

# Erste Maßnahmen und Verhalten bei Störungen eines Kunstherzsystems

**Die Implantation von Herzunterstützungssystemen („ventricular assist devices“, VAD) ist mittlerweile eine effektive und anerkannte chirurgische Behandlungsmöglichkeit für Patienten mit terminaler chronischer oder akuter Herzinsuffizienz. Sie kann als Überbrückung bis zur Herztransplantation („bridge to transplantation“, BTT; [1, 2]) oder auch als permanente Behandlung der Herzinsuffizienz, sog. „destination therapy“ (DT; [3, 4]), wenn aufgrund von Komorbiditäten oder Alter keine Herztransplantation mehr möglich ist, angewendet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit der myokardialen Erholung unter Therapie mit Herzunterstützungssystemen und anschließendem Ausbau des Systems (5–24%, [20]). In diesem Fall sprechen wir von einer Überbrückung bis zur Erholung („bridge to recovery“, BTR).**

Zwischen Juli 1987 und Juni 2011 wurden im Deutschen Herzzentrum Berlin 1823 VADs in 1631 Patienten implantiert. Aufgrund der geringeren Größe, des geringen Komplikationsprofils [5] und des geringeren Geräuschpegels im Vergleich zu den früher vorrangig verwendeten pulsatilen Pumpen, werden heutzutage v. a. Rotationspumpen als Linksherzunterstützungssysteme mit kontinuierlichem Fluss implantiert [6, 7, 8]. Nur bei der Indikation zur biventrikulären Unterstützung waren pulsatile extrakorporale Systeme

und das totale Kunstherz bis vor kurzem nahezu konkurrenzlos [17, 18].

Durch die verbesserte Patientenauswahl und durch die frühzeitige Anwendung von Unterstützungssystemen fiel der Prozentsatz von notwendiger biventrikulärer Unterstützung im Deutschen Herzzentrum Berlin in den letzten Jahren auf 20% [9]. Weitere Vorteile der Rotationspumpen sind eine längere Haltbarkeit bzw. ein praktisch verschleißfreier Betrieb der Pumpe (keine Klappen, keine schwingende Membran), bessere Lebensqualität und geringeres Infektionsrisiko. Die Patienten verbringen heutzutage die meiste Zeit mit guter Lebensqualität außerhalb des Krankenhauses [5, 10]. Aktuell leben 150 Patienten des Deutschen Herzzentrums Berlin mit verschiedenen Herzunterstützungssystemen in häuslicher Umgebung, zumeist im Raum Berlin-Brandenburg, teilweise auch in anderen Bundesländern. Schätzungsweise leben in Deutschland 400–500 Patienten mit Unterstützungssystemen verschiedener Art zu Hause.

## — Trotzdem ist die Unterstützung mit einem Herzunterstützungssystem nicht komplikationsfrei [11].

Eine adäquate Einschätzung von Notfallsituationen und die schnelle und richtige Reaktion darauf sind gerade bei Patienten mit Herzunterstützungssystemen von höchster Wichtigkeit.

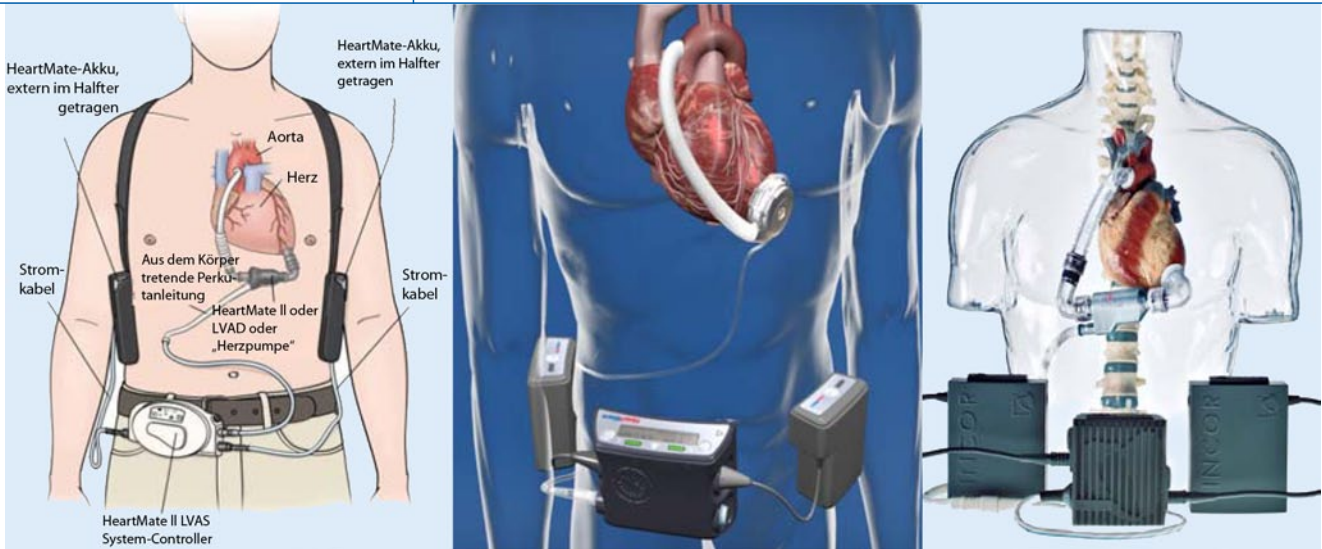
Dieses Leitthema soll einen Überblick über die unterschiedlichen Arten von

Herzunterstützungssystemen und Kunstherzsystemen geben und aufzeigen, welche Notfallmaßnahmen sinnvoll und nötig sind. Vor dem Hintergrund, dass aktuell meistens Rotationspumpen zur linksventrikulären Unterstützung implantiert werden, wird in diesem Artikel vornehmlich auf diese Systeme eingegangen.

## Welche Arten von Kunstherzsystemen gibt es?

Grundsätzlich wird unterschieden zwischen Kunstherzsystemen, welche anstelle des eigenen Herzens implantiert werden (TAH: „total artificial heart“) und Herzunterstützungssystemen, die das in situ belassene erkrankte Herz unterstützen. Wird dabei der linke Ventrikel unterstützt, spricht man von einem „left ventricular assist device“ (LVAD), wird der rechte Ventrikel unterstützt, spricht man von einem „right ventricular assist device“ (RVAD), werden beide Ventrikel durch je eine Pumpe unterstützt, nennt man dies „biventricular assist device“ (BVAD). Es gibt Systeme, welche einen pulsatilen Fluss generieren und solche, die einen kontinuierlichen Fluss liefern. Grundsätzlich bestehen alle implantierbaren Systeme aus denselben Komponenten:

- Blutpumpe,
- perkutane Driveline (pneumatisch oder elektrisch) für Steuerung und Energieversorgung,
- Controller zur Steuerung und Überwachung der Pumpe,
- Batterien zur Stromversorgung.



**Abb. 1** ▲ Implantierte und getragene Komponenten des LVAD Typ HeartMate II, LVAD Typ HeartWare und LVAD Typ INCOR im Akku-Betrieb. (Mit freundl. Genehmigung von Thoratec Inc., Pleasanton CA, USA und HeartWare Inc., Framingham MA, USA)

**Notfall-Karten**

Notfallinformationen

Rotationspumpe mit kontinuierlichem Fluss

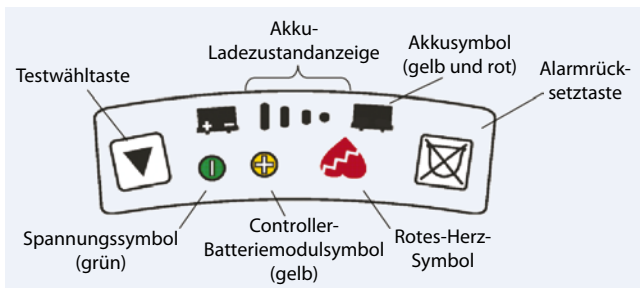
HeartMate II, HeartWare, Incor I, DuraHeart, Jarvik 2000

Kein Puls tastbar Kein Blutdruck messbar	ggf. Pulsoxymeter, Herzfrequenz mit Dopplersonde möglich, nur Mitteldruck	EKG
Bei REA: Übliche Maßnahmen Herzdruckmassage möglich Defibrillation möglich		

Kontaktnummer zum Deutschen Herzzentrum Berlin

030-4593-2128

**Abb. 2** ◀ Systemspezifische Notfallinformationskarte für Rotationspumpen mit kontinuierlichem Fluss, Deutsches Herzzentrum Berlin (Vorderseite). (Mit freundl. Genehmigung des Deutschen Herzzentrums Berlin)



**Abb. 3** ◀ Systemcontroller HeartMate II. Die Anzeigeelemente auf dem Controller geben wichtige Informationen zu Störungen bzw. Betriebszustand des Systems. (Mit freundl. Genehmigung von Thoratec Inc., Pleasanton CA, USA)

**Rotationspumpen mit kontinuierlichem Fluss**

Rotationspumpen sind aktuell die am häufigsten implantierten Pumpen und werden zumeist zur Unterstützung des linken Ventrikels verwendet. Es wird von Einjahresüberlebensraten von 85% berichtet [21].

Zur Unterstützung des linken Ventrikels befindet sich eine Einlasskanüle im Apex des linken Ventrikels. Das Blut wird über eine Axial- oder Zentrifugalpumpe kontinuierlich gefördert und über eine Auslasskanüle in die Aorta gepumpt (Abb. 1). Diese Pumpen sind in der Lage, bis zu 10 l/min zu fördern.

Je nach Art der Lagerung ist diese verschleißfrei (Magnetlagerung, hydrodynamische Lagerung) oder extrem verschleißarm (Keramik/Juwelenlager; [17]). Die Energieversorgung der linksventrikulären Herzunterstützungssysteme erfolgt durch aufladbare Batterien. Deswegen sind diese Pumpen über ein Kabel durch die Bauchdecke (perkutane Driveline) mit einem Controller verbunden, welcher mit 2 Batterien verbunden ist. Je nach Hersteller und Patientenbedingungen sind netzunabhängige Laufzeiten von 4–12 h möglich.

Generell muss immer eine Batterie mit dem Controller verbunden sein, um die Funktion des LVAD aufrechtzuerhalten. Technisches Versagen des Controllers oder der Batterien ist selten. VAD-Koordinatoren, geschulte Techniker oder Schwestern, sind in der Lage, die Batterien und Controller zu wechseln. Tritt solch eine Komplikation außerhalb des Krankenhauses auf, sind die Patienten und Angehörigen geschult, um einen sofortigen Wechsel mit Reservekomponenten (Controller, Batterien) durchzuführen. Die Patienten werden angewiesen, zu jeder Zeit diese Reservekomponenten mit sich zu führen. Sie können jedoch bei plötzlich aussetzender LVAD-Funktion mitunter nicht mehr in der Lage sein, die Komponenten selbst zu wechseln.

Aktuell sind zahlreiche LVAD-Systeme von verschiedenen Herstellern auf dem Markt, von denen in Deutschland v. a.

das HeartMate II® (Thoratec, Pleasanton, CA), das HVAD® (HeartWare, Framingham, MA), das Incor® (BerlinHeart, Berlin), das Duraheart® (Terumo, Ann Arbor, MI), Jarvik2000® (Jarvik) und das HeartAssist 5® (Micromed inc. Houston, TX, USA) implantiert werden [17].

Das weltweit am häufigsten implantierte LVAD ist das HeartMate II® mit über 8000 Implantationen (CE zertifiziert, FDA zugelassen). Empfehlungen zum klinischen Management dieses Systems wurden veröffentlicht [16]. Das System, welches in Europa aktuell auch häufig implantiert wird, ist das seit 2009 CE-zertifizierte HeartWare HVAD® mit weltweit über 1000 Implantationen. Der Controller und wichtige Alarme dieser beiden derzeit weltweit am häufigsten verwendeten Systeme werden in **Abb. 3, 4, 5, 6** dargestellt.

## Vorgehen in Notfallsituationen

### Bewusstsein und Atmung

Wie in allen nationalen und internationalen Guidelines wird auch bei Patienten mit Herzunterstützungssystemen empfohlen, in einer Notfallsituation zunächst das Bewusstsein und die Atmung zu beurteilen. Bei Bewusstlosigkeit des Patienten sollte versucht werden, fremdanamnestic den Grund der Bewusstlosigkeit zu erheben (z. B. Stroke, hämodynamisch, Sturz). Bei Atemstillstand ist die Beatmung nach ERC-Guidelines indiziert.

### Hämodynamik bei Patienten mit Rotationspumpen

Durch den kontinuierlichen Fluss der Rotationspumpe und die daraus resultierende geringe Druckdifferenz zwischen systolischem und diastolischem Druck ist es oft sehr schwierig, den Puls des Patienten bei laufender Pumpe zu tasten. Dies hängt jedoch stark davon ab, inwieweit die Ventrikelfunktion des Patienten noch erhalten ist bzw. sich schon wieder erholt hat. *Die meisten herkömmlichen nichtinvasiven Blutdruckmessgeräte sind nicht empfindlich genug, um die geringen Schwankungen zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck zu erfassen [23].* Auch ein Pulsoxymeter ist keine sichere Methode die Sauerstoffsättigung bei Patienten mit Rotationspumpen zu erfassen [24].

## Zusammenfassung · Abstract

Notfall Rettungsmed 2011 · 14:635–646 DOI 10.1007/s10049-011-1454-8  
© Springer-Verlag 2011

J.K. Vierecke · F. Kaufmann · M. Schweiger · A. Stepanenko · N. Dranishnikov · H. Lehmkuhl · E. Potapov · R. Hetzer · T. Krabatsch

### Erste Maßnahmen und Verhalten bei Störungen eines Kunstherzsystems

#### Zusammenfassung

Die Implantation von Herzunterstützungssystemen („ventricular assist devices“, VAD) ist mittlerweile eine effektive und anerkannte chirurgische Behandlungsmöglichkeit für Patienten mit terminaler chronischer oder akuter Herzinsuffizienz. In Deutschland leben schätzungsweise ca. 400–600 Patienten mit Herzunterstützungssystemen verschiedener Art in häuslicher Umgebung. Dennoch ist die Unterstützung mit einem Herzunterstützungssystem nicht komplikationsfrei. Eine adäquate Einschätzung von Notfallsituationen durch den Ersthelfenden und die schnell-

le und richtige Reaktion darauf sind gerade bei Patienten mit Herzunterstützungssystemen von höchster Wichtigkeit. Dieses Leitthema soll einen Überblick über die unterschiedlichen Arten von Herzunterstützungssystemen und Kunstherzsystemen geben und aufzeigen, welche Notfallmaßnahmen sinnvoll und nötig sind.

#### Schlüsselwörter

Notfallmaßnahmen · Kunstherzsystem · Herzunterstützungssystem · Herzinsuffizienz · Technisches Versagen

### First aid measures and conduct by malfunction of artificial heart systems

#### Abstract

The implantation of “ventricular assist devices” (VAD) is an effective and now well recognized surgical treatment option for patients with terminal chronic or acute heart failure. In Germany it is estimated that approximately 400–600 patients with VADs of different kinds are living in their home environments. Nevertheless, life threatening complication during MCS is rare with modern devices, but is very important that medical and paramedical per-

sonnel correctly assess emergency situations and react to them quickly and optimally. This work gives an overview of the different VAD systems and shows the procedures that are necessary in an emergency.

#### Keywords

Emergency Care · Mechanical circulatory support · Ventricular assist device · Heart failure · Technical failure



Warnleuchten und Signaltöne des System-Controllers






Warnleuchten	Alarmton	Alarmmeldung	Bedeutung	Maßnahme
Rotes Herz 	Ständiger Ton	LOW FLOW HAZARD (Durchsatz niedrig-Gefahr) (auf Anzeigemodul) LOW FLOW PUMP OFF (Pumpe aus), und/oder PUMP DISCONNECTED (Pumpe getrennt) auf dem Systemmonitor	Durchsatz ist < 2,5 l/min, Pumpe steht still, Perikutschleimung ist getrennt oder Pumpe arbeitet nicht ordnungsgemäß.	1. Sicherstellen, dass der System-Controller mit der Pumpe verbunden ist. 2. Vergewissern Sie sich, dass der System-Controller an eine Spannungsversorgung (Batterien, Netzgerät oder Notstromversorgung) angeschlossen ist. 3. Wenn das Problem weiter besteht, ist umgehend zusätzliche Hilfe hinzuzuziehen.
Kein Symbol: Keine Warnleuchten und kein grünes Spannungssymbol	Ständiger Ton	KEINE	Der System-Controller hat keine Stromversorgung.	1. Vergewissern Sie sich, dass der System-Controller an eine Spannungsversorgung (Batterien, Netzgerät oder Notstromversorgung) angeschlossen ist. 2. Wenn der System-Controller an eine Spannungsversorgung angeschlossen ist und der Alarm fortgesetzt wird, zu einer anderen Spannungsversorgung wechseln. 3. Wenn der Alarm auch nach dem Wechseln der Spannungsversorgung weiter ausgegeben wird, den Controller austauschen (siehe die umseitigen Anweisungen).
Rote Batterie 	Ständiger Ton	LOW VOLTAGE (niedrige Spannung)	Unter 5 Minuten Batteriekapazität verbleiben, Spannung zu niedrig oder System-Controller erhält nicht ausreichende Spannung vom Netzgerät.	Die verbrauchten Batterien sofort gegen einen neuen, vollständig aufgeladenen Satz austauschen. Die Batterien <b>nacheinander</b> austauschen. Wenn keine voll aufgeladenen Batterien verfügbar sind, zu Netzgerät- oder Notstromversorgung wechseln. <b>ACHTUNG!</b> Die Stromversorgung darf <b>NIE gleichzeitig von beiden Anschlüssen getrennt werden, ansonsten kommt die Pumpe zum Stillstand.</b> Hinweis: Die Pumpengeschwindigkeit wird langsam abgesenkt, um Strom zu sparen (d.h. „Stromsparbetrieb“), bis der Zustand behoben und der Alarm gelöscht wird.
Gelbe Batterie 	1 Piepton im 4 Sekunden-Takt	Low Voltage Advisory (Niedrige Spannung-Warnung)	Unter 15 Minuten Batteriekapazität verbleiben, Spannung zu niedrig oder System-Controller erhält nicht ausreichende Spannung vom Netzgerät.	Die verbrauchten Batterien sofort gegen einen neuen, vollständig aufgeladenen Satz austauschen. Die Batterien <b>nacheinander</b> austauschen. Wenn keine voll aufgeladenen Batterien verfügbar sind, zu Netzgerät- oder Notstromversorgung wechseln. <b>ACHTUNG!</b> Die Stromversorgung darf <b>NIE gleichzeitig von beiden Anschlüssen getrennt werden, ansonsten kommt die Pumpe zum Stillstand.</b>
Kein Symbol: Keine Warnleuchte	Stakkatoalarmton (sich wiederholender Zyklus: 1 Ton/Sek. für 2 Sekunden, gefolgt von 2 Sek. Stille)	REPLACE SYSTEM CONTROLLER (auf Systemmonitor) REPLACE SYSTEM DIVER (auf Anzeigemodul) (System-Controller ersetzen)	System-Controller arbeitet im Absicherungsmodus.	1. Den System-Controller ersetzen (siehe die umseitigen Anweisungen). 2. Den Arzt des Patienten benachrichtigen. 3. Einen neuen System-Controller bereitstellen. 4. Den neuen Ersatz-Controller mit den für diesen Patienten verschriebenen Einstellungen programmieren.
Gelbe Controller-Zelle 	1 Piepton im 4 Sekunden-Takt	SC Cell module Low (Controller-Batteriemodul schwach) (auf Systemmonitor)	Das Batteriemodul, das den System-Controller-Alarmton speist, ist verbraucht.	System-Controller-Batteriemodul ersetzen.
Schnell blinkendes grünes Spannungssymbol und 4 blinkende grüne, im Sekundentakt blinkende Batterieanzeigelampen 	1 Piepton im Sekunden-Takt	POWER CABLE DISCONNECTED (Stromversorgungskabel nicht angeschlossen)	Eins der Stromkabel ist beschädigt oder getrennt.	1. Getrenntes/loses Kabel wieder einstecken oder festziehen. 2. Bei weiter bestehendem Alarm das System-Controller- und das Netzgerätkabel auf Schäden überprüfen. 3. Wenn das System-Controller- und das Netzgerätkabel beschädigt ist, den Controller (siehe die umseitigen Anweisungen) und/oder das Netzgerät kabel ersetzen. 4. Besorgen Sie einen neuen Ersatz-System-Controller für diesen Patienten.
Kein Symbol: Keine Warnleuchte	KEIN Ton am Netzgerät mit System-Monitor 1 Piepton im 4 Sekunden-Takt im Batterie- oder Netzgerätbetrieb (mit Anzeigemodul)	ACHTUNG: Low Speed Operation (Niederfrequenzbetrieb)	Pumpe arbeitet unterhalb der unteren Geschwindigkeitsgrenze.	Den System-Controller am Systemmonitor anschließen (Alarmton verstummt) und die Festfrequenz erhöhen oder die untere Geschwindigkeitsgrenze niedriger einstellen.

Abb. 4 ◀ Wichtige Alarmlisten LVAD Typ HeartMate II. (Mit freundl. Genehmigung von Thoratec Inc., Pleasanton CA, USA)

Alarm Indicator on Controller

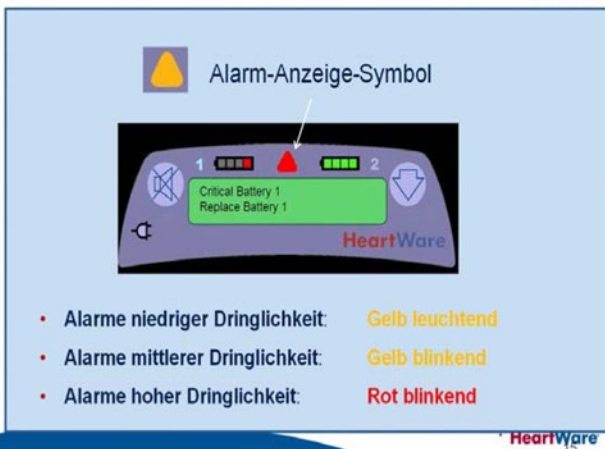


Abb. 5 ▲ Schema des Systemcontrollers Typ HeartWare. Die Anzeigeelemente (1. Zeile) auf dem Controller geben wichtige Informationen zu Störungen bzw. zum Betriebszustand. Außerdem wird ein Lösungsvorschlag angezeigt (2. Zeile). (Mit freundl. Genehmigung von HeartWare Inc., Framingham MA, USA)

Mit einem Gefäßdoppler kann der mittlere Blutdruck auch bei solchen Patienten ermittelt werden, bei denen die Blutdruckmessung mit einem herkömmlichen Blutdruckmessgerät (oszillometrisch) nicht möglich ist. Eine invasive Blutdruckmessung und eine Blutgasanalyse sind in kritischen Situationen sinnvoll. Wichtige Infor-

mationen geben auch das Hautkolorit und der Rekapillarisationstest.

Rotationspumpen sind vor- und nachlastabhängig [26]. Faktoren, welche zu einer Reduktion der Vorlast führen, (z. B. Hypovolämie, medikamenteninduzierte Venodilatation, reverse Trendelenburg-Position, Blutverlust) können eine inad-

äquate Füllung des linken Ventrikels und somit einen inadäquaten Fluss und/oder Ansaugen der Einflusskanüle an den Ventrikel bedingen [27]. Gegebenenfalls alarmiert das System.

Bei Patienten mit einem LVAD kann auch ein Versagen des rechten Ventrikels oder ein erhöhter pulmonaler Widerstand (z. B. durch Hypoxämie, Azidose) zu einer verminderten Füllung des linken Ventrikels und somit zu einem Flussabfall am LVAD führen [25]. Ein niedriger Fluss am LVAD mit einer progressiven Erhöhung des zentralen Venendrucks sollte an ein rechtsventrikuläres Versagen denken lassen. Gegebenenfalls sollten positive inotrope Substanzen (z. B. Dobutamin, Milrinon) oder selektive pulmonale Vasodilatoren in Betracht gezogen werden.

Eine Erhöhung der Nachlast kann ebenfalls zu einem Abfall des Flusses am LVAD führen. Es wird empfohlen, einen mittleren Blutdruck von 70–80 mmHg anzustreben und 90 mmHg nicht zu überschreiten [16].

EKG/Herzrhythmusstörungen/Defibrillation bei Patienten mit Rotationspumpen

Ein EKG kann bei allen Patienten, außer bei Patienten mit totalem Kunstherz, pro-

blemlos abgeleitet werden. Durch den Anschluss der Einflusskanüle am Ventrikel zeigen sich bei vielen Patienten Erregungsbildungsstörungen, Rückbildungsstörungen und auch Blockbilder, welche nur im Vergleich zum Vorbefund adäquat zu beurteilen sind. Der Rhythmus ist jedoch gut zu beurteilen. Rhythmusstörungen wie Kammerflimmern sollten umgehend mittels Defibrillation terminiert werden, da der rechte Ventrikel bei Patienten mit LVAD *nicht* durch ein Herzunterstützungssystem versorgt ist und bei höhergradigen Rhythmusstörungen auf Dauer nicht genügend Volumen für das LVAD zur Verfügung stellen kann. Folglich kommt es in vielen Fällen zu einem Flussabfall am LVAD. Patienten können aber auch über Stunden unter Kammerflimmern hämodynamisch stabil bleiben.

Eine Trennung der Pumpe von der Energiequelle vor Defibrillation/Kardioversion ist nicht nötig. Antiarrhythmische Medikation kann nach ERC-Guidelines verabreicht werden.

### Orientieren, um welche Art von Kunstherzsystem es sich handelt

Entsteht eine Notfallsituation außerhalb des Krankenhauses, sollte man sich nach Überprüfung und Sicherung der Vitalparameter orientieren, um welches Kunstherzsystem/Herzunterstützungssystem es sich handelt.

### Notfallkarten

Patienten des Deutschen Herzzentrums Berlin tragen in der Komponententasche oder Geldbörse Notfallkarten mit sich (Abb. 2). Eine größere Notfallkarte wurde für die häusliche Umgebung entwickelt. Die Patienten sind angewiesen, diese in der Eingangsumgebung ihrer Wohnung anzubringen.

Diese Notfallkarten enthalten kurze Informationen, um welches System es sich handelt und welche Notfallmaßnahmen möglich und nötig sind sowie Besonderheiten, z. B. den Fakt, dass kein EKG bei einem Patienten mit einem TAH abgeleitet werden kann und der Puls eines Patienten mit LVAD mit kontinuierlichem Fluss möglicherweise nicht tastbar ist. Weiterhin ist eine 24 h/7 Tage-Notfallkontaktnummer angegeben. Auf der Rückseite der größeren Notfallkarte ist ein Controllerwechsel (Rotationspumpe) oder der

**Abb. 6** ▶ Wichtige Alarme LVAD Typ HeartWare. (Mit freundl. Genehmigung von HeartWare Inc., Framingham MA, USA)

**HeartWare**

### Alarme mittlerer Dringlichkeit (gelb blinkend)

Alarm Type	Alarm-Anzeige (1. Zeile)	Aktion (2. Zeile)	Bedeutung
Alarme mittlerer Dringlichkeit	Steuereinheit-Fehler	Anrufen	Mögliche Fehlfunktion des Controllers
	Steuereinheit - Fehler	Anrufen: Alle Alarme aus	Mögliche Fehlfunktion des Controllers
	Hohe Leistung	Anrufen	Änderung im System wurde festgestellt
	Elektrischer Fehlalarm	Anrufen	
	Niedriger Fluß	Anrufen	
Ansaugen	Anrufen		

Allmähliche Zunahme der Lautstärke in der ersten Minute, sofern der Alarm nicht stummgeschaltet wird. Alarm-Stummschaltung für 5 min möglich.

**HeartWare**

### Alarme hoher Dringlichkeit (rot blinkend)

Alarm Type	Alarm-Anzeige (1. Zeile)	Aktion (2. Zeile)	Bedeutung
Alarme hoher Dringlichkeit	Pumpe steht	Driveline konnektieren	Driveline Diskonnektiert oder ein Steckerproblem
	Pumpe steht	Steuereinheitwechseln	Steuereinheit Fehler
	Kritische Batterie1	Batterie 1 ersetzen	Batteriealarm
	Kritische Batterie 2	Batterie 2 ersetzen	Batteriealarm
	Steuereinheit Defekt	Steuereinheit wechseln	Steuereinheitproblem

Lauter Alarm kann nicht stummgeschaltet werden!



**Abb. 7** ▶ Batterie-wechsel HeartMate II. (Mit freundl. Genehmigung von Thoratec Inc., Pleasanton CA, USA)

Betrieb mit der Handpumpe im Notfall (pulsatile pneumatische Pumpe, s. unten) beschrieben. Zur schnellen telefonischen Identifikation in Notfallsituationen haben alle Karten systemspezifische Farben. Seit einiger Zeit bietet das Deutsche Herzzentrum Berlin reguläre VAD-Workshops für Polizei, Notärzte und Feuerwehr an.

### Arbeitet das VAD?

Um sicher festzustellen, ob das LVAD pumpt oder nicht, ist zunächst die Hand unterhalb des linken Rippenbogens aufzulegen oder ein Stethoskop zur Auskulta-

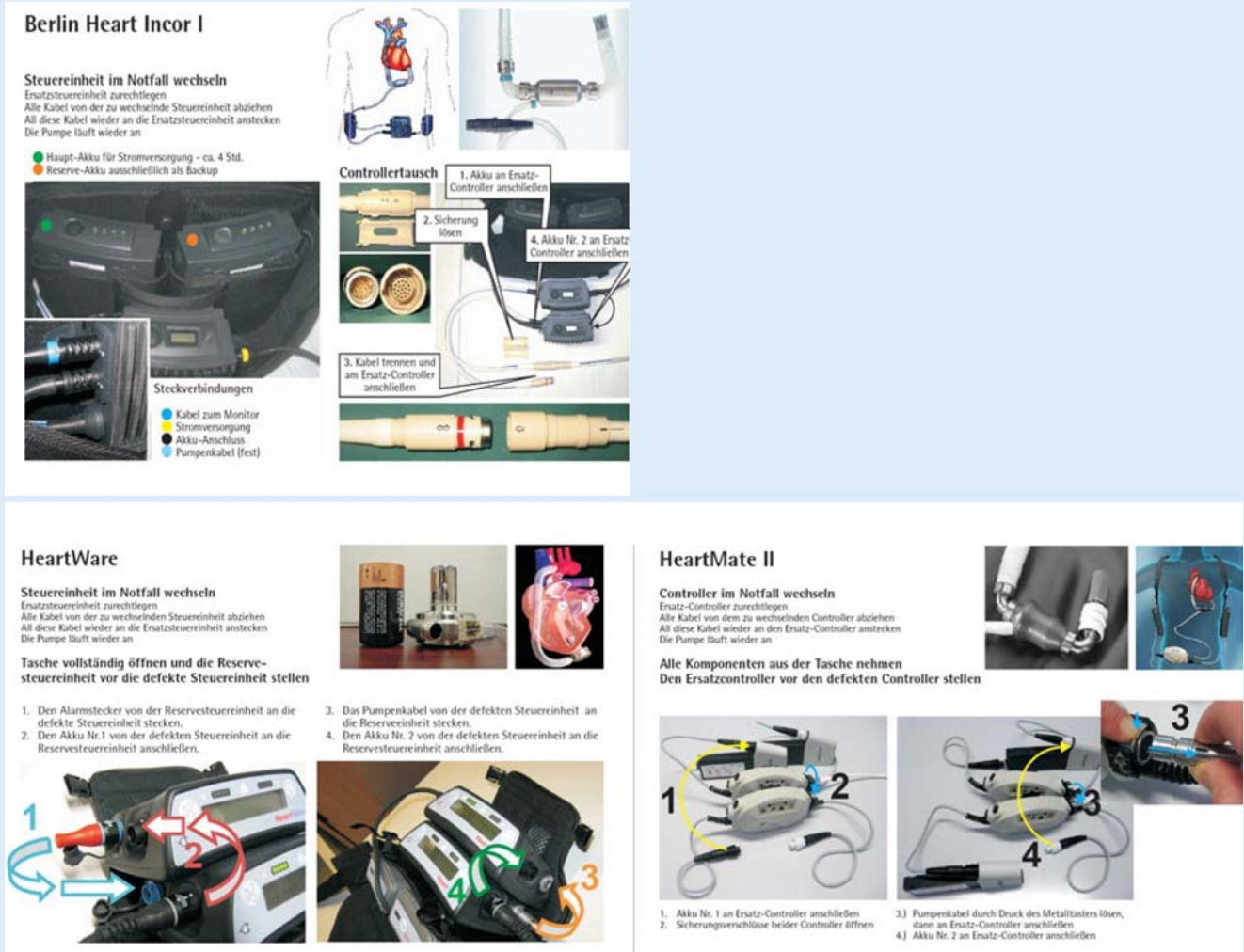
tion zu benutzen. Arbeitet das LVAD, hört bzw. spürt man ein gleichmäßiges Maschinengeräusch (Summen, Vibrieren).

### Alarme

Die Alarme und die Anzeige auf dem Controller geben ebenfalls wichtige Informationen z. B. über den Akkuladenzustand oder einen Funktionsausfall der Pumpe (Abb. 3, 4, 5, 6).

### Kontrollieren der Verbindungen

Arbeitet die Pumpe nicht, sind die Verbindungen zwischen Systemcontroller und Pa-



**Abb. 8 ▲** Systemspezifische Notfallinformationskarte Deutsches Herzzentrum Berlin (Rückseite), Beschreibung eines Control- lertauschs im Notfall bei LVAD Typ INCOR (*oben*), Typ HeartWare (*links*), LVAD Typ HeartMate II (*rechts*). (Mit freundl. Genehmi- gung des Deutschen Herzzentrums Berlin)

tientenkabel sowie zu den beiden Batterien zu überprüfen (▣ **Abb. 1**). Lose Verbindungen sollten wieder hergestellt werden, um die Pumpe wieder zu starten. Läuft die Pumpe dadurch nicht wieder an, sind die alten Batterien durch neue, geladene zu ersetzen (▣ **Abb. 7**) oder der Patient sollte an ein Netzgerät angeschlossen werden.

— **Es ist von höchster Wichtigkeit, dass immer mindestens eine geladene Batterie am Controller angeschlossen ist.**

Zwei von 281 Patienten in der HeartMa- te-II-BTT-Studie und 5 von 133 (4%) der DT-Studie verstarben, weil falsch platzier- te Batterien das VAD nicht mit Strom ver- sorgt hatten [1, 6].

Läuft das LVAD auch danach nicht wieder an, sollte ein Controllerwechsel gemäß ▣ **Abb. 8** durchgeführt werden.

**Ausfall eines LVAD/Restart LVAD**

In der Regel sind LVADs lebenserhalten- de Systeme. Die linksventrikuläre Funk- tion des Patienten reicht oft nicht oder nur für eine gewisse Zeit aus, um ohne LVAD-Unterstützung einen adäquaten Kreislauf aufrechtzuerhalten. Bei einem Ausfall des LVAD sollten alle Versuche unternommen werden, die Funktion der Pumpe so schnell wie möglich wiederher- zustellen.

Im Falle eines Pumpenstopps besteht grundsätzlich immer die Gefahr einer Ge- rinnelbildung in der Pumpe. Dies hängt vom Antikoagulationsstatus des Patien-

ten, vom Blutrückfluss über die Pumpe und der Länge des Pumpenstopps ab. Da kontinuierlich pumpende Herzunterstüt- zungssysteme nicht über Klappen verfü- gen, kommt es bei Stillstand der Pumpe zu einem retrograden Blutfluss aus der Aor- ta über die Pumpe in den linken Ventri- kel. Unter normalen Blutdruckbedingun- gen beträgt z. B. der Rückfluss über eine HeartMate-II-Pumpe etwa 1–2 l/min [16].

Gelingt es, die Pumpe wieder in Be- trieb zu nehmen, besteht die Gefahr eines thrombembolischen Ereignisses. Nach welcher Zeit eine Rotationspumpe nicht mehr in Betrieb genommen werden sollte, wird kontrovers diskutiert. Nach unserer Erfahrung kann eine Pumpe nach einem bis zu 3-minütigen Stillstand problemlos wieder in Betrieb genommen werden.



Bei den implantierbaren Systemen ist die elektrische Zuleitung zu den Pumpen die mechanisch am meisten belastete Komponente. Wiederholt wurden bei verschiedenen Modellen Kabeldefekte, meist intrakorporal, beobachtet, sodass ein Pumpentausch notwendig wurde [17]. Sollte ein intrakorporaler Kabeldefekt bestehen, gelingt es in der Regel nicht, die Pumpe wieder in Gang zu setzen. Patienten mit genügender Eigenherzfunktion können zwar über Stunden hämodynamisch stabil bleiben, sie sollten jedoch so schnell wie möglich in das nächste VAD-Zentrum gebracht werden.

### Medikamente

Medikamente können bei allen VAD-Patienten nach ERC-Guidelines [19] verabreicht werden. Katecholamine können zur Unterstützung der Eigenherzfunktion (nicht bei TAH) notwendig werden, wenn das LVAD ausfällt oder es zu Rechtsherzversagen kommt. Flüssigkeit sollte je nach Situation z. B. bei Hypovolämie oder Ansaugalarmen gegeben werden. Wenn kein Anhalt für eine Blutung (z. B. intrakraniell) oder eine heparininduzierte Thrombozytopenie besteht, kann Heparin (z. B. 5000 IE) verabreicht werden.

### Herzdruckmassage

Ob eine Herzdruckmassage bei Patienten mit Herzunterstützungssystem durchgeführt werden sollte oder nicht, wird weltweit kontrovers diskutiert. Durch das Fehlen des Pulses und des Blutdrucks bei Patienten mit Rotationspumpen kann eine Notfallsituation außerdem schnell fehlgedeutet werden. Es wurden bereits Fälle beschrieben, in denen eine Herzdruckmassage trotz adäquat laufender Pumpe durchgeführt wurde.

Einige Hersteller von Rotationspumpen empfehlen, keine extrakorporale Herzdruckmassage durchzuführen (z. B. Thoratec), da diese mit dem Risiko von schweren Blutungskomplikationen durch Verletzung der Verbindungsstelle zwischen Einflusskanüle und Apex und/oder Ausflusskanüle und Aorta verbunden sein kann. Andere Hersteller (z. B. HeartWare) empfehlen, eine Herzdruckmassage im Notfall durchzuführen.

Wir empfehlen bei Kreislaufstillstand (d. h. bei VAD Ausfall, kein Blutdruck

**Abb. 9** ▶ Pulsatiles bi-ventrikuläres Herzunterstützungssystem Typ Excor der Firma BerlinHeart mit pneumatischem mobilem Antriebssystem (links) und parakorporalen Blutpumpen. (Mit freundl. Genehmigung von BerlinHeart GmbH, Berlin, Deutschland)



und Puls messbar, also keine Eigenherzfunktion) und wenn das Herzunterstützungssystem nicht wieder in Gang gesetzt werden kann, eine Herzdruckmassage durchzuführen.

Eine Ausnahme stellt das totale Kunstherz dar (s. unten). In diesem Fall ist eine Herzdruckmassage nicht möglich und darf nicht versucht werden.

### Blutung/Thrombembolie/Antikoagulation

Die meisten Patienten werden mit Vitamin-K-Antagonisten antikoaguliert mit einem VAD-spezifischen Ziel-INR zwischen 1,5 und 3,5 (DHZB: HeartMate II 2–2,5, HeartWare 2,5–3, INCOR 2,5–3). Die meisten Patienten sind instruiert, selbstständig den INR mit einem CoaguCheck®-Gerät zu messen. Zusätzlich werden die Patienten mit ASS (81–325 mg) oder Aggrenox (25 mg ASS + 200 mg Dipyridamol) therapiert. Durch die Antikoagulation und die Entwicklung von Gerinnungsstörungen wie vWF-Mangel [13, 14, 15] haben v. a. Patienten mit einer Rotationspumpe mit kontinuierlichem Fluss auch ein *erhöhtes Blutungsrisiko*. Nach

unseren Erfahrungen sollte jedoch Konakion (Vitamin K) nur bei lebensbedrohlichen Blutungen verabreicht werden, da ein suboptimaler INR-Bereich schnell zu thrombembolischen Komplikationen führen kann. Wir empfehlen bei einem INR > 5 den Patienten zu hospitalisieren und langsam ein FFP zu transfundieren.

Auch bei sorgfältig überwachter Antikoagulation kann es durch die Gerinnungsaktivierung des Blutes durch den Kontakt mit den verwendeten künstlichen Oberflächen (Titan, Silikon, Polyurethan u. a.) zur Bildung von Gerinnseln und thrombembolischen Ereignissen (z. B. Schlaganfall: 6,5%/0,08 events/pts.-year [21]) kommen. In seltenen Fällen (0,02 events/pts.-year, 4–1,4% [6]), v. a. bei ungenügender Antikoagulation oder Entwicklung einer HIT II, kann es zu einer Pumpenthrombose [6, 12] kommen. Dies ist eine schwerwiegende Komplikation, welche mit einem schlechten Outcome behaftet ist (ca. 50% Survival [12]).

In diesem Fall muss der Patient so schnell wie möglich in ein VAD-Zentrum gebracht werden, um einen häufig erforderlichen chirurgischen Pumpenwechsel

## Notfallinformationen

**Extrakorporales pneumatisches Unterstützungssystem**  
 Berlin Heart Excor BVAD oder LVAD  
 (zwei bzw. eine Blutpumpe)

BLAU

Bei Antriebsstillstand: Notbetrieb mit Handpumpe  
 Bei Kanülenleck: Abdichten (mit Pflaster umwickeln!)

Bei REA: Übliche Maßnahmen  
 Herzdruckmassage möglich  
 Defibrillation möglich

BLAU

Kontaktnummer zum Deutschen Herzzentrum Berlin

# 030-4593-2128

**Berlin Heart Excor**

**Betrieb der Handpumpe**

Antriebsschlauch/-schläuche an die Anschlussbuchsen stecken und die Handpumpe alternierend betätigen.



**Akku-Wechsel**

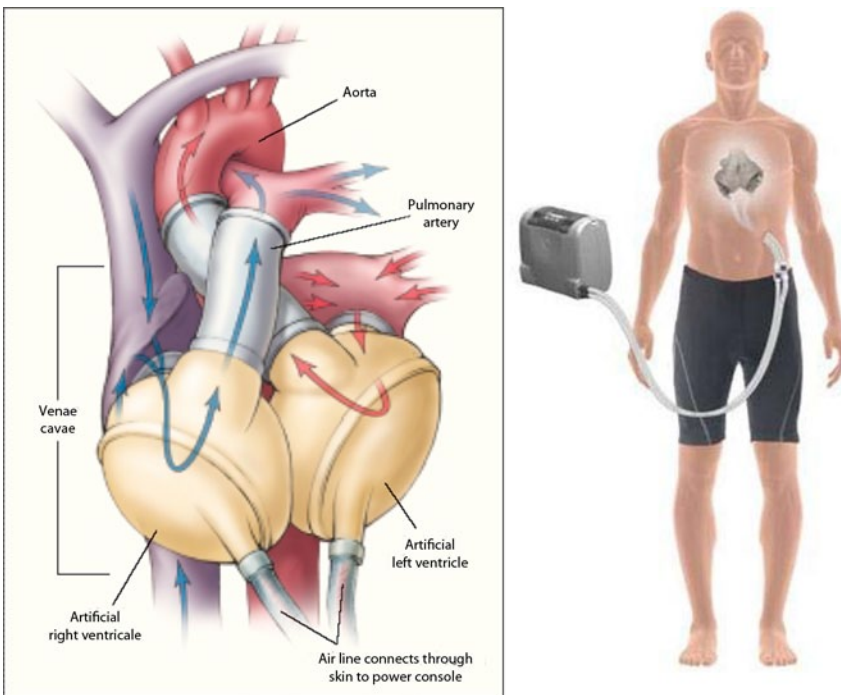
**Entnahme:**  
 Drücken Sie den seitlich angebrachten Knopf an der Oberseite des Akkus und ziehen Sie den Akku aus der Trägereinheit.



**Einsetzen:**  
 Setzen Sie den Akku (Display nach oben) entlang der Führungsschiene von oben in die Trägereinheit ein, bis dieser einrastet.



**Abb. 10** ▲ Systemspezifische Notfallinformationskarte, Deutsches Herzzentrum Berlin, extrakorporales pneumatisches Herzunterstützungssystem Typ EXCOR und Instruktionen zum Handpumpenbetrieb (*rechts*). (Mit freundl. Genehmigung des Deutschen Herzzentrums Berlin)



**Abb. 11** ▲ Darstellung eines totalen Kunsterzens (TAH: "total artificial heart"). *Links*: Anschluss der Kunstherzventrikel an das Gefäßsystem des Patienten. *Rechts*: mobiles pneumatisches Betriebssystem Typ „Freedom“, angeschlossen durch perkutane Druckluftschläuche. (Mit freundl. Genehmigung von Syncardia Systems®)

durchzuführen oder eine Lysetherapie zu diskutieren.

Da nicht jede Pumpenthrombose mit einem völligen Verlust der Pumpleistung des VAD einhergeht, kann es schwierig sein, eine Pumpenthrombose klar zu diagnostizieren. Anzeichen einer Rotationspumpenthrombose kann ein steigender (Thrombus in der Pumpe – verursacht Reibung) oder sinkender Energieverbrauch (Thrombus vor der Pumpe

verringert den Fluss und damit die Energieaufnahme) des Systems sein. Das VAD alarmiert (z. B. „high power“, „low flow“). Die Hämolysewerte (freies Hämoglobin, Haptoglobin, LDH) im Blut können ansteigen und der Patient zeigt ggf. eine Makrohämaturie.

### Pulsatile Herzunterstützungssysteme

Pulsatile Systeme werden heutzutage nur noch selten implantiert. Diese sind meist pneumatisch angetriebene Pumpen, bei denen das in eine Blutkammer einströmende Blut durch eine Membran von einer Luftkammer getrennt ist. Durch Druckluft wird das Blut in der Kammer verdrängt und in die Aorta (LVAD) bzw. Lungenarterie (RVAD) oder in beide (BVAD) ausgeworfen. Zwei künstliche Klappen verhindern einen Rückstrom des Blutes. Das eigene Herz des Patienten verbleibt dabei in situ. Die Pumpkammern können sich parakorporal (Abb. 9) oder intrakorporal befinden. Aktuell sind Systeme verschiedener Hersteller auf dem Markt: EXCOR® (Berlin Heart), PVAD® (Thoratec), IVAD® (Thoratec), HIAVAD (Medos).

In Deutschland wird vorrangig das parakorporale System EXCOR der Firma BerlinHeart implantiert (Abb. 9), weltweit das PVAD der Firma Thoratec.

### Blutdruck und Puls bei pulsatilen Systemen

Diese Systeme pumpen mit einem nicht EKG-getriggerten pulsatilen Fluss. Dadurch ist es möglich, dass Puls (z. B. 80/min) und EKG (z. B. 70/min) mit unterschiedlichen Frequenzen auftreten. Durch den pulsatilen Fluss ist der Puls gut tastbar und das Standardmonitoring mittels



**Notfallinformationen**

**Totales Kunstherz  
Cardiowest**

Bei Antriebsstillstand: auf Ersatzantrieb wechseln  
(Akkus anschließen und Selbsttest abwarten, Luftschläuche umstecken)

**Keine Herzdruckmassage oder Defibrillation möglich,  
EKG nicht auswertbar, da kein  
eigenes Herz vorhanden**

Blutdruck- und Pulsmonitoring möglich

---

Kontaktnummer zum Deutschen Herzzentrum Berlin

030-4593-2128

ROT

**Totales Kunstherz  
Cardiowest**

Auf Ersatzantrieb wechseln:  
- Akkus einstecken  
- Selbsttest abwarten  
- Schläuche umstecken

rechts raus / links raus  
links rein / rechts rein

danach

Ausschalten des defekten Systems:  
Netz raus,  
1. Akku raus, **roten Knopf** gedrückt halten und  
2. Akku rausnehmen

ROT





**Akku-Wechsel**

**Entnahme:**  
Drücken Sie den seitlich angebrachten Knopf an der Oberseite des Akkus und ziehen Sie den Akku aus der Trägereinheit.



**Einsetzen:**  
Setzen Sie den Akku (Display nach oben!), entlang der Führungsschiene, von oben in die Trägereinheit ein, bis dieser einrastet.

**Abb. 12** ▲ Systemspezifische Notfallinformationskarte Deutsches Herzzentrum Berlin, totales Kunstherz (Cardiowest) und Instruktionen zum notfallmäßigen Wechsel auf einen Ersatzantrieb Antrieb EXCOR. (Mit freundl. Genehmigung des Deutschen Herzzentrums Berlin)

nichtinvasiver Blutdruckmessung und Pulsoxymeter anwendbar [22].

### Störungen eines pulsatilen VAD

Pulsatile LVADs oder BVADs sind lebenserhaltende Systeme. Fällt ein pulsatile System aus, verstummt das sonst deutlich hörbare Pumpengeräusch. Die Herzfunktion des Patienten reicht oft nicht oder nur für eine gewisse Zeit aus, um einen adäquaten Kreislauf zu generieren. Im Falle eines Ausfalls des VAD sollten alle Versuche unternommen werden, die Funktion der Pumpe so schnell wie möglich wiederherzustellen. Im Falle eines Pumpenstopps besteht grundsätzlich immer die Gefahr einer Gerinnselbildung in der Pumpe. Dies hängt vom Antikoagulationsstatus des Patienten und der Länge des Pumpenstopps ab. Einen Rückfluss über die Pumpe gibt es nicht, da die Pumpen mit mechanischen Klappen ausgestattet sind. Gelingt es, die Pumpe erst nach einiger Zeit wieder in Betrieb zu nehmen, besteht daher die Gefahr eines thrombembolischen Ereignisses. Nach welcher Zeit die Pumpe nicht wieder in Betrieb genommen werden soll, wird kontrovers diskutiert.

Bei einem Systemstillstand sollte zunächst überprüft werden, ob ausreichend geladene Batterien am Antrieb angeschlossen sind. Läuft das System auch nach Austausch der Batterien nicht an, steht zum Notbetrieb eine Handpumpe zur Verfügung (■ **Abb. 10**). Beim Handbetrieb ist auf eine komplette Füllung und Entleerung der Pumpe zu achten.

Läuft das Antriebssystem, sind dabei aber offensichtlich die Blutpumpen ohne Funktion, sollte als erstes die Konnektion zwischen Antrieb und Pumpe und Patienten und Pumpe (bei parakorporalen Systemen) überprüft werden. Ein Leck an der pneumatischen Druckluftleitung ist, umgehend abgedichtet, keine schwerwiegende Komplikation.

Sollte ein Riss an einer blutführenden Kanüle auftreten, muss dieses Leck sofort abgedichtet werden und die Kanüle geschient (immobilisiert) werden. Ansonsten besteht die Gefahr einer Luftembolie und/oder eines erheblichen Blutverlusts. Bei einem größeren Leck muss die entsprechende Pumpe sofort gestoppt werden, indem die Antriebsleitung dekonnetiert wird und die Zu- und Abflusskanülen abgeklemmt werden.

Eine Ruptur der Membran zwischen Blut- und Luftkammer äußert sich in einer Kissenbildung zwischen den einzelnen Teilmembranen. Die Pumpe muss umgehend getauscht werden, da dies eine Funktionseinschränkung darstellt. Ein unmittelbares Risiko einer Embolie besteht nicht, da die Pumpenmembran mehrschichtig aufgebaut ist und fast immer nur eine Teilmembran einreißt.

Eine inotrope Katecholamintherapie zur Unterstützung der verbliebenen Herzfunktion, andere Medikamente und Flüssigkeit (z. B. bei Hypovolämie) können nach ERC-Guidelines verabreicht werden. Ist kein adäquater Kreislauf zu etablieren, kann eine Herzdruckmassage unter strenger Indikationsstellung (s. oben) durchge-

führt werden. Der Patient sollte schnellstmöglich in ein VAD-Zentrum gebracht werden.

### Sonderfall BVAD

Bei einem isolierten Ausfall der linken Pumpe eines BVAD sollte zur Vermeidung eines Lungenödems die rechte Pumpe entweder ebenfalls gestoppt werden oder die linke Pumpe sofort wieder in Gang gesetzt werden.

### TAH – „total artificial heart“

Eine Sonderstellung der heute klinisch eingesetzten implantierbaren Systeme nehmen die totalen Kunstherzen ein. Zu ihrer Implantation wird das natürliche Herz entfernt und an seiner Stelle werden zwei künstliche Blutpumpen an den Vorhöfen (linkes und rechtes Atrium) und großen Gefäßen (Aorta, Pulmonalarterie) angeschlossen (■ **Abb. 11**). Die Pumpen werden pneumatisch, also mit Druckluft, angetrieben. Weltweit existiert derzeit nur ein zugelassenes System: Das Cardiowest TAH der Firma Syncardia.

### Blutdruck und Puls bei Patienten mit totalem Kunstherz

TAHs generieren einen pulsatilen Fluss. Der Puls ist gut tastbar und der Blutdruck mit herkömmlichen Methoden messbar. Bei einem  $MAD > 100$  mmHG kann es (je nach Antrieb) zu einem Flussabfall am System kommen und das System alar-

**Infobox Checkliste zum Vorgehen in Notfallsituationen**

1. Bewusstsein, Neurologie
  - a) Anamnese, Fremdanamnese (z. B. Stroke, hämodynamisch bedingt)
2. Atmung
  - a) Wenn nein → Beatmung nach ERC-Guidelines
3. Hämodynamik
  - a) Puls (Rotationspumpen: ggf. nicht tastbar)
  - b) Blutdruck (Rotationspumpen: ggf. nicht messbar mit NIBP)
  - c) Sauerstoffsättigung (Rotationspumpen: ggf. mit Pulsoxymeter nicht messbar)
  - d) Rekapillarisationstest, Hautkolorit beachten
  - e) Ggf. Blutgasanalyse
  - f) EKG
    - I. Bei Kammerflimmern → Defibrillation möglich, keine Dekonnektion des Geräts nötig
  - g) Orientieren, um welches Kunstherzsystem es sich handelt
  - h) Notfallkarte vorhanden? Notfallnummer anrufen, dort sind weitere Instruktionen zu erwarten
  - i) Pumpst das Kunstherzsystem?
    - I. Auskultation, Palpation des Kunstherzens
    - II. Display Controller, Alarmer (s. Abbildungen)
4. Kein Kreislauf/kardiogener Schock
  - a) Restart VAD innerhalb von wenigen Minuten (Cave: thrombembolisches Ereignis)
    - I. Patientendriveline mit dem Controller verbunden?
    - II. Batterien mit dem Controller verbunden? → Reconnect
    - III. Ggf. Batteriewechsel
    - IV. Ggf. Controllerwechsel
  - b) HDM durchführen (Cave: Verletzungsgefahr)
  - c) Ggf. ECLS
5. Medikamentengabe nach ERC-Guidelines
6. Patient in jeder Notfallsituation schnellstmöglich in ein VAD-Zentrum bringen

miert. Es besteht daneben das Risiko eines Lungenödems durch Volumenüberladung der Lunge. Da sich kein Ventrikel in situ befindet, ist die EKG-Ableitung nicht zu beurteilen und eine Defibrillation sinnlos.

**Ausfall TAH**

Totale Kunstherzen sind lebenserhaltende Systeme. Fällt ein TAH aus, verstummt das sonst hörbare Pumpengeräusch. Da sich kein eigenes Herz mehr in situ befin-

det, kommt es zum sofortigen Kreislaufzusammenbruch (kein Puls, kein Blutdruck) und der Patient ist nach wenigen Sekunden bewusstlos. Es müssen daher sofort alle Versuche unternommen werden, die TAH-Funktion so schnell wie möglich wiederherzustellen. Zu überprüfen ist die Verbindung zwischen Patient und Antrieb. Falls sich dort ein Luftleck befindet, muss dieses umgehend abgedichtet werden. Es sollte überprüft werden, ob sich geladene Batterien im Antrieb befinden und ggf. getauscht werden. Zu jeder Zeit muss sich mindestens eine Batterie im Antrieb befinden, da das TAH sonst sofort stoppt. Wenn das TAH nicht anläuft, sollte umgehend der Antrieb getauscht werden (▣ **Abb. 12**). Eine Herzdruckmassage, positiv inotrope Substanzen oder Defibrillation sind wirkungslos.

**Schneller Transport in ein VAD-Zentrum**

Alle Patienten sind engmaschig an ein VAD-Zentrum angebunden und sollten in einer Notfallsituation (z. B. VAD-Ausfall) so schnell wie möglich in das nächstgelegene oder das behandelnde VAD-Zentrum transportiert werden. Beim Transport muss darauf geachtet werden, dass frisch geladene Batterien angeschlossen sind und geladene Ersatzbatterien, Ersatzcontroller und die Powerunit (Netzkabel) mitgeführt werden, um die Pumpe in jeder Situation mit Energie versorgen zu können. Außerdem sollten auch die Ladestation und die Patientendokumentationen (z. B. INR-Ausweis, VAD-Leistungsdokumentationen) mitgeführt werden.

**Vorgehen in Notfallsituationen**

Zum Vorgehen in Notfallsituation bei Patienten mit VAD wurde ein Checkliste entwickelt (s. ▣ **Infobox**). Eine weitere Übersicht zur Notfallversorgung vermittelt ▣ **Tab. 1**.

**Vorgehen in Notfallsituationen bei Patienten mit Rotationspumpen an 2 Fallbeispielen****Fall I**

Die Ehefrau eines LVAD-Patienten rief den Notarzt, da der Ehemann seit 1 h nicht

ans Telefon ging. Sie berichtete außerdem über eine stattgehabte Notfallvorstellung vor 2 Tagen in der heimischen Notaufnahme wegen starken Nasenblutens. Dort habe man Ihrem Mann Vitamin K verabreicht. Der INR sei seit diesem Zeitpunkt unterhalb des Zielbereichs.

Der Notarzt erreichte die Wohnung und fand nach Aufbrechen der Wohnungstür den Patienten bewusstlos vor. Pupillenreaktionen beidseits, isocor; Atmung regelmäßig, rosiges Hautkolorit; Puls beidseits nicht tastbar, Blutdruck nicht messbar, Sauerstoffsättigung nach längerem Probieren 97% mit mäßiger Qualität, wenig pulsatil; EKG regelmäßiger Sinusrhythmus, Erregungsrückbildungsstörungen und Blockbild; Auskultation: regelmäßige Herzaktion, gleichmäßiges Maschinengeräusch unterhalb des linken Rippenbogens hörbar, Vibrieren tastbar; Sichtung eines Kabelaustritts unterhalb des Rippenbogens; es wurden alle Verbindungen kontrolliert. Die Verbindung zum Controller stellte sich intakt dar. Die Verbindungen vom Controller zu 2 Batterien stellten sich ebenfalls intakt dar. Es wurden die Alarmer auf dem Controller kontrolliert; dort blinkte das Batteriesymbol auf, das System alarmierte.

In der Controllertasche des Patienten befand sich eine Notfallinformationskarte mit Informationen über Patienten mit Rotationspumpen. Der Notarzt erhielt so die Information, dass Puls und Blutdruck mit herkömmlichen Blutdruckmessgeräten bei Patienten mit Rotationspumpen oft nicht messbar sind. Es war eine Notfallnummer angegeben. Daher wurde ein Telefonkontakt mit einem Kardiotechniker eines VAD-Zentrums hergestellt, und der Notarzt erhielt detaillierte Anweisungen zum Batteriewechsel. Als wichtiger Hinweis wurde erwähnt, dass immer eine geladene Batterie an dem Controller angeschlossen sein muss, da sonst das LVAD sofort stoppt. Es wurde weiterhin darauf hingewiesen, für den Transport geladene Batterien, Ersatzbatterien und das Netzkabel mitzuführen, um in jeder Situation eine ausreichende Energieversorgung der Pumpe sicherzustellen.

Es folgte ein schneller Transport des stabilen VAD-Patienten mit all seinem Equipment (Batterien, Powerunit (Netzkabel), Ersatzcontroller, Patientendoku-

**Tab. 1 Übersicht zur Notfallversorgung von VAD-Patienten**

VAD-Typ	Intrakorporale LVADs	Totales Kunstherz (TAH)	Parakorporale VADs
Flusstyp	Kontinuierlicher Fluss	Pulsatiler Fluss	Pulsatiler Fluss
Beispiele	HeartMate II HeartWare Berlin Heart Incor	TAH Syncardia	BerlinHeart Excor (LVAD/BVAD) Thoratec PVAD (LVAD/BVAD)
Puls tastbar, NIBP	Nur wenn eine gute Eigenkontraktibilität (ggf. Doppler)	Ja	Ja
EKG	Ja, Rhythmus beurteilbar	Nein (keine Ventrikel vorhanden)	Ja, Rhythmus beurteilbar
Defibrillation möglich?	Ja, keine Dekonnektion nötig	Nein	Ja, keine Dekonnektion nötig
Maßnahmen bei Ausfall des VAD	– Check Kreislauf – Eigenherzfunktion ausreichend? – Check Alarme, Batterien, Controller ggf. ersetzen – Notfallnummer anrufen – Restart LVAD (innerhalb weniger Minuten Cave Stroke!) – HDM, wenn kein Kreislauf	– Check Kreislauf – Check Alarme, Batterien, Antrieb ggf. ersetzen – Notfallnummer anrufen – Sofort Restart TAH – Keine HDM	– Check Kreislauf – Eigenherzfunktion ausreichend? – Check Alarme, Batterien, Antrieb ggf. ersetzen – Notfallnummer anrufen – Restart LVAD (innerhalb Minuten Cave Stroke!) – Ggf. pneumatische Handpumpe benutzen – HDM – Sonderfall BVAD: Ausfall linke Pumpe: Restart LVAD oder Stopp RVAD (Cave Lungenödem!)
Handpumpe vorhanden?	Nein	Nein	Ja
Herzdruckmassage	Mit Verletzungsrisiko verbunden, jedoch möglich wenn nötig	Nein	Mit Verletzungsrisiko verbunden, jedoch möglich wenn nötig
Medikamente	Nach ERC-Guidelines 2010	Nach ERC-Guidelines 2010 Positiv inotrope Substanzen sinnlos, da keine Ventrikel vorhanden	Nach ERC-Guidelines 2010

TAH „total artificial heart“, VAD „ventricular assist devices“, LVAD „left ventricular assist device“, BVAD „biventricular assist device“, RVAD „right ventricular assist device“, NIBP „non-invasive blood pressure“.

mentation) in das 100 km entfernte VAD-Zentrum. Dort wurde ein CCT durchgeführt, wo sich ein großes ischämisches Areal im Mediastromgebiet zeigte.

## Fall II

Über die Telefonnummer 112 meldete sich ein 52-jähriger Patient. Er berichtete, dass er Träger eines LVAD Typ HeartWare sei. Dieses wurde vor 30 Tagen implantiert. Er gab an, seit 4 h Luftnot und Schwindel zu haben und sich „nicht wirklich zu fühlen“. Der Notarzt erreichte die Wohnung. Der Patient öffnete dem Notarzt die Tür, er wirkte leicht tachypnoeisch. Orientierende neurologische Untersuchung: unauffällig; Puls und Blutdruck nicht messbar; Sauerstoffsättigung 95%. Der Patient berichtete, ihm sei aufgefallen, dass er normalerweise 5 l Fluss über das LVAD hätte und dass es jetzt nur noch 3 l Fluss wären. Der Notarzt überprüfte die Verbindung vom Patienten zum Controller und vom Controller zu beiden Batterien. Das System alarmierte. Auf dem Display des LVAD HeartWare war „low flow“ zu lesen. Der Notarzt schloss das EKG an. Dort zeigte sich Kammerflimmern. Um Informationen zu bekommen, ob man

Patienten mit LVAD defibrillieren darf und ob man das System zuvor dekonnectieren sollte, wurden die vom Patienten ausgehändigte Notfallnummer angerufen. Dort wurde die Information gegeben, dass Patienten mit LVAD defibrilliert werden können und müssen, da der rechte Ventrikel nicht durch ein VAD unterstützt ist und mit höhergradigen Rhythmusstörungen nicht genügend Volumen für das LVAD zu Verfügung stellen kann. Folglich kann es so zu Kreislaufinstabilität kommen. Eine Dekonnektion vor Defibrillation/Kardioversion war nicht notwendig. Nach Kontrolle des aktuellen INR (Selbstmessung durch CoaguCheck) und nach Anamnese, ob eine HIT II bestche, wurden 5000 IE Heparin zur Thrombembolieprophylaxe verabreicht. Es gelang mittels medikamentöser Therapie mit 150 mg Cordarex i.v. und einer einmaligen Defibrillation unter leichter Sedierung, das Kammerflimmern zu terminieren. Der Patient stabilisierte sich rasch. Der Fluss am Display zeigte 5,5 l an. Das System alarmierte nicht mehr. Der Patient wurde mit dem Hubschrauber in das 400 km entfernte VAD-Zentrum ge-

bracht. Dort bekam er im Verlauf einen AICD implantiert.

## Fazit für die Praxis

- Die Unterstützung mit einem Herzunterstützungssystem ist nicht komplikationsfrei.
- Generell muss immer eine geladene Batterie mit dem Controller verbunden sein, um die Funktion des LVAD aufrechtzuerhalten.
- Die meisten herkömmlichen nicht-invasiven Blutdruckmessgeräte sind nicht empfindlich genug, um die geringen Schwankungen zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck zu erfassen.
- Ob eine Herzdruckmassage bei Patienten mit Herzunterstützungssystem durchgeführt werden sollte oder nicht, wird weltweit kontrovers diskutiert.
- Alle Patienten sollten in einer Notfallsituation (z. B. VAD-Ausfall) so schnell wie möglich in das nächst gelegene oder das behandelnde VAD-Zentrum transportiert werden. Beim Transport muss darauf geachtet werden, dass



**frisch geladene Batterien angeschlossen sind und geladene Ersatzbatterien, Ersatzcontroller und die Powerunit (Netzkabel) mitgeführt werden, um die Pumpe in jeder Situation mit Energie versorgen zu können.**

## Korrespondenzadresse

**Dr. J.K. Vierecke**

Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie,  
Deutsches Herzzentrum Berlin  
Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin  
vierecke@dhzb.de

**Interessenskonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenskonflikt besteht.

## Literatur

- Pagani FD, Miller LW, Russell SD et al (2009) Extended mechanical circulatory support with a continuous-flow rotary left ventricular assist device. *J Am Coll Cardiol* 54(4):312–321
- John R, Kamdar F, Liao K et al (2008) Improved survival and decreasing incidence of adverse events with the HeartMate II left ventricular assist device as bridge-to-transplant therapy. *Ann Thorac Surg* 86(4):1227–1234 (discussion 1234–1235)
- Lietz K, Long JW, Kfoury AG et al (2007) Outcomes of left ventricular assist device implantation as destination therapy in the post-REMATCH era: implications for patient selection. *Circulation* 116(5):497–505 [Epub 2007 Jul 16]
- Slaughter MS, Meyer AL, Birks EJ (2011) Destination therapy with left ventricular assist devices: patient selection and outcomes. *Curr Opin Cardiol* 26(3):232–236
- Rogers JG, Aaronson KD, Boyle AJ et al (2010) Continuous flow left ventricular assist device improves functional capacity and quality of life of advanced heart failure patients. *J Am Coll Cardiol* 55(17):1826–1834
- Slaughter MS, Rogers JG, Milano CA et al (2009) Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device. *N Engl J Med* 361:2241–2251
- Lahpor J (2009) State of the art: implantable ventricular assist devices. *Curr Opin Organ Transplant* 1:6
- Miller LW, Pagani FD, Russell SD et al (2007) Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *N Engl J Med* 357:885–896
- Krabatsch T, Schweiger M, Stepanenko A et al (2011) Mechanical circulatory support—results, developments and trends. *J Cardiovasc Transl Res* 4(3):332–339 [Epub 2011 Mar 11]
- Allen JG, Weiss ES, Schaffer JM et al (2010) Quality of life and functional status in patients surviving 12 months after left ventricular assist device implantation. *J Heart Lung Transplant* 29:278–285
- Potapov E, Stepanenko A, Krabatsch T et al (2011) Managing long-term complications of left ventricular assist device therapy. *Curr Opin Cardiol* 26(3):237–244
- Pagani FD, Miller LW, Russell SD et al (2009) Extended mechanical circulatory support with a continuous-flow rotary left ventricular assist device. *J Am Coll Cardiol* 54:312–321
- Crow S, Chen D, Milano C et al (2010) Acquired von Willebrand syndrome in continuous-flow ventricular assist device recipients. *Ann Thorac Surg* 90:1263–1269 (Article | PDF (587 K) | View Record in Scopus | Cited By in Scopus (6))
- Crow S, Milano C, Joyce L et al (2010) Comparative analysis of von Willebrand factor profiles in pulsatile and continuous left ventricular assist device recipients. *ASAIO J* 56:441–445 (Full Text via CrossRef | View Record in Scopus | Cited By in Scopus (3))
- Meyer AL, Malehsa D, Bara C et al (2010) Acquired von Willebrand syndrome in patients with an axial flow left ventricular assist device. *Circ Heart Fail* 3:675–681
- Slaughter MS, Pagani FD, Rogers JG et al (2010) Clinical management of continuous-flow left ventricular assist devices in advanced heart failure. *J Heart Lung Transplant* 29(Suppl):1–39
- Hetzer R, Hennig E, Mechanische Herzunterstützungssysteme (2010) In: Kramme R (Hrsg) *Medizintechnik Verfahren – Systeme – Informationsverarbeitung* 4. völlig überarb. Aufl. Springer, Berlin S 607–628
- Hetzer R, Krabatsch T, Stepanenko A et al (2010) Long-term biventricular support with the heartware implantable continuous flow pump. *J Heart Lung Transplant* 29(7):822–824 [Epub 2010 Apr 22]
- Nolan JP, Soar J, Zideman DA et al (2010) ERC guidelines writing group European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2010 section 1. Executive summary. *Resuscitation* 81(10):1219–1276
- Krabatsch T, Schweiger M, Dandel M et al (o J) Is bridge to recovery more likely with pulsatile left ventricular assist devices than with nonpulsatile-flow systems?
- Starling RC, Naka Y, Boyle AJ et al (2011) Results of the post-US Food and Drug Administration approval study with a continuous flow left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation: a prospective study using the INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support). *J Am Coll Cardiol* 57(19):1890–1898
- Stone ME, Soong W, Krol M, Reich DL (2002) The anesthetic considerations in patients with ventricular assist devices presenting for noncardiac surgery: a review of eight cases. *Anesth Analg* 95:42–49
- Myers TJ, Bolmers M, Gregoric ID et al (2009) Assessment of arterial blood pressure during support with an axial flow left ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant* 28:423–427
- Oleyar M, Stone M, Neustein SM (2009) Perioperative management of a patient with a nonpulsatile left ventricular-assist device presenting for noncardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [published online ahead of print August 18, 2009] doi:10.1053/j.jvca.2009.06.004
- Dang NC, Topkara VK, Mercado M et al (2006) Right heart failure after left ventricular assist device implantation in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant* 25:1–6
- Nicolosi AC, Pagel PS (2003) Perioperative considerations in the patient with a LVAD. *Anesthesiology* 98:565–570
- Goldstein DJ, Mullis SL, Delphin ES et al (1995) Noncardiac surgery in long-term implantable left ventricular assist-device recipients. *Ann Surg* 222:203–207

### Resuscitation 2012

18.–20.10.2012, Hofburg, Wien



Vom 18. bis 20. Oktober 2012 findet in Wien der internationale Kongress „Resuscitation 2012“ des European Resuscitation Council (ERC) statt, vom Austrian Resuscitation Council (ARC) erstmals in Österreich ausgerichtet. Dessen Vorsitzender Univ.-Doz. Dr. Michael Baubin steht gemeinsam mit Dr. Jan Bahr dem Organisations-Komitee vor.

Merken Sie sich schon jetzt den Termin!

**Informationen, Programm und  
Registrierung unter  
[www.resuscitation2012.eu](http://www.resuscitation2012.eu)**