

Neue Hoffnung für Herzpatienten

- **Mini-Turbine zur Herzunterstützung**
- **Automatische Drehzahlregelung mit dSPACE Prototypen**
- **Mögliche Alternative zur Herztransplantation**

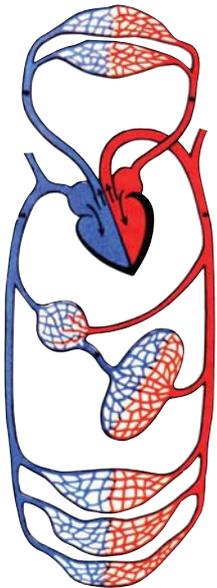
Wegen des Mangels an Spenderherzen überleben viele Herzpatienten die lange Wartezeit auf eine Herztransplantation nicht. Und selbst wenn ein Spenderherz rechtzeitig zur Verfügung steht, bedeutet dies nicht automatisch die Rettung für den Patienten. Denn oft ist sein Organismus bereits derart geschädigt, dass ein Spenderherz die Aufgaben nicht übernehmen kann. Ein Ausweg könnten künstliche Pumpen zur Herzunterstützung sein. In Zusammenarbeit mit der amerikanischen Firma MicroMed Technology, Inc. hat das Allgemeine Krankenhaus in Wien einen Regler entwickelt, der die Pumpleistung der DeBakey VAD® Blutpumpe an den Blutbedarf des Patienten anpasst. Für Labortests und die erste klinische Studie wurde dSPACE Prototypen erfolgreich eingesetzt.

Die Idee zu dieser implantierbaren Miniaturpumpe wurde Ende der 80er Jahre geboren. Der Chirurg Michael DeBakey hatte damals einen herzkranken Turbinen-Ingenieur der NASA operiert und zusammen mit ihm die Idee entwickelt, eine Einspritzpumpe des Space-Shuttles zu verkleinern und an den menschlichen Organismus anzupassen. Dies führte Mitte der 90er Jahre zur Gründung der Firma MicroMed Technology, Inc., die die Pumpe schließlich für die klinische Anwendung realisierte. Mittlerweile ist diese Pumpe seit mehr als vier Jahren erfolgreich im klinischen Einsatz.

eine Gefäßprothese mit der Aorta verbunden. So kann die Blutpumpe die linke Herzkammer unterstützen und den arteriellen Blutdruck erzeugen.

Ein Winzling, der Leben rettet

Die implantierbare Blutpumpe ist genau genommen eine Mini-Turbine von der Größe eines Golfballs. Die spezielle mechanische Rotorlagerung ermöglicht einen leisen und verschleißfreien Betrieb selbst bei Drehzahlen von 12500 U/min. Der besondere Clou ist aber die mittels dSPACE Prototypen regelbare Drehzahl, welche die Pumpleistung dem Blutbedarf des Patienten anpasst,

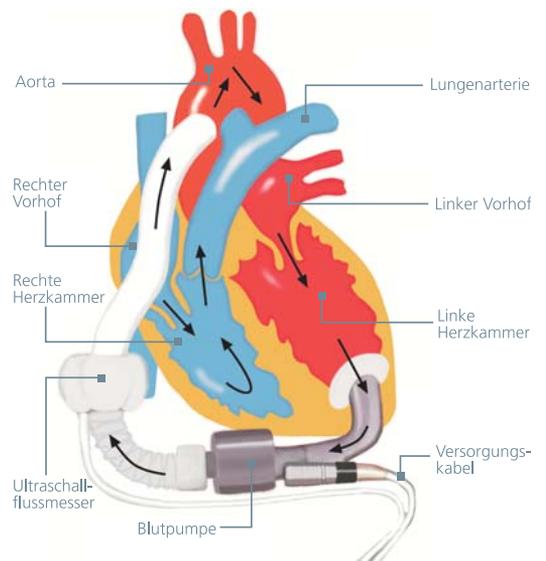


▲ Die linke Herzhälfte (im Bild rechts) versorgt den gesamten Körperkreislauf, die rechte Herzhälfte lediglich den kleinen Lungenkreislauf.

Das gesunde und das kranke Herz

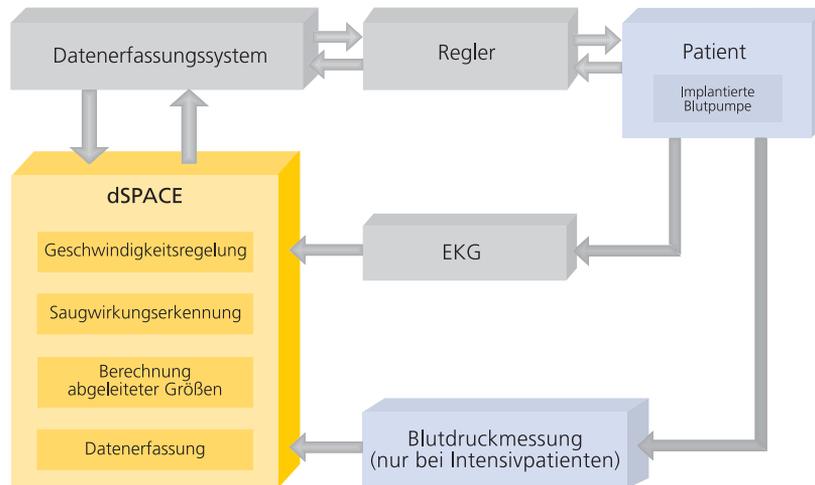
Bei einem gesunden menschlichen Herz pumpt die rechte Herzkammer sauerstoffarmes Blut in die Lunge, wo es über die Atemluft mit Sauerstoff angereichert wird. Danach fließt das Blut über den linken Vorhof zurück ins Herz in die linke Herzkammer. Diese pumpt das Blut dann in den Körper zur Sauerstoffversorgung sämtlicher Organe. Danach kehrt das sauerstoffarme Blut über den rechten Vorhof in die rechte Herzkammer zurück, und der Kreislauf beginnt von neuem. Die rechte Herzkammer pumpt das Blut also lediglich in die Lunge, die linke Herzkammer dagegen muss den kompletten Körper mit Blut versorgen. Deswegen ist es die linke Herzkammer, die im Blutkreislauf die Schwerstarbeit leistet. Und daher ist sie es auch, die bei dem Großteil der Patienten mit Herzschwäche unterstützt werden muss.

Zur Linksherzunterstützung bei einem kranken Herz werden der Pumpeneinlass über ein Rohr mit dem unteren Teil der linken Herzkammer und der Pumpenauslass über



▲ Querschnitt durch das Herz mit angeschlossener Blutpumpe.

egal ob er gerade schläft oder joggt. Bisherige Rotationsblutpumpen arbeiten mit einer konstanten Drehzahl, die nur fallweise vom Arzt nachgestellt wird. Eine automatische Drehzahlregelung dagegen erhöht die Lebensqualität des Patienten wesentlich durch die Anpassung der Pumpleistung an den physiologischen Bedarf des Patienten und durch das Vermeiden von zu hoher Pumpleistung im Falle eines zu geringen venösen Rückstroms.



▲ Schematischer Aufbau der Drehzahlregelung.

Die automatische Drehzahlregelung

Bei der Auswahl für ein Entwicklungssystem zur Drehzahlregelung aus mehreren Anbietern fiel die Entscheidung auf dSPACE Prototyper mit dem DS1103 PPC Controller Board:

- Die Hardware lässt sich einfach und bequem direkt aus MATLAB®/Simulink® heraus konfigurieren, ohne Beschäftigung mit Hardware-Details.
- Die dSPACE-Hardware ist besonders zuverlässig, da die unabhängige CPU des Controller Boards auch ohne Monitoring-PC weiterarbeitet; außerdem bietet sie hohe Rechenleistung und eine große Anzahl von analogen Ein- und Ausgängen.

Aufgezeichnet werden der Blutfluss durch die Pumpe, der Pumpenstrom und die Rotordrehzahl. Für die klinische Studie fließt zusätzlich die elektrische Aktivität des Herzens durch das Elektrokardiogramm (EKG) ein. Um die Wirkungsweise und Effizienz der Regelung zu optimieren, werden nicht nur sämtliche Einstellungen und Sollwerte mitregistriert, sondern auch verschiedene Prozessmeldungen kontinuierlich aufgezeichnet und dargestellt. Insgesamt werden 23 Signale mit einer Abtastrate von 100 Hz aufgenommen.

Aus den gemessenen Größen wird dann der Drehzahl-sollwert für die Pumpe errechnet und als Analogsignal an ein von MicroMed Technology, Inc. entwickeltes Pumpensteuergerät geliefert, das den bürstenlosen Gleichstrommotor der Miniaturpumpe entsprechend einstellt.

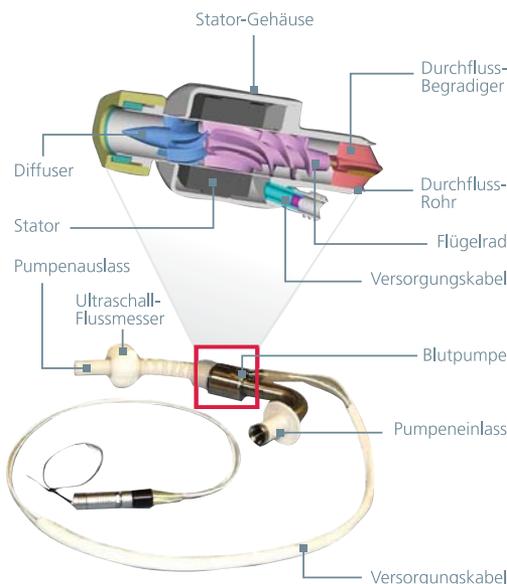
Alternative zur Herztransplantation

Von der Blutpumpe mit automatischer Drehzahl-anpassung erwarten wir für den Patienten eine erhebliche Steigerung der Lebensqualität. Zugleich sollte eine deutliche Entlastung von Ärzten und Pflegepersonal bei der Pumpen-Einstellung und eine Verbesserung der Blutversorgung in Extremsituationen möglich sein. Die Optimierung implantierbarer Miniaturpumpen für den Alltagsgebrauch könnte schon bald dazu führen, dass sie zu einer echten Alternative zur Herztransplantation werden.

Michael Vollkron und Prof. Heinrich Schima
AKH Wien, Österreich

Robert Benkowski und Gino Morello

MicroMed Technology, Inc., Houston, TX, USA



▲ Der Aufbau der Blutpumpe im Detail.