

## The patient with a pacemaker. An overview for the anaesthetist

R. Rissel<sup>1</sup> · M. Bodenstein<sup>1</sup>

► **Zitierweise:** Rissel R, Bodenstein M: Der Patient mit Herzschrittmacher. Ein Überblick für den Anästhesisten. *Anästh Intensivmed* 2021;62:441–451. DOI: 10.19224/ai2021.441

<sup>1</sup> Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin Mainz, Mainz, Deutschland (Direktor: Prof. Dr. C. Werner)

### Zusammenfassung

Die Anzahl der in Deutschland implantierten Schrittmacheraggregate hat über die letzten Jahre stetig zugenommen. Aufgrund seiner vielfältigen Einsatzgebiete können einem Anästhesisten von der Präklinik, über den OP bis auf die Intensivstation Patienten mit einem implantierten Schrittmacher begegnen. Ein dezidiertes Wissen über Indikationen zur Schrittmacherimplantation, die grundlegende Funktionsweise eines Schrittmachers, das Erkennen von Gerätedefekten und Funktionsfehlern sind unabdingbare Voraussetzungen, um die Patienten adäquat und sicher betreuen und versorgen zu können. In dieser Übersicht sollen die Grundlagen der Herzschrittmachtherapie im perioperativen Bereich aufgezeigt und auf mögliche Komplikationen und Therapieoptionen hingewiesen werden. Weiterhin wird auf das anästhesiologische Management der betroffenen Patienten sowie der Schrittmachtherapie der Zukunft eingegangen.

### Summary

The number of pacemaker aggregates implanted in Germany has increased steadily over the past few years. Since anaesthetists are employed in many different departments within a clinic, they are likely to encounter patients with implanted pacemakers in areas as diverse as preclinical studies, the operating theatre and the intensive care unit. A dedicated knowledge of the indications for pacemaker implantation, the basic functionality of a pacemaker,

## Der Patient mit Herzschrittmacher

### Ein Überblick für den Anästhesisten

the detection of device defects and functional errors are essential prerequisites to provide patients with adequate and safe healthcare. The intention of this overview is to show the basics of pacemaker therapy in the perioperative setting and to point out to possible complications and therapy options. Furthermore, the anaesthesiological management of the affected patients as well as the pacemaker therapy of the future are discussed.

### Einführung

Im Oktober 1958 wurde einem schwedischen Patienten der erste Herzschrittmacher weltweit erfolgreich implantiert [11]. Seitdem steigen die globalen Zahlen der durchgeführten Implantationen für Herzschrittmacheraggregate jährlich an. Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 75.437 Schrittmacherimplantationen durchgeführt [8]. Der Anteil an jungen Patienten (<60 Jahre) hat dabei etwas abgenommen, wohingegen der Anteil an älteren und betagten Patienten (>90 Jahre) im Jahresvergleich zu 2017 zunimmt [8]. Männer bekamen hierbei etwas häufiger einen Schrittmacher implantiert als Frauen (57 % versus 43 %). Neben der kontinuierlich ansteigenden Implantationsrate wächst auch die Auswahl der zur Verfügung stehenden Aggregate an. Aktuell existieren knapp 1.500 verschiedene Aggregate, die von 20 Herstellern angeboten und kontinuierlich modifiziert werden. Dies bringt für Anästhesisten neben den medizinischen Herausforderungen ebenso ei-

#### Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

#### Schlüsselwörter

Herzschrittmacher – Perioperative Anästhesie – Herzrhythmusstörung – Notfallmedizin – Intensivmedizin

#### Keywords

Pacemaker – Perioperative Anaesthesia – Cardiac Arrhythmias – Emergency Medicine – Intensive Care Medicine

nige technische Besonderheiten mit sich, die verstanden und in Notfallsituationen beherrscht werden müssen. Ein gemeinsam erstellter Leistungskatalog zwischen den Dachverbänden der Kardiologie und Herzchirurgie definiert bereits Mindestanforderungen an die Kollegen, welche die Implantation eines Herzschrittmachers durchführen [6]. Die Grundfunktionen der implantierten Schrittmacheraggregate ähneln sich dabei allerdings weitgehend und sollten dem Anästhesisten vertraut sein.

### Der Herzschrittmacher – Grundlagen

Ein Schrittmacheraggregat muss in seiner Funktionsweise und der Indikationsstellung von einem implantierbaren Kardioverter-Defibrillator (ICD) unterschieden werden. Letzterer wird vor allem bei Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion im Rahmen einer Herzinsuffizienz oder bei Patienten mit Kardiomyopathien zur Therapie maligner Herzrhythmusstörungen implantiert. Ebenfalls stehen Kombinationsgeräte aus Herzschrittmacher und ICD-Aggregaten zur Verfügung. Auf die entsprechende Leitlinie sei hier nur verwiesen [9]. Herzschrittmacher werden überwiegend aufgrund von symptomatischen bradykarden Herzrhythmusstörungen implantiert [4,16]. Ein Patient gilt als symptomatisch, wenn er folgende klinische Symptome aufweist:

- Synkopen,
- Schwindel,
- Zeichen der Herzinsuffizienz,
- anhaltende Myokardischämie.

Die Elektroden des Herzschrittmachers sind im Herzen auf unterschiedliche Art implantiert. Man unterscheidet aktiv von passiv verankerten Elektroden [5]. Die Elektroden können unipolar (nur ein Draht in situ verbleibend) oder bipolar (zwei Drähte in situ verbleibend) aufgebaut sein. Der bipolare Aufbau wird heutzutage bevorzugt eingesetzt. Sogenannte Schraubenelektroden weisen, aufgrund der Möglichkeit der variablen Fixierung im Herzen, gegenüber Ankerelektroden, welche in trabekulären Strukturen des

Herzens platziert werden müssen, einen technischen Vorteil auf [5]. In der programmierten Funktionsweise können Schrittmacher weiter in einen asynchron oder einen synchron arbeitenden Schrittmachertypus unterteilt werden. Asynchrone Schrittmacher arbeiten mit einer fest programmierten Frequenz und einem festgelegten Stimulationsintervall für das Myokard. Die Eigenaktivität des Herzens wird dabei nicht berücksichtigt. Bei dieser Funktionsweise droht im Rahmen eines R-auf-T-Phänomens das Auslösen eines möglicherweise letal verlaufenden Kammerflimmerns. Heutzutage werden überwiegend synchrone Herzschrittmachertypen implantiert. Diese sogenannten Demand-Schrittmacher geben nur bei fehlender oder zu geringer Spontanaktivität des Herzens einen Impuls an das Myokard ab [19]. Die möglichen Implantations- und Detektionsorte sowie die Reizantwort sind in einem eigenen drei- bis fünfstelligen Code, welcher zuletzt 2002 überarbeitet wurde, hinterlegt (Tab. 1, [1]). ICD-Aggregate hingegen analysieren das R-R-Intervall des aktuellen Herzeigenrhythmus und teilen diesen grob in die Kategorien normofrequent, tachykard und bradykard ein. Detektierte tachykarde Herzrhythmen werden dabei mittels „Overpacing“ oder Defibrillation von dem ICD therapiert [19]. Neben dieser antitachykarden Funktionsweise besitzen aktuelle ICD-Geräte zusätzlich antibradykarde Funktionen, die im Wesentlichen denen konventioneller Schrittmacheraggregate ähneln. Für ICD-Aggregate existiert ebenfalls ein internationaler vierstelliger Code, welcher dem der Schrittmacher-Codierung nachempfunden ist [1,19].

Ein VVI-Schrittmacher hat folgende Funktion (EKG-Bild Abb. 1, Teil A): Der Ventrikel wird stimuliert (V, 1. Buchstabe). Hat der Patient allerdings einen ventrikulären Eigenrhythmus (V, 2. Buchstabe, Detektion = Sensing genannt), wird ein möglicher Schrittmacherimpuls inhibiert (I, 3. Buchstabe). Ein DDD-Schrittmacher hingegen ist in der Lage, sowohl atriale als auch ventrikuläre Eigenrhythmen zu erkennen. Kommt es zu pathologischen Abweichungen, kann dieser Schrittmachertyp sowohl inhibierend auf die Impulsgenerierung des Schrittmacheraggregats als auch stimulierend auf das Myokard des Patienten einwirken (EKG-Bild Abb. 1, Teil B). 2018 wurden in Deutschland überwiegend DDD- und VVI- Schrittmacher implantiert (Abb. 2). Die Auswahl des geeigneten Schrittmachertypen hängt unter anderem von der zugrundeliegenden Herzrhythmusstörungen und der Möglichkeit einer suffizienten AV-Überleitung ab [4,16]. Für Patienten, die eine belastungsabhängige Erhöhung ihrer Stimulationsfrequenz benötigen, z. B. sportlich aktive Patienten, existieren frequenzadaptive Schrittmacheraggregate. Diese Aggregate erkennen geräte-

Abbildung 1



Teil A: VVI-Stimulation im EKG;  
Teil B: DDD-Stimulation im EKG.

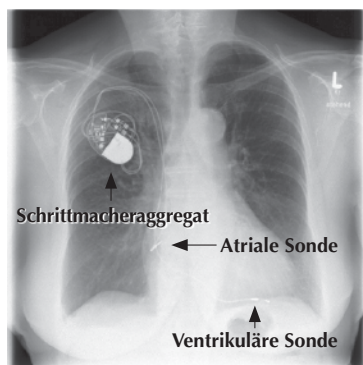
Tabelle 1

Herzschrittmacher-Code nach der aktuell gültigen Nomenklatur [1].

1. Buchstabe	2. Buchstabe	3. Buchstabe	4. Buchstabe	5. Buchstabe
stimulierte Kammer	steuernde Kammer	Betriebsart	Frequenz-adaptation	multifokale Stimulation
0 = keine	0 = keine	0 = keine	0 = keine	0 = keine
A = Atrium	A = Atrium	T = Getriggert	R = F (Adaptation)	A = Atrium
V = Ventrikel	V = Ventrikel	I = Inhibition	V = Ventrikel	V = Ventrikel
D = Dual (A+V)	D = Dual (A+V)	D = Dual (T+I)		D = Dual (A+V)



Abbildung 2



Regelrechte Darstellung eines DDD-Schrittmacherimplantats. Entnommen und modifiziert aus [2].

spezifisch unter anderem eine Änderung der Muskelaktivität, des Atemminutenvolumens und der Atemfrequenz [19]. Ein eingebauter Piezo-Kristall im Herzschrittmacher erkennt Beschleunigungskräfte und übersetzt diese in Spannungsimpulse, aus welchen das Belastungsniveau abgeschätzt und die Stimulationsfrequenz des Schrittmacheraggregats für das Myokard angepasst werden kann. Multifokale Schrittmachersysteme stimulieren an mehr als nur einer Stelle im Atrium/Ventrikel oder können sogar als biatriale/biventrikulär stimulierende Systeme implantiert sein. Eine Besonderheit stellen die Schrittmacher zur kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) dar. Durch das Platzieren einer zusätzlichen linksventrikulären Sonde im Coronarsinus wird eine harmonisch abgestimmte Kontraktion beider Ventrikel gewährleistet und die Herzauswurfleistung verbessert. Auf die entsprechenden Indikationen dieser Aggregate sei verwiesen [4,16]. Patienten, die sich mit einer akuten kardialen Dekompensation, ausgelöst durch eine bradykarde Herzrhythmusstörung, im Schockraum, auf der Intensivstation oder im OP präsentieren, können durch passagere Schrittmacher versorgt und therapiert werden. Gängige Verfahren sind das Einschwenken eines transvenösen Schrittmachers über eine venöse Schleuse oder die transkutane Stimulation mittels Pacing. Über die venöse Schleuse kann alternativ neben dem konventionell eingeschwenkten Schrittmacher ein

Paceport-Thermodilutions-Pulmonalis-Katheter gelegt werden. Abhängig vom vorhandenen Monitoring kann mit diesem Katheter singularär der rechte Ventrikel oder sequenziell rechtsatrial und rechtsventrikulär das Herz stimuliert werden. Zusätzlich erhält man dabei wertvolle Informationen im Rahmen des erweiterten hämodynamischen Monitorings. Stimuliert man hingegen transkutan, muss auf eine adäquate Analgosedierung geachtet werden. Nach kardiochirurgischen Operationen erhalten die Patienten epikardial paarig verankerte Schrittmacherdrähte, welche subkutan über einen Hauttunnel ausgeleitet werden und der perioperativen Sicherheit des Patienten dienen. Eine weitere Möglichkeit stellt die transösophageale Stimulation des Herzens dar [19]. Vor allem im Notfallszenario gilt es, wichtige Differentialdiagnosen einer hämodynamisch relevanten bradykarden Herzrhythmusstörung zeitnah und interdisziplinär zu lösen.

### Indikationen für die Implantation eines Herzschrittmachers

Die Indikation zur Implantation eines antibradykarden Herzschrittmachersystems erfordert in den meisten Fällen eine dementsprechende klinische Symptomatik. Diese Symptome sind meist unspezifisch und erfordern eine differentialdiagnostische Abklärung, zum Beispiel mittels Langzeit-EKG-Überwachung. Die aktuellen Leitlinien der deutschen und europäischen Gesellschaft für Kardiologie unterteilen bradykarde Herzrhythmusstörungen in drei Gruppen:

- permanente Bradykardien,
- intermittierende Bradykardien mit EKG-Dokumentation,
- vermutete intermittierende Bradykardien ohne EKG-Dokumentation [16].

Permanente Bradykardien weisen häufig ursächlich eine Störung im intrinsischen Reizleitungssystem auf, wohingegen die intermittierenden Formen auf externe Einflüsse zurückzuführen sein können (z. B. ein hoher vagaler Grundtonus oder eine Medikamenteneinnahme). Die Leitlinie betont bei der Indikationsstellung zur Implantation eines Herzschrittmachers explizit eine „Rhythmus-Symptom-Korrelation“ [4,16]. Dabei überwiegt tendenziell die Schwere der klinischen Symptomatik den diagnostizierten Herzrhythmus. Beispielsweise profitieren asymptotische Patienten mit einem Sick-Sinus-Syndrom nicht von einer Implantation, wohingegen asymptotische Patienten mit hochgradigen AV-Blockierungen aus prognostischen Gründen von der Herzschrittmacherversorgung einen Gewinn erzielen. Tabelle 2 gibt einen Überblick und Entscheidungshilfe über absolute Indikationen für eine permanente Schrittmachertherapie [4]. Patienten, die mindestens eine lebensbedrohliche supra-/ventrikuläre Herzrhythmusstörung oder einen Herzstillstand im Rahmen eines Kammerflimmerns überlebt haben bzw. eine schlechte linksventrikuläre Ejektionsfraktion nach überstandenem Myokardinfarkt aufweisen, profitieren von der Implantation eines ICD [19].

### Komplikationen der Herzschrittmachertherapie

Es können bei Patienten mit Herzschrittmacher sowohl bei der Anlage und Implantation als auch im Langzeitverlauf erhebliche Komplikationen auftreten. Abhängig vom gewählten Zugangsweg (üblicherweise V. cephalica/V. subclavia) sind die Hauptprobleme die Ausbildung eines Pneumo-/Hämatothorax nach Ge-

Tabelle 2

Indikationen für einen Herzschrittmacher. Modifiziert nach [4,16].

Symptomatischer Patient	Asymptomatischer Patient
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinusbradykardie</li> <li>• Sinusknotenerkrankungen</li> <li>• Hypersensitiver Karotissinus</li> <li>• AV-Block II. Grades, Mobitz I</li> <li>• Vorhofflimmern mit niedriger Kammerfrequenz</li> <li>• bi- und trifasikulärer Block/wechselhafte Blockbilder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AV-Block II. Grades, Typ Mobitz II.</li> <li>• AV-Block III. Grades               <ul style="list-style-type: none"> <li>→ permanent</li> <li>→ Z. n. AV-Knoten-Ablation</li> </ul> </li> </ul>

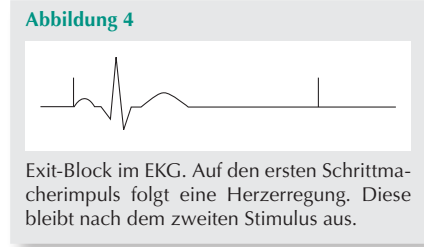
fäßpunktion und die frühe Sondendislokation [5,8]. Ebenfalls können zentrale Venenstenosen, entstanden z. B. durch vorausgegangene herzchirurgische Operationen, Explantationen alter Schrittmacheraggregate oder durch Thromben, das Verschieben der Elektroden behindern und unmöglich machen. Dabei kann beim Verschieben der Elektroden eine rechtsventrikuläre Perforation drohen, sichtbar durch eine außerhalb der Herzsilhouette liegende Elektrode in der Durchleuchtung (Abb. 3). Neben der radiologischen Durchleuchtung sollte in diesem Falle ergänzend eine transthorakale Echokardiographie zum Ausschluss eines Perikardergusses erfolgen. Späte Dislokationen des Aggregats oder Herzwandperforationen sind sehr selten [8]. Ausgebildete Taschenhämatome müssen nicht zwangsläufig revidiert werden. Kommt es innerhalb der ersten Wochen zu einem Infekt im Bereich des Aggregats, ist dies häufig auf eine unzureichende Umsetzung der operativen Hygieneregeln zurückzuführen [5]. Bei Patienten mit implantierten Herzschrittmachern, die sich mit unklarem Fieber in der Klinik präsentieren, muss differentialdiagnostisch zwingend das Vorliegen einer Schrittmacherendokarditis mit einem potenziellen Befall der Trikuspidalklappe ausgeschlossen werden. Generell gilt: Infizierte Systeme müssen stets komplett entfernt werden. Die Leitlinie empfiehlt in diesem Fall vor geplanter Re-Implantation eine Re-Evaluation der Indikation zur Schrittmachertherapie [4].

Konnte die Indikation bestätigt werden, soll die Re-Implantation des neuen Schrittmacheraggregats an einem anderen Implantationsort als dem ursprünglichen erfolgen [4]. Dislokationen der Elektroden können im Alltag durch eine Beeinträchtigung der Schrittmacherfunktion klinisch auffällig werden. Tabelle 3 gibt einen Überblick, welche wichtigen Phänomene beobachtet werden.

Klinisch manifestieren sich die meisten Fehlfunktionen mit Schwindel, (Prä-)Synkopen, Palpitationen und neuen EKG-Veränderungen mit Herzrhythmusstörungen. Diese Fehlfunktionen können präklinisch, operativ oder auf der Intensivstation auftreten. Im Notfall können bradykarde Herzrhythmusstörungen mit Atropin (0,5 mg. i.v.), Orciprenalin (0,25 mg i.v.) oder Adrenalin (10–50 µg i.v.) therapiert werden. Alternativ stehen die oben erwähnte transkutane Stimulation oder das venöse Einschwenken eines Schrittmachers/Paceport-Katheters als Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Tachykarde Herzrhythmusstörungen können hingegen mittels Valsalva-Manöver oder einer elektrischen Kardioversion terminiert werden. Im Falle einer Asystolie muss mit der sofortigen Herz-Lungen-Wiederbelebung begonnen werden.

**Anästhesiologisches Management**

Patienten mit einem Herzschrittmacher können mitunter erhebliche Vorerkrankungen aus dem kardiovaskulären Formenkreis aufweisen (z. B. Arterielle Hypertonie, KHK, Herzinsuffizienz, Diabetes mellitus). Deshalb muss dieses Patientenkollektiv mit einer notwendigen Vigilanz untersucht werden. In der Prämedikationsvisite gelten deshalb die etablierten Standards. Auf ein routinemäßiges 12-Kanal-EKG kann alleine wegen des Vorhandenseins des Pacers bei den meisten Patienten verzichtet werden. Dies gilt ebenfalls für die präoperative Thoraxröntgenuntersuchung [19]. Die wesentlichen Informationen über den Schrittmacher können dem Schrittmacherpass entnommen werden. Im Schrittmacherpass sind Informationen über das Datum und die Indikation der



**Tabelle 3**  
Überblick über wichtige Schrittmacherfehlfunktionen. Modifiziert und ergänzt nach [15].

Schrittmacherfehlfunktion	Pathologie
<b>Exit-Block</b>	Ein abgegebener Schrittmacherimpuls führt nicht zu einer ventrikulären Antwort. Im EKG fehlen auf den abgegebenen Spike die entsprechende P-Welle und/oder der QRS-Komplex (Abb. 4).
<b>Oversensing</b>	Fehlinterpretation auftretender elektrischer Potenziale (z. B. durch Muskelzittern/Elektrokauter) durch den Herzschrittmacher. In der Folge kommt es zu einer Inhibition des Aggregats. Dabei droht die Gefahr der Asystolie, da der eigene Patientenrhythmus fehlen kann.
<b>Undersensing</b>	Abgabe von Schrittmacherimpulsen, obwohl eine ausreichende Herzaktion des Patienten vorhanden ist. Im EKG sind „fehlplatzierte“ Spikes zu erkennen. Das Spike-auf-T-Phänomen kann dabei ein Kammerflimmern auslösen.
<b>Schrittmachersyndrom</b>	Störung der Impulskoordination zwischen Vorhöfen und Kammern. Im EKG können unter anderem P-Wellen im QRS-Komplex nachgewiesen werden.
<b>Endless-Loop-Tachykardie</b>	Bei vorhandenen akzessorischen Leitungsbahnen im Herzen kann ein abgegebener Kammerimpuls retrograd in die Vorhöfe fortgeleitet werden. Dort erkennt der Schrittmacher die Vorhofkontraktion und induziert einen erneuten Kammerimpuls, welcher eine kreisende Erregung entstehen lässt.

Implantation niedergeschrieben. Darüber hinaus liefert der Schrittmacherpass Informationen über den Schrittmachertyp und das hinterlegte Stimulationsprogramm. In der Regel stellen sich die Patienten ambulant alle 6–12 Monate zur telemetrischen Abfrage der Schrittmacherfunktion einem Kardiologen vor. Von Bedeutung ist dabei die Abfrage der verbleibenden Batterieleistung. Im Durchschnitt besitzen die Aggregate eine Lebensdauer von 8–10 Jahren. Können diese Informationen nicht vorgelegt werden oder liegt der letzte ambulante Kontrolltermin schon etwas zurück, empfiehlt sich die konsiliarische Vorstellung zur Schrittmacherabfrage bei einem kardiologischen Facharzt [5,19]. Bei der Auswahl des Narkoseverfahrens kann auf das gesamte anästhesiologische Repertoire zurückgegriffen werden. Weder eine balanciert inhalative noch eine total intravenöse Anästhesie beeinflussen die Schrittmacherfunktion. Das Outcome der Schrittmacherpatienten wird von dem gewählten Narkoseverfahren ebenfalls nicht negativ beeinflusst. Ebenso können alle regionalanästhesiologischen Verfahren angewendet werden [14,19]. Hier sei aufgrund der möglichen kardiovaskulären Vorerkrankungen und der damit einhergehenden Dauermedikation mittels oraler Antikoagulation auf die gültigen Handlungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) zur Regionalanästhesie hingewiesen [3].

### Perioperative Besonderheiten

Nach dem Anschluss des Patienten an den Monitor gilt es zu klären, ob der Patient einen schrittmacherabhängigen EKG-Rhythmus aufweist. Ist im EKG vor jeder P-Welle/jedem QRS-Komplex (abhängig vom Schrittmachertyp) ein Schrittmacherimpuls zu erkennen, liegt eine komplette Schrittmacherabhängigkeit vor (Abb. 1, Teil B). Hilfreich bei der Erkennung kann das Aktivieren der Pacer-Funktion im Überwachungsmonitor sein. Es sei allerdings angemerkt, dass vor allem aufgrund technischer Weiterentwicklung der Aggregate bipolare Schrittmacher mit nur winzigen Spikes im EKG zu erkennen sein können. Dies erschwert die Identifizierung einer totalen Schrittmacherabhängigkeit.

Für die adäquate Impulsübertragung auf das Myokard ist eine ausgeglichene Homöostase von besonderer Bedeutung. Hypoxämie, Hyperkapnie, Azidose, Hyponatriämie oder ein erhöhtes intrazelluläres Kalium können diese Übertragung negativ beeinflussen [14,19]. Durch regelmäßige Blutgasanalysen kann dies sichergestellt werden. In der Literatur ist beschrieben, dass frequenzadaptive Aggregate die ausgelösten Muskelfaszikulationen im Rahmen einer Intubation mit Succinylcholin oder chirurgische Manipulationen als Trigger fehlinterpretieren und dadurch ventrikuläre Tachykardien ausgelöst werden können [18]. Ein generelles Abschalten der Frequenzadaptation im perioperativen Bereich wird allerdings nicht empfohlen. Operativ muss mit den chirurgischen Kollegen im Team-Timeout geklärt werden, welches Verfahren der Hochfrequenzchirurgie angewandt werden muss. Elektromagnetische Störsignale des monophasischen Elektrokauters können mit dem Schrittmacheraggregat interferieren und zu lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen durch einen Wechsel des Stimulationsimpulses führen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über sinnvolle Empfehlungen im perioperativen Betrieb.

Können die Empfehlungen nicht eingehalten werden, sollte aufgrund der Möglichkeit einer Schrittmacherfehlfunktion durch Irritationen der Hochfrequenzchirurgie ein Defibrillator in unmittelbarer Nähe sein. Während der Verwendung des elektrischen Kauters muss sorgfältig das EKG des Patienten beobachtet werden, um mögliche kreislaufrelevante Herzrhythmusstörungen frühzeitig zu erkennen. Dies gilt umso mehr, wenn der Patient durchgehend eine Schrittmacherabhängigkeit zeigt. Der Herzaustritt im Rahmen der mechanischen Systole während des Prozesses des Kauterns kann verlässlich mittels Interpretation der Pulsoxymetrie- und/oder der invasiven arteriellen Blutdruckkurve beurteilt werden [14]. Somit benötigt nicht jeder Patient mit einem Schrittmacheraggregat zwingend eine invasive Blutdruckmessung intraoperativ. Im Rahmen der Anlage eines zentralen Venenkatheters besteht die theoretische

Gefahr, unerkannte Thromben an den Schrittmachersonden zu lösen. Ebenfalls können die Sonden bei mangelhafter Hygiene durch den ZVK-Draht und den inserierten Katheter selbst kontaminiert werden. Die Datenlage hierzu ist allerdings rar und es existieren keine generellen Empfehlungen für die ZVK-Anlage bei Patienten mit implantierten kardialen elektronischen Systemen [17]. Der Wechsel auf die kontralaterale Seite bei der Anlage eines ZVK und das nur wenige Zentimeter tiefe, behutsame Einführen des starren ZVK-Drahts, um jeglichen Kontakt zu dem SONDENSYSTEM zu vermeiden, können mögliche Empfehlungen für die ZVK-Anlage bei diesem Patientenkollektiv sein. Bei der anästhesiologischen Betreuung im OP-Saal sollte sich ebenfalls ein Magnet greifbar im Narkosewagen befinden. Mithilfe einer externen Magnetauflage kann der Schrittmacher in einen vorprogrammierten starren asynchronen Stimulationsmodus (z. B. V00) wechseln. Von einem routinemäßigen Abschalten der normalen Schrittmacherfunktion mittels Magnet wird allerdings abgeraten. Nach erfolgter Magnetauflage sollte postoperativ die Schrittmacherkontrolle durch eine fachärztliche Vorstellung beim Kardiologen erfolgen. In welchen Stimulationsmodus ein Schrittmacheraggregat wechselt, ist herstellereigen und kann in dem entsprechenden Gerätepass hinterlegt sein. Trägt ein Patient einen ICD und ist dieser intraoperativ zugänglich, sollten mittels Magnetauflage die antitachykarden Funktionen

**Tabelle 4**

Perioperative Empfehlungen im Umgang mit Herzschrittmacherpatienten. Modifiziert und ergänzt nach [14,19].

#### Perioperative Empfehlungen im Umgang mit Herzschrittmacherpatienten

- falls möglich biphasischen Elektrokauter verwenden
- möglichst niedrige Reizstromstärke
- Anwendungsdauer des Elektrokauters auf ein Minimum reduzieren
- direkten Kontakt zum Schrittmacheraggregat/Elektrode vermeiden
- Neutralelektrode so anbringen, dass der Strompfad vom Schrittmacheraggregat weggeleitet wird



ausgeschaltet werden [19]. Dies verhindert eine unsachgemäß ausgelöste Defibrillation durch den ICD aufgrund elektromagnetischer Interferenzen durch die Hochfrequenzchirurgie. Entfernt man postoperativ den Magneten vom ICD, schalten sich die antitachykarden Funktionen automatisch wieder ein. Die Magnetauflage führt zu keinen Änderungen der antibradykarden Funktionen. Ist das ICD-Aggregat intraoperativ nicht zugänglich, z. B. bei Operationen in Bauchlage, empfiehlt es sich, die antitachykarden Funktionen präoperativ auszuschalten [19]. Eine Kontrolle der ICD-Funktionen wird in beiden Fällen im Verlauf auf Normalstation empfohlen. Ist perioperativ eine Defibrillation erforderlich, so sollte darauf geachtet werden, dass sich die aufgeklebten Elektroden parallel zum Verlauf der Schrittmacherelektroden befinden und einen Mindestabstand von 8 cm zum Schrittmacheraggregat aufweisen [7]. Dies reduziert mögliche Defibrillationschäden am Schrittmachersystem. Eine fatale Komplikation stellt die Möglichkeit der defibrillationsinduzierten Nekrose des rechten Ventrikels dar. Bedarf ein Patient mit Herzschrittmacher einer anästhesiologischen Betreuung während einer Kernspintomographie (MRT), sollte zuvor geprüft werden, inwieweit das implantierte Gerät MRT-fähig ist. Unter anderem führt die Internetseite [www.mrisafety.com](http://www.mrisafety.com) eine Liste MRT-tauglicher Geräte. Problemlos können nichtthorakale MRT-Untersuchungen bis zu einer Feldstärke von 1,5 Tesla durchgeführt werden. Zuvor sollte der Schrittmacher allerdings mittels Magnetauflage oder durch die Kardiologie in seinen asynchronen starren Stimulationsmodus umprogrammiert werden [19]. Thorakale sowie kardiale MRT-Untersuchungen sind nach strenger Indikationsstellung und unter Berücksichtigung und Prüfung alternativer bildgebender Verfahren heute mit hoher Patientensicherheit und zufriedenstellender Bildqualität ebenfalls möglich. Hierzu existieren anerkannte Checklisten, die sowohl radiologische (z. B. spezielle MRT-Sequenzen, Untersuchungsdauer) als auch patientenspezifische (z. B. Zeitpunkt der Implantation, Aggregattyp, empfohlene

Programmierung während der Untersuchung) Faktoren berücksichtigen [10]. Im Rahmen einer thorakalen Strahlentherapie kann es zu einem Funktionsverlust des Aggregats kommen, sodass dieses vor einer geplanten Therapie in eine andere Aggregattasche operativ verlagert werden muss [19]. Eine besondere Patientengruppe stellen Menschen mit implantierten Schrittmacheraggregaten an ihrem Lebensende dar. Im Sterbeprozess kann sich die erhaltene Schrittmacherfunktion nachteilig auf die Patienten auswirken. Diesen Patienten wird frühzeitig empfohlen in einer Patientenverfügung festzuhalten, dass es den behandelten Ärzten gestattet ist, das Schrittmacheraggregat zu deaktivieren.

### Zukunftsperspektive Transkathetersysteme

Seit dem Anfang der 2010er Jahre erfreuen sich Transkatheterschrittmachersysteme (TPS, transcatheter pacing system) zunehmender Beliebtheit. Hierbei handelt es sich um miniaturisierte Herzschrittmacher in Kapselform (Abb. 5).

Die Kapsel vereint Batterie, Sensing-Element und Impulsgeber in einem. Die Implantation ventrikulärer Elektroden sowie der Aggregattasche im Bereich des Musculus pectoralis entfallen. Über ein in den Femoralvenen eingebrachtes Kathetersystem kann die Kapsel transvenös in den rechten Ventrikel transferiert und dort implantiert werden [18]. Die Funktion der Kapsel entspricht der eines VVI-Schrittmachers. In den ersten Verlaufsstudien konnten deutlich weniger periprozedurale und Langezeit-

komplifikationen beobachtet werden. Die Batterielaufzeit ähnelt derer herkömmlicher Schrittmachersysteme. Laut Herstellerangaben kann nach Batterierschöpfung die Kapsel im rechten Ventrikel verbleiben. Bei weiterhin bestehender Schrittmacherindikation kann eine zweite Kapsel zusätzlich im Ventrikel verankert werden [12]. Aktuelle Forschungsbemühungen streben die Entwicklung DDD-ähnlicher Kapseln an. Damit kann für Patienten, die auf eine adäquate AV-Synchronisierung angewiesen sind, eine physiologische Reizeitung und Stimulation nachgeahmt werden.

### Literatur

- Bernstein, Alan 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 and clinical electrophysiology PACE 2002;25:260–264
- Bigdeli AK, Beiras-Fernandez A, Kaczmarek I, Kowalski C, Schmoeckel M, Reichart B: Successful management of late right ventricular perforation after pacemaker implantation. Vasc Health Risk Manag 2010;6:27–30
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin: Rückenmarksnahe Regionalanästhesien und Thrombembolieprophylaxe/antithrombotische Medikation. 3. überarbeitete Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. Stand 07/2014. Anästh Intensivmed 2014;55:464–492
- Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V.: ESC Pocket Guidelines. Schrittmacher- und kardiale Resynchronisationstherapie. Grünwald, Böhm Bruckmeier Verlag GmbH 2015
- Hansky B, Stellbrink C: Kardiale implantierbare elektronische Systeme. Implantationstechniken und Troubleshooting. Z Herz- Thorax- Gefäßschir 2016;30:21–36
- Hemmer W et al: Empfehlungen zur Strukturierung der Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie [Training requirements for transvenous implantation of pacemakers and cardioverter-defibrillators]. The Thoracic and cardiovascular surgeon 2009;57:1–10
- Israel CW, Nowak B, Willems S et al: Empfehlungen zur externen

Abbildung 5



Herkömmlicher Schrittmacher und das Micra®-System (Firma Medtronic). Entnommen aus [12].







- Kardioversion bei Patienten mit Herzschrittmacher oder implantiertem Kardioverter/Defibrillator. *Kardiologie* 2011;5:257–263
8. Jahresbericht 2018 des Deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillator-Registers, Teil 1: Herzschrittmacher; 3–10
  9. Jung W, Andresen D, Block M, et al: Leitlinien zur Implantation von Defibrillatoren. *Clin Res Cardiol* 2006;95:696–708
  10. von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bauer WR, Deneke T et al: Empfehlungen zu kardialen MRT-Untersuchungen bei Patienten mit Herzschrittmachern und implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren. *Kardiologie* 2019;13:75–86
  11. Larsson B, Elmquist H, Rydén L, et al: Lessons from the First Patient with an Implanted Pacemaker: 1958-2001. *Pacing and Clinical Electrophysiology* 2003;26:114–124
  12. Medtronic Micra Herzschrittmacher. Internetauftritt: [www.medtronic.com/de-de/patienten/produkte-therapien/pacemaker/micra-kleiner-herzschrittmacher-elektroden.html](http://www.medtronic.com/de-de/patienten/produkte-therapien/pacemaker/micra-kleiner-herzschrittmacher-elektroden.html) (Zugriffsdatum: 14.10.2020)
  13. Morschhäuser D, Fischer W: Komplikationen. In: Morschhäuser D, Fischer W (Hrsg.): *Praxis der Herzschrittmacher-Nachsorge*. Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag 2010;113–126
  14. Rapsang AG, Bhattacharyya P: Pacemakers and implantable cardioverter defibrillators - general and anesthetic considerations. *Brazilian journal of anesthesiology* 2014;64:205–214
  15. Scher DL: Troubleshooting pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. *Current opinion in cardiology* 2004;19:36–46
  16. Schlichting A, Gosau N: Leitlinien-gerechte Indikationsstellung der Herzschrittmacher- und ICD-Therapie [Guideline-Based Indications on Pacing and ICD-Therapy]. *Deutsche medizinische Wochenschrift* 2018;143:1599–1607
  17. Sharma P, Singh MK, Vats A, Tobin R, Panigrahi BP: Central venous catheter insertion in patients with transvenous pacemaker or defibrillator leads. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2011;25:e25
  18. Steven D, Ehrlich JR, Veltmann C et al: Implantation von Transkatheter-Schrittmachersystemen (TPS) zur ventrikulären Stimulation. *Kardiologie* 2019;13:87–91
  19. Zwißler B, Boost KA: Anästhesie bei Patienten mit Herzschrittmachern und implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren. In: *Die Anästhesiologie*. Berlin/Heidelberg, Springer Verlag. 2019;1633–1645.

### Korrespondenzadresse

**Dr. med. René Rissel, M. A.**

Universitätsmedizin Mainz  
Klinik für Anästhesiologie  
Langenbeckstraße 1  
55131 Mainz, Deutschland  
Tel.: 06131 176755

E-Mail:

[Rene.Rissel@unimedizin-mainz.de](mailto:Rene.Rissel@unimedizin-mainz.de)

ORCID-ID: 000-0002-9395-7295