

## 5 DISKUSSION

In der Folge der Entwicklung der kardialen Resynchronisationstherapie und der zunehmenden Beachtung der intraventrikulären Asynchronie als Manifestationsfaktor für eine Herzinsuffizienz ist auch die rechtsventrikuläre Schrittmacherstimulation zunehmend in den Focus des wissenschaftlichen Interesses gerückt.

Überwiegend retrospektive oder nicht präspezifizierte Analysen geben bisher Hinweise auf die ungünstigen Auswirkungen der konventionellen Kammerstimulation auf den Verlauf von Herzinsuffizienz und Hospitalisation von Schrittmacherpatienten oder pathophysiologische Surrogatendpunkte.

Eine Ausnahme hiervon bildet die prospektive randomisierte Studie von Nielsen et al. [29], die eine Assoziation zwischen rechtsventrikulärer Stimulation und linksventrikulärem sowie linksatrialem Remodeling zeigen konnte.

Sweeney et al. [68] zeigten in der Post hoc Analyse der MOST-Studie, dass rechtsventrikuläre Stimulation unabhängig von dem Stimulationsmodus mit erhöhtem Risiko für Hospitalisation wegen Herzinsuffizienz verbunden ist. Außerdem zeigte sich eine lineare Korrelation zwischen dem Prozentsatz der ventrikulären Stimulation und dem Auftreten von Vorhofflimmern.

In der DAVID-Studie [67] mit Patienten mit reduzierter linksventrikulärer Pumpfunktion unter 40% führte vermehrte rechtsventrikuläre Stimulation zu einer signifikant erhöhten Todesrate und Hospitalisationsrate wegen einer neuen oder verschlechterten Herzinsuffizienz.

Ein zunehmend bedeutsames Ziel der modernen Schrittmachertherapie ist es daher, inadäquate rechtsventrikuläre Stimulation zu vermeiden. Da bisher keine Schwellenwerte für die vermuteten ungünstigen Stimulationseffekte existieren, wird die weitestmögliche Elimination inadäquater Kammerstimulation angestrebt.

Bei den Patienten, die Kammerstimulation aufgrund einer Störung der atrioventrikulären Leitung benötigen, werden aktuell unterschiedliche Strategien wie biventrikuläre oder rechtsventrikuläre septale und parahissäre Stimulation zur Vermeidung oder Verminderung ungünstiger hämodynamischer Stimulationseffekte prospektiv untersucht.

Die aktuelle Studie befasst sich mit der Vermeidung von Kammerstimulation bei Patienten mit Sinusknotendysfunktion ohne Hinweis auf eine atrioventrikuläre Leitungsstörung.

Verschiedene Ansätze in der Praxis zur Vermeidung ventrikulärer Stimulation bei Patienten mit isolierter Sinusknotendysfunktion sind denkbar:

1. Verwendung der rein vorhofbasierten AAI-Stimulation
2. Verwendung automatischer AV-HystereseFunktionen
3. Programmierung einer langen AV-Zeit
4. Verwendung von Schrittmachern mit automatischer AAI-/DDD-Umschaltfunktion

Die rein vorhofbasierte AAI-Stimulation ist für die Mehrzahl der Patienten mit Sinusknotendysfunktion ein geeigneter Schrittmachermodus. Allerdings ist ein AAI-Schrittmachersystem im Falle einer sekundär sich entwickelnden AV-Blockierung oder einer bradykarden ventrikulären Frequenz während Vorhofflimmerphasen nicht dafür geeignet, auch die Kammer antibradykard abzusichern. Daher wird in Deutschland der AAI-Modus weiterhin selten eingesetzt. Um das Risiko für eine sekundäre AV-Blockierung so niedrig wie möglich zu halten, gelten als Vorbedingungen für die reine AAI-Stimulation die Dokumentation einer normalen PQ-Zeit und einer ungestörten intraventrikulären Erregungsausbreitung. Allerdings kann auch hierdurch eine künftige AV-Blockierung nicht vollständig ausgeschlossen werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die beiden Strategien der individualisierten AV-Zeit-Verlängerung und der Aktivierung der AV-HystereseFunktion in einem konventionellen Zweikammerschrittmacher vergleichend untersucht.

### **5.1 Wirksamkeit der DDD(R)-Nominalprogrammierung unter Einschluss der AV-Hysterese-Funktion („Search AV“) zur Vermeidung inadäquater Kammerstimulation**

Die nominale Programmierung im Schrittmacheraggregat Medtronic Kappa KDR 703 enthält die Funktion „Search-AV“, die die intrinsische Kammererregung bei Patienten mit permanenter oder intermittierend intakter AV-Überleitung begünstigen soll. Es wird versucht, die programmierten AV-Intervalle an die intrinsische AV-Überleitung des Patienten anzupassen. Eine maximale Verlängerung um 110 ms ist bei der herkömmlichen Search-AV-Funktion möglich. Allerdings

ist diese Verlängerung im DDD(R)-Modus mit automatischer Deaktivierung der Triggerung bei schnellen Vorhoffrequenzen („Mode-Switch“-Funktion) aufgrund der notwendigen langen atrialen refraktären Zeiten bei höheren Stimulationsfrequenzen limitiert.

In der vorliegenden Untersuchung fand sich trotz der Aktivierung dieser Funktion im DDDR-Nominalprogramm des Schrittmachers ein hoher Anteil inadäquater Kammerstimulation bei den Studienpatienten, die sich ja durch eine ungestörte AV-Knotenfunktion für die Untersuchung qualifiziert hatten und demnach keine Kammerstimulation benötigten. Insgesamt wurde in der Kammer während des Beobachtungszeitraumes von durchschnittlich 2,2 Tagen zu 42,8% der Zeit stimuliert.

In hypothetischer Vorwegnahme unterschiedlicher Schwellenwerte wurde das Ausmaß der Kammerstimulation auch stratifiziert erfasst. Betrachtet man die stratifizierte Verteilung der Kammerstimulationsanteile, so zeigt sich, dass bei mehr als der Hälfte der Patienten die Schwelle von 20% Kammerstimulation überschritten wurde und dass bei 44% der Patienten sogar die Schwelle von 40% Stimulationsanteil überschritten wurde. Die Schwelle von 20% ergibt sich aus den Ergebnissen von Nielsen et al. [29], während aus den retrospektiven Analysen von Sweeney et al. [68], Wilkoff et al. [67] und Steinberg et al. [69] der höhere Schwellenwert von 40% und 50% abgeleitet worden ist. Nur bei 5/61 Patienten [8%] war die Nominalprogrammierung in der Lage, vollständig die rechtsventrikuläre Stimulation zu eliminieren.

Es ist also festzuhalten, dass sich die Nominalprogrammierung des Kappa KDR 703 unter Einschluss der in diesem Gerät implementierten „Search-AV“-Funktion als überwiegend unwirksam im Hinblick auf die Vermeidung unnötiger Kammerstimulation erwiesen hat. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen von Deering et al. [76].

Anzumerken ist, dass sich vermutlich die Effektivität der „Search-AV“-Funktion durch die Programmierung des DDI(R)-Modus verbessern ließe, da dann auch längere automatische AV-Zeiten möglich wären. In Rahmen der Weiterentwicklung der Schrittmacherfamilie der Firma Medtronic wurde die „Search-AV“-Funktion bereits zu einer „Enhanced-Search-AV“-Funktion modifiziert. Studiendaten sprechen für eine verbesserte Wirksamkeit dieses erweiterten Algorithmus, bei dem eine Verlängerung der AV-Zeit um maximal 180 ms möglich ist [77].

Eine prospektive Studie, die SAVE-PACE-Studie (The Search-AF Extension for Promoting Atrioventricular Conduction Study), untersucht aktuell ebenfalls die Effektivität einer programmierbaren automatischen Funktion zur Verlängerung der AV-Zeit bis auf 350 ms im Hinblick auf die Vermeidung rechtsventrikulärer Stimulation.

## **5.2 Wirksamkeit der individualisierten Verlängerung der AV-Zeit zur Vermeidung inadäquater Kammerstimulation**

Bereits in der Vergangenheit empfahlen Rosenqvist et al. [78] die Verlängerung der AV-Zeit bei Patienten mit Zweikammerschrittmachern und intakter atrioventrikulärer Leitung, um die intrinsischen ventrikulären Ereignisse zu fördern. Allerdings berichteten Nielsen et al. [79] und Sgarbossa et al. [80] in ihren Studien, dass die Programmierung einer fixierten langen AV-Zeit im DDD(R)-Modus nicht immer effektiv und mit erhöhtem Risiko für Arrhythmien verbunden sei, die durch repetitive retrograde AV-Leitung verursacht wird.

In der aktuellen Studie konnte das Ausmaß rechtsventrikulärer Stimulation durch die Verlängerung der AV-Zeit im DDIR-Modus signifikant gesenkt werden. Es wurde der DDIR-Modus gewählt, weil die Programmierung langer AV-Zeiten im DDDR-Modus durch das gleichzeitige Erfordernis langer postventrikulärer atrialer Refraktärzeiten zur Vermeidung schrittmacherinduzierter Kreisläufe limitiert ist. Im DDIR-Modus sind hingegen lange AV-Zeiten möglich, da keine Triggerung auf wahrgenommene Vorhofereignisse erfolgt und somit auch keine entsprechend langen atrialen Refraktärzeiten programmiert werden müssen.

Zur Vermeidung sekundärer AV-Blockierungen und dissoziierter Kammerstimulation im DDIR-Modus wurde für die Aufnahme in die Studie eine PQ-Zeit von  $\leq 200$  ms und ein AV-Wenckebachpunkt  $\geq 130$ /min zur Voraussetzung gemacht.

Die Kammerstimulation konnte von 42,8% in der nominalen Programmierung auf 8,9% im DDIR-Modus mit individualisierter langer AV-Zeit während einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 120 Tagen abgesenkt werden. Obwohl Schwellenwerte für die ungünstigen Effekte der rechtsventrikulären Stimulation bisher nicht definiert sind, ist es wahrscheinlich, dass der gefundene Unterschied nicht nur statistisch signifikant, sondern auch für die Patienten relevant ist. Die klinische Relevanz der Vermeidung von Kammerstimulation quantitativ zu definieren, bleibt den aktuell laufenden prospektiven Untersuchungen wie der DANPACE-Studie [30] vorbehalten.

Nimmt man die 20% Kammerstimulation als Schwellenwert, dann war die Programmierung einer langen AV-Zeit insgesamt bei 85% der Patienten erfolgreich. Fast die Hälfte der Patienten [49,2%] wies weniger als 1% ventrikuläre Stimulation auf. Bei fast 15% der Patienten fand sich jedoch trotz der langen AV-Zeit über 20% ventrikuläre Stimulation. Wählte man einen Schwellenwert für ungünstige Stimulationseffekte von 40% Stimulationsanteil, wie es die

Nachanalysen der MOST-Studie [68] nahe legen, so wäre die individualisierte Verlängerung der AV-Zeit bei 93,4% der Patienten eine erfolgreiche Strategie, während immerhin noch 6,5% nicht ausreichend profitierten.

Die Wirksamkeit der AV-Zeitverlängerung war also unter den Patienten nicht homogen verteilt. Viele Patienten profitierten weit überproportional und wurden nicht mehr oder nahezu nicht mehr in der Kammer stimuliert, während eine kleinere Gruppe von Patienten weiterhin hohe oder sehr hohe Stimulationsanteile trotz langer AV-Zeit behielt.

Die AV-Zeit wurde in der aktuellen Studie individuell verlängert mit dem Kriterium, dass mit einem gewählten Wert zum Zeitpunkt der Programmierung intrinsische Kammererregung nach atrialer Stimulation erfolgen sollte. Auffällig dabei war, dass die AV-Zeit weit oberhalb der PQ-Zeit programmiert werden musste, um die spontane Kammererregung zu erhalten. Die erforderliche AV-Zeit lag durchschnittlich bei 280 ms, die PQ-Zeit bei 162 ms.

### **5.3 Mögliche Ursachen für einen persistierend hohen Stimulationsanteil trotz verlängerter AV-Zeit**

Nahezu 15% der Patienten wiesen trotz der Verlängerung der AV-Zeit einen Kammerstimulationsanteil von 20% und mehr auf. Faktoren, die als mögliche Ursachen der vermehrten ventrikulären Stimulation angesehen werden können, sind:

- a) Atriale und ventrikuläre Sondenposition
- b) Intermittierende atrioventrikuläre Leitungsstörung
- c) Intermittierende intraventrikuläre Leitungsstörung
- d) Vermehrte Kammerstimulation bei Vorhofflimmern mit bradykarder intrinsischer Überleitung
- e) Vermehrte Kammerstimulation bei hoher Vorhoffrequenz und verkürzter Refraktärzeit
- f) Auftreten von Fusions- und Pseudofusionsschlägen

### **a) Atriale und ventrikuläre Sondenposition**

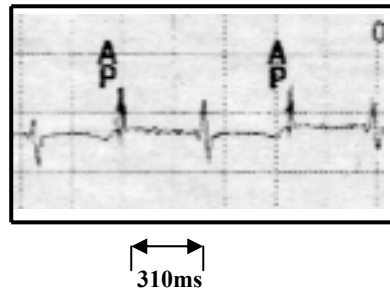
Die häufigsten verwendeten atrialen Sondenpositionen sind die rechtsatriale laterale Wand und das rechte Vorhofohr. Diese Positionen führen zu einer Verlängerung der intra- und interatrialen Leitung [81]. Strohmeyer et al. [82] konnten im Vergleich zu den konventionellen Positionen eine kürzere atriale Leitungszeit bei septaler Sondenposition nachweisen. Bei einer Sondenlage im distalen Coronarsinus ist die Leitungszeit ebenfalls kürzer als bei lateraler rechtsatrialer Sondenposition [83]. Durch eine lange intraatriale Leitungszeit kommt es nach Ablauf der programmierten AV-Zeit bei gleicher PQ-Zeit eher zu Kammerstimulation, während atrial septale Sondenlagen eher die intrinsische atrioventrikuläre Leitung begünstigen. Bei den im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Patienten wurden die Vorhofsonden sämtlich in einer auriculären oder lateralen rechtsatrialen Position implantiert.

Auch die Position der Kammersonde kann den Kammerstimulationsanteil eines DDD-Schrittmachers beeinflussen. An weit proximal nahe dem Erregungsleitungssystem rechtsventrikulär septal implantierten Sonden wird intrinsische Kammererregung frühzeitiger wahrgenommen als an einer distalen, z.B. rechtsventrikulär apikalen Position. Somit stünde zu erwarten, dass bei gleicher PQ- und AV-Zeit nach septaler ventrikulärer Wahrnehmung weniger stimuliert wird als nach apikaler Wahrnehmung. Cowell et al. [84] fanden Belege für die Hypothese, dass die atrioventrikuläre Leitungszeit bei septaler Ventrikelsondenposition kürzer ist als bei der apikalen Position. Bei den im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Patienten wurde die Ventrikelsonde in einer rechtsventrikulär apikalen Position implantiert. Möglicherweise hätte der Stimulationsanteil im Ventrikel durch septale Sondenpositionen noch weiter vermindert werden können.

### **b) Intermittierende AV-nodale Leitungsstörung**

Das Risiko zur Entwicklung einer höhergradigen AV-Blockierung wird bei Patienten, die wie auch in der vorliegenden Studie hinsichtlich intakter initialer AV-Knotenfunktion selektiert wurden, gering eingeschätzt (zwischen 0,5% und 1,7% pro Jahr). Bei nichtselektierten Patienten mit Sinusknotendysfunktion liegt diese Inzidenz jedoch vermutlich mit bis zu 3% jährlich deutlich höher. Der AV-Wenckebachpunkt wurde bereits von Andersen et al. als zuverlässiger Prädiktor einer künftigen AV-Blockierung in Frage gestellt [8].

In der aktuellen Studie fanden sich bei zwei Patienten im Verlauf der Studie unerwarteterweise intermittierende verlängerte atrioventrikuläre Leitungszeiten nach atrialer Stimulation bei allerdings erhaltener 1:1-Überleitung und normalem Kammerkomplex. Ein Beispiel ist in Abbildung 20 dargestellt.



**Abbildung 20:** Bei dieser Patientin fand sich im Verlauf eine atrioventrikuläre Leitungszeit von 310ms unter AOO-Stimulation. Die programmierte AV-Zeit von 290ms bewirkte einen hohen ventrikulären Stimulationsanteil.

### c) Intermittierende intraventrikuläre Leitungsstörung

Bei zwei Patienten mit hohem ventrikulärem Stimulationsanteil fand sich im Verlauf eine intraventrikuläre Leitungsstörung. Es handelte sich hierbei um die Kombination eines Rechtsschenkelblocks mit einem linksanteriore Hemiblock. Die Verursachung der vermehrten Kammerstimulation durch eine intermittierend aufgetretene atrioventrikuläre (vermutlich infranodale) Leitungsstörung ist bei diesen Patienten wahrscheinlich, auch wenn sie nicht direkt nachgewiesen werden konnte. Bei Patienten mit permanenten oder intermittierenden intraventrikulären Leitungsstörungen sollte von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für AV-Blockierungen ausgegangen werden. Die Verlängerung der AV-Zeit kann bei diesen Patienten problematisch sein, da die gegebenenfalls nötige Stimulation dann nach ungünstig langer AV-Zeit erfolgt.

#### d) Vermehrte Kammerstimulation bei Vorhofflimmern mit bradykarder intrinsischer Überleitung

Auch bei intakter AV-Knotenfunktion kann es während einer Phase von paroxysmalem oder persistierendem Vorhofflimmern zu bradykarden Kammerfrequenzen kommen, wenn der AV-Knoten unvollständig depolarisiert wird und durch die hohe atriale Erregungsfrequenz die atrioventrikuläre Überleitung vermehrt refraktär und im Resultat verlangsamt ist („concealed conduction“).

Tatsächlich war bei einem der Studienpatienten die persistierend erhöhte Kammerstimulationsrate mit häufigen atrialen Hochfrequenzepisoden assoziiert, so dass verlangsamte intrinsische atrioventrikuläre Leitung bei paroxysmalem Vorhofflimmern die zu vermutende Ursache war.

Nach Verminderung der Häufigkeit von Vorhofflimmern ging bei diesem Patienten auch der Anteil der Kammerstimulation zurück. Hier liegt dann jedoch nicht inadäquate, sondern antibradykard intendierte Kammerstimulation vor. In der vorliegenden Studie unterschieden sich Patienten mit und ohne paroxysmale atriale Hochfrequenzepisoden tendenziell hinsichtlich der Prävalenz der Kammerstimulation.

Ein kleiner Anteil von ventrikulärer Stimulation ist also bei den Patienten mit Sinusknotendysfunktion, von denen ein beträchtlicher Anteil (in dieser Untersuchung 49%) mit paroxysmalem Vorhofflimmern behaftet sind, aus dem beschriebenen Grund zu erwarten.

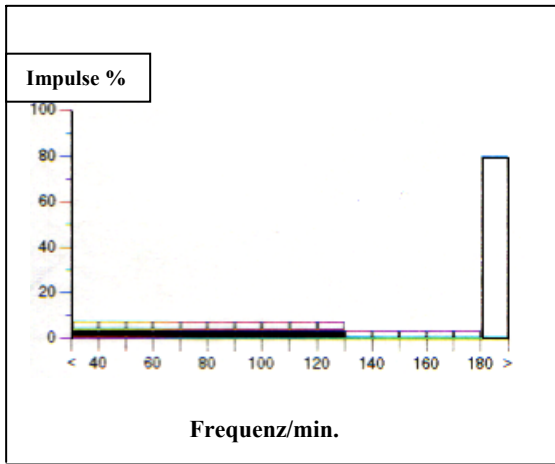
Originaldaten des oben genannten Patienten [Atriale und ventrikuläre Histogramme]:

I. Atriale Hochfrequenzepisoden insgesamt 90% der gesamten Zeit.

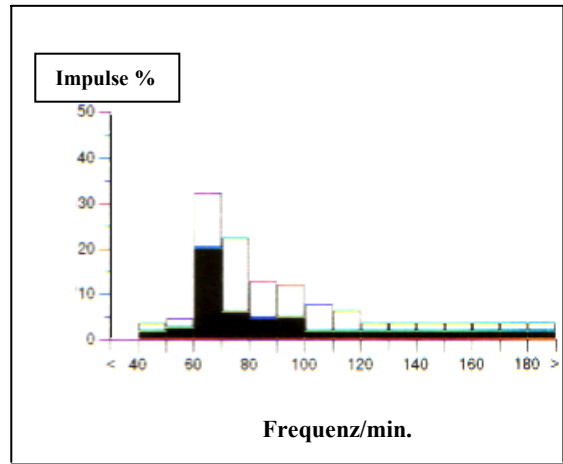
<b><u>Stimuliert (% aller Ereignisse)</u></b>	
AS - VS	32.2%
AS - VP	0.6%
AP - VS	22.2%
AP - VP	45.0%



□ Wahrnehmung      ■ Stimulation



Atriales Histogramm [Vorhofflimmern]



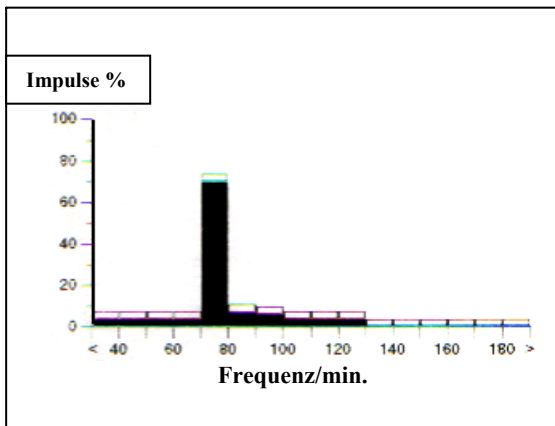
Ventrikuläres Histogramm

II. Atriale Hochfrequenzepisoden insgesamt 1% der gesamten Zeit (nach 3 Monaten).

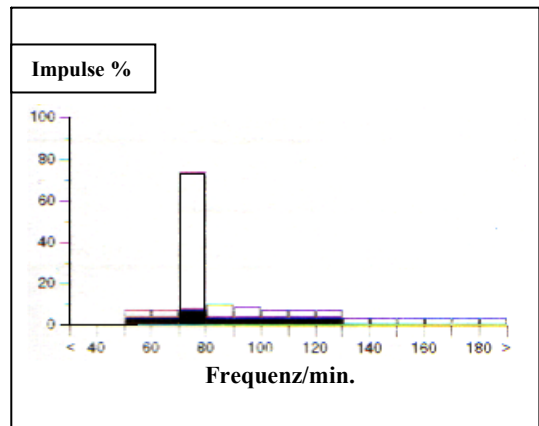
**Stimuliert (% aller Ereignisse)**

AS - VS	3.0%
AS - VP	0.1%
AP - VS	86.4%
AP - VP	10.5%

□ Wahrnehmung      ■ Stimulation



Atriales Histogramm



Ventrikuläres Histogramm

**e) Vermehrte Kammerstimulation bei hoher Vorhoffrequenz und verkürzter Refraktärzeit**

Bei hoher Vorhoffrequenz kann es zu inadäquater vermehrter Kammerstimulation kommen, wenn die totale atriale Refraktärperiode (TARP) verkürzt wird, um die 1:1-Überleitung einer hohen Sinusknotenfrequenz auf die Kammer zu gewährleisten. Die TARP besteht aus einer programmierbaren atrialen Ausblendzeit, die nach stimulierten, wahrgenommenen und refraktär wahrgenommenen atrialen Ereignissen die atriale Wahrnehmung deaktiviert.

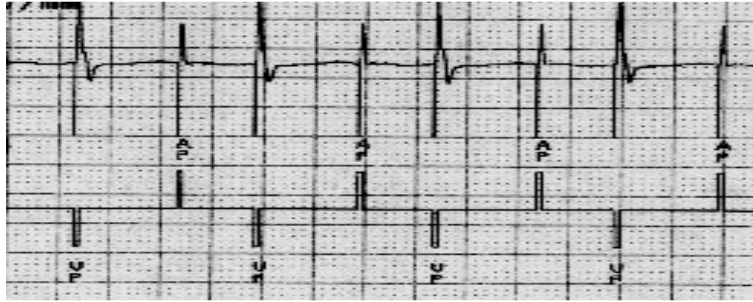
Der Effekt wurde u.a. von Melzer et al. [77] beschrieben, in deren Untersuchung Stimulation während der hohen atrialen Frequenzen bei einem Patienten beobachtet wurde. In der vorliegenden Studie wurde die geschilderte Konstellation nicht beobachtet.

**f) Auftreten von Fusions- und Pseudofusionsschlägen**

Von einem Fusionsschlag spricht man, wenn die schrittmacherinduzierte und die spontane Aktivierung sich in der Kammerdepolarisation mischen. Bei Pseudofusionsschlägen ist zwar – als Folge spät wahrgenommener intrinsischer Erregung - ein Stimulus sichtbar, die Kammer ist jedoch bereits vollständig spontan erregt.

Hämodynamisch ungünstige Auswirkungen der Pseudofusion sind nicht zu erwarten, bei Fusionsschlägen sollte das Ausmaß der artifiziellen Kammererregung die resultierende elektromechanische Alteration bestimmen.

Der Schrittmacher kann Fusionen und Pseudofusionen nicht erkennen [77]. Daher ist es möglich, dass die im Speicher dokumentierte Stimulationshäufigkeit Fusionen und Pseudofusionen in nicht quantifizierbarem Umfang beinhaltet. Bei einer Patientin mit erhöhtem ventrikulärem Stimulationsanteil zeigten sich bei der Schrittmacherabfrage Fusionsschläge [Abbildung 21].

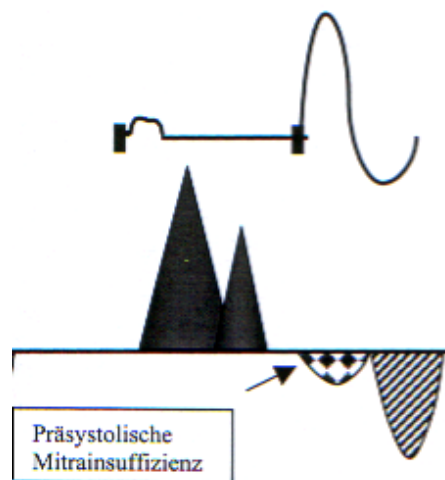


**Abbildung 21:** Fusionsschläge mit erhöhtem ventrikulärem Stimulationsanteil

## 5.4 Mögliche unerwünschte Wirkungen einer langen AV-Zeit

### 5.4.1 Hämodynamik

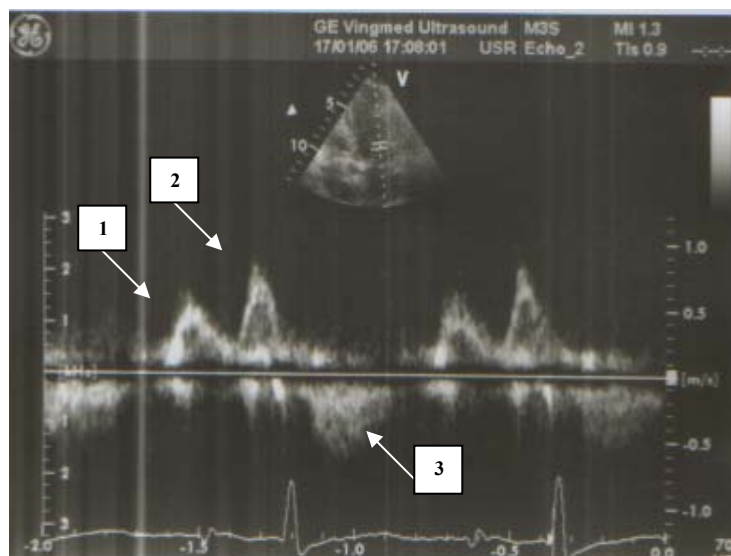
Die Verlängerung der AV-Zeit erfolgte in dieser Untersuchung zur Vermeidung von Stimulation. Ist dieses Konzept erfolgreich, so sind günstige hämodynamische Auswirkungen der langen AV-Zeit zu erwarten. Wird aber die Kammer entgegen der Intention nach stark verlängerter AV-Zeit bei intermittierendem AV-Block stimuliert, so kann sich insbesondere die diastolische Füllung stark verschlechtern. Als Folge wurde auch ein Rückgang des Herzminutenvolumens beschrieben [85, 86]. E- und A-Welle des Mitraleinstromprofils in der Dopplerechokardiographie rücken nah zusammen und es kann sogar zu einer vollständigen Fusionierung beider Komponenten des diastolischen transmitralen Einstroms kommen. Zusätzlich wird in der langen präsys-tolischen Phase eine präsys-tolische Mitralinsuffizienz beschrieben [87, 88]. Das entstehende Dopplerspektrum ist schematisch in Abbildung 22 dargestellt. Resultierende Symptome wie Schwindel und Hypotonie beruhen auf der Vorhoffropfung und der Verminderung des Herzminutenvolumens. Die Dopplerechokardiographie hat sich auf der Basis dieser Überlegungen als Methode der Wahl zur Optimierung der programmierten AV-Zeit etabliert [89, 90].



**Abbildung 22:** Bei Kammerstimulation nach langer AV-Zeit verkürzte Diastole mit partieller Fusion von E- und A-Welle sowie präsysolischer Mitralinsuffizienz

Echokardiographische Befunde:

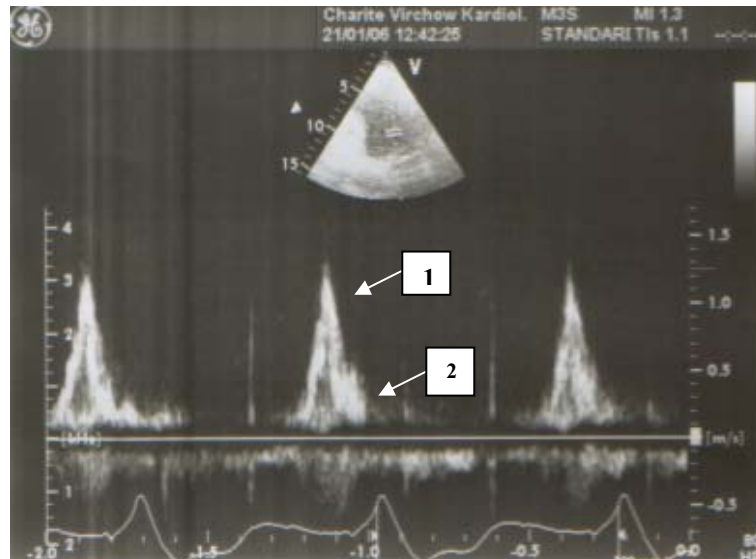
1.) Beispiel eines dopplerechokardiographischen Befundes (Mitraleinstromprofil) bei atrialer Stimulation mit intrinsischer Kammererregung: 1 = E-Welle; 2 = A-Welle, 3 = Systole.



2.) Dopplerechokardiographischer Befund (Mitraleinstromprofil) bei verlängerter AV-Zeit (AV-Zeit 300ms).

1 = E-Welle, 2 = A-welle

Hier zeigt sich eine fast vollständig fusionierte E- und A-Welle unter der verlängerten AV-Zeit



#### 5.4.2 Schrittmacherinduzierte Tachykardie

In der Studie von Nielsen et al. [79] mit 38 Patienten mit Sinusknotensyndrom und implantiertem Zweikammerschrittmacher wurde die AV-Zeit auf 300 ms verlängert. Bei einigen Patienten konnten Herzrhythmusstörungen im Sinne einer schrittmacherinduzierten Tachykardie in den 24h-Langzeit-EKG-Kontrollen dokumentiert werden.

Schrittmacherinduzierte Tachykardien entstehen bei retrograder ventrikuloatrialer Leitung, wenn eine retrograde Vorhoferregung die konsekutive Kammererregung triggert, die wiederum retrograd zum Vorhof geleitet wird. Patienten mit Sinusknotensyndrom und intakter

atrioventrikulärer Leitung zeigen häufig ventrikuloatriale Leitung während ventrikulärer Stimulation [91].

In DDD-Schrittmachern wird dem Effekt der retrograden Leitung begegnet, indem der Vorhofkanal für eine definierte Zeit, die postventrikuläre atriale Refraktärperiode (PVARP), unempfindlich geschaltet wird und damit die Triggerung auf den retrograden Impuls vermieden wird. Schrittmacherinduzierte Tachykardien werden durch eine lange AV-Zeit und eine kurze PVARP gefördert. Zur Erlangung langer AV-Intervalle bei gleichzeitig erhaltener hoher Trackingfrequenz muss die PVARP verkürzt werden. Daher treten bei langen programmierten AV-zeiten im DDD-Modus häufiger Schrittmachertachykardien auf. Dies wurde sowohl von Nielsen et al. [79], als auch von Dennis et al. [92] berichtet.

In der vorliegenden Studie wurde der geschilderte Effekt dadurch vermieden, dass zeitgleich mit der Verlängerung der AV-Zeit auf DDI umprogrammiert und also die Triggerung der Kammerstimulation auf eine wahrgenommene Vorhofaktion ausgeschaltet wurde. Schrittmacherinduzierte Tachykardien wurden daher im Rahmen dieser Studie nicht beobachtet.

## **5.5 Verwendung von Schrittmachern mit automatischer AAI(R)/DDD(R)-Umschaltfunktion**

Angesichts der sich verdichtenden Hinweise auf ungünstige Effekte der rechtsventrikulären Stimulation haben zwei Herstellerfirmen von Schrittmachergeräten vor kurzem Algorithmen zur vollständigen bedarfsangepassten automatischen Umschaltung zwischen dem AAI(R)- und dem DDD(R)-Modus entwickelt. In diesen Modi wird die Vermeidung von Kammerstimulation nicht durch eine lange AV-Zeit, sondern durch reine AAI(R)-Stimulation verhindert. Zugleich wird aber der Ventrikelkanal beobachtet und bei ausfallenden Kammeraktionen wird temporär in den DDD(R)-Modus umgeschaltet. In der Folgezeit wird aber erneut die intrinsische AV-Leitung überprüft und es wird bei Detektion spontaner Leitung wieder in den AAI(R)-Modus zurückgeschaltet.

Die Firma Sorin-ELA hat den AAIsafeR-Modus entwickelt. Darin erfolgt AAI(R)-Stimulation, so lange die atrioventrikuläre Leitung intakt ist. Die PR-Zeiten werden regelmäßig vom Schrittmacher überprüft.

Eine Umschaltung auf DDD(R)-Modus erfolgt, wenn:

- bei mehr als 3 atrialen Ereignissen der letzten 12 Zyklen keine Überleitung stattfand.
- bei mehr als 2 konsekutiven atrialen Ereignissen keine Überleitung stattfand.
- mehr als 6 konsekutive verlängerte PR-Zeiten detektiert wird [ $>350\text{ms}$ ].
- eine über 3 Sekunden ventrikuläre Pause detektiert wird.

Der Schrittmacher schaltet sich wieder auf AAI(R) um, wenn 12 konsekutive R-Zacken detektiert werden oder nach 100 Zyklen im DDD(R)-Modus. Bei mehr als 5 Umschaltungen auf DDD(R) an drei aufeinander folgenden Tagen oder bei über 15 Umschaltungen an einem Tag bleibt der Schrittmacher zur Sicherheit zunächst im DDD(R)-Modus. Savoure et al. zeigten bei 28 Patienten mit Sinusknotendysfunktion, dass die ventrikuläre Stimulation auf durchschnittlich 0,2% abgesenkt werden konnte [93].

Beispiele für die Funktionsweise des AAIsafeR-Modus finden sich in Abbildungen 23a und 23b.

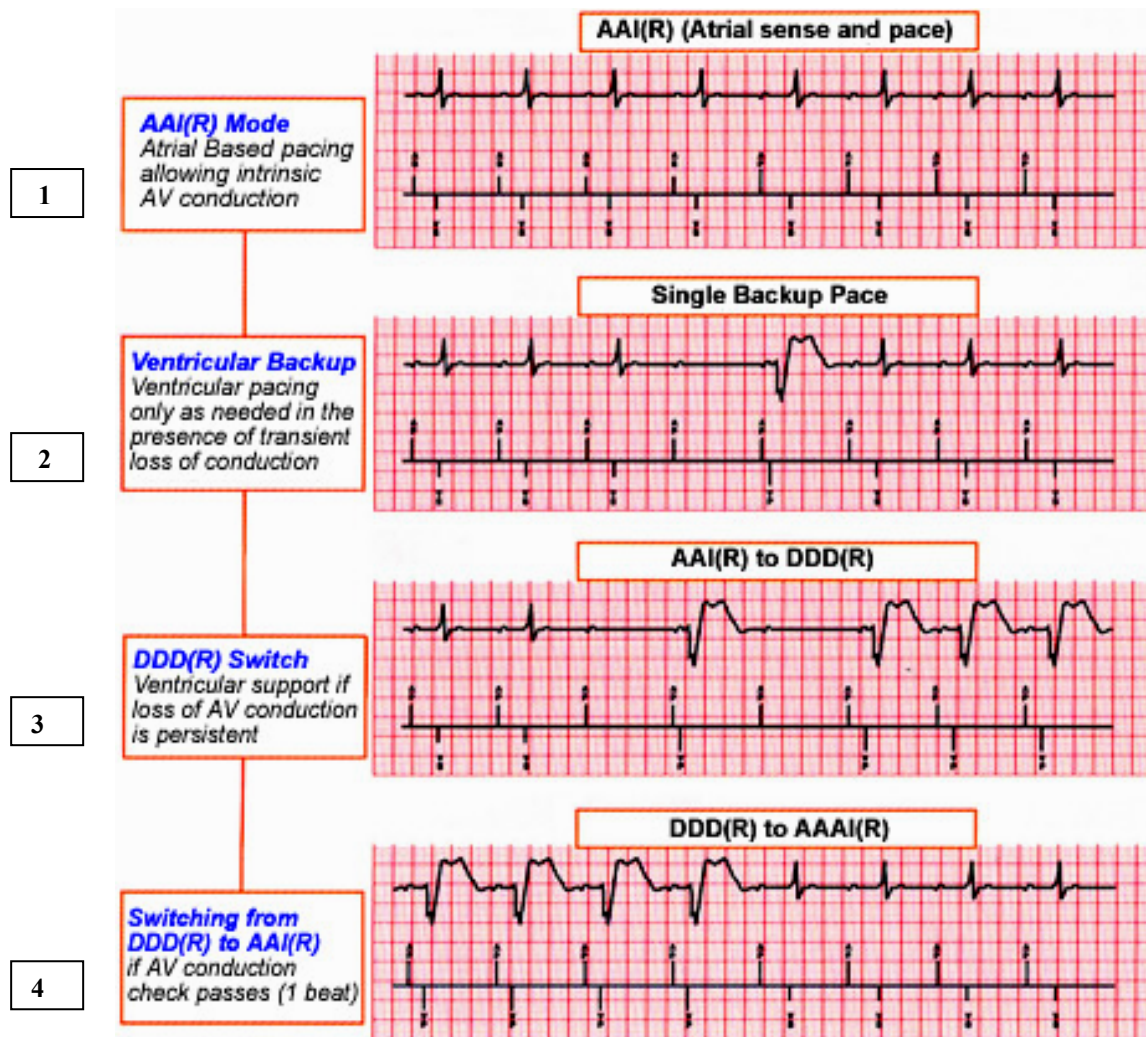
**Abbildung 23a:** Die Abbildung befindet sich in PACE 2005; 28: S 43 - S46, Savoure A et al. A New Dual Chamber Pacing Mode to minimize Ventricular Pacing [93].  
Umschaltung von AAI auf DDD bei AV-Block II. Grades, Typ Wenckebach. [93].

**Abbildung 23b:** Die Abbildung befindet sich in PACE 2005; 28: S 43 - S46, Savoure A et al. A New Dual Chamber Pacing Mode to minimize Ventricular Pacing [93].  
Umschaltung von AAI auf DDD infolge eines kompletten AV-Blocks [93].

Der Algorithmus der Firma Medtronic wurde „Managed Ventricular Pacing“ (MVP) benannt. Bei diesem Modus wird zunächst im AAI(R)-Modus stimuliert. Fehlt ein ventrikuläres Ereignis zwischen den Vorhofaktionen (AS oder AP), wird nach dem folgenden Vorhofereignis eine ventrikuläre Sicherheitsstimulation abgegeben. Nach einem zweiten Ausfall der Überleitung wird der Modus von AAI(R) auf DDD(R) umgeschaltet. Tritt wieder intrinsische AV-Überleitung auf, schaltet der Schrittmacher wieder in den AAI(R)-Modus. Es gibt bei MVP kein permanentes Umschalten auf den DDD(R)-Modus. In der diagnostischen Übersicht wird der ventrikuläre Stimulationsanteil dokumentiert. Der MVP-Modus wird in der Abbildung 24 graphisch dargestellt.

Der MVP-Modus wurde bereits in der Marquis MVP-Studie in Zweikammer-Defibrillatoren randomisiert prospektiv untersucht. Hierbei erwies sich der neue Algorithmus als sicher und wirksam. Im Vergleich zu DDD(R)-Stimulation (ventrikuläre Stimulation 73,8%) konnte unnötige Kammerstimulation unter MVP-Modus auf 4,1% signifikant vermindert werden [94].





**Abbildung 24:** MVP-Modus.

1. AAI(R)-Modus
2. Ventrikuläre Sicherheitsstimulation nach dem Ausfallen des ventrikulären Ereignisses
3. Umschaltung auf DDD(R)-Modus bei wiederholtem Ausfallen des ventrikulären Ereignisses
4. Umschaltung auf AAI(R)-Modus bei AV-Überleitung.

[Quelle: <http://www.Medtronic.com>][95].

Genehmigung zur Veröffentlichung der Abbildung wurde von der Firma Medtronic erteilt.