

HERZSCHRITTMACHER

Immer im Takt

Moderne Herzschrittmacher passen sich körperlicher Belastung an.

Von Guido Reetz

Mit regelmäßigen Schlägen pumpt das Herz Blut in unsere Adern, je nach Lebensalter, aktueller Tätigkeit und Trainingszustand zwischen einigen Dutzend bis fast 200-mal pro Minute. Nährstoffe, vor allem aber der lebenswichtige Sauerstoff gelangen so in die entferntesten Regionen des Körpers. Im Lungenkreislauf wird das verbrauchte, venöse Blut wieder mit Sauerstoff aufgeladen und beginnt seine Reise erneut. Dementsprechend komplex ist diese Muskelpumpe: Zwei so genannte Vorhöfe und zwei Hauptkammern müssen aufeinander abgestimmt kontrahieren. Dafür sorgen normalerweise zwei Gruppen spezialisierter Muskelzellen: Der Sinusknoten erzeugt periodisch ein elektrisches Potenzial, das sich über die Vorhöfe zum Atrioventrikularknoten (AV) und weiter über die Hauptkammern ausbreitet. Weil die Leitungsgeschwindigkeit im AV-Knoten langsamer ist, ziehen sich die Vorhöfe zuerst zusammen.

Ist dieses elektrische System gestört, schlägt das Herz zu langsam oder unregelmäßig. Sauerstoffmangel stellt sich ein, der meist das Gehirn zuerst trifft. Schwindel und Ohnmacht, bei totaler AV-Blockierung sogar Herzstillstand können die Folge sein; die Lebenserwartung ist deutlich verkürzt.

Künstliche Herzschrittmacher schaffen Abhilfe, indem sie den Sinusknoten unterstützen beziehungsweise ersetzen oder einen defekten AV-Knoten überbrücken. Dazu erzeugt ein implantierter Mikrochip elektrische Impulse, die den Herzmuskel über eine bis drei Elektroden stimulieren.

Der erste Schrittmacher wurde 1958 in Stockholm implantiert. Mittlerweile hat man weltweit über zwei Millionen dieser Taktgeber eingesetzt; allein in Deutschland sind es jedes Jahr etwa 40 000. Über ihre Elektroden messen die Systeme die natürliche Aktivität des kranken Herzens, um bei Bedarf Impulse abzugeben – künstlicher und natürlicher Rhythmus sollen einander nicht überlagern. Nur wenn der natürliche Reiz innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls ausbleibt, greift der Schrittmacher ein. Das Verfahren spart außerdem Strom, damit hält die Batterie länger.

Moderne Schrittmacher passen die Herzschlagfrequenz sogar der körperlichen Belastung an. Schließlich würde ein konstanter Takt dem Bedarf selten gerecht werden – er wäre in Ruhe zu hoch und bei Anstrengung zu niedrig. Ein geeignetes Maß für den Grad körperlicher Aktivität ist zum Beispiel das Atemminutenvolumen, das sich bei Anstrengung erhöht. Der Mikrochip misst diesen Wert indirekt: Mit zunehmend gefüllter Lunge steigt der elektrische Widerstand (genauer: die auch von der Stimulationsfrequenz abhängige Impedanz) zwischen einer Elektrode im Herzen und dem Gehäuse des Schrittmachers. Wächst dieser Wert über mehrere Atemzyklen, erkennt der Prozessor den offensichtlich wachsenden Bedarf an Sauerstoff und erhöht die Stimulationsfrequenz. Ein anderes Verfahren misst die bei Anstrengung ebenfalls erhöhte Kontraktionskraft des Herzmuskels. Auch dazu nutzt man die Widerstands-

änderungen an der Elektrode, aber nur innerhalb eines Zeitfensters von 100 bis 300 Millisekunden nach einer Stimulation. Bei jeder Kontraktion umschließt der Herzmuskel die vom Blut umspülte Elektrode und erhöht – da sein Gewebe eine geringere Leitfähigkeit hat als Blut – den elektrischen Widerstand. Bei körperlicher Aktivität kontrahiert sich das Herz stärker, umschließt die Elektrode enger – und ihre Impedanz steigt.

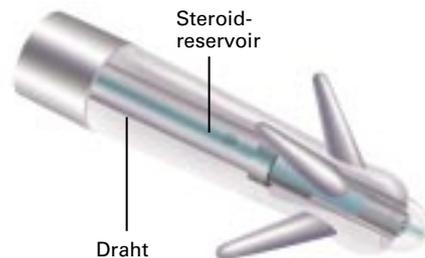
Andere Systeme verwenden so genannte Akzelerometer, um Körperbeschleunigungen zu erfassen. Piezokristalle im Gehäuse reagieren auf die auftretenden mechanischen Kräfte mit elektrischer Spannung. Mit Hilfe solcher frequenzadaptiven Systeme reagieren Schrittmacher auf wechselnde Belastungen, sodass die Patienten in Maßen sogar wieder Sport treiben können. <

Guido Reetz ist freier Autor für Medizintechnik in Innsbruck.



ALLE ABBILDUNGEN: ALICE CHEN

Die Vorhof-Elektrode platziert der Arzt in der Nähe des Sinusknotens, damit sich die Erregung wie im gesunden Herzen von dort ausbreitet. In der rechten Hauptkammer legt man die Elektrode in die Herzspitze, wo auch im Normalfall die Kontraktion der zwei Kammern beginnt.



Durch Widerhaken wird die Elektrode im Herzgewebe verankert. Sie misst auch die elektrischen Variablen ihrer Umgebung. Steroide werden eine Zeit lang aus einem Reservoir abgegeben, um Entzündungen zu unterdrücken.

WUSSTEN SIE SCHON?

► **Die Zahl der Elektroden** und ihre genaue Positionierung ist eine Frage der genauen Diagnose. Ist beispielsweise der Sinusknoten intakt, aber die Reizleitung wegen eines defekten AV-Knotens unterbrochen, misst man die Herzaktivität im Vorhof und stimuliert mit kurzer Verzögerung die Hauptkammern, um beide zu synchronisieren. Bei einer Erkrankung des Sinusknotens, aber intaktem AV-Knoten genügt eine Elektrode im Vorhof.

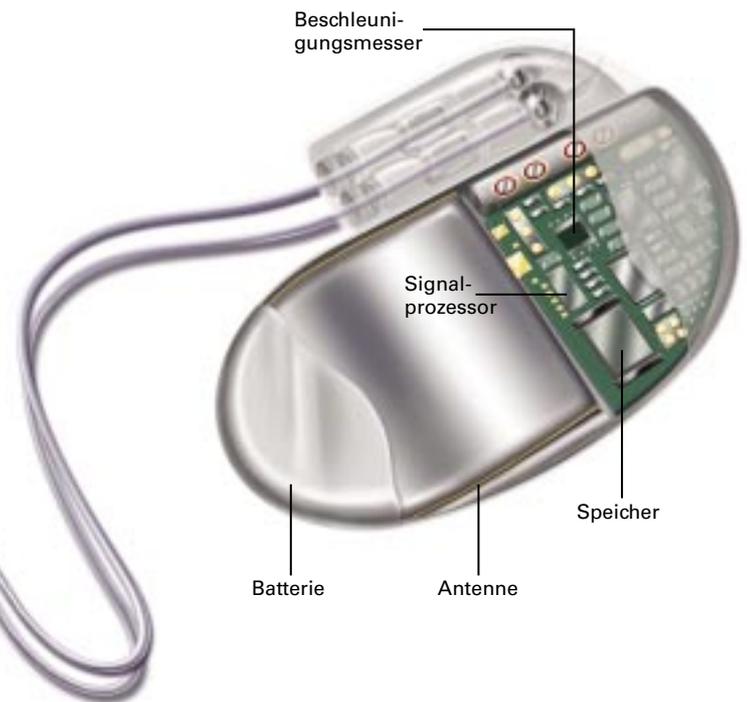
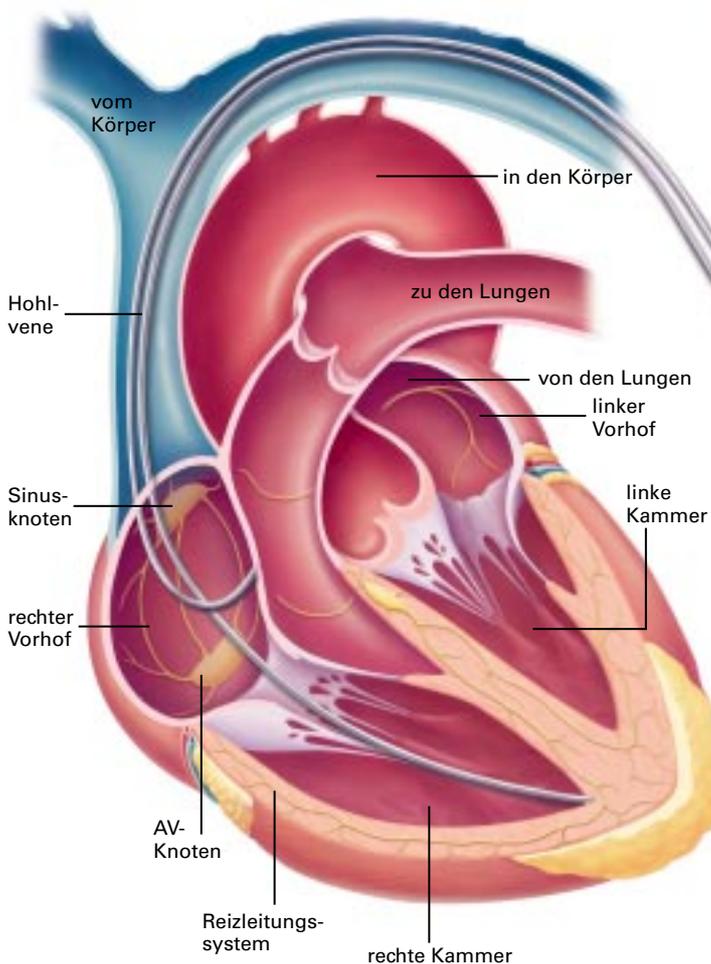
► **Elektrodenkabel wirken auch als Antennen.** Störende elektromagnetische Felder aus der Umgebung werden deshalb aus dem Eingangssignal gefiltert. Trotzdem empfehlen die Hersteller beispielsweise, Handys auf der rechten Körpersei-

te zu tragen. Wird der Schrittmacher dennoch gestört, schaltet er auf ein Notprogramm mit konstanter Frequenz.

► **Bei Kammerflimmern droht Herzstillstand.** Schrittmacher mit Defibrillator erkennen die Gefahr auf Grund der zuvor wachsenden Herzfrequenz. Sie unterbrechen den Prozess frühzeitig durch einen Elektroschock von bis zu 700 Volt (statt den üblichen 2,5 Volt). Das Herz setzt dann wieder mit seinem natürlichen Rhythmus ein.

► **Schrittmacher können induktiv,** also von außen abgefragt und programmiert werden, um Parameter an die Bedürfnisse des Patienten anzupassen oder auch Informationen für ein Elektrokardiogramm zu gewinnen.

► Zwanzig bis dreißig Gramm wiegt ein Schrittmacher, er hat die Größe einer Streichholzsachtel. Sein Titangehäuse enthält eine Lithium-Iod-Batterie, die Elektronik sowie Anschlüsse für typischerweise zwei Elektrodenkabel. Diese werden über eine Vene in die rechte Vorkammer und weiter in die Hauptkammer geschoben. An ihren Enden befinden sich die Elektrodenkontakte; sie werden mit Haken oder einer Schraube im schmerzunempfindlichen Muskel verankert.



◀ Das Herz muss sauerstoffreiches Blut aus der Lunge aufnehmen und in den Körper weiterleiten sowie Blut, das seine Fracht bereits an die Organe und die Gewebe der Körperperipherie abgegeben hat, Richtung Lunge schicken. Dazu ist es in zwei Hälften geteilt, die jeweils aus einem Vorhof und einer Hauptkammer bestehen. Damit alle Aufgaben mit einem Herzschlag erledigt werden können, müssen sich zum Beispiel die Vorhöfe vor den größeren Kammern kontrahieren. Eine Gruppe spezialisierter Muskelzellen bildet den Sinusknoten, den natürlichen Schrittmacher, von dem sich eine elektrische Erregung über das Reizleitungssystem und den Herzmuskel ausbreitet.