

## 6 Systemwahl

### 6.1 Schrittmacher

G. Fröhlig, B. Lemke, A. Markewitz

#### Das Wichtigste in Kürze



Die 1996 den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (DGK) vorangestellte Präambel, welche eine möglichst „physiologische“ Schrittmachertherapie anmahnt, um „Lebensqualität, Leistungsfähigkeit und Langzeitprognose“ der Patienten zu fördern, müsste heute sehr viel vorsichtiger formuliert werden. Keine der seither publizierten großen Vergleichsstudien hat einen dramatischen Vorteil der vorhofbasierten gegenüber der rein ventrikulären Stimulation gezeigt, der Begriff „physiologisch“ hat einen Bedeutungswandel von „vorhofbeteiligend“ zu „möglichst wenig die natürliche Herzfunktion störend“ erfahren, und die Vorstellung, man müsse die apikale Stimulation im rechten Ventrikel, weil deletär, unbedingt vermeiden, gilt offenbar nicht uneingeschränkt. Zwar orientiert sich die nachfolgende Erörterung an den deutschen Leitlinien zur Herzschrittmachertherapie von 2005, den europäischen Guidelines for Cardiac Pacing and Cardiac Resynchronization Therapy von 2007 und am Focused Update of ESC Guidelines on Device Therapy in Heart Failure von 2010. Doch zeigen die kurzen Folgeintervalle beim Leitlinien-„Update“, dass nicht jede der Empfehlungen zur Systemwahl dauerhaften Bestand haben wird, dass Unklarheiten bleiben und in der individuellen Konstellation auch mehrere Lösungen richtig sein können.

Die European Society of Cardiology (ESC) hat im September 2007 ihre Leitlinien zur Schrittmachertherapie und kardialen Resynchronisation publiziert [63]. Die Autoren eines Kommentars der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie aus dem Jahr 2008 [48] halten im Vergleich dazu die deutschen Leitlinien von 2005 [34] weiterhin für angemessen, benennen jedoch in einer Gegenüberstellung die Unterschiede zwischen beiden Publikationen, kommentieren bedeutsame Abweichungen und kennzeichnen notwendige Weiterentwicklungen der deutschen Leitlinien aufgrund der ESC-Festlegungen. Inzwischen ist eine grundlegend neue Fassung der europäischen Leitlinien in Arbeit und wird voraussichtlich 2013 erscheinen. Soweit die Systemwahl in der „Device“-Therapie betroffen ist, sollen daraus bekannt gewordene Details bereits berücksichtigt werden.

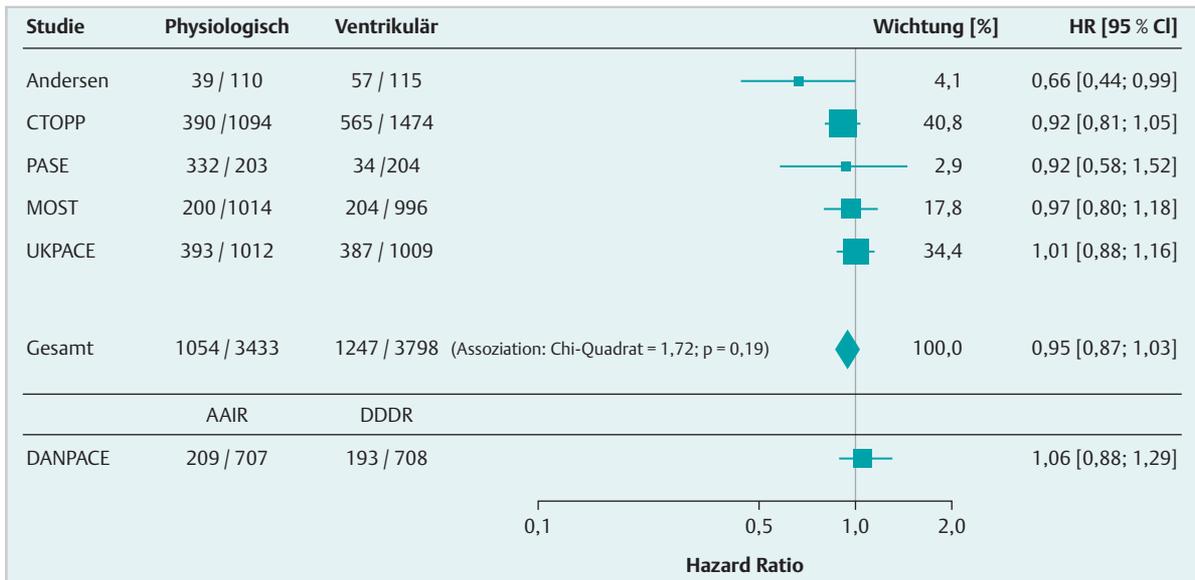
Den Empfehlungen zur Systemwahl stellen die DGK-Leitlinien 2005 eine Diskussion der Studienlage voran, weil viele der noch 10 Jahre zuvor sicher geglaubten Therapiegrundsätze durch große, prospektive, randomisierte Un-

tersuchungen nicht bestätigt worden sind. Auch wenn am Konzept der Studien häufig Kritik geübt wurde (Zweikammerstimulation ohne AV-Zeit-Optimierung, Frequenzadaptation ohne erkennbare Prüfung der Frequenzinkompetenz, zu kurze Nachbeobachtungszeiten [3, 32] und teils hohe Cross-over Raten [32]), so bilden sie doch die Schrittmachertherapie im realen Leben ab. Im Rahmen dieser Diskussion soll hier die Resynchronisation nicht noch einmal behandelt werden, weil sie in den Kapiteln zur CRT-Indikation und zur Kombination von CRT- und ICD-Therapie bereits weiten Raum gefunden hat. Sie findet jedoch Eingang in den Versuch, in einem Entscheidungsbaum die korrekte Systemwahl für Schrittmacher und Defibrillatoren abzubilden.

#### 6.1.1 Mortalität

Innerhalb der ersten 3–5 Jahre nach Implantation ist für keine der üblichen Schrittmacher-Indikationen eine Senkung der Mortalität durch vorhofbeteiligende Stimulation belegt (Evidenzgrad A). Bei Patienten mit Sinusknotenerkrankung ist mit AAI-Stimulation zwar eine Prognoseverbesserung (Gesamtmortalität und kardiovaskuläre Mortalität) gezeigt worden, jedoch ist dieser Befund nach ursprünglich negativem Ergebnis erst durch Verlängerung der Beobachtungszeit zustande gekommen [2]. Die Sonderstellung, welche der reinen Vorhof-Stimulation damit zuzukommen scheint (► Abb. 6.1), wird auf die systematische Vermeidung ventrikulären Pacings zurückgeführt, findet jedoch im direkten Vergleich zwischen AAIR und DDDR keine Bestätigung (► Abb. 6.1) [44]. Damit nähert sich der Evidenzgrad für die AAI-Stimulation bei Sinusknotenerkrankung eher der europäischen als der deutschen Einschätzung (Evidenzgrad C).

In Subgruppenanalysen der CTOPP- und MOST-Studien profitieren vor allem Patienten unter 74 bzw. 75 Jahren von einer vorhofbeteiligenden Stimulation (Evidenzgrad B) [13, 31]. Die CTOPP-Studie zeigt darüber hinaus eine Abhängigkeit der Prognose von der Spontanfrequenz: Beträgt diese weniger als 60/min, so liegen die gesamte und die kardiovaskuläre Mortalität unter vorhofbeteiligender Stimulation signifikant niedriger als unter VVI-Behandlung (Evidenzgrad B) [59]. Der Befund erklärt sich aus der einfachen Überlegung, dass die kumulative Stimulationsrate mit abnehmender Spontanfrequenz des Patienten ansteigen und dass zwei Therapiekonzepte umso eher unterschiedliche Wirkung entfalten sollten, je regelmäßiger sie tatsächlich eingesetzt werden.



**Abb. 6.1 Synopsis der großen prospektiv-randomisierten Studien zur Systemwahl.** Endpunkt: Mortalität; oben: Metaanalyse zum Vergleich vorhoffbeteiligender mit rein ventrikulärer Stimulation; unten: AAIR vs. DDDR-Stimulation bei Sinusknotensyndrom. Andersen: Dänische Studie zum Vergleich von AAI- und VVI-Pacing bei hochselektionierten Patienten mit Sinusknotensyndrom [3, 2]. CTOPP: Canadian Trial of Physiologic Pacing [13, 26], DDD(R)/AAI(R) vs. VVI(R) bei Patienten mit Sinus- und AV-Knoten-Störung; PASE: Pacing-maker Selection in the Elderly [32], DDDR vs. VVIR bei Patienten mit schrittmacherbedürftiger Bradykardie im Alter über 65 Jahren; MOST: Mode Selection Trial in Sinus Node Dysfunction [31], DDDR vs. VVIR bei Sinusknotensyndrom; UKPACE: United Kingdom Pacing and Cardiovascular Events Trial [61], DDD vs. VVI oder VVIR bei höhergradigem AV-Block; DANPACE: Danish Multicenter Randomized Trial on AAIR vs. DDDR Pacing bei Sick-Sinus-Syndrom [44]. Zusammenstellung nach [22] und [44].

### 6.1.2 Vorhofflimmern

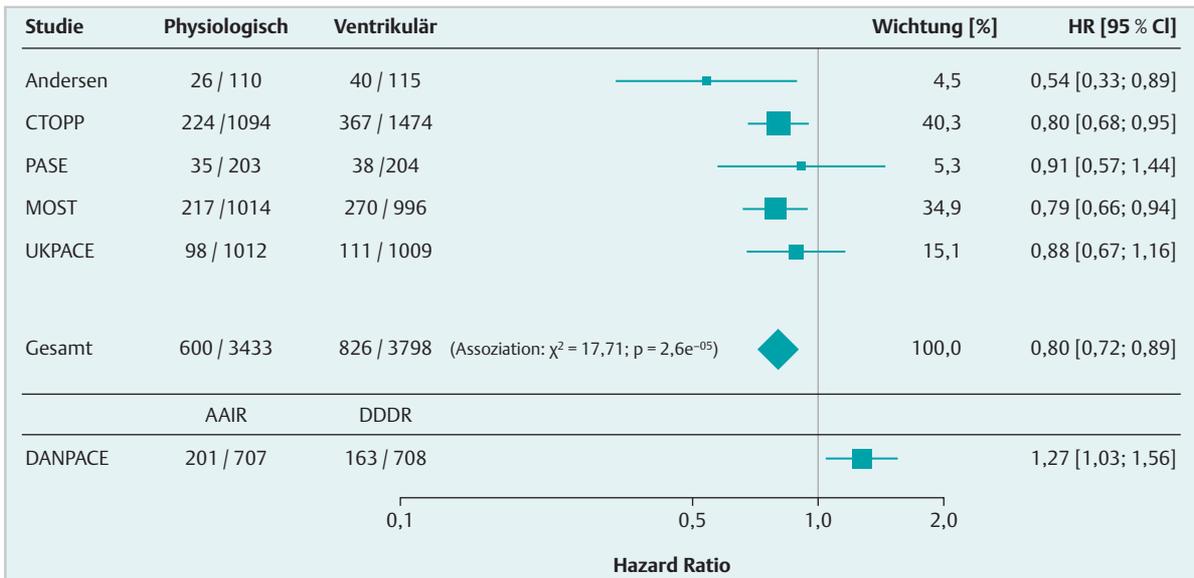
Nach den Ergebnissen kleinerer prospektiv-randomisierter Studien [2, 40] und dem Ausgang zweier großer Studien mit Vorhofflimmern als sekundärem Endpunkt [13, 31] reduziert die vorhoffbeteiligende im Vergleich zur reinen Ventrikelstimulation das Auftreten von Vorhofflimmern im Langzeitverlauf (► Abb.6.2; Evidenzgrad A). Allerdings scheint bei AV-Block-Patienten die Aufrechterhaltung der AV-Synchronität keinen Einfluss auf die Häufigkeit von Vorhofflimmern zu haben, weil im ersten Beobachtungsjahr der UKPACE-Studie mit einem DDD-System sogar mehr Vorhofflimmern auftritt als mit einem VVI(R)-System [61].

Unabhängig von der AV-Synchronität findet eine Subgruppenanalyse der MOST-Studie [31], dass die Häufigkeit von Vorhofflimmern bei Sinusknotenpatienten vom Anteil der Zyklen mit Stimulation in der rechten Kammer abhängt (Evidenzgrad B) [56]. Entsprechend endet eine therapeutische Interventionsstudie (SAVE PACE) nach 1,7±1 Jahren mit einer Reduktion um 40% von persistierendem Vorhofflimmern, wenn der DDD-Modus mit einem Algorithmus zur Vermeidung unnötiger Ventrikelstimulation arbeitet und die kumulative Stimulationsrate in der rechten Kammer von 99% auf 9,1% sinkt [54]. Nicht in dieses Bild passen die Ergebnisse der DANPACE-Studie [44], die für AAIR signifikant mehr paroxysmales

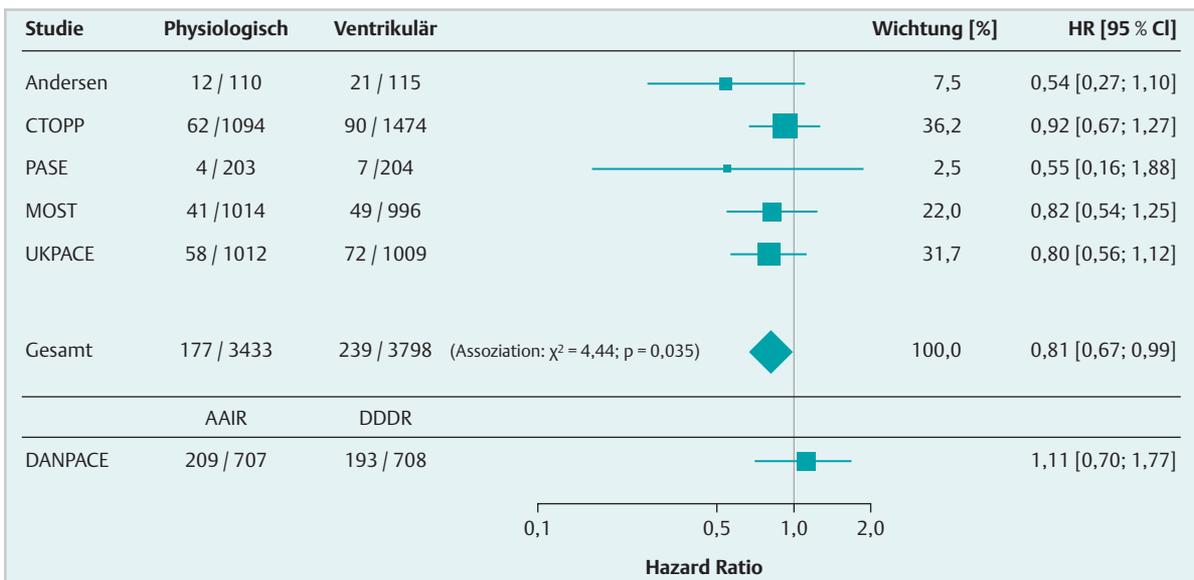
Vorhofflimmern als für DDDR findet, obwohl der ventrikuläre Stimulationsanteil im Zweikammer-Modus 65% beträgt. Die Häufigkeit chronischen Vorhofflimmerns ist in beiden Betriebsarten gleich.

### 6.1.3 Thromboembolien, Schlaganfall

Beim Sinusknotensyndrom zeigt sich in der kleinen dänischen Studie für VVI- vs. AAI-Stimulation ein erhöhtes Thromboembolierisiko [2]. Zentriert man die Betrachtung auf die Schlaganfallhäufigkeit, so ist in keiner der großen prospektiv-randomisierten Studien ein Vorteil für die vorhoffbeteiligenden Systeme nachgewiesen (► Abb.6.3). Interessanterweise ergibt die Metaanalyse einen marginal protektiven Effekt für die Wahrung der AV-Synchronie [22]. Für die Minderung der kumulativen Ventrikelstimulationsrate gilt das nicht [54, 44]. Das Stimulationskonzept spielt demnach bei der Verhinderung thromboembolischer Ereignisse nur eine untergeordnete Rolle (Evidenzgrad A), während der adäquaten Antikoagulation ein vergleichsweise größerer Einfluss auf die Thromboembolierate zukommt.



**Abb. 6.2 Synopsis der großen prospektiv-randomisierten Studien zur Systemwahl.** Endpunkt: Vorhofflimmern. Layout und Abkürzungen wie in ► Abb. 6.1. Zusammenstellung nach [22] und [44].



**Abb. 6.3 Synopsis der großen prospektiv-randomisierten Studien zur Systemwahl.** Endpunkt: Schlaganfall. Layout und Abkürzungen wie in ► Abb. 6.1. Zusammenstellung nach [22] und [44].

### 6.1.4 Belastbarkeit, Lebensqualität und Herzinsuffizienz

Die in kleineren Studien gefundene Verbesserung der Belastbarkeit und des subjektiven Befindens unter vorhofferteiliger Stimulation lässt sich nicht auf die Alltagssituation oft multimorbider Schrittmacherpatienten übertragen. Entsprechend bescheiden fallen die Ergeb-

nisse der großen Vergleichsstudien aus [42, 4], die eher bei Patienten mit Sinusknotensyndrom Vorteile in Belastbarkeit und Lebensqualität durch vorhofferteilige Konzepte sehen (Evidenzgrad B) [32, 31].

Hinweise darauf, dass bei intakter spontaner AV-Leitung rechtsventrikuläre Impulsabgaben die Morbidität und Mortalität durch Herzinsuffizienz erhöhen, treffen besonders für Patienten mit eingeschränkter Funktion der lin-

ken Kammer und/oder verbreitertem QRS-Komplex im nativen wie stimulierten EKG zu [49, 64, 18, 53, 57, 58, 51]. Meist lassen sich Effekte darstellen, wenn die kumulative Stimulationshäufigkeit (%VP) in der rechten Kammer bei 40–50% dichotomisiert wird, doch sind die Mitteilungen dazu wenig einheitlich. In einer der Schlüsseluntersuchungen zum Thema [56] scheint die Schwelle deletärer Stimulationsrate modusabhängig zu sein, weil unter DDDR-Stimulation das Risiko der Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz zwischen 0 und 40%VP um den Faktor 5 und danach kaum mehr zunimmt, während es im VVIR-Modus erst jenseits 80%VP steil auf das Vierfache von 0%VP ansteigt. Noch verwirrender ist die Beobachtung, dass die völlige Freiheit von ventrikulärer Stimulation nicht für alle Patienten das Beste zu sein scheint, sondern die Ereignisrate an Tod oder Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz im Bereich 10–20%VP ihr Minimum findet, jenseits davon allmählich zunimmt und mit mehr als 50%VP nochmals sprunghaft ansteigt [45]. Erstgenannter Befund betrifft Sinusknotenpatienten mit überwiegender leichter Herzkrankheit, Letzterer eine typische ICD-Klientel mit stark reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion. Ob %VP wirklich „full ventricular capture“ bedeutet oder eine nennenswerte Zahl von Fusionsschlägen enthält, ist den Daten aus diagnostischen Aggregatzählern nicht zu entnehmen. Die wirkliche Schwelle deletärer Stimulationshäufigkeit bleibt also ungewiss.

Versuche, ungeachtet dieser Schwierigkeit ventrikuläre Stimulation zu vermeiden, lassen im Ergebnis unterschiedliche Schlüsse zu:

- Bei einer typischen ICD-Klientel (n=988) findet die INTRINSIC-RV-Studie bezüglich Tod und Hospitalisierung wegen Herzinsuffizienz keine Unterlegenheit des Zwei- gegenüber dem Einkammer-ICD (Backup-Frequenz 40/min), wenn AV-Hysterese die kumulative ventrikuläre Stimulationsrate im DDD-Modus auf 10% (Median 4%) reduziert [46]. Sie stützt damit implizit den Befund des DAVID-Trials [64], nach dem bei Patienten ohne Schrittmacherbedürftigkeit eine Zwangsstimulation im rechten Ventrikel die Morbidität und Mortalität durch Herzinsuffizienz erhöht.
- Bei 1065 Patienten mit Sinusknotenerkrankung, erhaltener Funktion der linken Kammer und normaler nodaler und infranodaler Erregungsleitung vermag die SAVE-PACe-Studie zwar, durch „minimal ventricular pacing“ (MVP) das atriale Flimmerrisiko zu mindern, die Mortalität bleibt dadurch aber unbeeinflusst [54].
- Die oben bereits zitierte DANPACE-Studie findet unter AAIR- und DDDR-Therapie des Sinusknotensyndroms keinen Unterschied im Auftreten von Herzinsuffizienzzeichen (n=1415; LVEF: 54–59%; kein Schenkelblock; mittlere Nachbeobachtung: 5,4±2,4 Jahre; [47]).

Damit harrt das Konzept des „minimal ventricular pacing“ seiner klinischen Bestätigung als Prophylaktikum einer stimulationsinduzierten Herzinsuffizienz, zumin-

dest solange die intraventrikuläre Erregungsausbreitung ungestört und die Funktion der linken Kammer nicht wesentlich eingeschränkt ist (Evidenzgrad A).

## 6.1.5 Komplikationen

Im Vergleich zwischen Ein- und Mehrelektroden-Systemen muss mit einer höheren Komplikationswahrscheinlichkeit bei komplexer Sondenanordnung gerechnet werden, welche Dislokationsrate, chirurgische und medizinische Risiken gleichermaßen einschließt und sich sogar auf die Mortalität auswirkt (Evidenzgrad A) [1, 28, 33, 62, 17, 3, 13, 31].

Während sich in einem frühen Vergleich vorhofbeteiligter und rein ventrikulärer Schrittmacher aus 1059 konsekutiven Erstimplantationen kein signifikanter Unterschied in der Gesamtkomplikationsrate ergibt, liegt die Zahl der Sondendislokationen im Vorhof bis 2 Monate nach OP höher als in der Kammer (1,6 vs. 0,5%;  $p < 0,05$  [1]). Der metaanalytische Vergleich aller hardware-randomisierten Studien zwischen DDD (n=2216) und VVI (n=2598) bestätigt die höhere (meist atriale) Dislokationsrate bei den komplexeren Systemen (2,1 vs. 0,8% [22]). Neueste Daten des dänischen Registers zeigen für Vorhof- und Kammersonden die gleiche Dislokationsneigung (2,3 vs. 2,2%), jedoch deutlich höhere Zahlen für die Linksherzsonden (4,3% [28]).

Für ICD errechnet eine Metaanalyse von CRT- und konventionellen (überwiegend Einkammer-) ICD eine mittlere Sondendislokationsrate von 5,7 vs. 1,8%, wobei große Landmark-Studien (MADIT, CABG-Patch, MADIT II, DYNAMIT, SCD-HeFT, IRIS, COMPANION und der ICD-Arm von MADIT-CRT) in der Statistik fehlen [62]. Eine kanadische Untersuchung findet während der ersten 45 Tage nach Neuimplantation (n=3340) eine Hazard Ratio bedeutsamer Komplikationen von 1,82 (95%-CI: 1,19–2,79;  $p = 0,006$ ) für Zweikammersysteme und von 2,17 [95%-CI: 1,38–3,43;  $p = 0,001$ ] für Resynchronisationssysteme im Vergleich zu Einkammer-ICD, wobei „major complications“ im ersten halben Jahr das Mortalitätsrisiko um den Faktor 3,70 erhöhen (95%-CI: 1,64–8,33;  $p = 0,002$ ) [33]. Die Analyse des amerikanischen National Cardiovascular Data – Implantable Cardioverter-Defibrillator Registry (NCDR-ICD) findet unter 226.764 Einträgen zu Patienten ohne vorbestehendes ICD-System 1,2% Dislokationen vor Entlassung aus stationärem Aufenthalt, wobei in der multivariaten Analyse unter anderem ein CRT-System als Risikofaktor zu identifizieren und die Dislokation ihrerseits prädiktiv für Komplikationen wie Pneumothorax, Tamponade, Herzstillstand, Infektion und Tod noch im Krankenhaus ist [17].

## 6.1.6 Differenzialtherapie

Bei der Auswahl des geeigneten Systems gilt es, die oben aufgeführten Gesichtspunkte zu berücksichtigen und gegen die Bedingungen des einzelnen Patienten abzuwägen. Dazu zählen: Alter, Allgemeinzustand und Prognose des Patienten, kardiale Grunderkrankung, Hämodynamik und Medikation, sowie Art und Häufigkeit der behandlungsbedürftigen Rhythmusstörung.

Zur Charakterisierung der Systeme und der vorgesehenen Stimulationsmodi wird der revidierte NASPE/BPEG-Code für die antibradykarde, frequenzadaptive und multifokale Stimulation verwendet (► Tab. 6.1) [8]. Die ersten 3 Buchstaben beschreiben Stimulations- und Wahrnehmungsort sowie das Reaktionsmuster (Betriebsart) im entsprechenden Kanal, an vierter Stelle steht die Option der Frequenzadaptation, der fünfte Buchstabe bezeichnet biventrikuläre oder biatriale Stimulation, wird aber kaum genutzt. Ein Vorschlag zur differenzierteren Codierung hat sich nicht durchgesetzt [5].

In den Leitlinien orientiert sich die Systemwahl an der führenden Rhythmusstörung, welche die Stimulationsindikation begründet. Wie ► Tab. 6.2 und ► Tab. 6.3 zu entnehmen ist, gilt es zusätzliche Gesichtspunkte zu beachten, die zwischen deutschen und europäischen Empfehlungen deutlich differieren. Beim Sinusknotensyndrom, zum Beispiel, modifiziert nur die deutsche Leitlinie die Systemwahl nach der voraussichtlichen Stimulationshäufigkeit, während die europäischen Guidelines eine antitachykarde Stimulationsintention als zusätzliches Auswahlkriterium benennen. Unter AV-Blockierung ordnet die europäische Leitlinie auch die Bradykardie bei permanentem Vorhofflimmern ein (die tatsächlich von nodalen oder infranodalen Leitungsbedingungen abhängt), andererseits verzichtet ihr deutsches Pendant darauf, die individuelle Systemfindung explizit an den biologischen Zustand des Patienten (Aktivität, Lebenserwartung) zu knüpfen [48]. Für welche Konstellationen die beiden Leitlinien Empfehlungs- und Evidenzgrade unterschiedlich bewerten, kann in der Synopsis der DGK nachgelesen werden [48]. In der Neufassung wird die ESC ihre Systemempfehlungen als „erste Wahl, zweite Wahl ...“ gliedern.

**Tab. 6.1** Revidierter NASPE/BPEG-Code [8].

I	II	III	IV	V
Ort der Stimulation	Ort der Wahrnehmung	Betriebsart	Frequenzadaptation	Multifokale Stimulation
0 = keine	0 = keine	0 = keine	0 = keine	0 = keine
A = Atrium V = Ventrikel D = Dual A + V	A = Atrium V = Ventrikel D = Dual A + V	I = inhibiert T = getriggert D = Dual T + I	R = Frequenzadaptation (rate modulation)	A = Atrium V = Ventrikel D = Dual A + V
S = Single (A oder V)	S = Single (A oder V)	I = inhibiert T = getriggert	nur für Hersteller	

**Tab. 6.2** Leitliniengerechte Systemwahl bei Sinusknotensyndrom. AVB: AV-Block; AT: atriale Tachyarrhythmie; MPV: Minimierung der ventrikulären Stimulation; k. A.: keine Angabe; Häufig: voraussichtlicher Stimulationsbedarf  $\geq 5\%$ ; Antitach: antitachykarder/präventiver Stimulationsalgorithmus (nach [48]).

ESC-Leitlinien						Deutsche Leitlinien					
AVB	AT	Häufig				AVB	AT	Häufig			
nein	nein	k. A.	AAI(R)	I	C	nein	k. A.	ja	AAI(R)	I	B
			DDD(R) +MPV	IIa	C				DDD(R) +MPV	IIa	B
nein	ja	k. A.	DDD(R) +MPV	IIa	C						
			Dto +Antitach	IIb	C						
ja	nein	k. A.	DDD(R) +MPV	I	C	ja	k. A.	ja	DDD(R) +MPV	I	B
						k. A.	k. A.	nein	DDD+MPV	I	B
									VVI < 45/min	I	B
									AAI	IIb	B

**Tab. 6.3** Leitliniengerechte Systemwahl bei AV-Blockierung. SR: Sinusrhythmus (falls nein, betrifft die Empfehlung Bradykardien bei permanentem Vorhofflimmern); CI: chronotrope Inkompetenz; AZ: Allgemeinzustand (Aktivität, Lebenserwartung); AF: Vorhofflimmern; k. A.: keine Angabe; Häufig: Stimulationsbedürftigkeit  $\geq 5\%$  (nach [48]).

ESC-Leitlinien							Deutsche Leitlinien						
SR	CI	AZ	Häufig				SR	CI	AZ	Häufig			
ja	nein	gut	k. A.	VDD/ DDD	IIa	A	ja	nein	k. A.	ja	DDD/ VDD	I	B
				VVI	IIb	C					VVIR	IIb	B
		schlecht		VVIR	IIa	C							
ja	ja	gut	k. A.	DDDR	IIa	A		ja	k. A.	ja	DDDR	I	C
				VVIR	IIb	C					DDD	IIb	C
		schlecht	k. A.	VVIR	IIa	C	ja	k. A.	k. A.	nein	VVI < 45/ min	I	B
											DDD/ VDD +MPV	I	B
nein	nein	k. A.	k. A.	VVI	I	C	AF	nein		k. A.	VVI	I	C
	ja			VVIR	I	C		ja			VVIR	I	C

Dies nicht weiter hier auszuführen, liegt in der Absicht begründet, die Differenzialindikation in einen Algorithmus zu fassen, der in Anlehnung an die deutsche Qualitätssicherung alle Entscheidungen bis zum Empfehlungsgrad IIb als leitliniengerecht akzeptiert.

### Algorithmus

Da Leitlinien verbal differenziert und oft ohne die Intention verfasst werden, sie algorithmisch überprüfen zu können, gibt es im Ablaufschema der ► Abb. 6.4 keine reinen Ja-nein-Entscheidungen, sondern auch Verzweigungen, aus denen mehr als 2 Pfade weiterführen. Unterbrochene Linien führen zu Optionen, die per Leitlinie nicht eindeutig genannt, als Alternative nicht ausgeschlossen oder – abseits von hämodynamischen Überlegungen – technisch begründet sein mögen. Für ICD gibt es keine nationale oder europäische Leitlinie, welche die Systemwahl regeln würde, sodass sinngemäß die Schrittmacherempfehlungen übernommen werden. Dabei gibt es Lösungen, die exklusiv für Schrittmacher- oder ICD-Therapie gelten und entsprechend gekennzeichnet sind. Eine eingehendere Diskussion zur Systemwahl bei ICD findet sich in einem gesonderten Kapitel.

### Basisentscheidungen

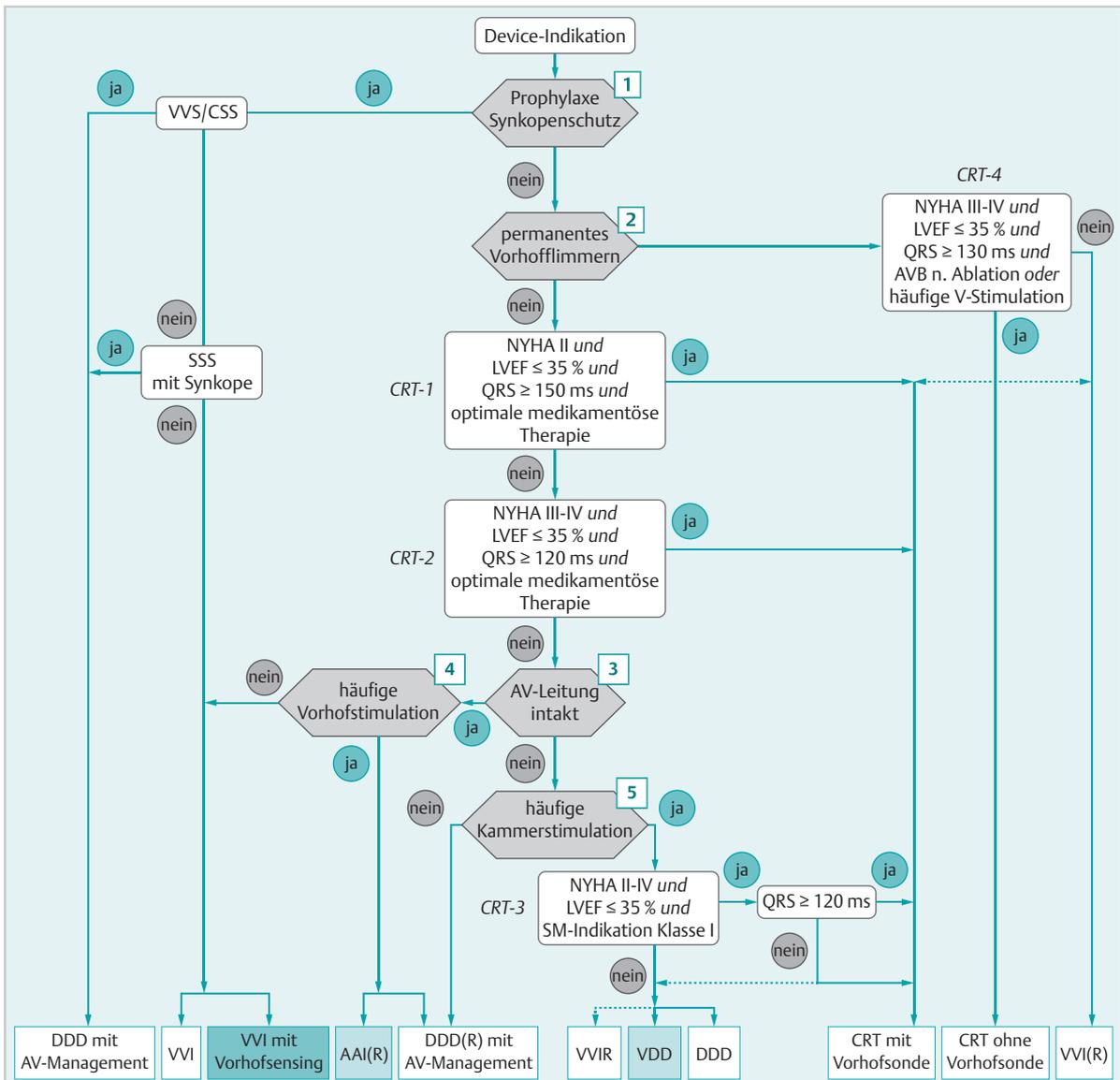
Der Algorithmus setzt voraus, dass prinzipiell die Indikation zur kardialen Device-Therapie besteht. Es gibt dann 5 Entscheidungsknoten, die grundlegende Weichenstellung erwarten und im Folgenden beschrieben werden.

**Prophylaxe/Synkopenschutz.** Viele Patienten benötigen ihr Rhythmusimplantat so selten, dass Debatten über das „beste“ System ohne Einfluss auf die Krankheitsentwicklung und damit überflüssig scheinen. Dies betrifft folgende Patientengruppen:

- Patienten mit (meist infrahisär) kompromittierter AV-Leitung, die aus *prognostischen* Erwägungen (siehe Schrittmacherindikation: AV-Block, intraventrikuläre Leitungsstörung, permanentes bradykardes Vorhofflimmern) einen Schrittmacher erhalten („Sicherheitssystem“).
- Patienten mit seltenen Bradykardieepisoden, die aber mit *Synkopen* symptomatisch werden (paroxysmaler AV-Block, Sinusarrest). Als „selten“ wird durch die Leitlinien ein Stimulationsbedarf von weniger als 5% geschätzt („Anfallsverhinderer“).
- ICD-Patienten, bei denen die antibradykarde Stimulationsindikation mehrheitlich fehlt und allenfalls zu prüfen ist, ob ein zusätzlicher Vorhofkanal die Diskrimination atrialer und ventrikulärer Tachyarrhythmien verbessert (siehe „Systemwahl bei ICD-Therapie“).

Für die Präferenz eines einfachen Ventrikelschrittmachers sprechen die folgenden Argumente:

- Außerhalb der seltenen Therapiephasen besteht kein Stimulationsbedarf und unnötiges rechtsventrikuläres Pacing soll vermieden werden, um hämodynamische Konsequenzen und deletäres Remodeling des linken Ventrikels zu vermeiden.
- Eine solche Konfiguration bedarf keiner komplikationsträchtigen Vorhofsonde.



**Abb. 6.4 Algorithmus zur Systemwahl.** Der Pfad zu einer Systemempfehlung stützt sich auf 5 Entscheidungsknoten (1–5), 4 Kriterien zur CRT-Indikation (CRT-1 bis CRT-4) und Zusatzbedingungen; unterbrochene Pfadlinien bezeichnen Alternativen, die sich aus mangelnder Spezifikation oder Unterschieden zwischen deutschen und europäischen Leitlinien sowie aus praktisch-technischen Erwägungen ergeben können; weiß = allgemein gültig; hellgrün = gilt nur für IM; dunkelgrün = gilt nur für ICD-Therapie. Weitere Erläuterungen siehe Text.

- Die Konfiguration ist kostengünstig, weil sie bei der Neuimplantation weniger Ressourcen beansprucht als ein komplexes System. Sie ist außerdem einfacher nachzuverfolgen und verspricht im vorgesehenen Betrieb eine lange Laufzeit.

Diese Regel kennt 2 Ausnahmen:

- Bei *neurokardiogener* Indikation erklärt sich die Symptomatik aus der variablen Kombination von Bradykardie und kardiovaskulären Reaktionsmechanismen, welche bei rein ventrikulärer Stimulation, Rückwärts-

leitung im AV-Knoten und Vorhoffpfpfropfung akzentuiert werden könnten. Dies begründet die Notwendigkeit AV-sequenzieller Intervention (Empfehlungskategorie I, Evidenzgrad B) [41, 19, 37]. Auch alleinige Vorhofstimulation reicht nicht, weil zum neurokardiogenen Reaktionsmuster die Beeinträchtigung der AV-Leitung gehört. Der Einsatz spezialisierter Algorithmen, die auf einen plötzlichen Frequenzabfall mit vorübergehend erhöhter Stimulationsrate antworten (FAR, Frequenzhysterese, siehe Algorithmen) ist optional. Ihre Wirkung ist nicht belegt, da es keine Studie

zur neurokardiogenen Synkope gibt, welche den Stimulationseffekt mit und ohne Algorithmus untersucht hätte [14].

- Ohne dauerhafte Sinusbradykardie lässt ein *prolongierter Sinusarrest* als Synkopenerkrankung auf extrinsische Reizbildungs- und Leitungsstörungen schließen, welche Vorhof- und AV-Knoten-Ebene gleichermaßen betreffen können. Obwohl es dazu an Daten mangelt, ist in solchen Fällen deshalb die Empfehlung eines Zweikammerschrittmachers sinnvoll und ein AAI-System (nach den neuen ESC-Leitlinien) sogar kontraindiziert.

► Tab.6.2 und ► Tab.6.3 lassen erkennen, dass die noch gültigen europäischen Empfehlungen zur Systemwahl nicht nach der Häufigkeit der Stimulationsintervention differenzieren. Dies wird sich in der Neuauflage ändern, wo durchgehend zwischen intermittierender und persistierender Bradykardie unterschieden wird. Da die großen randomisierten Studien zur optimalen Stimulationsstrategie diese Unterscheidung aber nicht treffen, besteht keine evidenzbasierte Grundlage, die Systemwahl danach auszurichten. Die ESC-Leitlinien favorisieren deshalb auch für die anfallsartige Bradykardie den Zweikammermodus. Hauptargument ist, dass unter VVI(R)-Stimulation bis zu 26% der Patienten unter einem Schrittmachersyndrom leiden und frühzeitig ein Crossover von VVI(R) nach DDD(R) brauchen [11]. Weil die Größenordnung des Effekts klar vom Randomisierungsdesign der Studien abhängt und das Cross-over per Programmierung [32, 31] leichter als durch Operation [42] zu bewerkstelligen ist, sind trotz der strikt vorformulierten Kriterien Zweifel an der Stichhaltigkeit des weichen Parameters angebracht [52].

**☒ Permanentes Vorhofflimmern (oder mechanischer Vorhofstillstand).** Es versteht sich von selbst, dass Vorhöfe, die dauerhaft nicht stimulierbar sind oder die Depolarisation mechanisch nicht mehr beantworten, kein sinnvoller Bestandteil eines Stimulationskonzepts sein können. In solchen Fällen ist die alleinige Kammerstimulation die Therapie der Wahl, eine Vorhofsonde erübrigt sich (VVI[R]). Ausnahmen von dieser Regel betreffen Spezialfälle:

- Es gibt immer wieder Berichte über die spontane (oder per DC-Schock herbeigeführte) Wiederherstellung des Sinusrhythmus nach Resynchronisationsbehandlung [24, 38, 21]. Dies betrifft etwa jeden sechsten Patienten mit persistierendem Vorhofflimmern und wird umso unwahrscheinlicher, je länger die atriale Tachyarrhythmie andauert [21]. Wird früh nach Implantation des CRT-Systems der Sinusrhythmus aktiv durch Kardioversion wiederhergestellt, so ist er nur in einem Viertel der Fälle stabil [27]. Für permanentes Flimmern (definiert durch ineffektive Kardioversion oder „early relapse“ binnen 24h) ist die Konversionsrate praktisch Null [27]. Für die Minderheit, bei der sich Sinusrhythmus einstellt und über längere Zeit bestehen bleibt, ist

ein sinnvoller CRT-Betrieb *ohne Vorhofsonde* nicht möglich, sodass mancherorts trotz intraoperativen Vorhofflimmerns routinemäßig eine atriale Sonde implantiert wird (CRT *mit Vorhofsonde*).

- In einzelnen Fällen höhergradiger AV-Blockierung ist die Stimulationsantwort im (meist voroperierten) Vorhof unzureichend, obwohl kein Vorhofflimmern vorliegt und sich ein befriedigendes Signal zur Steuerung eines AV-sequenziellen Systems ableiten lässt. Die Vorhofsonde wird dann belassen, um die Frequenzvariation des Herzens über die atriale Wahrnehmung an die autonome Regelung ankoppeln zu können (VDD-Modus).

**☒ AV-Leitung intakt.** Der Entscheidungsknoten trennt 2 mögliche Szenarien:

- „Nein“: Die primäre Indikation zur Schrittmacherbehandlung ist ein AV-Block oder eine Zweiknotenerkrankung. Es erübrigt sich die Prüfung aller Kriterien, die als prädiktiv für die Langzeitstabilität der atrioventrikulären Überleitung gelten.
- „Ja“: Die führende Rhythmusstörung ist ein kranker Sinusknoten. Zu klären bleibt, ob wegen unzuverlässiger AV-Leitung die Vorhof- durch eine Kammersonde ergänzt werden sollte. Geboten ist dies immer wenn:
  - ein AV-Block I. Grades (PQ-Dauer > 200 ms) besteht,
  - Medikamente mit leitungsverzögernder Wirkung verordnet werden sollen,
  - unter Vorhofstimulation mit weniger als 120/min ein Wenckebach-Block eintritt,
  - der QRS-Komplex auf mehr als 120 ms verbreitert ist,
  - eine neurokardiogene Störung behandelt werden soll oder ganz allgemein Synkopen die primäre Schrittmacherindikation begründen (siehe Prophylaxe/Synkopenschutz).

Diese Liste aus den Leitlinien der DGK entbehrt der Evidenz, weil allein für den Schenkelblock belegt ist, dass er eine Häufung von AV-Überleitungsstörungen unter AAI-Stimulation voraussagt [3, 10]. Unmittelbar plausibel erscheint dagegen, dass ein *AV-Block I. Grades*, durch unverzichtbare Medikation vielleicht noch akzentuiert, unter atrialer Einkammerstimulation hämodynamisch ungünstige AV-Sequenzen erzeugt (s. u.), die mit einem DDD-System nach Bedarf korrigiert werden könnten.

**☒ Häufige Vorhofstimulation.** Die Frage stellt sich nur nach den deutschen Leitlinien und wird meist mit „Ja“ beantwortet, wenn ein Sinusknotensyndrom sich als dauerhafte Sinusbradykardie (im Gegensatz zu paroxysmalem Arrest) manifestiert oder flimmerprophylaktische Medikation die vorbestehende Bradykardieneigung noch verstärkt. Die Leitliniendefinition mit >5% atrialem Pacing ist ziemlich willkürlich und im Einzelfall nicht präzise vorhersagbar. Der Entscheidungsknoten ist wichtig, weil er im „Ja“-Fall zwingend zu einem vorhofbeteiligten System verzweigt. In den deutschen Empfehlungen