

# 50 Jahre Schrittmachertherapie

Was der Praktiker wissen muss

Laurent Roten, Jürg Fuhrer



Dr. med. L. Roten

**Am 8. Oktober 1958** implantierten Elmqvist und Senning einem Patienten mit Adams-Stokes-Syndrom den ersten endokardialen Schrittmacher. In den letzten 50 Jahren haben sich die Möglichkeiten der Schrittmachertherapie rasant weiterentwickelt, wovon heute viele Patienten profitieren. Im Jahr 2007 wurden in der Schweiz über 3500 Schrittmachereimplantationen durchgeführt, und mehr als 25 000 Patienten tragen einen Schrittmacher (1). Unweigerlich wird damit jeder in der Grundversorgung tätige Arzt hin und wieder mit einem Schrittmacher-Patienten konfrontiert. Im folgenden Artikel möchten wir die für den Grundversorger relevanten Aspekte der Schrittmachertherapie beleuchten.

## Grundlegende Schrittmacherfunktionen

### Schrittmachercode

Der Schrittmachercode gibt Auskunft über das implantierte Schrittmachersystem respektive dessen Programmierung (2). Der erste Buchstabe beschreibt den Stimulationort, der zweite den Wahrnehmungsort, der dritte die Reaktion des Schrittmachers auf wahrgenommene Ereignisse (Betriebsart) und der vierte die Option der Frequenzadaptation (Sensor). Die Bedeutung der einzelnen Buchstaben ist in der Tabelle näher erläutert.

### Hysteresefunktion

Ein Schrittmacher stimuliert das Herz mit der programmierten Stimulationsfrequenz, sobald die Herzfrequenz unter diese fällt. In diesem Fall ist das Auslöseintervall gleich lang wie das Stimulationsintervall. Besitzt der Schrittmacher eine Hysteresefunktion, kann eine Auslösefrequenz unterhalb der Stimulationsfrequenz programmiert werden (Hysterese). Die Hysteresefunktion erlaubt es, ein Auslöseintervall zu programmieren, das länger ist als



**Abbildung 1:** Demonstration der Hysteresefunktion. Programmierung VVI 50/min, im oberen Ausschnitt ohne, im unteren Ausschnitt mit Hysterese 40/min. Dargestellt sind jeweils zwei Oberflächen-EKG (oberer und mittlerer Kanal) sowie das intrakardiale EKG (unterer Kanal). Im oberen Ausschnitt sind Auslöse- und Stimulationsintervall mit 1200 ms identisch (entsprechend einer Frequenz von 50/min). Im unteren Ausschnitt beträgt das Auslöseintervall 1500 ms (40/min), das Stimulationsintervall 1200 ms (50/min); VS: wahrgenommenes Ereignis; VP: stimuliertes Ereignis.

das Stimulationsintervall. Fällt die Herzfrequenz unter die Hysterese, wird das Herz mit der programmierten Stimulationsfrequenz stimuliert. Die Hysteresefunktion fördert somit den Eigenrhythmus des Herzens (Abbildung 1).

### Grenzfrequenz und Frequenzanpassung

In einem Zweikammersystem (DDD oder VDD) muss eine obere Grenzfrequenz programmiert werden. Die obere Grenzfrequenz ist die maximale Frequenz, mit welcher im Vorhof wahrgenommene Ereignisse durch Stimulation auf die Kammer übertragen werden. Im Falle einer supraventrikulären Tachykardie besteht die Gefahr einer ständigen Stimulation der Kammer mit der oberen Grenzfrequenz. Zu diesem Zweck besitzen Zweikammerschrittmacher eine Funktion zum Betriebsartwechsel (mode switch). Übersteigt die Frequenz der Vorhöfe eine programmierbare Mode-switch-Frequenz, so wechselt der

Schrittmacher von einer Vorhof-getriggerten Funktion (DDD, VDD) auf eine inhibierte Funktion (DDI).

Die meisten modernen Schrittmacher besitzen einen Sensor zur Frequenzanpassung. Zum Einsatz kommen Sensoren, welche Körpervibrationen, Körperbeschleunigungen, Änderungen des Atemminutenvolumens und Beschleunigungen in der Elektroden Spitze während der Herzkontraktion messen. Zusätzlich zur oberen Grenzfrequenz muss bei Schrittmachern, die über einen Sensor verfügen, deshalb eine obere Sensorfrequenz programmiert werden. Diese kann verschieden von der oberen Grenzfrequenz sein.

### Biventrikuläre Stimulation

Bei fortgeschrittener Herzinsuffizienz mit Linksschenkelblock, LV-Funktion < 55 Prozent und eingeschränkter Leistungsfähigkeit ent-

**Tabelle: Schrittmachercode**

Ort der Stimulation	Ort der Wahrnehmung	Betriebsart	Frequenzadaptation
0 = keine	0 = keine	0 = keine	0 = keine
A = Atrium	A = Atrium	T = getriggert	R = Frequenzadaptation
V = Ventrikel	V = Ventrikel	I = inhibiert	
D = dual (A + V)	D = dual (A + V)	D = dual (T + I)	
S = single (A oder V)	S = single (A oder V)		

sprechend NYHA III–IV trotz ausgebauter Herzinsuffizienztherapie kann mittels einer zweiten Ventrikel Elektrode eine Resynchronisation der linken Kammer erreicht werden. Dabei wird eine Elektrode konventionell im rechten Ventrikel, die zweite in einer Koronarvene posterolateral epikardial auf dem linken Ventrikel implantiert. Die Stimulation der beiden Kammern wird durch den rechten Vorhof getriggert. Schrittmacher zur biventrikulären Stimulation bedingen somit in der Regel insgesamt drei Elektroden. Bei gut zwei Drittel der Patienten führt dies zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit, und die Mortalität kann dadurch gesenkt werden. Damit die Therapie effektiv ist, müssen die Ventrikel möglichst zu 100 Prozent biventrikulär stimuliert werden.

## Magnetreaktion

Durch Magnetauflage wird der Schrittmacher gezwungen, das Herz asynchron (AOO, VOO, DOO) mit der Magnetfrequenz zu stimulieren. Früher wurde damit der Batteriestatus ermittelt, indem bei abnehmender Batteriespannung die Magnetfrequenz abnahm (je nach Hersteller unterschiedlich). Heute erfolgt die Beurteilung der Batterieleistung über das Programmiergerät. Ausserdem kann mit der Magnetreaktion jederzeit die lebenswichtige Basisfunktion des Systems erzwungen und verifiziert werden. Allerdings besteht bei asyn-

**“Die Benützung eines Mobiltelefons ist für Schrittmacherträger unbedenklich.”**

chronem Betrieb, insbesondere bei schneller Eigenfrequenz, die Gefahr der Stimulation während der vulnerablen Phase des Myokards mit Induktion von Vorhofflimmern oder Kammerarrhythmien (Letzteres insbesondere bei Patienten mit eingeschränkter LV-Funktion).

## Elektromagnetische Interferenzen

Elektromagnetische Interferenzen können Störsignale hervorrufen, welche vom Schrittmacher fälschlicherweise als Eigenrhythmus erkannt werden. Dadurch kann der Schrittmacher inhibiert werden. Andererseits kann ein kontinuierliches Störsignal eine asynchrone Stimulation des Schrittmachers (Störreaktion) bewirken, was in ungünstigen Fällen gefährliche Rhythmusstörungen provozieren kann (siehe oben). Praktisch bedeutsam ist, dass die elektromagnetische Feldstärke mit dem Quadrat der Entfernung von der Quelle zum Schrittmacher abnimmt.

Elektronische Diebstahlsicherungsanlagen, wie sie in modernen Einkaufsläden zu finden sind, sollten von Patienten mit einem Schrittmacher ohne Verzug passiert werden. Mobiltelefone dürfen von Schrittmacherträgern verwendet werden. Die Empfehlung, das Mobiltelefon auf der kontralateralen Seite des Aggregats ans Ohr zu halten und nicht in der Brusttasche direkt über dem Aggregat zu tragen, ist übervorsichtig. Zu meiden sind Elektroschweissgeräte und Magnetmatten. In der medizinischen Umgebung ist der Einsatz von Niederfrequenztherapien zur Schmerzstimulation oder Elektroakupunktur riskant, ebenso die Muskelstimulation (TENS), Elektrokampftherapie und Lithotripsie. Magnetresonanztomografien sind bei Schrittmacherträgern kontraindiziert. Hingegen ist das Passieren der Sicherheitsschleusen am Flughafen für Schrittmacherträger ungefährlich, allerdings werden die Metalldetektoren aktiviert. Deshalb sollte vorgängig das Sicherheitspersonal informiert werden (Schrittmacherpass), um unangenehme Verzögerungen zu vermeiden.

## Perioperatives Management

Wird perioperativ ein Elektrokauter verwendet, kann dies zur Wahrnehmung elektrischer Artefakte und Inhibierung des Schrittmachers führen. Die Gefahr besteht insbesondere bei unipolarer Kauterisierung, weshalb in diesem Falle die Neutralelektrode so platziert werden sollte, dass der Schrittmacher sich nicht zwischen ihr und dem Operationsfeld befindet. Bei ausschliesslich bipolarer Kauterisierung müssen in der Regel keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden. Generell sollte bei Verwendung eines Kauters präoperativ der Schrittmacher auf asynchrone Stimulation umgestellt werden (AOO, VOO, DOO), womit das Problem der Inhibierung wegfällt. Dabei sollte die Stimulationsfrequenz aber über dem Eigenrhythmus des Patienten liegen, um eine Stimulation während der vulnerablen Phase des Myokards zu vermeiden. Trotzdem sollte aber ein Defibrillator in der Nähe sein. Alternativ kann im Notfall auch einfach ein Magnet aufgelegt werden (siehe oben) oder aber im Falle einer Inhibierung mit Asystolie die Kauterisierung kurz unterbrochen werden.

## Tascheninfekt

Bei Schrittmacherträgern besteht jederzeit die Gefahr eines Tascheninfektes, die Inzidenz wird mit 1 bis 2 Prozent angegeben (3, 4). Rötung, Schwellung, Überwärmung, Erosionen und neu aufgetretene Schmerzen im Bereich



Abbildung 2: Tascheninfekt

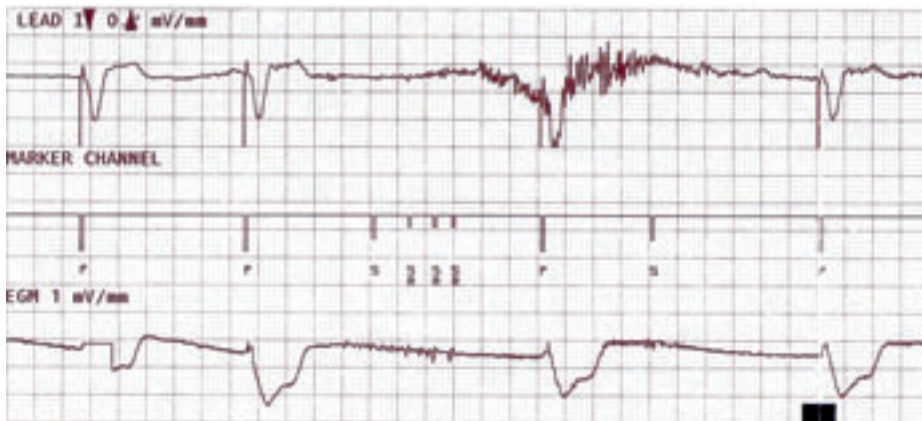
der Schrittmachertasche sowie sezernierende oder aufklaffende Narben sind immer Hinweise für eine Tascheninfektion und gehören umgehend einem Spezialisten zugewiesen (Abbildung 2). Im ersten Jahr nach Schrittmacherimplantation lässt sich meist ein *Staphylococcus aureus* nachweisen. Hingegen werden später meist Koagulase-negative *Staphylokokken*, insbesondere *S. epidermidis*, angetroffen. Meist muss das Schrittmachersystem komplett explantiert und auf der kontralateralen Seite ein neues System implantiert werden.

## Bronchopulmonale Infekte

Häufen sich bei einem Schrittmacherträger bronchopulmonale Infekte in kurzer Folge, sollte immer auch die Möglichkeit einer Endokarditis mit Vegetationen an einer Schrittmacherelektrode in Betracht gezogen werden. Wie bei einer Rechtsherzendokarditis als Komplikation eines intravenösen Drogenabusus lassen sich subfebrile Temperaturen, zeitlich und räumlich versetzt auftretende Lungenrundherde sowie rezidivierende Bakteriämien nachweisen. Die Diagnose kann mittels transthorakaler oder transösophagealer Echokardiographie mit Nachweis der Vegetationen an einer Schrittmacherelektrode und durch Blutkulturen gestellt werden.

## Schrittmacherdysfunktion

Ein Defekt eines Schrittmacheraggregats oder einer Batterie ist sehr selten. Die weitaus häufigsten Ursachen einer Schrittmacherdysfunktion im Langzeitverlauf sind Elektrodenkomplikationen, deren Inzidenz 1 bis 4 Prozent beträgt (3, 4). Eine Elektrodenlokalisation tritt meist in den ersten Tagen und Wochen nach Implantation auf. Bei dem Bruch einer Schrittmacherelektrode kann die Stimulation verunmöglicht werden. Meist liegt die Bruchstelle zwischen der Klavikula und der ersten Rippe



**Abbildung 3:** VVI-Schrittmacher, programmierte Frequenz 50/min. Überwahrnehmung von Artefakten bei Elektrodenbruch im Bereich der Klavikula. Gezeigt werden die Ableitung I oben, das intrakardiale Elektrokardiogramm unten sowie die Marker in der Mitte (P: stimulierte Komplexe; S: wahrgenommene Komplexe; SR: wahrgenommene Komplexe während Refraktärperiode). Bei Manipulation im Bereich der Klavikula werden Artefakte im intrakardialen Elektrogramm wahrgenommen und der Schrittmacher dadurch inhibiert.

oder generatornahe, wo die Elektrode insbesondere bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten stark beansprucht wird. Insbesondere bei Schulterbewegungen können dann bei einem Bruch auch Artefakte wahrgenommen und der Schrittmacher dadurch inhibiert werden (*Abbildung 3*). Seltener liegt die Bruchstelle an der Spitze der Elektrode.

Starke Belastungen einer Elektrode oder aber elektrochemische Prozesse können ausserdem zu Isolationsdefekten führen, die ebenfalls einen Stimulationsverlust oder die Wahrnehmung von Artefakten zur Folge haben können. Erleidet ein Patient mit einem Schrittmacher eine Synkope, muss umgehend eine Schrittmacherkontrolle durchgeführt werden. Ist der Patient Schrittmacher-abhängig, empfiehlt sich die sofortige Monitorisierung.

### Batterieerschöpfung

Aktuelle Schrittmachermodelle sind mit Lithium-Jod-Batterien ausgestattet, deren Spannung bei Implantation 2,8 Volt beträgt. Mit zunehmender Lebensdauer des Schrittmachers nimmt die Batteriespannung kontinuierlich ab und die Batterieimpedanz zu. Werden dabei vordefinierte Werte unter- respektive über-

schritten, so wird durch das Programmiergerät eine Meldung angezeigt. Dieses Ereignis wird als ERI (elective replacement indicator) bezeichnet. Die Restlaufzeit ist unterschiedlich, sie beträgt häufig noch ein bis drei Monate. Nimmt die Batterieleistung weiter ab, wechselt der Schrittmacher in eine Art Notlaufmodus,

**„Jede Infektion einer Schrittmachertasche muss einem Spezialisten zugewiesen werden.“**

den sogenannten EOL (end of life), und schaltet alle Funktionen aus, die nicht der Lebenserhaltung dienen. Ab diesem Zeitpunkt ist die korrekte Funktion des Schrittmachers nicht mehr gewährleistet. Wird ein Schrittmacher wie üblich einmal jährlich kontrolliert, lässt sich die Restlaufzeit zuverlässig abschätzen. Wird diese kritisch, werden die Kontrollintervalle verkürzt und der Schrittmacher zu gegebener Zeit ersetzt.

### Zusammenfassung

Der Schrittmachercode gibt Auskunft über die Art des implantierten Systems. Um die Funk-

tion eines Schrittmachers beurteilen zu können, müssen Stimulationsfrequenz, Hysterese, obere Grenzfrequenz, obere Sensorfrequenz und die Frequenz, ab welcher der «mode switch» aktiviert wird, bekannt sein. Mittels Magnetauflage wird der Schrittmacher gezwungen, asynchron mit der Magnetfrequenz zu stimulieren. Durch elektromagnetische Interferenzen kann ein Schrittmacher inhibiert werden. Ist bei einer Operation der Einsatz eines Elektroauters notwendig, sollte der Schrittmacher vorgängig umprogrammiert werden. Jeder Infekt einer Schrittmachertasche gehört umgehend einem Spezialisten zugewiesen. Rezidivierende bronchopulmonale Infekte können ein Hinweis für eine Endokarditis an einer Schrittmacherelektrode sein. Die häufigsten Ursachen einer Schrittmacherdysfunktion sind ein Bruch oder ein Isolationsdefekt einer Schrittmacherelektrode. Die Restlaufzeit moderner Schrittmacherbatterien lässt sich zuverlässig abschätzen und der Ersatz des Schrittmachers rechtzeitig planen. ♦

### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Laurent Roten  
Kardiologie  
Inselspital, Universität Bern  
Freiburgstrasse  
3010 Bern  
E-Mail: laurent.roten@insel.ch

Potenzielle Interessenkonflikte: keine

### Literatur:

1. www.pacemaker.ch
2. Bernstein A.D. et al.: The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25: 260-264.
3. Ellenbogen K.A. et al.: Complications arising after implantation of DDD pacemakers: the MOST experience. *Am J Cardiol* 2003; 92: 740-741.
4. Kiviniemi M.S. et al.: Complications related to permanent pacemaker therapy. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999; 22: 711-720.