Diese hohe Eigenverantwortlichkeit schult den Blick des Patienten auf das gesamte Kunstherzsystem. Sie gehen sehr sorgsam und wachsam mit den Kunstherzkomponenten sowie der Wundversorgung des Verbindungskabels um.

## Fixierungsmöglichkeiten

Zuzüglich des Fixierungspflasters auf der Wundaustrittsstelle wird die Driveline mit einer weiteren Sicherheitsfixierung befestigt. Sie soll dem Verbindungskabel zusätzlichen Halt und Sicherheit geben. Wie bereits erwähnt, muss ein unbeabsichtigtes Ziehen sowie Reizungen durch Bewegungen an dem Kabel zwingend vermieden werden. Es stehen hierbei verschiedene Zugentlastungen zur Verfügung. In Abb. 22 (links) fügt sich die Basisplatte durch die Körperwärme des Patienten eng an der Bauchdecke an und bietet damit einen breiten Haftschutz. Zudem wird die Haut um die Wunde durch die spezielle Hydrokolloidaufgabe geschützt und gepflegt. Dieses Produkt kann bis zu sieben Tage auf der Haut belassen werden. Abb. 22 (rechts) zeigt eine weitere Möglichkeit zur Fixierung der Driveline mittels einer Silikonschlaufe. Auch hier findet sich ein guter Haftschutz durch eine flügelartige Beklebung. Die Silikonschlaufe ist extrem reizfest. Sie kann im Idealfall bis zu 3 Wochen auf der Haut belassen werden.

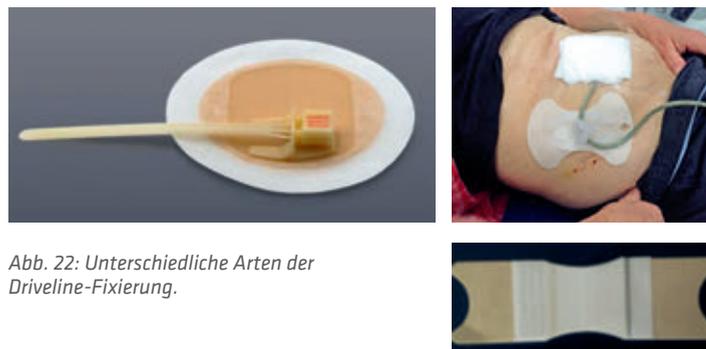


Abb. 22: Unterschiedliche Arten der Driveline-Fixierung.

## Driveline-Infektionen – Einteilung in Schweregrade



### UNAUFFÄLLIGE WUNDE



#### Wunde trocken

Desinfektion mit Octenisept

Driveline muss beim Verbinden trocken sein

Umlegen der Driveline mit einem Polyhexanid-Ring

Verbandswechsel: 2/Woche



### LEICHTE INFEKTION



#### Wunde nässend und gerötet

Abstrich

Desinfektion mit Octenisept

Verwendung von Cutimed Sorbact

Verbandswechsel:  
täglich, je nach Sekretion:  
1-2-täglich



### MITTLERE INFEKTION



#### Wunde gerötet, Sekretfluss, eitrige Beläge, Wundhöhle, atemabhängige Driveline

Abstrich

Desinfektion mit Octenisept

Spülung der Wundhöhle mit NaCl 0,9 %

Verwendung von Cutimed Sorbact

Antibiose nach Arztrücksprache

Verbandswechsel: täglich



### SCHWERE INFEKTION



#### Wunde und Wundumgebung gerötet, Sekretfluss, eitrige Beläge, tiefe Wundhöhle, atemabhängige Driveline, Vulneration

Abstrich

Desinfektion mit Octenisept

Spülung der Wundhöhle mit NaCl 0,9 %

Verwendung von Cutimed Sorbact

Antibiose nach Arztrücksprache

Verbandswechsel: täglich

ggf. chirurgische Intervention (VAC-Therapie, Verlegung Driveline)

Abb. 23: Einteilung der Driveline-Infektionen

Das Driveline-Kabel wird in eine größenverstellbare Bindung eingelegt und fixiert. Damit wird ein Hin- und Herschwenken des Stromkabels an der Austrittspforte verhindert. Auch das unmittelbar im Bauchraum befindliche Kabel wird so stabilisiert. Eine weitere Befestigungsmöglichkeit ist ein Fixierungspflaster, welches die Driveline über einen Klettverschluss fixiert. Mittels einer Mullkompressen, die mit einer Art Lasche versehen und zum Zugband ummodelliert wird, ist es hierbei möglich, die Driveline sicher zu fixieren.

---

#### **Sarah Bucsky (Co-Autor)**

ist VAD-Koordinatorin und arbeitet in der Ambulanz der Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein auf dem Campus Lübeck.

#### **Sonja Lindner**

ist ebenfalls VAD-Koordinatorin in der Ambulanz der Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein auf dem Campus Lübeck.

---

# Leben und Alltag mit einer Herzunterstützungspumpe

Der Alltag eines Patienten sollte nicht von seinem LVAD bestimmt werden. Ziel ist es, möglichst unbeschwert zu leben. Dennoch bestehen durch ein Herzunterstützungssystem Einschränkungen und Verpflichtungen. Da der Controller durch Wasser Schaden nehmen kann, ist Schwimmen nicht möglich. Duschen sollte der Patient zum Schutz der Steuereinheit nur mit einer speziellen Duschtasche. Aktivitäten, die mit einem erhöhten Risiko für ein Trauma einhergehen, müssen vermieden werden. Darunter fallen Kontaktsportarten, Skifahren, Klettern und Skaten. Weiterhin müssen regelmäßig Blutdruck und Gerinnungswerte gemessen werden. Bei Verlassen des Hauses muss der Patient darauf achten, dass immer genügend Ersatzbatterien und der Reservecontroller im Gepäck sind.



Als Ingenieur und Hobbyfotograf unternimmt der Brite Chris Marshall oft lange Autofahrten. Die Batterien des LVAD lädt er dabei über den Zigarettenanzünder auf.

## Autofahren

Eine offizielle Regelung für das Autofahren nach einer LVAD-Implantation existiert nicht. Daher werden Empfehlungen herangezogen, die bei Patienten mit Defibrillatoren zum Einsatz kommen. Hier wird von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie empfohlen, nach einer Implantation eine Pause von einem halben Jahr einzuhalten. Falls in diesen sechs Monaten keine Herzrhythmusstörungen, Synkopen (Kreislaufkollaps) oder Beschwerden wie Schwindel oder Verwirrtheit auftreten, die die Fahrtüchtigkeit einschränken, kann der Patient wieder Auto fahren. Allerdings ist zurzeit noch unklar, wie eine gerichtliche Entscheidung im Falle eines Verkehrsunfalls aussehen würde.



## Reisen

Vor Antritt einer Reise sollte der Patient über sein betreuendes Herzzentrum Informationen über ein geeignetes Krankenhaus am Urlaubsort bzw. im jeweiligen Reiseland einholen. Von der Deutschen Lufthansa wird empfohlen, eine Flugreise 48 Stunden vor Antritt des Fluges beim Medizinischen Dienst anzumelden. Es empfiehlt sich, bei Auslandsreisen einen Arztbrief mit Diagnosen und Therapieplan in englischer Sprache bei sich zu führen. Bei langen Autoreisen kann die Stromzufuhr bei einigen Pumpen über den Stromanschluss des Zigarettenanzünders erfolgen, wodurch lange Strecken ohne Akkubetrieb überwunden werden können.

## Zahnarzt

Bei Zahnbehandlungen sollte einer Entzündung der Herzinnenhaut (Endokarditis) vorgebeugt werden, indem prophylaktisch eine Stunde vor der Behandlung das Medikament Amoxicillin (2g) eingenommen wird. Falls Zähne entfernt werden müssen, wird empfohlen, diesen Eingriff stationär, also im Rahmen eines Krankenhausaufenthaltes, durchzuführen, da es durch die medikamentöse Hemmung der Blutgerinnung zu schweren Nachblutungen kommen kann. Zusätzlich sollte auf eine regelmäßige Mundhygiene geachtet werden, um eine Bakteriämie, also das Eintreten von Bakterien in die Blutbahn, zu vermeiden.

## Beruf

Die Wiederaufnahme des früheren Berufes ist prinzipiell möglich und auch gewünscht. Dennoch können nicht alle Berufe wieder ausgeübt werden. So sollten Berufe in heißer oder sehr kalter Umgebung vermieden werden, da Wärme und Kälte die Laufleistung der Batterien verändert. Aber auch Berufe mit starkem Körperkontakt oder mit der Gefahr, dass der Controller nass oder geschädigt wird, sollten nicht ausgeübt werden. Zu nennen sind etwa der Stahlbau oder Arbeiten in der Höhe.

## Ernährung

Häufig kommt es bei Patienten nach einer LVAD-Implantation zu einer starken Gewichtszunahme. Dies ist auf den wiedererlangten Appetit zurückzuführen. Eine starke Gewichtszunahme im Bereich des Bauches kann Probleme an der Driveline-Austrittsstelle hervorrufen. Daher soll-



te der Patient auf eine ausgewogene und gesunde Ernährung achten. Das Körpergewicht sollte täglich kontrolliert werden. Nur so ist es möglich, Wassereinlagerungen frühzeitig zu erkennen, die Zeichen einer Herzschwäche des rechten Herzens sein können. Zusätzlich sollte bei der Ernährung beachtet werden, dass Lebensmittel mit einem hohen Anteil an Vitamin K Veränderungen in der Blutgerinnung hervorrufen können. In der Tabelle 1 sind Lebensmittel und deren Vitamin K-Gehalt aufgeführt. Rauchen führt zu einer Verengung der Gefäße und damit zu einer Verschlechterung der Durchblutung und sollte daher unterlassen werden. Der Konsum von Alkohol kann die Wirkung von Medikamenten beeinflussen. Zudem wirkt er harntreibend und kann so einen Flüssigkeitsverlust hervorrufen. Bei sehr starkem Alkoholgenuss können zudem geistige Fähigkeiten eingeschränkt werden, was bei der Bedienung des LVAD lebensgefährlich werden kann.

Tab. 1:

## Vitamin K in Lebensmitteln (pro 100 g essbarem Anteil)

600 – 1000 µg	Grünkohl	817	20 – 50 µg	Lauch	47	1 – 10 µg	Sauerkraut	7,7	unter 1 µg	Zwiebel	0,70
200 – 600 µg	Spinat	305		Schnittbohnen	47		Kohlrabi	7,0		Aubergine	0,50
	Broccoli (gekocht)	270		Sellerie (Knolle)	41		Tomate	5,6		Rettich	0,34
	Rosenkohl	236		Spargel	39		Zuckermais	3,0		Apfelmus	0,60
	Fenchel (Blatt)	240		Bleichsellerie	29		Kartoffel	2,1		Traubensaft	0,40
	Portulak	381		Rotkohl	25		Weißer Rübe	2,0		Zuckermelone	0,52
	Schnittlauch	380		Kiwi	33		Pastinake	1,0		Ananas (frisch)	0,10
	Brunnenkresse	250		Johannisbeere (schw.)	30		Pflaume	8,3		Wassermelone	0,20
	Kichererbse (trocken)	264		Cashewnuss	26		Erdbeere	5,0		Zitrone	0,20
	Sojamehl (vollfett)	200		Sojabohne (trocken)	39		Birne	4,9		Apfelsaft	0,10
	Traubenkernöl	280		Erbse (grün)	29		Apfel	3,7		Kuhmilch (3,5 % Fett)	0,50
100 – 200 µg	Broccoli (roh)	155		Mais (ganzes Korn)	40		Apfelsine	3,8		Joghurt (3,5 % Fett)	0,34
	Kopfsalat	109		Weizenmehl (Typ 1700)	30		Aprikose	3,3		Hüttenkäse	0,40
	Mungbohne (trocken)	170		Honig	25		Pfirsich	2,3		Auster	0,10
	Linse (trocken)	123		Olivenöl	33		Kirsche (süß)	1,5		Erdnussöl	0,70
	Weizenkeime	131		Maiskeimöl	31		Haselnuss	9,0			
	Rapsöl	150	10 – 20 µg	Möhre	15		Walnuss	2,0			
	Sojaöl	138		Gurke	13		Emmentalerkäse	2,6			
	Kürbiskernöl	112		Zucchini	11		Hühneri (gesamt)	8,9			
50 – 100 µg	Chinakohl	80		Paprika	11		Leinsamen	5,0			
	Weißkohl	66		Avocado	19		Sesamsamen	2,0			
	Blumenkohl	57		Champignon	14		Makrele	7,1			
	Erbse (trocken)	81		Weintraube	15		Weizenvollkornbrot	3,4			
	Pistazie	60		Johannisbeere (rot)	11		Roggenbrot	3,0			
	Rinderleber	75		Himbeere	10		Weißbrot	1,9			
	Schweineleber	56		Pekannuss	10		Sonnenblumenöl	9,4			
	Weizenkleie	83		Rindfleisch	13		Butter	7,0			
	Haferflocken	63		Schweinefleisch	18		Palmöl	8,0			
				Kakaobutter	15						
				Sesamöl	10						
				Distelöl	11						
				Kokosfett	10						



## Sport

Körperliche Aktivität und Sport sind für Menschen, die mit einem LVAD-System versorgt sind, wichtig. Leider sind diese Patienten im Alltag oft in ihrer körperlichen Aktivität eingeschränkt. Daher kommt es häufig zum Abbau der Muskeln und damit zur weiteren Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit. Das LVAD unterstützt das Herz so, dass alltägliche und leichte sportliche Ausdauerbelastungen möglich sind. Der Patient sollte täglich Wege zu Fuß erledigen. Auch regelmäßiges Treppensteigen hilft, die Kraft der Beinmuskeln zu erhalten. Gezieltes körperliches Ausdauertraining, z.B. Radfahren oder Ergometertraining, ist oftmals besonders gut geeignet. Jeden zweiten bis dritten Tag sollte sich der Patient, je nach persönlichem Gesundheits- und Fitnesszustand, 15 bis 60 Minuten ausdauernd belasten. Hierbei sollte der Patient am besten eine leichte Anstrengung wählen, die über die Trainingsdauer gut durchzuhalten ist und die ihn nicht ermüdet. Wichtig für den gesundheitlichen Erfolg ist die Regelmäßigkeit körperlicher Betätigung.

## Sexualleben

Solange die Wundheilung noch nicht abgeschlossen ist, sollte auf sexuelle Aktivitäten direkt nach der Implantation verzichtet werden. Im Verlauf allerdings ist ein normales Sexualleben möglich. Von einer Schwangerschaft ist aufgrund der einzunehmenden Blutverdünnungsmedikamente (Antikoagulation) wie Marcumar oder Falithrom jedoch abzuraten.

## Kostenübernahme

Die gesetzlichen Krankenkassen finanzieren die Fahrtkosten für medizinisch notwendige Fahrten, die im Rahmen einer stationären, vor- oder nachstationären Krankenhausbehandlung nötig sind. Die Fahrtkosten zu einer ambulanten Behandlung werden nur nach vorheriger Genehmigung in bestimmten Fällen übernommen. Voraussetzung für die Kostenübernahme ist das Vorhandensein einer Pflegestufe II oder III oder für Schwerbehinderte die Merkzeichen aG, Bl oder H. Einige wenige Krankenkassen finanzieren bei ausreichender Begründung der Notwendigkeit die Fahrten zu Kontrollterminen für VAD-Patienten. Der Großteil der Krankenkassen schließt aber eine Fahrtkostenübernahme aufgrund des zu kurzen Kontrollabstandes aus. Patienten, die Leistungen nach dem SGB II (Hartz IV) beziehen, können einen Antrag auf laufenden, unabweisbaren und nicht nur einmaligen Mehrbedarf (nach § 21 Abs. 6 SGB II) beim Jobcenter stellen. Diesem Antrag wird im Regelfall stattgegeben.

## Hilfs- und Verbandsmittel

Hat der Patient ein Schulungszertifikat erworben, mit dem er Kenntnisse des Selbstmanagements der Blutgerinnungseinstellung nachweist, bekommt er ein Gerinnungsmessgerät bereitgestellt. Die Verordnung und Finanzierung von Verbands- und Hilfsmitteln für den Verbandswechsel hängen von der Verschreibungsfähigkeit ab. Beim VAD-Verbandswechsel werden sowohl verschreibungsfähige als auch frei erhältliche Materialien benutzt. Die Krankenkassen erstatten dementsprechend alle, nur Teile oder gar keine Materialien zur Wundversorgung. Es kann aber bei der zuständigen Krankenkasse ein Antrag auf Einzelfallentscheidung zur Kostenübernahme aller notwendigen Materialien gestellt werden.



## Schwerbehinderteneigenschaft (§§ 68 ff SGB IX)

Laut Gesetz (§ 2 SGB IX) ist ein Mensch dann behindert, wenn eine mit hoher Wahrscheinlichkeit länger als sechs Monate andauernde, von dem für das Lebensalter typischen Zustand abweichende körperliche, geistige oder seelische Funktionsstörung vorliegt. Durch die Implantation eines herzunterstützenden Systems hat der Patient demnach einen Anspruch darauf, dass eine Schwerbehinderung festgestellt wird. Wurde der Status als Schwerbehinderter in der Vergangenheit bereits anerkannt, kann ein Änderungsantrag gestellt werden. Die Gutachter ziehen dabei für ihre Bewertung die versorgungsmedizinischen Richtlinien heran. Hierbei werden die Leistungseinschränkungen berücksichtigt, die sich aus der Funktionsstörung ergeben. Neben dem Grad der Behinderung, welcher zwischen 20 und 100 variieren kann, können Merkzeichen beantragt und damit weitere Nachteilsausgleiche in Anspruch genommen werden. Leider gibt es durch die relativ neuen Therapien mit VAD und die unterschiedlichen Systeme noch keine einheitlichen Standards in der Feststellung der Schwerbehinderteneigenschaft, wie es beispielsweise für Patienten nach einer Organtransplantation der Fall ist. Die Entscheidungen der einzelnen Ämter in den Landkreisen und kreisfreien Städten fallen daher unterschiedlich aus.

## Leistungen der Pflegeversicherung

VAD-Patienten erhalten nicht generell aufgrund ihres Herzunterstützungssystems Leistungen der Pflegeversicherung (SGB XI). Vielmehr kommt es auf die Leistungseinschränkungen im Gesamtbild der Erkrankung und dem daraus folgenden Hilfebedarf an. Das VAD ist dabei aber als pflegeerschwerende Diagnose zu beachten.

## Zuzahlungsbefreiung

Durch die Inanspruchnahme von Leistungen aus der gesetzlichen Krankenversicherung entstehen für Patienten Zuzahlungen, welche im § 61 SGB V festgeschrieben sind. Hierzu zählen Zuzahlungen bei Krankenhausbehandlung, häuslicher Krankenpflege, Arznei- und Verbandsmitteln sowie bei Hilfsmitteln. Durch die Implantation einer mechanischen Kreislaufunterstützung entstehen für den Patienten in größerem Umfang Folgekosten für die medizinische Versorgung. Daher sollten die LVAD-Patienten zur Beantragung einer Zuzahlungsbefreiung beraten werden. Im Rahmen einer solchen Befreiung leisten die Versicherten die Zuzahlungen bis zur Höhe ihrer Belastungsgrenze selbst und werden dann von den weiteren anfallenden Kosten im Kalenderjahr befreit. Die Belastungsgrenze beträgt zwei Prozent des jährlichen Bruttoeinkommens. Für chronisch Kranke mit entsprechendem Nachweis liegt sie bei einem Prozent.

Durch die Abhängigkeit von regelmäßig geladenen Akkus und einer Stromzufuhr in der Nacht erhöht sich der Strombedarf im Haushalt. Diese Mehrmenge an Stromkosten kann durch eine Pauschale von den Krankenkassen ausgeglichen werden. Entsprechende Berechnungsgrundlagen des Stromverbrauchs des Kunstherzens können über die betreuende Ambulanz von den Geräteherstellern bezogen werden.

---

### PD Dr. med. Anna L. Meyer

arbeitet als Herzchirurgin in der Klinik für Herzchirurgie der Universität Leipzig. Ihr Fachgebiet sind linksventrikuläre Herzunterstützungssysteme (LVADs).

---

# Psychosoziale Situation von VAD-Patienten

## Psychische Aspekte im Vorfeld einer VAD-Implantation

Die Implantation eines VAD bedeutet sowohl für den Patienten als auch seine Angehörigen nicht nur eine körperliche, sondern auch eine große seelische Herausforderung. Oftmals geht der Implantation eine lange Krankenphase voraus, oft mit anderen Herzoperationen, Kathetereingriffen oder ICD-Implantationen. Unter diesen Bedingungen entwickeln viele Patienten bereits vor der Operation im Rahmen ihrer langen Erkrankung psychische Reaktionen wie Depressionen oder Angststörungen. Die Erfahrung, schwer krank zu sein – oft schon nah am Tod – sowie in der Leistungsfähigkeit eingeschränkt und inaktiver als gewollt zu sein, hinterlässt auch in der Psyche Spuren.



Die Entscheidung, nun noch eine „Maschine ans Herz“ zu lassen, fällt den wenigsten Patienten leicht. Im Idealfall sollte eine Implantation nach ausführlicher ärztlicher Aufklärung sorgfältig abgewogen werden. Dabei kann es hilfreich sein, eventuell mit anderen Patienten zu sprechen, die bereits ein VAD tragen. Oder aber der VAD-Koordinator stellt dem Patienten die Pumpe und ihre Funktion vor. All diese Hilfsangebote können die Angst vor dem System zumindest schmälern. Allerdings wird das tatsächliche Erleben mit VAD immer ein anderes sein, als es sich anzusehen oder darüber zu sprechen. Vor der Implantation des VAD sollte der Patient ausführlich psychologisch beraten werden. In diesem Gespräch geht es nicht darum, festzustellen, ob jemand zu „verrückt“ für die Operation ist. Wichtig ist es stattdessen, gemeinsam herauszufinden, inwiefern eigene Bewältigungsstrategien auch bei der Herausforderung „VAD-Operation“ greifen

werden. Es wird dabei auch festgestellt, welche Unterstützung noch gebraucht wird oder ob eventuell eine psychotherapeutische Mitversorgung organisiert werden sollte, um möglichen psychischen Komplikationen vorzubeugen. Hilfreich ist unbedingt, sich Genesungsziele für eine Zukunft mit dem VAD zu setzen und sie Schritt für Schritt zu erarbeiten. Wer weiß, was er mit dem System zu erleben wünscht, kann es leichter annehmen. Die Ziele können dabei so individuell wie die Menschen sein. Einige Patienten wünschen sich mehr Kontakt zu geliebten Menschen, andere stellen sich Urlaube und Reisen vor. Die nächsten wollen sich Arbeit und Hobbys widmen, andere sich persönlich weiterentwickeln.

Ein Sonderfall bedeutet die Notfallimplantation eines VAD. Hierbei konnte sich der Patient nicht selbst für das System entscheiden, sondern andere haben für ihn im Sinne einer Lebensrettung entschieden. Ein erster Schrecken und große Unsicherheiten sind nach einer solchen Implantation ganz normal. Sie sind wahrscheinlich auch eine angemessene Reaktion auf eine solche außergewöhnliche Situation. Hier ist es wichtig, dass das geschulte Personal, also Pfleger, Ärzte und VAD-Koordinatoren, so lange ein großes Maß an äußerer Sicherheit vermittelt, bis im Patienten eine innere Sicherheit gewachsen ist und sich Körper, Geist und Seele an die neue Situation gewöhnt haben. Insgesamt ist es hilfreich, im Nachgang eine ganz persönliche Entscheidung für sich selbst zu treffen und zu bewerten, wie das System zum eigenen Leben passt.

## Psychische Aspekte nach VAD-Implantation

Ob als Notfall oder nicht: In der stationären Zeit nach der Implantation konzentrieren sich Patienten und das behandelnde Team zunächst auf die körperliche Genesung und das reibungslose Funktionieren des VAD. Einige Patienten berichten in dieser Zeit von einer Angst vor der Technik, von einer neuen Abhängigkeit von einer funktionierenden Maschine am Herzen und von einem Gefühl der Fremdbestimmung. Aufgrund der Tatsache, nun eine elektromagnetische Pumpe zu brauchen, beschreiben sich manche Patienten als „Roboter“ oder „Maschinenmensch“. Manche erleben ihr Herz als eingeeengt oder emotional belastet. Das Herz wird von diesen Patienten als psychosomatisches Organ betrachtet und sie wünschen, sich auch emotional an das VAD anzupassen. Sie sehen es zusätzlich zur Pumpfunktion als Motor ihres Lebens, eventuell als Sitz der Gefühle, der Liebe oder auch der erlebten Last. Als besonders hilfreich hat sich für diese Patienten gezeigt, eine emotionale Bindung zu ihrem VAD aufzubauen und diese auch ernst zu nehmen. Manche geben der Pumpe einen eigenen Namen oder lassen diesen von Partner, Kindern oder Enkeln aussuchen. Damit wird das VAD als individueller und persönlicher Teil des Patienten erlebt.

Zusätzlich hilft die Sprachwahl, nun einen „Unterstützer“, „Helfer“, „Kumpel“ oder „Diener“ am Herzen zu haben, der das Herz entlastet und bei der Arbeit unterstützt. Diese Vorstellungen scheinen günstiger für diese Patienten zu sein als von „dem Ding“, „der Pumpe“, „der

Maschine“ zu sprechen. Solche Benennungen stehen für die Einstellung und die Haltung gegenüber dem VAD. Wenn das System innerlich angenommen werden kann und wenn ein Patient Ja sagt zur Hilfsbedürftigkeit seines Herzens, wird er das VAD auch weniger feindselig oder skeptisch betrachten und die neue Lebenssituation leichter annehmen. Diese Haltung muss jedoch in sich selbst wachsen. Es nützt wenig, sich selbst zu einer unehrlichen Einstellung zu zwingen.

**Für die meisten Patienten ist es wichtig, sich ziemlich früh in die Handhabung des VAD-Systems einweisen zu lassen, um zunehmendes Vertrauen in das Handling des Batterietausches, des Tragens der Pumpe mit der Tasche und in einen möglichen Tausch der Steuereinheit zu entwickeln. Dies dient nicht nur dazu, sich an die neue Handhabung zu gewöhnen, sondern auch Vertrauen in sich selbst und den Umgang mit der neuen Technologie aufzubauen. Der Patient wird auf diese Weise „Experte“ für sein VAD, was langfristig zum Abbau von Ängsten, einer besseren Lebensqualität und effektiverer Kontrolle führt.**

Einige Patienten fühlen sich zunächst irritiert darüber, mit dem VAD den eigenen Pulsschlag wenig oder gar nicht zu spüren. Das ist zu tiefst verständlich. Der Pulsschlag der Mutter ist das erste, was wir alle als Baby im Mutterleib hören. Er wird auf diese Weise in unserem Gedächtnis unbewusst mit Sicherheit und Vertrauen verknüpft. Auch der eigene Pulsschlag, sogar wenn er mit Rhythmusstörungen einhergehen sollte, gibt uns Rückmeldungen über unsere eigene Herzaktivität. Daneben gibt es immer wieder Phasen, in denen wir unser

Herz nicht wahrnehmen, und es dennoch automatisch weiterarbeitet. Ausgelöst durch das VAD wird nun plötzlich diese Rückmeldung des Pulsschlags nur eingeschränkt wahrnehmbar. Die gute Nachricht ist aber: Unser Gehirn gewöhnt sich meistens an veränderte Rückmeldebedingungen in unserem Körper und nimmt irgendwann auch den nur begrenzt spürbaren Puls als ungefährlich und normal an.

Patienten, die zusätzlich an einer neurologischen Erkrankung leiden und dadurch Einschränkungen im Denken (kognitive Defizite) bei sich bemerken, haben im Erlernen des neuen Alltags eine doppelte Hürde zu meistern. So können Wahrnehmungsstörungen, Gedächtnisstörungen oder Sprachstörungen die Rückkehr in den gewohnten Alltag mit der zusätzlichen neuen Herausforderung VAD stark beeinflussen. Eine Behandlung dieser Defizite durch eine neuropsychologische Therapie im implantierenden Krankenhaus oder in der neurologischen Rehabilitationsklinik ist wichtig und hilfreich, um Selbständigkeit und Kontrolle zurück zu erlangen. Externe Hilfen, Kompensations- oder Strategietraining können je nach Krankheitsbild angepasst werden. Im Umgang mit den alltäglichen Herausforderungen wachsen die Angehörigen oft in die Rolle des Co-Therapeuten hinein. Deshalb ist es wichtig, angemessene Eigenübungen und Unterstützungsansätze gemeinsam zu besprechen. Es sollte festgelegt werden, welche Aufgaben Angehörige hilfreich übernehmen und in welchen Bereichen sie die Selbständigkeit des Patienten fördern sollten.

## Psychische Aspekte zur Entlassung mit VAD

Die Entlassung nach Hause wird von den meisten Patienten als aufregend, manchmal angstausslösend beschrieben. Die Sorge, nun alleine ohne das Krankenhauspersonal für das VAD zuständig zu sein und sich selbst zu Hause mit der Maschine zu erleben, muss emotional verarbeitet werden. Eine Rund-um-die-Uhr-Telefonsicherheit bietet in der Regel einen ausreichenden Schutz, sodass die Freude auf zu Hause meist im Vordergrund steht. In der Regel berichten die Patienten in der ersten Zeit davon, dass es ihnen deutlich besser geht als in der Zeit vor der Implantation. Sie sind mobiler und verspüren seltener Luftnot, sodass sie nun wieder Aktivitäten in Angriff nehmen können, die teilweise monatelang nicht möglich waren. Hierzu zählt auch eine erfüllende Sexualität. Die meisten Patienten berichten dank des verbesserten Gesundheitszustands von einer guten Lebensqualität. Dazu zählt, dass sie beweglicher sind, ausreichende Möglichkeiten haben, an gesellschaftlichen Ereignissen teilzunehmen und auch in Familie, Beruf und Freizeit diverse Rollen auszufüllen. Die Patienten beschreiben diese „neue Normalität“ als durchaus zufriedenstellend.



„Wo viel Gefühl ist, da ist auch viel Leid.“

(Leonardo da Vinci)

## Psychische Störungen bei VAD-Patienten

Dennoch gibt es auch eine Anzahl von Patienten, die mit dem System psychisch leiden. Oft ist dies geknüpft an Komplikationen, die mit dem VAD entstehen. Blutungen, Entzündungen und neurologische Komplikationen wie Hirnblutungen oder Schlaganfälle können je nach Häufigkeit und Schwere auch seelische Störungen nach sich ziehen. Die meisten Patienten reagieren hierauf mit depressiven Verstimmungen. Die Hauptsymptome einer Depression sind ständig gedrückte Stimmung und Niedergeschlagenheit, Interessenverlust, Freudlosigkeit und Antriebsarmut. Häufige Zusatzsymptome sind eine verminderte Konzentrationsfähigkeit, ein gesunkenes Selbstwertgefühl, eine pessimistische Zukunftssicht, Schuldgefühle, Unruhe, Schlafstörungen und lebensmüde Gedanken. Wer anhaltend unter allen oder einigen dieser Symptomen leidet, sollte sich umgehend fachliche Hilfe suchen. In der Regel können die Implantationszentren in einer solchen Situation eine wirkungsvolle Behandlung vermitteln.

„Entgegen einer weitverbreiteten Ansicht sind ängstliche Patienten sehr mutig.“

*(G. Schmid-Ott)*

Manche Patienten berichten von zunehmenden Ängsten. Der Übergang von der guten Schutzfunktion einer normalen Angst hin zur qualvollen Angststörung ist oft fließend. Atemnot, Schwindel, Herzrasen, Zittern, Schweißausbrüche, Brustenge, Kribbeln, Todes- oder Kontrollverlustängste sind sowohl Symptome der Angst als auch mancher Herzerkrankung. Hier zu unterscheiden, fällt vielen Patienten schwer. Wer sich anhaltend unruhig, innerlich erregt, voller Angst und Unsicherheit erlebt, nicht mehr alleine sein kann, die vertraute Umgebung nicht mehr verlassen mag und eine hohe körperliche und seelische Anspannung bei sich erlebt, sollte sich zur Abklärung fachliche Hilfe suchen. Auch Befürchtungen, das Haus zu verlassen, Geschäfte zu betreten oder in großen Menschenmengen zu sein, können Überhand nehmen und bedürfen der fachlichen Abklärung. Auch hier können in der Regel die Implantationszentren eine effektive Behandlungsmöglichkeit vermitteln.

Manche Patienten beschreiben im Laufe der Zeit eine innere Unzufriedenheit mit dem Leben mit einem VAD. Sie spüren die Last der Abhängigkeit sowohl vom Herzunterstützungssystem als auch von ihren Angehörigen und vom Implantationszentrum. Sie fühlen sich gestört durch die Tasche, die Batterien, die elektrische Zuleitung (Driveline) und die täglichen INR-Messungen der Gerinnungswerte. Hier drückt sich oft der sehr verständliche Wunsch nach Unabhängigkeit, Freiheit und Selbstbestimmung aus. Zusätzlich entsteht der Wunsch, auch mal seine Herzkrankheit „vergessen“ zu können, nicht daran zu denken oder sie nicht zu beachten. Auf der anderen Seite muss jedoch die Sicherheit der Tasche immer gewährleistet sein. Es wäre schlimm, wenn der Patient sie tatsächlich vergessen würde, wenn sie etwa herunterfallen, hängen oder stecken bliebe. Hier empfiehlt es sich, in ausführlichen Gesprächen Möglichkeiten zu entdecken, in denen der Patient sich mit dem System freier fühlen kann. Die Grenzen des Lebens mit einem VAD werden dadurch deutlicher. Viele Aktivitäten sind trotz der Unterstützung durch das VAD nicht mehr in dem Umfang möglich wie zu Zeiten der völligen Herzgesundheit. Nach der anfänglichen Erleichterung empfinden manche Patienten nun die Einschränkungen als verschlossene Türen. Als erstes erscheint es wichtig, diese Trauer bei sich wahrzunehmen und zuzulassen sowie sie später dann auch auszusprechen. Denn nur wenn verschlossene Türen betrauert werden, können sich neue öffnen. Erst dann besteht die Möglichkeit, individuelle Lösungen zu finden. Manchmal hilft den Patienten ein schlichter Wechsel auf eine andere Tragemöglichkeit des VAD. Manchmal gilt es, mit dem VAD etwas ganz Neues auszuprobieren, etwa ein neues Hobby, einen neuen Urlaubsort, eine neue Bekanntschaft oder einen neuen Sport. Hilfreich erscheint in diesem Zusammenhang auch der Kontakt zu einer VAD-Selbsthilfegruppe.

## Warten auf ein Spenderorgan mit VAD

Falls VAD-Patienten sich auf der Transplantationsliste befinden, gilt es zusätzliche Dinge zu beachten. Die am häufigsten genannte Belastung ist die Ungewissheit, wann eine Transplantation erfolgt. Die andauernde innere Anspannung, dass theoretisch die Transplantation jederzeit erfolgen kann, und auf der anderen Seite die immer länger werdende Wartezeit lösen unter Umständen einen psychischen Dauerstress aus. Kommen zu dieser Situation noch Luftnot oder Schmerzen hinzu, verschärft sich die Erfahrung, nur eingeschränkt leistungsfähig zu sein. Mit dem Verlust der Belastungsfähigkeit kann ein Verlust der eigenen Selbstbestimmung und Kontrolle einhergehen. Dies kann dazu führen, dass das Selbstwertgefühl einbricht. Vor allem sehr selbstbestimmte Menschen empfinden das Gefangensein in einem immer schwächer werdenden Körper als massive Bedrohung ihrer gesamten Identität. Patienten berichten zudem von der besonderen Spannung, einerseits auf ein langes Funktionieren ihres VAD zu hoffen, andererseits aber zu wissen, dass eine mögliche Komplikation oder eine Fehlfunktion des VAD-Systems dazu führen kann, schneller transplantiert zu werden. Darüber hinaus berichten Patienten von der großen Hoffnung, die sie mit dem neuen Herzen verbinden und der damit verbundenen Verbesserung der Lebensqualität.

### TIPP

Versuchen Sie, sich trotz aller Spannung und Ängste für einige Momente auf ihr Wohl zu konzentrieren. Sorgen Sie bewusst für sich, indem Sie etwas tun, was Ihnen Freude bereitet. Nehmen Sie dazu Ihre fünf Sinne zu Hilfe. Schauen Sie intensiv Bilder oder Szenen an, die Sie mögen und vertiefen Sie diese Eindrücke. Nehmen Sie sich extra Zeit und hören Sie Musik oder Naturgeräusche, für die Sie eine Vorliebe haben. Konzentrieren Sie sich auf Ihre Nase und schnuppern Sie gezielt Wohlgerüche. Verwöhnen Sie Ihre Haut und Fingerspitzen mit Dingen, die Sie gerne berühren und anfassen. Schmecken Sie einmal am Tag mit Freude und Lust etwas, das Sie richtig gerne essen. Konzentrieren Sie sich nur darauf und genießen Sie diese Momente des Sinneserlebens so intensiv, wie es Ihnen möglich scheint.

In Stresssituationen haben sich verschiedene Entspannungsverfahren bewährt. Dazu gehören Atemübungen, Autogenes Training oder die Progressive Muskelentspannung. Manchmal hilft auch eine tägliche Ablenkung wie leichte Lektüre, Rätsel, Spiele oder ein fesselndes Hobby. Gespräche sind besonders wichtig, denn Gefühle und Sorgen aussprechen zu können, hat schon eine entlastende Wirkung.

## VAD und Sexualität

Existenzangst, Krankheit oder Stress können die sexuelle Lust negativ beeinflussen. Vor und nach einer Herzoperation sind Patienten all diesen Faktoren ausgesetzt und eine sexuelle Lustlosigkeit, eine leichte depressive Verstimmung und eine erhöhte Ängstlichkeit sind daher auch völlig normal. Diese Symptome werden sich in der Regel langsam wieder legen. Es kann auch sein, dass Patienten sich ihrer Atmung und ihres Herzschlages viel bewusster sind als vor der Operation, was ebenfalls das sexuelle Verlangen beeinflussen kann. Verschiedene Medikamente, die aufgrund der Erkrankung und Operation eingenommen werden müssen, können das sexuelle Verlangen oder die Funktionsfähigkeit zusätzlich beeinträchtigen. Dazu gehören unter anderem Mittel gegen Bluthochdruck, Herzrhythmusstörungen oder Angina-Pectoris-Beschwerden. Bei Frauen kann es durch die Einnahme solcher Medikamente zu einer unzureichenden Bildung von Scheidenflüssigkeit oder zu geringerer sexueller Erregbarkeit kommen. Experten empfehlen Frauen deshalb, während des Geschlechtsaktes Gleitcreme oder -gel zu verwenden. Bei Männern ist eine häufige Nebenwirkung die Erektionsstörung. Auch der vorzeitige oder gänzlich ausbleibende Samenerguss gehört zu häufigen Problemen. Falls der Patient solche Medikamente einnimmt und die Sexualität gestört ist, sollte er mit seinem behandelnden Arzt sprechen.



Allerdings sind ungünstige seelische Ereignisse häufiger die Ursache für solche sexuellen Störungen, als es die Nebenwirkungen von Medikamenten sind.

Viele Patienten machen sich Sorgen, ob ihr operiertes und VAD-unterstütztes Herz den Anstrengungen und Belastungen sexueller Aktivität wieder gewachsen ist. Ein Hauptgrund für sexuelle Zurückhaltung ist oft die Angst, dadurch ein erneutes akutes Ereignis wie Herzrhythmusstörungen oder Luftnot auszulösen. Wichtig ist zu wissen, dass diese Sorgen normal sind. Allerdings sind jedoch Herzinfarkte oder Todesfälle beim Liebesakt so selten, dass diese Sorge in der Regel völlig unbegründet ist. Der plötzliche Herztod beim Liebesakt ist außerhalb der Medienwelt ein äußerst seltenes Ereignis.

## TIPP

Was wir empfehlen, wenn Sie wieder sexuell aktiv werden wollen:

■ Achten Sie in den ersten Monaten nach einer Herzoperation bei sexuellen Aktivitäten vor allem darauf, dass das operierte Brustbein nicht zu stark belastet wird. Wählen Sie deshalb Stellungen beim Geschlechtsakt, bei denen möglichst wenig Druck auf das Brustbein ausgeübt wird.

■ Körperliche Aktivität fördert die Gesundheit und das Selbstvertrauen. Durch eine ausgewogene körperliche Belastung vermindern Sie die Gefahr einer übermäßig hohen Herzfrequenz oder Atemnot beim Geschlechtsverkehr.

■ Wählen Sie für die sexuelle Aktivität eine Zeit und einen Ort, an dem Sie und Ihr Partner Ruhe haben, stressfrei und entspannt sind.

■ Geben Sie sich und Ihrem Partner genug Zeit, um das Erlebte zu verarbeiten. Ein offener gegenseitiger Austausch kann diesen Prozess der Verarbeitung erleichtern und viele Hindernisse nach der VAD-Operation aus dem Weg räumen.

■ Äußern Sie gegenseitig auch Ihre sexuellen Ängste, Sorgen und Gefühle.

■ Versuchen Sie diese wahrzunehmen, zu besprechen und gegenseitig zu akzeptieren. Manche Patienten oder deren Partner fühlen sich zunächst durch die Driveline oder die Tasche gestört. Den meisten hilft es, der Tasche einen festen Platz im Bett einzuräumen, um sie anschließend „vergessen“ zu können.

■ Insgesamt sollte grundsätzlich auf die Driveline kein schwerer Zug kommen und Controller und Batterien keiner stumpfen Gewalt ausgesetzt sein. Ansonsten können Sie wie gewohnt sexuell aktiv sein. Bewegungen und Aufeinanderliegen während des Geschlechtsakts sind in der Regel gut möglich.

■ Beziehen Sie Ihren Partner in Ihre Überlegungen bezüglich der Sexualität mit ein. Stimmen Sie ab, was Sie sexuell voneinander erwarten.

■ Wichtig ist, sich in Erinnerung zu rufen: Sie können auch ohne Geschlechtsakt sexuell aktiv sein. Vielleicht möchten Sie Ihren Partner auch einfach nur mal wieder gerne im Arm halten und nah bei sich haben.

**Eine Herzoperation ist für jede Partnerschaft auch eine Herausforderung, aus der sie gestärkt und noch enger miteinander verbunden hervorgehen können. Ein neu erfülltes Liebesleben nach einer VAD-Operation kann Stress mindern und die Beziehung positiv beeinflussen.**

## Psychische Herausforderungen für VAD-Angehörige

Es ist ganz wichtig, die Angehörigen der VAD-Patienten mit in den Blick zu nehmen. Sie tragen in der Regel das Leben mit VAD mit. Sie lieben, ermutigen, trösten, ermahnen, helfen und bringen sich praktisch mit ein. Einige Partner übernehmen den Verbandswechsel, achten auf die INR-Messung, Medikamenteneinnahme und melden Notfälle. Viele fühlen sich zunehmend in der Pflegerolle und erleben sich in anderen Rollen als vernachlässigt. Zudem kann es passieren, dass der Erkrankte ausgelöst durch Hilflosigkeit und Schwäche häusliche und berufliche Arbeiten nicht mehr übernehmen kann und dessen Aufgaben dann auf Familienangehörige verteilt werden müssen. Viele Angehörige berichten davon, dass es sie belastet, Schmerzen, Ängste, Notfälle und Krisen bei dem geliebten Menschen miterleben und ertragen zu müssen. Dazu kommen eigene Ansprüche, den geliebten Patienten so perfekt wie möglich unterstützen zu wollen. Angesichts der Vielschichtigkeit der Belastungen erleben sich viele Angehörige als überlastet.

Insbesondere Ehe- oder Lebenspartner beschreiben sich oft am Rande der Erschöpfung. Eine gemeinsam überwundene schwere Zeit kann die Liebe zueinander vertiefen und die Beziehung zueinander noch dichter zusammenschweißen. Es kann aber auch sein, dass eine

Paarbeziehung nach einer VAD-Implantation in eine Krise gerät. Oftmals werden die Erwartungen aneinander nicht ausgesprochen oder klaffen sehr weit auseinander. Betroffene berichten darüber, dass sie endlich keine Patienten mehr sein wollen, sich mehr Selbstständigkeit wünschen und wieder Aufgaben und Verantwortungen übernehmen wollen. Auf der anderen Seite berichten die Partner davon, die Pflegerolle nicht abgeben zu können oder die neu gewonnene Selbstständigkeit verteidigen zu müssen.

**Hier gilt es unbedingt, die Last des jeweils anderen auch anzuerkennen und wertzuschätzen. Es empfiehlt sich, mehr miteinander zu reden als je zuvor. Günstig erscheint dabei, Zeiten zu verabreden, in denen die Krankheit explizit kein Thema zwischen den Partnern ist, und Zeiten zu vereinbaren, in denen die Last des jeweils anderen gewürdigt wird. Sich außerhalb der häuslichen Pflichten zur „Kür“, zu „etwas Schönerem“ zu verabreden, erleben viele als wohltuend. Daneben gilt es auch, einen guten Weg zur „frischen Luft“ in der Partnerschaft zu finden. Hierbei sollte ausgehandelt werden, wie viel jeder auch für sich alleine sein kann, darf und muss. Der Austausch mit anderen Betroffenen, eventuell auch in einer Selbsthilfegruppe, kann sehr entlastend sein.**

„Jeder Mensch braucht mehr Liebe,  
als er verdient.“

*(J. Splett)*

Insgesamt kann man zusammenfassen, dass das Leben mit einem VAD zunächst nicht als normal erscheint, sondern eine außergewöhnliche Herausforderung bedeutet. Im günstigsten Fall kann jeder Beteiligte für sich eine „neue Normalität“ definieren, in der der Patient und seine Angehörigen so viel Lebensqualität mit dem VAD wie möglich erfahren. Einige Patienten berichten darüber, dass sie durch die bewusste Entscheidung für dieses System und die damit verbundenen Anforderungen sich sehr viele Gedanken über ihr Leben, ihre Werte, ihre Wichtigkeiten und Prioritäten gemacht haben. Sie erleben diesen Prozess als innere Reifung und fühlen sich insgesamt gelassener und entspannter.





Foto: Armin Kühn

---

**Dr. phil. Dipl.-Psych. Katharina Tigges-Limmer**

leitet die medizinpsychologische Abteilung der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie des Herz- und Diabeteszentrums NRW in Bad Oeynhausen.

**Dipl.-Psych. Yvonne Brocks**

arbeitet in der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie des Herz- und Diabeteszentrums NRW in Bad Oeynhausen.

**Dipl.-Psych. Yvonne Winkler**

arbeitet ebenfalls an der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie des Herz- und Diabeteszentrums NRW in Bad Oeynhausen.

**Prof. Dr. med. Jan Gummert**

ist Direktor der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie des Herz- und Diabeteszentrums NRW in Bad Oeynhausen.

---

## Mit dem Kunstherz alt werden und sterben

Durch die stetige Verbesserung der Therapie bei einer Herzschwäche ist es den Patienten heutzutage möglich, mit einer terminalen Herzinsuffizienz länger als je zuvor zu überleben. Versagt dann die Therapie mit Medikamenten, sind Patienten häufig schon älter, als es das optimale Zeitfenster für eine Herztransplantation vorsieht. Patienten über 65 Jahre werden aufgrund der hohen Komplikationsrate im Zuge der Operation sowie in Hinblick auf den vorhandenen Organmangel häufig nicht mehr auf die Wartelisten für eine Herztransplantation gesetzt. Auch deshalb ist die Implantation eines Herzunterstützungsgerätes als Langzeittherapie für ältere Patienten eine Alternative zu einer rein medikamentösen Therapie. Herzunterstützungssysteme wurden primär für die Überbrückung bis zur Herztransplantation entworfen. Doch der Einsatz eines Herzunterstützungssystems als Langzeittherapie für ältere Patienten steht immer mehr im medizinischen Fokus. Die Systeme sind langlebig und die Implantationstechniken immer ausgereifter. Bei entsprechender Versorgung steigt mit einer Herzpumpe auch die Lebensqualität von älteren Patienten deutlich an.

Insbesondere in der Langzeittherapie ist es für den Therapieerfolg essenziell, dass der Patient zuverlässig mit dem Gerät umgeht und die Therapierichtlinien einhält. Zu den Komplikationen, die durch ein VAD verursacht werden können, zählen bei unzureichender bzw. zu starker Blutverdünnung Thrombosen (Blutgerinnsel) sowie Blutungen oder aber an der Austrittsstelle der Driveline (Steuerkabel) Infektionen. Für die Kunstherztherapie muss daher der Patient hoch motiviert sein. Eine ausführliche Bewertung der kognitiven Eignung der Patienten ist dementsprechend von großer Bedeutung.

Da vor allem ältere Patienten häufig Nebenerkrankungen wie etwa Diabetes mellitus haben, besteht ein erhöhtes Risiko von Infektionen entlang der Driveline oder deren Austrittsstelle. Des Weiteren ist die steigende Anzahl von Begleiterkrankungen älterer Patienten zu beachten, welche die Therapie mit dem Kunstherz erschweren können. Spezielle Kontraindikationen (Gegenanzeigen) für die Implantation eines VAD bei alten Menschen sind mangelnde Therapietreue, etwa bei der Einnahme von Medikamenten, sowie Unvermögen, das Gerät zu bedienen, etwa aufgrund einer Gehörlosigkeit, starken Zitterns oder einer Sehschwäche.

Anders als bei jüngeren Patienten, die mit einem VAD die Zeit bis zu einer Herztransplantation überbrücken, für die also der sogenannte

Ansatz „Bridge-to-Transplantation“ gilt, ist das Therapieziel in der Patientengruppe der über 65-Jährigen der sogenannte „Bridge-to-Destination“- bzw. der „Bridge-to-Bridge“-Ansatz. Das Ziel dieser Strategie ist es, den Patienten bei guter Lebensqualität möglichst lange mit dem Kunstherz zu unterstützen, ohne jedoch die Option einer Herztransplantation in Anspruch zu nehmen.



Foto/Grafik: BMJV (1), Pixelart/fotolia.de (r)

Im Laufe der Therapie durch ein Kunstherz können neben Komplikationen, die im Zusammenhang mit dem Kunstherz stehen, auch neue Erkrankungen oder Situationen auftreten, die zu starker Einschränkung der Lebensqualität oder zum Tod eines Patienten führen. Zu nennen sind etwa Krebs oder schwere Schlaganfälle. In diesen aussichtslosen Fällen ist es möglich, das Kunstherz willentlich auszuschalten und somit ein ethisch vertretbares Sterben zu ermöglichen. Hierfür ist es für jeden Patienten ratsam, eine Patientenverfügung zu erstellen. Entsprechende Formulare können über die Bundesärztekammer oder das Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz angefordert werden.

---

### Dr. med. Jasmin S. Hanke

arbeitet als Assistenzärztin an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover.

### Prof. Dr. med. Axel Haverich

leitet als ärztlicher Direktor die Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover. Haverich, Träger des Leibniz-Förderpreises der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG), hat die Klinik aufgebaut.

### Prof. Dr. med. Jan D. Schmitto

ist Herzchirurg und arbeitet als Oberarzt an der Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule in Hannover. Er ist zudem Leiter des Bereichs „Aktive Implantat-Technologien und Herzunterstützungssysteme“ an der MHH.

---

Patientenverfügung

von

.....

2. Januar

W. Unter

# Zukunft der Kunstherztherapie

Die Zukunft der mechanischen Kreislaufunterstützung ist aussichtsreich. Aufgrund des bestehenden Organmangels und der zunehmend älteren Bevölkerungsstruktur mit steigender Häufigkeit einer chronischen Herzinsuffizienz werden immer mehr Herzpumpen implantiert. In Deutschland stiegen die Implantationszahlen von 390 im Jahr 2009 auf 965 im Jahr 2016. Diese Zahl ist umso bemerkenswerter, weil im Vergleich im Jahr 2016 nur 297 Herzen transplantiert wurden. Die in Abb. 24 vorgestellte HeartMate III Pumpe ist inzwischen in Europa zugelassen und wurde schon über 1000 mal erfolgreich implantiert. Aktuell werden viele neue Pumpensysteme getestet. Die neuen Systeme sind deutlich kleiner als ihre Vorgängermodelle. Eine Entwicklung gibt es von der Firma Medtronic, die für ihr sogenanntes HVAD-Produkt bekannt ist. Ihre Neuentwicklung heißt MVAD und ist nochmals in der Größe deutlich reduziert worden (Abb. 25). Diese Pumpe wird aktuell in einer Studie getestet und ist noch nicht zugelassen. Auch die externen Komponenten wie Batterien und Steuereinheit werden mit den neuen Pumpengenerationen weiter verbessert. Sie werden kleiner und leichter und damit für den Patienten deutlich besser zu bedienen. Trotz der geringeren Größe haben die neuen Pumpen die gleiche Leistung wie die Vorgängermodelle und können das Herz aus-



Abb. 24: Das neue HeartMate III (unten) der Firma Thoratec im Vergleich zum HeartMate II (oben).

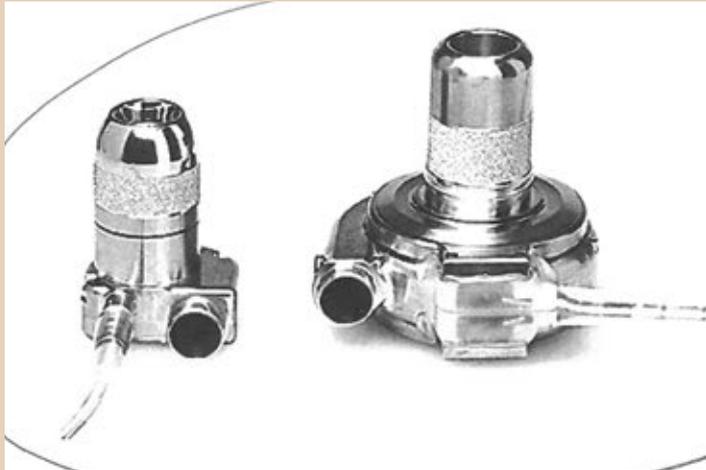


Abb. 25: Das neue MVAD der Firma HeartWare (links) im Vergleich zum bekannten HVAD (rechts).

reichend unterstützen. Ein weiterer Vorteil dieser kleineren Pumpen ist die Möglichkeit, diese noch schonender minimal-invasiv einzubauen. Dadurch kann der Krankenhausaufenthalt des Patienten deutlich reduziert werden und der Patient ist schneller wieder zu Hause.

Mit dem Corwave LVAD, welches mit einer flexiblen Membran das Blut pulsatil befördert und dem NuPulse, bei der das Blut über einen Ballon in der Hauptschlagader transportiert sind zwei weitere Geräte aktuell im experimentellen Stadium vorhanden.

Eine weitere Zukunftsperspektive ist die transkutane Energieübertragung (TET), bei der die Pumpe über auf die Haut angelegte Kontaktflächen mit Strom versorgt werden kann. Mit dieser Technologie, die bei Mobiltelefonen schon funktioniert, kann unter Umständen auf das Steuerkabel/Driveline verzichtet werden.

---

### Prof. Dr. med. Stefan Klotz

ist Chefarzt der Klinik für Herzchirurgie der Segeberger Kliniken und hat die ersten minimal-invasiven Kunstherzimplantationen in Schleswig-Holstein durchgeführt.

---

# Besonderheiten beim Total Artificial Heart

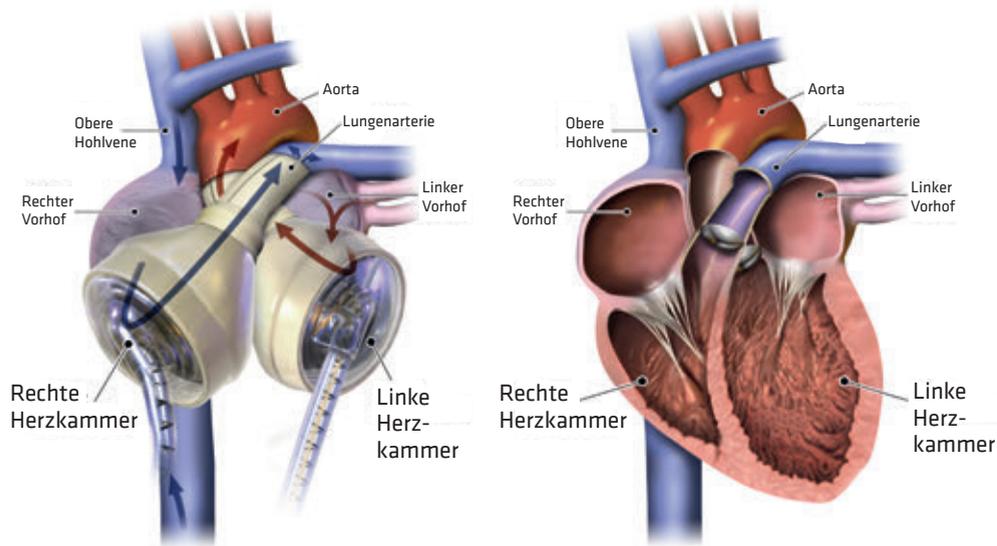
## Indikationen zum vollständigen Herzersatz durch ein totales Kunstherz

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

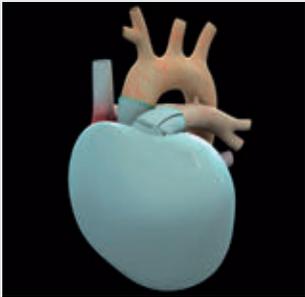
Weiteres noch nicht konkret absehbar. Neue, nahezu verschleißfrei arbeitende Pumpentypen und die Verwendung ausdauernder Materialien versprechen eine längere Haltbarkeit der Systeme. Beides ist eine Voraussetzung für eine sichere Langzeittherapie. Für den seltenen Fall eines Systemausfalls stehen derzeit 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 verwirklichtbar. 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 pulsatilem 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 Kunsterz 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 Kunsterz 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 Kardiotechner 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.

# Kontraindikationen für die Implantation eines Herzunterstützungssystems

Das Wort Kontraindikation bedeutet wörtlich „Gegenanzeige“. Praktisch bedeutet dies, dass eine bestimmte Therapie sich verbietet oder ausgeschlossen ist. Eine solche Gegenanzeige kann unterschiedliche Gründe haben, die unten näher erläutert werden. Dabei unterscheidet man unter den Kontraindikationen absolute von relativen Kontraindikationen. Liegt eine absolute Kontraindikation vor, dann darf man einen bestimmten Eingriff auf keinen Fall durchführen, da er dem Patienten mehr schadet als nutzt. Liegt eine relative Kontraindikation vor, dann spricht dies ebenfalls gegen eine Behandlungsform. Hier muss jedoch abgewogen werden, ob im Einzelfall der Nutzen die Risiken der Behandlung überwiegt. In einigen Fällen stellt die Implantation einer Herzpumpe für den Patienten die einzige Möglichkeit auf ein Weiterleben dar. Daher fällt es schwer, absolute Kontraindikationen für diesen Eingriff aufzulisten. Es gibt jedoch ein Zusammentreffen von unterschiedlichen Befunden, bei denen die Implantation eines Herzunterstützungssystems nur sehr geringe Erfolgsaussichten hat. Oder der Eingriff ist unter Umständen für den Patienten nur leidensverlängernd.

## Zu den absoluten Kontraindikationen gehören:

- 1.** Nicht heilbare (irreversible) schwerste Hirnschäden.
- 2.** Ein Leberversagen im Endstadium sowie das Bestehen nicht kontrollierbarer Gerinnungsstörungen: Durch die hierdurch eingeschränkte Produktion oder durch eine Funktionsstörung von Gerinnungsfaktoren besteht die Gefahr, dass der Patient im Rahmen der Operation verblutet.
- 3.** Ein irreversibles Lungenversagen sowie ein Multiorganversagen, bei dem mehrere Organsysteme ihren Dienst bereits eingestellt haben.
- 4.** Das Vorliegen einer fulminanten Sepsis (schwere Blutvergiftung). Dieses Krankheitsbild mündet häufig in einem Multiorganversagen.
- 5.** Maligne (bösartige) Erkrankungen (z.B. Krebs) mit einer Lebenserwartung von weniger als ein bis zwei Jahren.
- 6.** Eine nicht mögliche Antikoagulation: Patienten mit einem Herzunterstützungssystem benötigen eine lebenslange Blutverdünnung. Manche Patienten können aufgrund einer akuten Erkrankung, wie z.B. Schlaganfall mit Gefahr einer Hirnblutung sowie bei Magen- und Darmblutungen, zumindest zeitweilig keine blutverdünnenden Medikamente einnehmen. In dem Zeitabschnitt, in dem eine Blutverdünnung nicht möglich ist, können bei den betroffenen Patienten keine Herzpumpen implantiert werden.

### Folgende relative Gegenanzeigen (Kontraindikationen) sind zu nennen:

- 1.** Gefäßerkrankungen im Endstadium, wie z.B. die Schaufensterkrankheit (periphere arterielle Verschlusskrankheit) und fortschreitende (generalisierte) Arterienverkalkungen.
- 2.** Akutes Nierenversagen.
- 3.** Infektion unter antibiotischer Therapie, weil das Gerät einen Fremdkörper darstellt, der durch im Blut enthaltene Keime besiedelt werden kann.
- 4.** Diabetes mellitus mit schweren, diabetesbezogenen Komplikationen.
- 5.** Erkrankungen, bei denen die Compliance, d.h. das Befolgen der ärztlichen Anordnungen, nicht gewährleistet ist. Dazu zählen:
  - a)** Bestimmte psychiatrische Erkrankungen, durch die die regelmäßige Einnahme der notwendigen Medikamente etwa zur Blutverdünnung gefährdet wird.
  - b)** Erkrankungen, die mit einer erhöhten Selbstgefährdung des Patienten einhergehen.
  - c)** Demenzielle Erkrankungen (z. B. Morbus Alzheimer), die einen ordnungsgemäßen Umgang mit dem Gerät infrage stellen.
  - d)** Substanzmissbrauch, Alkoholismus.

Liegt eine solche relative Kontraindikation vor, so ist die Implantation eines Herzunterstützungssystems trotzdem möglich. Das in diesen Fällen erhöhte Risiko muss dann individuell mit dem Patienten besprochen werden.

### Des Weiteren wird eine mechanische Kreislaufunterstützung nicht empfohlen:

- a)** bei Vorliegen einer Schwangerschaft.
- b)** bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen in einem Stadium, in dem ein ordnungsgemäßer Umgang mit dem Gerät und ein Bewegungstraining bzw. eine Mobilisation nicht mehr möglich sind.

### Bei der geplanten isolierten Implantation eines LVAD (Linksherzunterstützungssystems) ist Folgendes zu beachten:

- 1.** Liegt ein frischer großer Vorderwandinfarkt vor, kann es unter Umständen schwierig sein, das Gerät bzw. die Kanüle im Herzmuskel zu befestigen, da das Gewebe bei einem akuten Infarkt leicht zerreißt. Daher sollte die Implantation der Pumpe in einem solchen Fall auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Auch Gerinnsel (Thromben) in der Herzkammer können die Operation erschweren.
- 2.** Liegt eine Undichtigkeit der Aortenklappe vor, muss diese im Rahmen einer LVAD-Implantation unbedingt korrigiert werden. Bei einer schlussunfhigen Aortenklappe kann das Blut in das Pumpsystem zurückfließen (Rezirkulation), was dringend vermieden werden muss.

- 3.** Wenn eine mechanische Aortenklappe bereits vorhanden ist, sollte in Erwägung gezogen werden, diese gegen eine biologische Prothese auszutauschen. Eine biologische Herzklappenprothese neigt zu einer geringeren Gerinnselbildung.
- 4.** Weitere vorhandene Herzfehler müssen gegebenenfalls zusammen mit der LVAD-Implantation korrigiert werden. Dazu zählen die Verengung der Mitralklappe, eine nicht vollständig schließende Trikuspidalklappe sowie Defekte in den Herzscheidewänden (Vorhofseptumdefekt: ASD, Ventrikelseptumdefekt: VSD).
- 5.** Ist zusätzlich zur linken Herzkammer auch die rechte Herzkammer geschädigt, so ist die alleinige Implantation eines Linksherzunterstützungssystems manchmal nicht ausreichend. In solchen Fällen ist unter Umständen auch die mechanische Unterstützung der rechten Herzkammer zeitweilig oder dauerhaft notwendig. Die Notwendigkeit einer Rechtsherzunterstützung ist vor der Operation in einigen Fällen schwer abzuschätzen und kann sich manchmal erst während des Eingriffs herausstellen.
- 6.** Bei Patienten, bei denen die Implantation des Kunstherzens unter dem Konzept Überbrückung bis zur Herztransplantation („Bridge-to-Transplantation“) vorgenommen werden soll, ist vorher zu klären, ob sie überhaupt transplantationsfähig sind. Hierzu gehört unter anderem, dass der betroffene Patient in eine später

geplante Herztransplantation einwilligt. Zudem muss sich der Lungengefäßwiderstand in einem für eine Herztransplantation akzeptablem Bereich befinden oder sich medikamentös dorthin bringen lassen. In einigen Fällen kann dies erst durch Implantation eines Kunstherzens erreicht werden.

Abschließend ist zu bemerken, dass bei notfallmäßiger Implantation eines Herzunterstützungssystems oftmals keine Zeit zu einer genauen Beurteilung (Evaluierung) des Patienten besteht. In diesem Fall muss die Entscheidung zur Implantation anhand der vorliegenden Befunde rasch getroffen werden.

**Die oben angeführten Kontraindikationen bzw. Empfehlungen sollen als Orientierungshilfe für Patienten dienen. Im konkreten Einzelfall sollten sich Patienten durch ihren behandelnden Arzt beraten lassen.**

---

**Dr. med. Manfred Richter**

verantwortet in der Abteilung für Herzchirurgie der Kerckhoff-Klinik in Bad Nauheim die Leitung des Transplantationsprogramms.

---

# Schlussworte

## Deutsche Herzstiftung e. V.

Für viele Betroffene und ihre Angehörigen ist die bevorstehende Implantation eines Kunstherzens oder Herzunterstützungssystems von Unsicherheit, Ängsten und vielen offenen Fragen zur Mobilität und zu möglichen Komplikationen durch den Eingriff geprägt. Der VAD-Ratgeber kann diese Menschen mit den wichtigsten Informationen bei ihren Vorbereitungen auf eine Kunstherztherapie begleiten und aufzeigen, mit welchen Veränderungen sie rechnen müssen und welche Perspektiven sich ihnen dank der heutigen Möglichkeiten in der Kunstherztherapie eröffnen.

Die kompetente Darstellung und Aufarbeitung des aktuellen medizinischen Kenntnisstands auf diesem Gebiet ist vor allem der Zusammenarbeit ausgewiesener Experten auf dem Gebiet der Herztransplantation aus verschiedenen Universitätskliniken und Herzzentren

in Deutschland zu verdanken. Ebenso der Unterstützung durch die Arbeitsgemeinschaft für Extrakorporale Zirkulation und mechanische Kreislaufunterstützung der Deutschen Gesellschaft für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie (DGTHG). Ihnen allen dankt die Deutsche Herzstiftung für das Zustandekommen dieses Ratgebers.

Wir hoffen, mit diesem VAD-Ratgeber zur Verbesserung der Versorgung von Patienten mit Herzmuskelschwäche beizutragen.

---

**Prof. Dr. med. Thomas Meinertz**

Chefredakteur Deutsche Herzstiftung e. V.

---

# Glossar: medizinische Begriffe

## A:

### AHB:

Anschlussheilbehandlung

### Angina Pectoris:

Schmerz oder Druckgefühl in der Brust, das durch eine vorübergehende Durchblutungsstörung des Herzmuskels ausgelöst wird.

### Antibiose:

Behandlung einer bakteriellen Infektion mit Antibiotika.

### Antibiotika:

Medikamente zur Behandlung von bakteriellen Infektionen.

### Antibiotikaprophylaxe:

Vorbeugung von bakteriellen Infekten durch Antibiotika.

### Antikoagulation:

Hemmung der Blutgerinnung. Hierdurch soll die Bildung von Blutgerinnseln verhindert werden.

### Aorta:

Hauptschlagader

### Aortenklappe:

Herzklappe zwischen linker Herzkammer und Hauptschlagader.

### arteriovenöse Malformationen:

Gefäßmissbildungen mit Kurzschlussverbindungen zwischen Arterien und Venen.

### Atriumseptumdefekt (ASD):

Vorhofseptumdefekt. Defekt (Loch) in der Scheidewand zwischen den beiden Vorhöfen des Herzens.

## B:

### Bakteriämie:

Eintritt von Bakterien in die Blutbahn

### Beta-Blocker:

Medikamente zur Senkung der Herzschlagfolge und des Blutdrucks.

### Biventricular Assist Device (BVAD):

Herzunterstützungssystem für beide Herzkammern.

### Biventrikuläres Herzversagen:

Versagen von beiden Herzkammern.

**Brain Natriuretic Peptide (BNP):**

Hormon, das bei Dehnung der Herzvorhöfe gebildet und in das Blut abgegeben wird.

**Bridge-to-Bridge (BTB):**

Ein VAD, das als Übergangslösung eingesetzt wird, weil keine andere Therapie, auch keine Herztransplantation, möglich ist.

**Bridge-to-Destination (BTD):**

Ein VAD, das auf Dauer eingesetzt wird. Eine spätere Herztransplantation ist nicht geplant.

**Bridge-to-Recovery (BTR):**

Ein VAD wird so lange eingesetzt, bis das eigene Herz sich erholt hat.

**Bridge-to-Transplantation (BTT):**

Ein VAD wird als Überbrückungsmaßnahme bis zu einer Herztransplantation eingesetzt.

**C:****CoaguChek:**

Gerät zur Messung der Blutgerinnung.

**Compliance:**

Bereitschaft des Patienten zur Mit- und Zusammenarbeit.

**Controller:**

Steuereinheit des Herzunterstützungssystems.

**CRT-Schrittmacher:**

Cardiac Resynchronization Therapy. Spezielles Schrittmachersystem zur Behandlung der Herzschwäche.

**D:****Defibrillator:**

Spezielles Schrittmachersystem, das durch gezielte Stromimpulse („Elektroschock“) bedrohliche Herzrhythmusstörungen beenden kann.

**Demenzielle Erkrankungen:**

Erkrankungen mit Abbau der geistigen Fähigkeiten wie Erinnerungsvermögen und Denkfähigkeit (z. B. Alzheimer-Krankheit).

**Destination Therapy (DT):**

Endgültige Therapie. Ein Herzunterstützungssystem wird als endgültige therapeutische Maßnahme eingesetzt.

**Device:**

Englischsprachiger Ausdruck für Gerät, Apparat oder System.

**Diaphragma:**

Künstliche Membran, die als Zwischenwand Blut- und Lungenkreislauf in einem Kunstherz trennt.

**Diabetes mellitus:**

Zuckerkrankheit

**Diuretika:**

Medikamente zur Ausschwemmung von Wasser und Salzen.

**Driveline:**

Steuerkabel, das vom im Körper liegenden Herzunterstützungsgerät durch die Haut nach außen zur Steuereinheit führt.

**E:****Echokardiographie:**

Ultraschalluntersuchung des Herzens.

**ECLS-System:**

Extracorporeal Life Support, mobile Herz-Lungen-Maschine. Unterstützungssystem, das vorübergehend die Funktion von Herz und Lunge übernehmen kann.

**Embolie:**

Verschluss eines Gefäßes durch ein verschlepptes Blutgerinnsel.

**Endokarditis:**

Entzündung der Herzinnenhaut – meist der Herzklappen.

**Ergometer:**

Feststehendes Fahrrad zum Ausdauertraining oder Testung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

**Erektionsstörung:**

Störung bei der das männliche Glied nicht steif wird.

**Evaluierung:**

Bewertung

**extrakorporal:**

außerhalb des Körpers

**F:****fulminante Sepsis:**

Schwere „Blutvergiftung“ durch Bakterien im Blut und in den Organen.

**G:****generalisierte Arterienverkalkungen:**

Im ganzen Körper verbreitete Verkalkung der Arterien.

**H:****Halbseitensymptomatik:**

Halbseitige Lähmung oder Empfindungsstörung infolge eines Schlaganfalls.

**Herzinsuffizienz:**

Schwäche des Herzens, umgangssprachlich auch Herzschwäche.

**Herzzeitvolumen:**

Pumpleistung des Herzens. Das Blutvolumen, welches das Herz pro Zeiteinheit auswirft.

**Hydrokolloid-Pflaster:**

Pflaster zur feuchten Wundheilung, schützt die Wunde ohne zu verkleben.

**I:****ICD:**

Implantierbarer Cardioverter-Defibrillator  
Spezielles Schrittmachersystem, das durch gezielte Stromimpulse („Elektroschocks“) bedrohliche Herzrhythmusstörungen beenden kann. Implantation des Gerätes meist unter dem Brustmuskel.

**ICT:**

Intensified conventional therapy  
Spezielle Form der Insulin-Therapie.

**Impella:**

Interventionell (d.h. ohne Operation) einsetzbare Herzpumpe, die die Herzaktivität vorübergehend unterstützen bzw. ersetzen kann.

**INR-Wert:**

International Normalized Ratio: Maßstab, an dem das Ausmaß der Hemmung der Blutgerinnung bestimmt wird.

**INR-Selbstmessung:**

Der Patient bestimmt seinen Gerinnungswert selbst und legt auch die weitere Dosierung des gerinnungshemmenden Medikamentes fest.

**Insuffizienz:**

Schwäche, Fehlleistung, Undichtigkeit.

**INTERMACS-Profil:**

Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support; US-Register für Patienten mit Herzunterstützungssystemen.

**Intermediate Care (IMC):**

Zwischenstation in der stationären Pflege, zwischen Intensiv- und Normalstation.

**intraaortale Ballonpumpe:**

Notfallmäßig in die Körperschlagader eingesetzte Pumpe, die das Herz unterstützen soll. Sie wird z. B. eingesetzt beim kardiogenen Schock im Rahmen eines Herzinfarktes.

**intrakorporal:**

Innerhalb des Körpers

**irreversibel:**

Nicht umkehrbar; z. B. ein Krankheitsprozess.

**ischämische Kardiomyopathie:**

Herzmuskelerkrankung aufgrund einer Sauerstoffminderversorgung bzw. Durchblutungsstörung des Herzmuskels nach mehrfach abgelaufenen Herzinfarkten.

**K:****Kammertachykardie:**

Schnelle Herzschlagfolge (mehr als 110/min.), die in den Herzkammern entsteht. Diese Rhythmusstörung ist immer krankhaft.

**kardiale Kachexie:**

Untergewicht mit Abbau der Muskelmasse meist im Rahmen einer Herzschwäche.

**kardiogener Schock:**

Schockzustand durch Herzversagen mit nicht ausreichender Pumpleistung des Herzens und Unterversorgung lebenswichtiger Organe (Gehirn, Niere, Herz). Auftreten meist im Rahmen eines akuten Herzinfarktes.

**Kardiologe:**

Herzspezialist

**Kardiologie:**

Herzheilkunde

**kardiopulmonal:**

Herz- und Lungenfunktion betreffend.

**Katheter:**

Dünner Gummi- oder Kunststoffschlauch, der in die Gefäße und das Herz eingeführt wird. Über diesen können Messwerte gewonnen werden aber auch Kontrastmittel eingespritzt werden.

**kognitive Defizite:**

Einschränkungen des Erkennungs-, Erinnerungs- und Denkvermögens.

**Kontraindikationen:**

Gegenanzeigen. Umstände, die die Anwendung eines Arzneimittels oder einer diagnostischen oder therapeutischen Maßnahme verbietet.

**koronar:**

Das Herzkranzgefäß betreffend.

**Koronararterien:**

Herzkranzgefäße

**L:****linksventrikuläre Ejektionsfraktion:**

Prozentualer Anteil des Blutes, der bei jedem Herzschlag aus der linken Herzkammer in die Körperschlagader ausgeworfen wird. Normalerweise wird etwas mehr als die Hälfte des Blutes der linken Herzkammer (Auswurffraktion) in den Körper gepumpt.

**Left Ventricular Assist Device (LVAD):**

Herzunterstützungssystem für die linke Herzkammer.

**Lyse-Therapie:**

Entspricht Thrombolysetherapie. Hierbei werden Blutgerinnsel medikamentös aufgelöst.

**M:****maligne Erkrankung:**

Bösartige Erkrankung, z. B. Krebserkrankung.

**minimal-invasive Implantation:**

Bei der Implantation kommen möglichst kleine und schonende Operationstechniken zur Anwendung.

**Mitralklappe:**

Herzklappe zwischen linkem Vorhof und linker Herzkammer.

**Myokarditis:**

Herzmuskelentzündung. In der Regel durch eine Virusinfektion bedingt.

**N:****neuropsychologische Behandlung:**

Behandlung, bei der Verfahren der Psychologie als auch der Neurowissenschaften angewandt werden.

**P:****parakorporal:**

Aus dem Körper austretend

**Pathologie:**

Lehre der Krankheiten

**Perikard:**

Herzbeutel

**periphere arterielle Verschlusskrankheit:**

Auch Schaufensterkrankheit genannt. Krankheit durch Einengungen und Verschlüsse der Becken und/oder Beinarterien.

**perkutan:**

Durch die Haut hindurch

**pneumatisch:**

Mechanisches System, das durch Druckluft getrieben wird.

**psychosomatisch:**

Seelisch bedingte oder beeinflusste Erkrankungen.

**Pumpenthrombose:**

Verstopfung eines Herzunterstützungssystems durch ein Blutgerinnsel.

**pulmonale Hypertonie:**

Erhöhte Druckwerte im Lungenkreislauf.

**pulsatil:**

Das Blut wird in einer Druckwelle durch die Gefäße gepumpt, so dass ein Puls fühlbar ist.

**R:****Rechtsherzkatheter:**

Herzkatheteruntersuchung des rechten Herzens und des Lungenkreislaufs.

**Remodelling:**

Schädlicher Umbau des Herzmuskels.

**Renin-Angiotensin-System:**

Gewebshormonsystem, das gefäßverengende und blutdrucksteigernde Wirkung hat. Hauptlokalisation in der Niere.

**Rezirkulation:**

Rückfluss

**Right Ventricular Assist Device (RVAD):**

Herzunterstützungssystem für die rechte Herzkammer.

**S:****Sekretion:**

Absonderung aus Zellen bzw. Gewebe. So z. B. Austritt von Wundflüssigkeit aus dem Gewebe.

**Spiroergometrie:**

Messung von Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe unter ansteigender körperlicher Belastung. Diese Untersuchung erlaubt Rückschlüsse auf die Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch Herz- und/oder Lungenerkrankungen.

**Sternotomie (mediane):**

Durchtrennung des Brustbeins in Längsrichtung bei einer Herzoperation.

**Stent:**

Prothese aus Spiraldraht zum Offenhalten von Gefäßen oder Hohlorganen.

**sympatho-adrenerges System:**

Antreibendes vegetatives Nervensystem.

**Synkope:**

Kurzzeitige Bewusstlosigkeit (im Laienjargon auch als Ohnmacht bezeichnet).

**T:****Total Artificial Heart (TAH):**

Komplett künstliches Herz: Kunstherz.

**terminale Herzinsuffizienz:**

Herzschwäche im Endstadium.

**terminales biventrikuläres Herzversagen:**

Versagen beider Herzkammern im Endstadium.

**Thrombus:**

Blutgerinnsel in einem Gefäß oder im Herzen.

**Thrombose:**

Blutgerinnsel, das sich in einem Gefäß bildet (meist Vene).

**Thrombozyten:**

Blutplättchen

**transkutane Energietransmission (TET):**

Übertragung von Energie durch die intakte Haut, d.h. ohne Kabelverbindung bzw. Drive-line zwischen „außen“ und Körperinneren.

**Trikuspidalklappe:**

Herzklappe zwischen rechtem Vorhof und rechter Herzkammer.

**V:****Ventricular Assist Device (VAD):**

Herzunterstützungssystem auf Kammerebene.

**Ventrikel:**

Herzkammer

**Ventrikelseptumdefekt (VSD):**

Defekt (Loch) in der Herzscheidewand (Septum) zwischen den beiden Herzkammern. Dieser Defekt kann angeboren oder erworben (z. B. Herzinfarkt) sein.

**Vitalzeichen:**

Lebenszeichen wie Atmung und Blutzirkulation.

**Vitamin-K-Antagonisten:**

Medikamente, die Vitamin-K in der Leber hemmen und dadurch die Gerinnungsfähigkeit des Blutes herabsetzen (z. B. Marcumar oder Falithrom).

**Vulneration:**

Verwundung

# Glossar: Medikamente

## A:

### ACE-Hemmer:

Medikamente zur Senkung des Blutdrucks und Behandlung der Herzschwäche. Sie wirken durch Hemmung des Angiotensin-Converting-Enzyms.

### Acenocoumarol:

Medikament aus der Gruppe der Vitamin-K-Antagonisten (wie Marcumar und Falithrom) zur Hemmung der Blutgerinnung.

### Acetylsalicylsäure (ASS):

Medikament zur Verhinderung der Bildung von Blutgerinnseln durch Hemmung der Blutplättchen.

### Aggrenox (Dipyridamol+ASS):

Medikament mit blutplättchenhemmender Eigenschaft, in Deutschland nur in der Kombination von Dipyridamol und ASS erhältlich.

### Aldosteronantagonisten:

Medikamente, die die Wirkung des Hormons Aldosteron hemmen. Sie bewirken eine erhöhte Flüssigkeits- und Salzausscheidung. Hierdurch senken sie den Blutdruck und verbessern die Symptome der Herzschwäche. Sie werden häufig mit anderen harntreibenden Medikamenten (Diuretika) kombiniert. Die Wirkstoffe sind Spironolacton (Aldactone) und Eplerenon (Inspra).

### Anagrelid (Xagrid):

Medikament zur Senkung der Zahl der Blutplättchen.

### Antibiotika:

Medikamente zur Behandlung von bakteriellen Infektionen.

### AT-I-Blocker (Sartane):

Medikamente, die den Angiotensin-I-Rezeptor hemmen. Sie senken den Blutdruck und führen zu einer Besserung der Herzschwäche. Sie kommen auch bei Patienten mit VAD zum Einsatz.

**B:****Beta-Blocker (Betarezeptorenblocker):**

Medikamente zur Senkung der Herzfrequenz und des Blutdrucks. Sie wirken über eine Hemmung von Betarezeptoren.

**Bisoprolol (Concor):**

Vertreter aus der Medikamentengruppe der Betarezeptorenblocker. Einsatz bei hohem Blutdruck, koronarer Herzkrankheit und bei Herzinsuffizienz.

**C:****Candesartan (Atacand):**

Medikament aus der Gruppe der AT-I-Blocker (Sartane). Einsatz zur Blutdrucksenkung und zur Besserung der Symptome der Herzschwäche.

**Carvedilol (Querto):**

Spezieller Betarezeptorenblocker mit gleichzeitig gefäßerweiternder Wirkung. Einsatz bei hohem Blutdruck und bei Herzschwäche. Die Blutdrucksenkung ist stärker als bei anderen Betarezeptorenblockern.

**Clenbuterol (Spiropent):**

Medikament zur Behandlung des Asthma bronchiale, das auch bei VAD-Patienten zum Einsatz kommt.

**Clopidogrel (Plavix, Iscover):**

Medikament zur Hemmung der Funktion der Blutplättchen. Einsatz zur Verhinderung der Bildung von Blutgerinnseln vor allem im arteriellen Gefäßsystem.

**D:****Diuretika:**

Medikamente zur Steigerung der Salz- und Flüssigkeitsausscheidung.

**E:****Eliquis (Apixaban):**

Medikament aus der Gruppe der sogenannten NOAKs. Diese Medikamente hemmen die Blutgerinnung über einen nicht Vitamin-K-abhängigen Mechanismus. Ihre Effektivität zur Verhinderung von Gerinnselbildung bei Vorhofflimmern ist ähnlich die der oralen Antikoagulanzen vom Typ Vitamin-K-Antagonisten. Bis heute stellen sie keine Alternative zu oralen Antikoagulanzen bei VAD-Patienten dar.

**Enalapril (Xanef):**

Medikament aus der Familie der ACE-Hemmer, das bei hohem Blutdruck und bei Herzschwäche verordnet wird. Häufiger Einsatz bei Patienten mit einem VAD.

**Eplerenon (Inspra):**

Medikament aus der Gruppe der Aldosteronantagonisten. Häufiger Einsatz auch bei Patienten mit Herzschwäche sowie VAD-Patienten. Meist in Kombination mit anderen harntreibenden Mitteln.

**F:****Falithrom:**

Medikament aus der Gruppe der Vitamin-K-Antagonisten zur Hemmung der Blutgerinnung. Identisch mit Marcumar.

**Fosinopril (Dynacil):**

Medikament aus der Familie der ACE-Hemmer, das ebenfalls bei Herzinsuffizienz und bei VAD-Patienten verordnet werden kann.

**Furosemid (Lasix):**

Es gehört zu den sogenannten Schleifendiuretika mit besonders ausgeprägter und kurz-dauernder harntreibender Wirkung. Es wird meist bei Patienten mit akuter Herzschwäche verordnet.

**H:****Hydrochlorothiazid (HCT):**

Dabei handelt es sich um ein sogenanntes Thiazid-Diuretikum, das vielen Patienten mit hohem Blutdruck, Herzschwäche und auch VAD-Patienten verordnet wird. Die Wirkung ist weniger ausgeprägt als die der Schleifen-diuretika.

**I:****Iloprost (Ventavis):**

Wirkstoff aus der Gruppe der Prostaglandine, der über die Bronchien inhaliert wird. Er senkt den erhöhten Blutdruck im Lungenkreislauf.

**Irbesartan (Aprovel):**

Medikament aus der Familie der AT-I-Blocker (Sartane), das zur Senkung des erhöhten Blutdrucks, bei Herzschwäche und auch bei VAD-Patienten eingesetzt wird.

**L:****Losartan (Lorzaar):**

Medikament aus der Familie der AT-I-Blocker (Sartane), das bei hohem Blutdruck, Herzschwäche und auch bei VAD-Patienten eingesetzt wird.

**M:****Marcumar (Phenprocoumon):**

Medikament aus der Gruppe der Vitamin-K-Antagonisten zur Hemmung der Blutgerinnung (identisch mit Falithrom).

**Metoprolol (Beloc):**

Medikament aus der Gruppe der Betarezeptorenblocker, das zur Senkung der Herzfrequenz und des erhöhten Blutdrucks eingesetzt wird.

**P:****Pantoprazol (Pantozol):**

Medikament aus der Gruppe der Protonenpumpeninhibitoren. Sie hemmen die Säuresekretion im Magen und haben damit eine Magenschutzwirkung. Sie werden auch zur Vorbeugung von Magengeschwüren verabreicht.

**Pradaxa (Dabigatran):**

Medikament aus der Gruppe der NOAKs. Sie hemmen die Blutgerinnung ähnlich ausgeprägt wie Marcumar und Falithrom aber über einen anderen Mechanismus. Bislang sind diese Medikamente keine Alternative zu Marcumar oder Falithrom bei Patienten nach VAD-Implantation.

**Prasugrel (Efient):**

Medikament zur Vorbeugung von Gerinnselbildungen im Blutgefäßsystem. Dieses Medikament wird ebenfalls bis heute nicht bei Patienten mit VAD-Systemen eingesetzt.

**R:****Ramipril (Delix):**

Medikament aus der Familie der ACE-Hemmer (Blutdrucksenkung und Besserung der Symptome der Herzinsuffizienz), das bei VAD-Patienten verordnet werden kann.

**Ranitidin (Zantic, Ranitic):**

Medikament aus der Gruppe der sogenannten H<sub>2</sub>-Antagonisten, die die Magensäuresekretion hemmen. Es wird zur Verhinderung von Magengeschwüren eingesetzt.

**S:****Sildenafil (Revatio):**

Medikament, das den Druck in den Lungengefäßen (kleiner Kreislauf) senkt und bei Lungenhochdruck routinemäßig zum Einsatz kommt. Dieses Medikament wird außerdem zur Behandlung von Erektionsstörungen genutzt.

**Spironolacton (Aldactone):**

Medikament aus der Gruppe der Aldosteronantagonisten. Es hemmt das Hormon Aldosteron und erhöht dadurch die Ausscheidung von Salz und Wasser. Einsatz bei Patienten mit hohem Blutdruck, Herzschwäche und auch bei VAD-Patienten. Verwandte Substanz mit ähnlicher Wirkung: Eplerenon (Inspra).

**T:****Ticagrelor (Brilique):**

Medikament zur Vorbeugung von Gerinnselbildungen. Einnahme bei Patienten mit VAD-Systemen allerdings nicht notwendig.

**Torasemid (Torem):**

Medikament aus der Gruppe der Schleifen-diuretika mit ähnlich starker harntreibender Wirkung wie Furosemid. Wirkung länger anhaltend. Verordnung bei akuter Herzschwäche bzw. bei Blutstauung im kleinen Kreislauf.

**V:****Valsartan (Diovan):**

Medikament aus der Gruppe der AT-I-Blocker (Sartane), das bei hohem Blutdruck, Herzschwäche und auch bei VAD-Patienten eingesetzt wird.

**Vitamin-K-Antagonisten:**

Medikamente, die die Blutgerinnung herabsetzen. Zu diesen gehören Acenocoumarol, Falithrom, Marcumar und Warfarin.

**W:****Warfarin:**

Medikament aus der Gruppe der Vitamin-K-Antagonisten zur Herabsetzung der Blutgerinnung. Es wirkt ähnlich wie Acenocoumarol, Falithrom und Marcumar.

**X:****Xarelto (Rivaroxaban):**

Medikament aus der Gruppe der NOAKs. Medikamente zur Herabsetzung der Blutgerinnung über einen anderen Mechanismus als Vitamin-K-Antagonisten. Bis heute nicht bei VAD-Patienten einsetzbar.

**Xipamid (Aquaphor):**

Gehört zur Gruppe der harntreibenden Medikamente. Es unterscheidet sich im Wirkungsmechanismus von anderen harntreibenden Medikamenten wie Thiaziden und Schleifendiuretika. Es wird auch bei Patienten mit VAD-Systemen häufig in Kombination mit anderen harntreibenden Medikamenten eingesetzt.



**Herausgeber**

Deutsche Herzstiftung e.V.  
Bockenheimer Landstraße 94-96  
60323 Frankfurt am Main

**Prof. Dr. med. Stefan Klotz**

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,  
Campus Lübeck  
Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie

BR22 – Stand 2019

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die zusätzliche Formulierung der weiblichen Form verzichtet. Wir möchten deshalb darauf hinweisen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form explizit als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

**Prof. Dr. med. Udo Boeken**

Universitätsklinikum Düsseldorf  
Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie

**PD Dr. med. Alexander Assmann**

Universitätsklinikum Düsseldorf  
Klinik für Kardiovaskuläre Chirurgie

