



Diana Morschhäuser · Wilhelm Fischer
Michael Jakob

Praxis der Herzschrittmacher- Nachsorge

Grundlagen, Funktionen, Kontrolle,
Optimierung, Troubleshooting

3. Auflage

 Springer

Praxis der Herzschrittmacher-Nachsorge

Diana Morschhäuser
Wilhelm Fischer
Michael Jakob

Praxis der Herzschrittmacher- Nachsorge

Grundlagen, Funktionen, Kontrolle, Optimierung,
Troubleshooting

3. Auflage

 Springer

Diana Morschhäuser
München
Key Account Manager München
München, Deutschland

Dr. Wilhelm Fischer
Klinik Schongau
Schongau, Deutschland

Dr. Michael Jakob
Ärztchammer des Saarlandes
Ethikkommission Ärztekammer des
Saarlandes
Saarbrücken, Deutschland

ISBN 978-3-662-57827-8 ISBN 978-3-662-57828-5 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57828-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 2013, 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: © Swapan / stock.adobe.com
Umschlaggestaltung deblik Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Geleitwort

Der Einstieg in die Herzschrittmachertherapie und die Nachsorge der Geräte fällt vielen Kollegen schwer. Hierfür gibt es vielerlei Gründe.

Im Rahmen der Vorlesungen für Innere Medizin nimmt die Herzschrittmachertherapie zumeist eine untergeordnete Rolle ein. Ein echter erster Kontakt zu dieser faszinierenden Therapie findet für viele Studierende gar nicht statt. Für das Bestehen des Examens reicht es aus, relevante Bradyarrhythmien zu erkennen und zu wissen, dass diese mit Herzschrittmachern behandelt werden können.

Auch im Rahmen der Facharztausbildung erscheint die Nachsorge von Patienten mit Herzschrittmachern oft als etwas sehr Technisches und Andersartiges. Manch einen beschleicht das Gefühl, dass für die Beherrschung dieses Gebiets ein Informatikstudium oder zumindest eine hohe Technikaffinität erforderlich ist.

Beobachtet man als Einsteiger die erfahrenen Kollegen der Schrittmachernachsorge, so mag man bewundern, wie sie die Patienten mit ihren Schrittmachern gleich Raumschiffen im interstellaren Raum lenken, wie sie die unzähligen großen und kleinen Stellenschrauben der Schrittmacherprogrammierung kennen und justieren, wie sie eine sichere und angenehme Reise ermöglichen. Zugleich erscheint aber auch alles komplex und kaum erlernbar.

Die nun dritte Auflage des Buches „Praxis der Herzschrittmachertherapie“ lüftet in bewährter Weise die Geheimnisse des Raumschiffs Herzschrittmachertherapie. Angefangen von den Grundlagen und Sicherheitsaspekten zur Aufrechterhaltung einer lebensnotwendigen Stimulation leitet das Buch in die Optimierung der Hämodynamik der Schrittmacherstimulation über und erläutert mit zahlreichen Abbildungen die gewöhnliche und erweiterte Nachsorge von Herzschrittmachersystemen. Die Nutzung der Diagnostikfunktionen nimmt inzwischen einen breiten Raum zur Optimierung der Therapie ein und wird ebenso ausführlich behandelt wie die Erkennung und Korrektur von Fehlfunktionen der Herzschrittmachersysteme.

Die klare Darstellung zeugt von der jahrelangen Erfahrung der Autoren und die reiche Bebilderung erleichtert das Wiedererkennen der behandelten Themen im Alltag.

Möge dieses Buch dabei helfen, viele neue und leidenschaftliche Kapitäne der Herzschrittmachertherapie hervorzubringen.

Christof Kolb

Geleitwort zur 1. und 2. Auflage

Wer ein Sachbuch schreibt, formuliert einen Anspruch: Handbücher brauchen oft viele Autoren, um das Objekt der Betrachtung in allen Facetten zu beleuchten, im Detail zu ergründen und mit eingehender Literaturrecherche selbst zur Referenz zu werden. Medizinische Lehrbücher wollen dem Leser einen fundierten Überblick über ein Sachgebiet verschaffen, damit er das neue Wissen in ärztliches Tun umsetzen kann. Praxisleitfäden betonen den operativen Aspekt und bieten hoffentlich genügend Handlungsanleitung, um die tägliche Patientenversorgung fehlerfrei bewältigen zu können. Und dann schreibt einer gelegentlich auch ein Buch, um selbst sein Fachgebiet erst richtig zu verstehen.

Nicht so das vorliegende Kompendium zur „Praxis der Schrittmacher-Nachsorge“. Jede Zeile verrät den Erfahrungsschatz aus Jahrzehnten ärztlicher Fortbildung und persönlicher Problemlösung vor Ort. Didaktische Schulung aus Sachkundekurs und Schrittmacher-Gespräch prägt die klare Struktur der einzelnen Kapitel. Der persönliche Einsatz in Praxis und Krankenhaus und das Wissen um die alltägliche Kapitulation vor EKG-Diagnostik und Programmierung erklärt, warum auf die Erörterung von Pathophysiologie und Studienergebnissen verzichtet wird und stattdessen wichtige Tipps und Hinweise zu finden sind. Dies ist ein Leitfaden vom Praktiker für den Praktiker.

Das Buch fokussiert bewusst auf die „klassische“ Schrittmachertherapie und lässt die kardiale Resynchronisation und die Behandlung mit implantierbaren Defibrillatoren außen vor. Die kluge Selbstbeschränkung ist Voraussetzung dafür, dass Hardwarekomponenten, technische Begriffe, die von vielen ungeliebte, doch unverzichtbare Systematik der Zeitgebung und die Vielfalt der Stimulationsmodi Schritt für Schritt erklärt werden können. Mit diesem Rüstzeug fällt es leichter, die Kapitel zur Arbeitsweise automatischer Schrittmacherfunktionen, von Spezialalgorithmen und diagnostischen Speichern zu verstehen. Die Abschnitte zur Basis- und erweiterten Nachsorge nutzen das Erlernete, um die Abfolge klinischer und technischer Tests zu beschreiben, aus denen eine Schrittmacherkontrolle sich zusammensetzt. Und die Tabellen zu Programmierempfehlungen und möglichen Störeinflüssen auf die Schrittmacherfunktion sind einfach nur nützlich.

Das große Kapital dieses Buchs sind seine Abbildungen. Dies gilt für die Schema-Zeichnungen und EKGs, die jeden Grundbegriff und Algorithmus illustrieren und die Basis legen für eine systematische Funktionsbeschreibung und -analyse. Dies gilt für den Fundus an EKG-Beispielen, Röntgenbildern und Patientenfotos, welche klinische Szenarien und Problemlösungen beim „Troubleshooting“ nachvollziehbar machen. Man freut sich, Bilder aus gemeinsamen Kursen wiederzusehen, und wünscht sich, dass der Leser genau so viel daraus lernt wie man selbst. Und man hofft, dass unsere Kollegen die Scheu vor der Schrittmacher-Nachsorge verlieren, einfach weil das Buch alles so gut erklärt.

Gerd Fröhlig

Frühjahr 2013

Vorwort zur 3. Auflage

Kenntnisse über relevante klinische Studienergebnisse, technische Innovationen, MRT-Kompatibilität sowie die Interpretation von Diagnostikdaten bei hämodynamischen und/oder rhythmologischen Akutproblemen sind für eine individualisierte Schrittmacherprogrammierung notwendig. Dies erfordert von den Kolleginnen und Kollegen ein hohes Maß an Fortbildungsbereitschaft und Spezialwissen, da jeder therapeutische Erfolg von Ihrer Kompetenz abhängt.

Um den raschen Veränderungen gerecht zu werden, stellen wir Ihnen mit dem vorliegenden Buch eine Neuauflage zur Verfügung, die alle aktuellen Weiterentwicklungen übersichtlich darstellt und eine problemorientierte Programmierung ermöglicht.

Ein solches Buch gelingt mit Unterstützung vieler kompetenter Helfer. Wir können hier nicht alle namentlich erwähnen, die uns insbesondere mit der 1. Ausgabe unterstützt haben. Besonderen Dank gilt Herrn Prof. Dr. Gerd Fröhlig (Homburg) und Herrn Dr. Lars-Immo Krämer (Köln) für die wertvollen Anregungen, sowie Herrn Dr. Philipp Ritter Bordeaux für seine zur Verfügung gestellten wissenschaftlichen Arbeiten.

Wir danken den Herstellerfirmen Abbott, Biotronik, Boston, Medtronic und Micro Port für die Kooperation, die Überlassung von wichtigen Informationen sowie die didaktisch wertvollen Abbildungen, sowie allen Personen, die uns schon bei den früheren Auflagen kritisch und kompetent unterstützt haben.

Unser besonderer Dank gilt dem Team im Springer-Verlag – Herrn Küster und Herrn Treiber – sowie der externen Lektorin Frau Mallwitz für die hervorragende Zusammenarbeit.

Diana Morschhäuser

Dr. Wilhelm Fischer

Dr. Michael Jakob

August 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	1
1.1	Schrittmacheraufbau	3
1.1.1	Einkammerschrittmacher	3
1.1.2	Zweikammerschrittmacher	3
1.1.3	Biventrikulärer Schrittmacher	5
1.1.4	Sondenloser Herzschrittmacher (Leadless Pacemaker)	5
1.2	Schrittmachersonden	6
1.3	Konfiguration unipolar/bipolar	8
1.3.1	Unipolare Konfiguration	8
1.3.2	Bipolare Konfiguration (■ Abb. 1.13)	8
1.4	Parameter Stimulation/Wahrnehmung	9
1.4.1	Stimulation	9
1.4.2	Wahrnehmung (Sensing/Detektion)	11
1.5	Internationale Kodierung von Schrittmachern und Sonden	14
1.6	Schrittmacher-EKG	16
1.6.1	Schrittmacherstimulus	16
1.6.2	Pseudofusionen – Fusionen – Pseudopseudofusionen	16
1.6.3	Lagetyp	17
1.7	Zeitintervalle – Frequenzen – Refraktärzeiten	19
1.7.1	Stimulationsintervall	20
1.7.2	Auslöseintervall	20
1.7.3	Grundintervall/Grundfrequenz	21
1.7.4	AV-Intervall	21
1.7.5	Frequenzhysterese	23
1.7.6	Maximale Sensorfrequenz	24
1.7.7	Maximalfrequenz/obere Grenzfrequenz	24
1.7.8	Ausblendzeit (Blanking)	24
1.7.9	Refraktärperioden	27
1.7.10	Übersicht der Zeitintervalle und Refraktärzeiten in VVI-, AAI- und DDD- Herzschrittmachern	29
1.8	Stimulationsbetriebsarten	30
1.8.1	Ventrikuläre Schrittmachersysteme	30
1.8.2	Atriale Schrittmachersysteme	33
1.8.3	Zweikammersystem mit Single Lead	37
1.8.4	Zweikammerschrittmacher	38
1.9	VVIR: chronotrope Inkompetenz bei Bradyarrhythmia absoluta – Limitierung der ventrikulären Maximalfrequenz bei totalem AV-Block	42
1.9.1	Limitierung durch Maximalfrequenz – Wenckebach-Verhalten	42
1.9.2	Limitierung durch TARP – 2:1-(n:1)-Blockverhalten	43
	Literatur	45
2	Schutzfunktionen	47
2.1	Ventrikuläre Sicherheitsstimulation – Vermeidung von AV-Crosstalk	49
2.2	Algorithmen zum Schutz vor schrittmacherbeteiligten Tachykardien	50

2.2.1	Schrittmacher-Reentry-Tachykardien – PMT-Schutz	52
2.2.2	Vorhoffarrhythmien mit hochfrequenter Ventrikelstimulation – Mode-Switch	59
2.3	Algorithmen zur Vermeidung von Vorhoftachyarrhythmien/ Präventionsalgorithmen	61
2.3.1	Overdrive-Algorithmus	61
2.3.2	Postextrasystolische Pausensuppression(PEPS)	61
2.3.3	Frequenzbeschleunigung bei häufigen AES	61
2.3.4	Post Mode-Switch Overdrive Pacing (PMOP)	61
2.3.5	Atriale Flutter-Reaktion	61
2.4	Algorithmen zur Terminierung von Vorhoffarrhythmien	62
2.4.1	Automatische antitachykarde Stimulation	62
2.4.2	Anwender-ausgelöste antitachykarde Stimulation	62
2.5	Automatische Empfindlichkeitsanpassung	63
2.6	Automatische Anpassung der ventrikulären Impulsamplitude	63
2.6.1	Periodische Anpassung der Amplitude	64
2.6.2	Beat-to-Beat-Anpassung der Amplitude	64
2.7	Automatische Anpassung der atrialen Impulsamplitude	64
2.7.1	Überprüfung der atrialen Reizschwelle mit Hilfe der intrinsischen AV-Überleitung ...	65
2.7.2	Überprüfung der atrialen Reizschwelle mit Hilfe intrinsischer Vorhofsignale	65
2.7.3	Überprüfung der atrialen Reizschwelle mit Hilfe des evozierten Potenzials.	66
2.8	Automatische Sondenüberwachung	66
2.9	Störmodus	67
2.10	MRT-Untersuchungen bei Patienten mit Herzschrittmachern	67
2.10.1	MRT-Untersuchungen mit konventionellen nicht bedingt MR-sicheren Herzschrittmachern	68
2.10.2	MRT-Untersuchungen mit bedingt MR-sicheren Herzschrittmachersystemen	69
2.10.3	Vorbereitung für die MRT-Untersuchung und Umprogrammierung in den MRT-Modus	69
2.10.4	Überwachung und Beendigung der MRT-Untersuchung	71
	Literatur	72
3	Algorithmen zur Optimierung der Hämodynamik	73
3.1	Frequenzadaptation	74
3.1.1	Aktivitätssensor	74
3.1.2	Atemminutenvolumensensor	75
3.1.3	Kontraktilität – Closed Loop Stimulation (CLS)	75
3.1.4	Peak Endokardial Akzeleration (PEA)	75
3.1.5	QT-Intervallsensor	76
3.1.6	Temperatursensor	76
3.1.7	Sensorkombinationen	76
3.2	Weitere Algorithmen, die zu einer Frequenzanpassung führen	77
3.2.1	Frequenzglättungsalgorithmen	77
3.2.2	Frequenzanhebung bei Karotissinusyndrom	77
3.3	AV-Intervall	78
3.3.1	AV-Intervalloptimierung	78
3.3.2	Anpassungen des AV-Intervalls	81
3.4	Algorithmen zur Vermeidung unnötiger rechtsventrikulärer Stimulation bei DDD-Systemen	82

3.4.1	AV-Hysteresen	82
3.4.2	Algorithmen mit Modusumschaltung von AAI nach DDD und zurück; Minimization of Pacing in the Ventricles (MPV)	84
3.5	Algorithmen zur Förderung der intrinsischen Frequenz	84
3.5.1	Frequenzhysterese	84
3.5.2	Frequenzabsenkung in Ruhephasen	87
	Literatur	87
4	Basisnachsorge	89
4.1	Apparative Ausstattung	90
4.2	Anamnese	90
4.3	Klinische Untersuchung	90
4.4	Ruhe-EKG	90
4.5	Schrittmacherabfrage der programmierten Daten und Übersicht	91
4.5.1	Schrittmacherabfrage mit RF-Telemetrie	91
4.6	Batteriestatus	92
4.7	Analyse der Diagnostik/Statistik/Holter	93
4.8	Sondenstatus	95
4.9	Sensingtest	95
4.9.1	Manueller Sensingtest	96
4.9.2	Halbautomatischer Sensingtest	99
4.9.3	Vollautomatischer Sensingtest	100
4.10	Reizschwellentest	100
4.10.1	Ventrikulärer Reizschwellentest	102
4.10.2	Atrialer Reizschwellentest	102
4.11	Nachsorgeabschluss	103
5	Erweiterte Nachsorge	105
5.1	Wenckebach-Punktbestimmung	106
5.2	Retrograder Leitungstest	107
5.3	Magnettest	107
5.4	Inhibitionstest	108
5.5	Provokationstest	109
5.6	Belastungstest	109
5.7	Simulation	109
5.8	Langzeit EKG Untersuchungen	110
5.9	Röntgendiagnostik	110
5.10	Echokardiographie	111
5.11	Telemonitoring	111
	Literatur	113
6	Diagnosefunktionen	115
6.1	Ereigniszähler/Statistiken	116
6.1.1	Ereigniszähler mit Frequenzzuordnung	116
6.1.2	Zustandshistogramm/Ereignisfolge	116
6.2	Herzfrequenzanalyse	117
6.2.1	24-Stunden-Herzfrequenzkurve	117

6.2.2	Gemittelte Herzfrequenzkurve im Langzeitverlauf	117
6.3	Arrhythmiediagnostik	118
6.3.1	Episodenzähler	118
6.3.2	Aufzeichnung intrakardialer Elektrogramme mit Markerannotation	119
6.4	Überprüfung der Sensorfunktionen	119
6.4.1	Sensorhistogramme	119
6.5	Monitorfunktion Sensingwerte	119
6.6	Reizschwellentrend	120
6.7	Sondenimpedanztrend	121
6.8	AV-Überleitungsdiagnostik	122
6.9	Programmierempfehlungen auf Basis von Diagnosedaten	123
6.10	Herzinsuffizienzdiagnostik	123
6.10.1	Flüssigkeitsstatus-Überwachung	123
6.10.2	Herzfrequenzvariabilität	123
6.11	Schlafapnoediagnostik	123
6.12	Limitationen von Diagnosefunktionen	124
7	Programmierung	125
7.1	Modus	127
7.2	Frequenzen	127
7.2.1	Grundfrequenz	127
7.2.2	Maximalfrequenz (bei DDD/VDD-Systemen)	127
7.2.3	Mode-Switch-Auslösefrequenz bei VDD/DDD-Systemen	127
7.2.4	Maximale Sensorfrequenz	128
7.2.5	Frequenzhysterese	128
7.2.6	Fallbackfrequenz	128
7.3	PV/AV-Intervalle/AV-Korrekturen	128
7.3.1	PV/AV-Intervall bei Patienten mit ausreichender oder überwiegender intrinsischer AV-Überleitung	128
7.3.2	AV-Korrektur bei Patienten mit ausreichender oder überwiegender eigener AV-Überleitung	128
7.3.3	PV/AV-Intervall bei Patienten mit AV-Blockierungen	129
7.3.4	AV-Korrektur bei Patienten mit AV-Blockierungen	129
7.3.5	Programmierung von AV-Intervall und AV-Korrektur ohne Optimierung	129
7.3.6	Frequenzadaptives AV-Intervall	129
7.4	Blanking und Refraktärzeiten	130
7.4.1	Ventrikuläre Refraktärzeit (VRP) beim Ein- und Zweikammerschrittmacher	130
7.4.2	Postatriales ventrikuläres Blanking (PAVB) beim Zweikammerschrittmacher	130
7.4.3	Ventrikuläre Sicherheitsstimulation beim Zweikammerschrittmacher	130
7.4.4	Atriale Refraktärzeit (ARP) im AAI-Schrittmacher	130
7.4.5	Postventrikuläres atriales Blanking (PAVB) beim Zweikammerschrittmacher	130
7.4.6	Postventrikuläre atriale Refraktärzeit (PVARP) beim Zweikammerschrittmacher	131
7.4.7	Totale atriale Refraktärperiode (TARP) beim Zweikammerschrittmacher	131
7.5	Stimulations- und Wahrnehmungsparameter	131
7.5.1	Impulsamplitude im Vorhof und Ventrikel	131
7.5.2	Impulsdauer im Vorhof und Ventrikel	132
7.5.3	Stimulationspolarität im Vorhof und Ventrikel	132
7.5.4	Wahrnehmungspolarität im Vorhof und Ventrikel	132

7.5.5	Empfindlichkeit im Ventrikel	132
7.5.6	Empfindlichkeit im Vorhof	133
7.6	Zusammenfassung der Programmierempfehlungen	133
	Literatur	136
8	Komplikationen	137
8.1	Komplikationen postoperativ	138
8.1.1	Hämatom	138
8.1.2	Luftpolster in der Schrittmachertasche („air trapping“)	138
8.1.3	Pneumothorax, Hämatothorax und Hämomediastinum	138
8.1.4	Postoperative Kreislauf- regulationsstörungen	139
8.1.5	Perioperative Komplikationen	140
8.2	Komplikationen postoperativ und im Langzeitverlauf	140
8.2.1	Infektion	140
8.2.2	Migration/Perforation des Schrittmachergehäuses	141
8.2.3	Pektoralisstimulation (Muskelzucken)	141
8.2.4	Zwerchfellstimulation	142
8.2.5	Thrombosen und Thromboembolien	142
8.2.6	Sondenprobleme	142
8.2.7	Konnektorprobleme	148
8.2.8	Fluktuation der Stimulations- und Wahrnehmungsschwellen	150
8.2.9	Schrittmacherdefekte	151
	Literatur	151
9	Troubleshooting	153
9.1	Schrittmacher-EKG-Analyse	155
9.1.1	Stimulation	155
9.1.2	Lagetyp	155
9.1.3	Sensing	156
9.1.4	Frequenz	156
9.1.5	Zeitintervalle	156
9.2	Auffällige EKG-Befunde	156
9.2.1	T-Negativität	156
9.2.2	Tremor	156
9.2.3	Bewegungsartefakte	156
9.2.4	Elektromagnetische Einkopplungen	158
9.2.5	Signale der Impedanzmessung bei AMV-Sensoren	158
9.3	Wahrnehmungsprobleme	158
9.3.1	Undersensing	158
9.3.2	Oversensing	161
9.3.3	Fallstrick: Automatischer Sensingtest	166
9.4	Stimulationsprobleme	168
9.4.1	Exitblock	168
9.5	Tachykardien bei Schrittmacherpatienten	168
9.5.1	Spontane Tachykardien	169
9.5.2	Schrittmacherbeteiligte Tachykardien	170
9.6	Frequenzabfallreaktion	172

9.7	Fallstricke	172
9.7.1	Schrittmacher und Monitorüberwachung	172
9.7.2	Fallstricke bei der Nachsorge.....	175
9.8	Zusammenfassung	179
9.8.1	Checkliste	179
	Literatur	180
10	Antworten auf häufige Patientenfragen	181
10.1	Allgemeine Fragen	182
10.2	Störbeeinflussung/Patientensicherheit	184
10.2.1	Störbeeinflussungen im häusliches Umfeld	184
10.2.2	Störbeeinflussungen durch Umwelteinflüsse	185
10.2.3	Störbeeinflussungen im beruflichen Umfeld	185
10.2.4	Störbeeinflussungen im medizinischen Umfeld	189
10.2.5	Übersicht der Störquellen.....	189
10.3	Nachsorgen im Ausland	190
	Literatur	190
11	Notfälle und Probleme bei Herzschrittmacherpatienten	191
11.1	Notfallsituationen während der Schrittmachernachsorge	192
11.2	Notfallsituationen unabhängig von der Schrittmachernachsorge	192
11.2.1	Reanimation	192
11.2.2	Problemlösungen durch Umprogrammierung.....	192
12	Schrittmacherindikationen und Systemauswahl	195
12.1	Indikationen	196
12.2	Systemwahl	196
	Literatur	196
13	Neue Trends/Ausblick	197
	Literatur	199
	Serviceteil	
	Anhang.....	202
	Schrittmacherlexikon.....	206
	Stichwortverzeichnis	219

Über die Autoren



Diana Morschhäuser

Dipl.-Ing. für Biomedizintechnik

Diana Morschhäuser ist im Bereich Cardiac Rhythm Management und Elektrophysiologie eines großen Medizintechnikunternehmens tätig. Sie arbeitet seit 1991 im Fachbereich Herzschrittmachertherapie und ist seit 2001 zusätzlich in den Fachgebieten Defibrillator- und Resynchronisationstherapie tätig. Ihre Erfahrung sammelte sie in den Bereichen Produktmanagement, Marketing, Training und Education, sowie in der klinischen Praxis durch die Betreuung von zahlreichen Implantationen, Studien sowie Troubleshooting Cases. Im Rahmen ihrer langjährigen Arbeit hat sie eine umfassende theoretische und praktische Expertise in der Herzschrittmachertherapie erlangt.



Dr. med. Wilhelm Fischer

Seit 1984 Chefarzt der Inneren Abteilung und Ärztlicher Direktor des Krankenhauses Peißenberg, bzw. seit 2015 Ärztlicher Direktor des Krankenhauses Schongau. Autor mehrerer Fachbücher – u. a. „Praxis der Herzschrittmachertherapie“ (in Zusammenarbeit mit internationalen Experten, insbesondere mit Dr. Philipp Ritter Bordeaux, in mehreren Sprachen veröffentlicht: Französisch, Deutsch, Englisch, Italienisch, Japanisch). Mitherausgeber der ersten Leitlinien der DGK („Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie“). Mitinitiator und Mitautor des Curriculums „Praxis der Herzschrittmachertherapie“ (2001, Update 2007). Mitherausgeber des Bandes 2004/1 Herzschrittmacher & Elektrophysiologie: „Störbeeinflussung von implantierbaren Herzschrittmachern und Defibrillatoren“. 1994 bis 2000 Mitglied des Nucleus der Arbeitsgruppe Herzschrittmacher. Seit Jahrzehnten aktives Mitglied im VDE/DIN der Deutschen Kommission für Elektrotechnik, Mitautor u. a. am Positionspapier „Kernspintomografie bei Patienten mit implantiertem Herzschrittmacher, Defibrillator oder CRT-Gerät“ (2012). Er hält internationale und nationale Vorträge und Seminare über „Herzschrittmachertherapie in Theorie und Praxis“ (u. a. zusammen mit dem Koautor Dr. Michael Jakob).



Dr. med. Michael Jakob

Leiter der Geschäftsstelle der Ethikkommission bei der Ärztekammer des Saarlandes, ehemals Leitender Oberarzt der Medizinischen Klinik im Knappschaftsklinikum Saar GmbH, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität des Saarlands, seit 1981 schwerpunktmäßig auf dem Gebiet der Elektrophysiologie und Schrittmachertherapie klinisch tätig. Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Herz-Kreislauf-Forschung. Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher und Elektrophysiologie. Elected Member der European Working Group on Cardiac Pacing. Mehr als 50 Publikationen und Vorträge auf nationalen und internationalen Kongressen. Initiator und wissenschaftlicher Leiter des 1. interaktiven Internetforums für SM-EKGs, Kasuistiken und Problemlösungen. Im Rahmen der Verpflichtungen der studentischen Ausbildung des Akademisches Lehrkrankenhaus Tutor mit Vorlesungen über Rhythmologie und Echokardiographie. Seit Jahren als Ausbilder und Referent für alle Teilaspekte der SM-Therapie national wie international tätig. Kursleiter und in Zusammenarbeit mit Dr. Wilhelm Fischer verantwortlich für die Durchführung eines Curriculums der Schrittmachertherapie nach den Vorgaben der DGK.

Abkürzungsverzeichnis

Ω	Ohm	ATC	Automatic threshold monitoring
μA	Microampere	ATDR	Atriale Tachykardie Erkennungsfrequenz („atrial tachycardia detection rate“)
μJ	Microjoule	ATR	Atriale Tachyreaktion
μT	Microtesla	ATM	Atriale Amplitudensteuerung (► Abschn. 2.6.2) und Automatic Threshold Monitoring (► Abschn. 2.7.2)
A	Atrialer Stimulus im Herzschrittmacher-EKG	ATP	Antitachykardie Stimulation („antitachycardia pacing“)
A00	Vorhofschrittmacher mit asynchroner Stimulation (► Abschn. 1.8)	AV	Atrioventrikulär
AAI	P-Wellen-inhibierbarer Vorhofschrittmacher (► Abschn. 1.8)	AVB	AV-Block
AAI Safe R	Algorithmus zur Vermeidung ventrikulärer Stimulation	AVC	AV-Conduction mode
AAT	P-Wellen-getriggert Vorhofschrittmacher (► Abschn. 1.8)	AVD	AV-Delay
ACap Confirm	Automatische atriale Impulsamplitudenanpassung	AVI	AV-Intervall nach Vorhofstimulation
ACC	Active capture control (► Abschn. 2.6.2)	BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
ACM	Atrial capture management (► Abschn. 2.7.2)	BOL	Beginn der Laufzeit („begin of life“)
ACR	Atrial chamber reset (► Abschn. 2.7.2)	BOS	Beginn der Laufzeit („begin of service“)
AED	Automatischer externer Defibrillator	BPEG	British Pacing and Electrophysiology Group
AF	Vorhofflimmern („atrial fibrillation“)	BTS	Bradykardie-Tachykardie-Syndrom
AFib/AFlatt	Vorhofflimmern und/oder Vorhofflattern	CSS	Karotissinussyndrom („carotid sinus syndrome“)
AGC	Automatic Gain Control, Automatische Empfindlichkeitsanpassung	CLS	Closed Loop Stimulation (► Abschn. 3.1.3)
Ah	Amperestunden („amper-hour“)	CRT	Kardiale Resynchronisationstherapie („cardiac resynchronization therapy“)
AI	Auslöseintervall	CS	Koronarsinus („coronary sinus“)
AMC	Automatic mode conversion	CSM	Karotissinusmassage („carotid sinus massage“)
AMV	Atemminutenvolumen	DAO	Dynamischer atrialer Overdrive („dynamic atrial overdrive“)
APP	Atriale Stimulationspräferenz („dynamic atrial overdrive“)	DCM	Dilatative Kardiomyopathie („dilative cardiomyopathy“)
ARP	Atriale Refraktärperiode		
ARS	Atriale Frequenzstabilisierung („atrial rate stabilization“)		
AT	Atriale Tachykardie		

DGK	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie, Herz- und Kreislaufforschung	HF	Herzfrequenz
D00	Modus des Zweikammerschrittmachers (► Abschn. 1.8)	HOCM	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie („hypertrophic obstructive cardiomyopathy“)
DDD	Modus des Zweikammerschrittmachers (► Abschn. 1.8)	HRS	Heart Rhythm Society (vormals NASPE)
DDD/AMC	AV-Such-Hysterese – Automatic Mode Commutation	HSM	Herzschrittmacher
DDI	Modus des Zweikammerschrittmachers (► Abschn. 1.8)	HV	Intervall zwischen His-Bündelsignal (His-Elektrogramm) und ventrikulärem Signal
DPlus	AV-Such-Hysterese	Hz	Hertz
EBM	„evidence based medicine“ bzw. Einheitlicher Bewertungsmaßstab (<i>je nach Zusammenhang</i>)	Hy	Hysterese, Frequenzhysterese
EF	Auswurffraktion („ejection fraction“)	IC	Integrated circuit
EGM	Elektrogramm	ICD	Implantierbarer Cardioverter Defibrillator
EKG	Elektrokardiogramm	ICHD	Intersociety Commission for Heart Disease Resources
ELT	Schrittmacher-Reentry-Tachykardie („endless loop tachycardia“)	IEC	International Electrotechnical Commission
EMI	Elektromagnetische Störbeeinflussung („electromagnetic interference“)	IEGM	Intrakardiales Elektrogramm
EOL	Ende der Laufzeit („end of Life“)	Interval F_{\max}	Intervall der Maximalfrequenz
EOS	Ende der Laufzeit („end of service“)	ipm	Impulse pro Minute, z. B. Stimulationsimpulse pro Minute
EP	Evoziertes Potential („evoked potential“)	IRI	Nahe bevorstehender Austauschindikator („imminent replacement indicator“)
ER	Evozierte Antwort („evoked response“)	IS 1	Internationaler Standard No. 1 (Steckernorm)
ERI	Austauschindikator („elective replacement indicator“)	ISO	International Standard Organization
ERT	Austauschindikator („elective replacement time“)	J	Joule
ESC	European Society of Cardiology	kΩ	Kilohm
F_{\max}	Maximalfrequenz, upper rate limit, max. Synchronfrequenz	KHK	Koronare Herzerkrankung
FFS	Far Field Sensing, R-Wellen Far-Field-Sensing, R-Wellen-Fernfeldwahrnehmung	kV	Kilovolt
FMS	Fallback Mode Switch	LV	Linksventrikulär
HCM	Hypertrophe Kardiomyopathie („hypertrophic cardiomyopathy“)	LVEDD	Linksventrikulärer enddiastolischer Durchmesser
		LVEF	Linksventrikuläre Auswurffraktion („ejection fraction“)
		mA	Milliampere
		min⁻¹	Schläge pro Minute (intrinsische Frequenz)
		ms	Millisekunden

Abkürzungsverzeichnis

MPV	Minimization of pacing in the ventricles	PP	P-P-Intervall; atriales Intervall von P-Welle zu P-Welle
MVP	Managed ventricular pacing	PR	P-R-Intervall; Intervall zwischen P-Welle und der darauffolgenden R-Zacke
MRI	Kernspintomograph („nuclear magnetic resonance imager“)	PSA	Pacing System Analyzer
MRT	Magnetresonanztomographie	PVAB	Postventrikuläres atriales Blanking
ms	Millisekunden	PVARP	Postventrikuläre atriale Refraktärperiode
mT	Millitesla	PVC	VES, Ventrikuläre Extrasystole („premature ventricular contraction“)
MTR	Maximum tracking rate	PVI	AV-Intervall nach atrialer Wahrnehmung
mV	Millivolt		
N	Newton	R	Spontane R-Welle
NASPE	North American Society of Pacing and Electrophysiology (jetzt HRS)	RAM	Random access memory
NBG Code	NASPE/BPEG Generic Pacemaker Code	ROM	Read only memory
NCAP	Nicht-konkurrierende atriale Stimulation („non competitive atrial pacing“)	RR	R-R-Intervall; ein ventrikuläres Intervall
NIPS	Nicht-invasive programmierbare Stimulation	RRT	Austauschindikator („recommended replacement time“)
NMR	Kernspintomograph („nuclear magnetic resonance imager“)	RV	Rechtsventrikulär
NSP	Störfrequenzsammelperiode („noise sampling period“)	RythmiQ	Algorithmus zur Vermeidung ventrikulärer Stimulation
NYHA	Herzinsuffizienzklasse (New York Heart Association)	Safe R	Algorithmus zur Vermeidung ventrikulärer Stimulation
O₂	Sauerstoff (Oxygen)	SAR	spezifische Absorptionsrate
P	Spontane P-Welle	SAV	Sensed AV-Intervall, AV-Intervall nach Vorhofwahrnehmung
PAC	SVES, Atriale Extrasystole („premature atrial contraction“)	SBR	Spontane Brady Reaktion (► Abschn. 3.2.2)
PAV	Paced-AV-Intervall, AV-Intervall nach Vorhofstimulation	SCD	Plötzlicher Herztod („sudden cardiac death“)
PAVB	Postatriales ventrikuläres Blanking	SI	Stimulationsintervall
PEA	Peak endocardial acceleration (► Abschn. 3.1.4)	SKS	Sinusknotensyndrom
PEI	Preinjection interval	SM	Schrittmacher
PEPS	Postextrasystolische Pausensuppression	SR	Sinusrhythmus
PES	Programmierte Elektrische Stimulation	SSS	Sinusknotensyndrom („sick sinus syndrome“)
PMOP	Post Mode Switch Overdrive Pacing	ST	Sinustachykardie
PMT	Schrittmachervermittelte Tachykardie („pacemaker mediated tachycardia“)	SVES	Supraventrikuläre Extrasystole
		SVT	Supraventrikuläre Tachykardie
		TARP	Totale atriale Refraktärperiode
		TDR	Tachykardie Erkennungsfrequenz („tachycardia detection rate“)

TENS	Transkutane elektrische Nervenstimulation	VES	Ventrikuläre Extrasystole
URI	Intervall der maximalen Grenzfrequenz („upper rate interval“)	VF	Kammerflimmern („ventricular fibrillation“)
URL	Maximale Grenzfrequenz, F_{\max} („upper rate limit“)	VRP	Ventrikuläre Refraktärperiode
V	Volt	VRS	Ventrikuläre Frequenzstabilisierung („ventricular rate stabilization“)
V	Ventrikulärer Stimulus im Schrittmacher-EKG	VSF	Ventrikuläres Sicherheitsfenster
V00	Modus des Kammerschrittmacher (► Abschn. 1.8)	VSS	Ventrikulärer Sicherheitsstimulus
VA	Ventrikuloatrial	VT	Ventrikuläre Tachykardie
VA-Intervall	Atriales Erwartungsintervall nach einem ventrikulären Ereignis	VVI	R-Wellen-inhibierbarer Kammerschrittmacher (► Abschn. 1.8)
VAT-Stimulation	P-Wellen getriggerte AV-sequentielle Ventrikelstimulation	VVS	Vasovagales Syndrom
VDD	P-Wellen-getriggelter Ventrikelschrittmacher (► Abschn. 1.8)	VVT	R-Wellen-getriggelter Kammerschrittmacher (► Abschn. 1.8)
		WARAD	Vorzeitigkeitsfenster („window of atrial rate acceleration detection“)



Grundlagen

- 1.1 Schrittmacheraufbau – 3**
 - 1.1.1 Einkammerschrittmacher – 3
 - 1.1.2 Zweikammerschrittmacher – 3
 - 1.1.3 Biventrikulärer Schrittmacher – 5
 - 1.1.4 Sondenloser Herzschrittmacher (Leadless Pacemaker) – 5
- 1.2 Schrittmachersonden – 6**
- 1.3 Konfiguration unipolar/bipolar – 8**
 - 1.3.1 Unipolare Konfiguration – 8
 - 1.3.2 Bipolare Konfiguration (■ Abb. 1.13) – 8
- 1.4 Parameter Stimulation/Wahrnehmung – 9**
 - 1.4.1 Stimulation – 9
 - 1.4.2 Wahrnehmung (Sensing/Detektion) – 11
- 1.5 Internationale Kodierung von Schrittmachern und Sonden – 14**
- 1.6 Schrittmacher-EKG – 16**
 - 1.6.1 Schrittmacherstimulus – 16
 - 1.6.2 Pseudofusionen – Fusionen – Pseudopseudofusionen – 16
 - 1.6.3 Lagetyp – 17
- 1.7 Zeitintervalle – Frequenzen – Refraktärzeiten – 19**
 - 1.7.1 Stimulationsintervall – 20
 - 1.7.2 Auslöseintervall – 20
 - 1.7.3 Grundintervall/Grundfrequenz – 21
 - 1.7.4 AV-Intervall – 21
 - 1.7.5 Frequenzhysterese – 23
 - 1.7.6 Maximale Sensorfrequenz – 24
 - 1.7.7 Maximalfrequenz/obere Grenzfrequenz – 24
 - 1.7.8 Ausblendzeit (Blanking) – 24
 - 1.7.9 Refraktärperioden – 27

1.7.10 Übersicht der Zeitintervalle und Refraktärzeiten in VVI-,
AAI- und DDD-Herzschrittmachern – 29

1.8 Stimulationsbetriebsarten – 30

1.8.1 Ventrikuläre Schrittmachersysteme – 30

1.8.2 Atriale Schrittmachersysteme – 33

1.8.3 Zweikammersystem mit Single Lead – 37

1.8.4 Zweikammerschrittmacher – 38

1.9 VVIR: chronotrope Inkompetenz bei Bradyarrhythmia absoluta – Limitierung der ventrikulären Maximalfrequenz bei totalem AV-Block – 42

1.9.1 Limitierung durch Maximalfrequenz –
Wenckebach-Verhalten – 42

1.9.2 Limitierung durch TARP – 2:1-(n:1)-Blockverhalten – 43

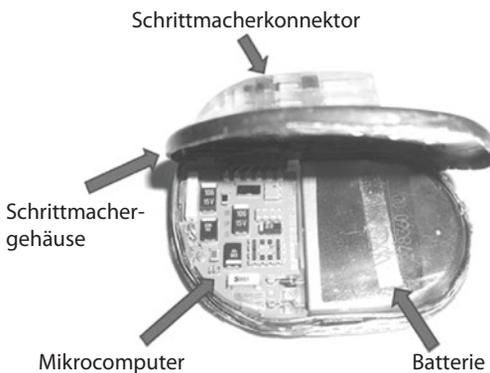
Literatur 45

1.1 Schrittmacheraufbau

Der Schrittmacher ist ein elektronischer Impulsgeber, der den Herzmuskel bei zu langsamem Herzschlag stimuliert und depolarisiert. Herzschrittmacher beobachten die Herzfrequenz und geben bei Bedarf Stimulationsimpulse ab. Mittels Programmierung können die Schrittmacherfunktionen an die individuellen Bedürfnisse des Patienten angepasst werden.

Das Gehäuse des Schrittmachers besteht aus biokompatiblen Titan. Innerhalb des Schrittmachergehäuses befinden sich eine Batterie und ein Microcomputer. Der Microcomputer kontrolliert die gesamte Funktion des Herzschrittmachers. Er erzeugt elektrische Impulse und gibt diese zeitlich gesteuert an das Herz ab (▣ Abb. 1.1).

Für die Energieversorgung haben sich überwiegend die langlebigen Lithium-Jod-Batterien, wie auch in neuerer Zeit die Niedrigimpedanzbatterien (z. B. Hybrid-Carbonfluorid [CFx]-Lithium-Silber-Vanadiumoxid-Batterien oder Lithium-Mangandioxid-Batterien) durchgesetzt. Die Batterielaufzeit kann jedoch beträchtlich variieren. Je nach programmierter Energieabgabe (Output), internem Stromverbrauch und Batteriekapazität beträgt sie zwischen 5 und 15 Jahre. Sonden stellen die Verbindung zwischen Herzschrittmacher und Herz dar und werden in der Regel bei der Implantation über die Venen zum



▣ Abb. 1.1 Schrittmachergehäuse und Innenleben

Herzen vorgeschoben und dort positioniert. Das distale Ende der Sonde liegt je nach Schrittmachertyp im rechten Vorhof und/oder im Ventrikel. Für die kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) ist zusätzlich noch eine Sonde für den linken Ventrikel erforderlich. Die proximalen Enden der Sonden, die Sondenstecker, werden mit dem Schrittmacherkonnektor des Herzschrittmachers verbunden.

Um einen problemlosen Austausch der Herzschrittmacher bei Batterieerschöpfung zu ermöglichen, wurde der Schrittmacherkonnektor Anfang der 1990er-Jahre genormt (IS-1-Anschluss – 3,2 mm Durchmesser). Allerdings gibt es immer noch vereinzelt langlebige alte Sonden und Schrittmachermodelle mit 5- oder 6-mm-Konnektoranschlüssen. Hier ist bei einem Schrittmacheraustausch die Adaptation der Sonde auf den IS-1-Anschluss erforderlich (▣ Abb. 1.2).

1.1.1 Einkammerschrittmacher

- Vorhofschrittmacher (▣ Abb. 1.3)
- Ventrikelschrittmacher (▣ Abb. 1.4)

1.1.2 Zweikammerschrittmacher

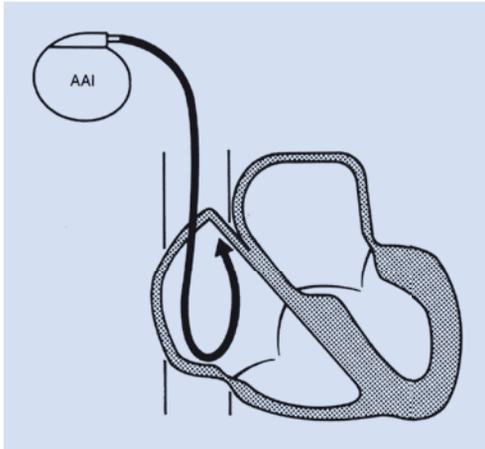
- Zweikammerschrittmacher (DDD/DDI) (▣ Abb. 1.5)
- VDD-Single-Lead-Schrittmacher (▣ Abb. 1.6)

Der VDD-Schrittmacher stellt eine Sonderform des Zweikammerschrittmachers dar. Ein spezielles Single-Lead-System, das im rechten Ventrikel befestigt wird, verfügt auf Höhe des rechten Vorhofes über zwei Elektrodenringe. Über diese (flottierenden) Elektrodenringe können atriale Signale wahrgenommen werden. Im Ventrikel kann das System unipolar oder bipolar konfiguriert sein.

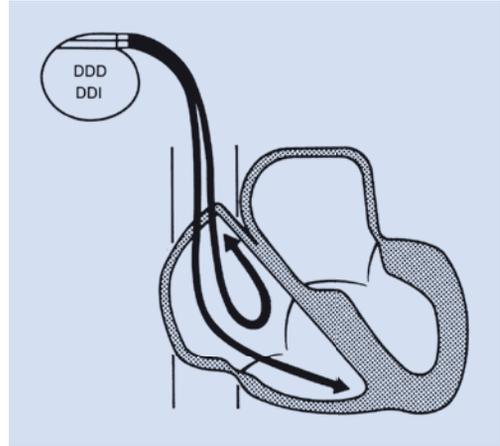


▣ **Abb. 1.2** Entwicklung der Schrittmachergehäuse: von den Anfängen der Schrittmachertherapie bis 2010. Dieses Bild ist eine Fotomontage und zeigt nur

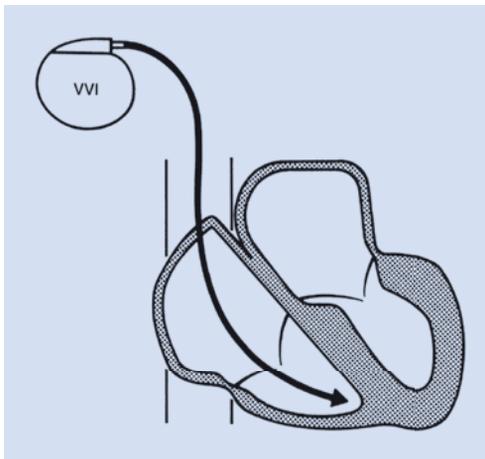
ungefähre Größenverhältnisse. (Fotomontage wurde erstellt aus Schrittmachern der Firmen Biotronik, Boston, Intermedics, Medtronic, Sorin, St. Jude)



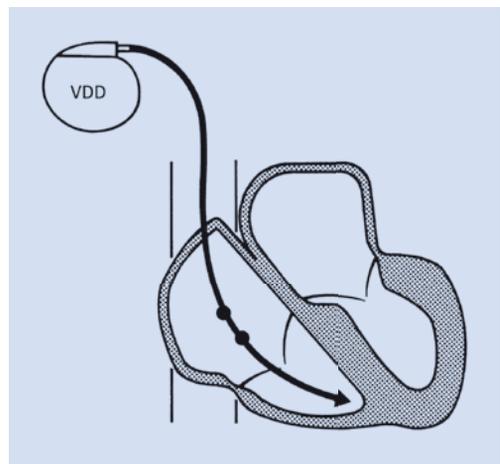
■ **Abb. 1.3** Vorhofschrittmacher verfügt über eine Sonde im rechten Vorhof. Aus: Fischer und Ritter (2002)



■ **Abb. 1.5** DDD/DDI-Schrittmacher verfügt über jeweils eine Sonde im rechten Vorhof und rechten Ventrikel. Aus: Fischer und Ritter (2002)



■ **Abb. 1.4** Ventrikelschrittmacher verfügt über eine Sonde im rechten Ventrikel. Aus: Fischer und Ritter (2002)



■ **Abb. 1.6** Schematische Darstellung eines VDD-Schrittmachers

1.1.3 Biventrikulärer Schrittmacher

Der biventrikuläre Schrittmacher verfügt neben einer rechtsventrikulären Sonde noch zusätzlich über eine linksventrikuläre Sonde (mit oder ohne Vorhofsonde). Diese Schrittmacher finden Anwendung in der kardialen Resynchronisationstherapie (CRT). Ziel hierbei ist es, die Kontraktion der rechten und linken Herzkammer zu synchronisieren und damit

die Hämodynamik zu verbessern (■ Abb. 1.7). Auf die kardiale Resynchronisationstherapie wird in diesem Buch nicht näher eingegangen.

1.1.4 Sondenloser Herzschrittmacher (Leadless Pacemaker)

Der sondenlosen Herzschrittmacher wurden im Jahr 2013 eingeführt. Es handelt sich hierbei um eine kleine zylinderförmige Kapsel mit in-