

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Kinderheilkunde
-Kardiologie-
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. J. Vogt

Herzschrittmachertherapie bei Kindern

Komplikationen und Lebensqualität bei der Therapie mit epimyokardialen
und transvenösen Ein- und Zweikammerschrittmachern

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung des doctor medicinae

der
Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Johannes Faust
aus Neustadt an der Weinstrasse
2004

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms -
Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. J. Vogt

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. H.H. Scheld

Tag der mündlichen Prüfung: 29.06.2004

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Kinderheilkunde -Kardiologie-
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. J. Vogt
Referent: Univ.-Prof. Dr. J. Vogt
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. H.H. Scheld

ZUSAMMENFASSUNG

Herzschrittmachertherapie bei Kindern

Komplikationen und Lebensqualität bei der Therapie mit epimyokardialen
und transvenösen Ein- und Zweikammerschrittmachern

Johannes Faust

Patienten: 94 Patienten der Universitätsklinik für Kinderkardiologie Münster erhielten zwischen Februar 1980 und Oktober 2000 einen permanenten Herzschrittmacher. Sie litten überwiegend (79%) an einem postoperativen AV-Block III. Grades. Untersucht wurden 75 Revisionseingriffe an insgesamt 166 Schrittmachersystemen. Zusätzlich wurden die Patienten in einem Fragebogen zur körperlichen Belastbarkeit und Beeinträchtigung ihres Wohlbefindens durch den Herzschrittmacher befragt. Die Patienten waren bei Erstimplantation im Durchschnitt 6,5 Jahre alt. Davon waren 30 Patienten (32%) jünger als 18 Monate. Der Follow-up Zeitraum lag zwischen einem Monat und 19,6 Jahren, im Durchschnitt 69 (\pm 5,6) Monate. Insgesamt verstarben 9 Patienten (9,5%) im Beobachtungszeitraum.

Ergebnisse: Haupt-Revisionsursache war eine Erschöpfung des Schrittmacheraggregats in 38 Fällen (51%). Die mittlere Batteriefunktionsdauer betrug 86 (\pm 5) Monate. Epimyokardiale Systeme erschöpften sich durchschnittlich 32 Monate früher als transvenöse ($p < 0,01$).

25 Revisionen (33%) erfolgten wegen Elektrodenkomplikationen. Die implantierten Elektroden funktionierten durchschnittlich 110 (\pm 5) Monate. Insgesamt zeigten epimyokardiale und transvenöse Systeme keinen nennenswerten Unterschied in der Funktionsdauer. Epimyokardiale Elektroden mussten vor allem wegen frühzeitigen Reizschwellenanstiegs revidiert werden, transvenöse Elektroden dagegen hauptsächlich nach Ablauf einiger Jahre wegen wachstumsbedingter Elektrodenstreckungen. Da bei Säuglingen und Kleinkindern oft die Implantation epimyokardialer Elektroden ratsam ist, sollten diese im Verlauf späterer Revisionen gegen transvenöse Elektroden ausgetauscht werden.

Die Implantation permanenter Schrittmacher bei Kindern ist eine etablierte Therapie, mit einer niedrigen Rate an schwerwiegenden Komplikationen. Die befragte Patienten fühlten sich im Alltag mittelmäßig bis gut belastbar, und waren häufig sportlich aktiv. Die meisten befanden sich in einer schulischen oder beruflichen Ausbildung. Außerplanmäßige Schrittmacherkontrollen waren in der Regel nur selten erforderlich gewesen.

Tag der mündlichen Prüfung: 29.06.2004

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG.....	1
1.1. Geschichte der Herzschrittmachertherapie	1
1.2. Technische Erläuterungen.....	2
1.2.1. Der internationale Schrittmachercode.....	2
1.2.2. Schrittmachermodus.....	5
1.2.3. Hämodynamik und AV-Synchronisation.....	7
1.2.4. Frequenzadaptive Systeme.....	8
1.3. Ursachen für eine Herzschrittmachertherapie bei Kindern.....	10
1.4. Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Schrittmacher- implantation für Kinder	12
2. MATERIAL UND METHODEN.....	14
2.1. Methodik	14
2.2. Patienten.....	15
2.3. Fragebogen.....	17
2.4. Statistik.....	19

3. ERGEBNISSE	21
3.1. Schrittmachersysteme bei Erstimplantation.....	21
3.1.1. Schrittmachertypen	21
Schrittmacherfabrikate	22
3.1.2. Altersverteilung bei Ein- und Zweikammerschrittmachern.....	24
3.1.3. Elektroden	25
3.2. Revisionen und Ursachen.....	27
3.2.1. Batterieerschöpfung	29
3.2.2. Elektrodenbedingte Revisionen	30
Wechsel des Elektrodentyps	33
3.2.3. Aggregatfehlfunktionen	35
Automatische Frequenzoptimierung bei Medtronic Thera SR 8960i .	35
Hochfrequenz- Katheterablation	36
3.2.4. Infektionen	37
3.2.5. Sonstiges	39
Umprogrammierung des Schrittmachers.....	39
Herztransplantation	39
Schrittmacherwechsel	39
3.3. Funktionsdauer der Schrittmachersysteme	40
3.3.1. Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung.....	41
Epimyokardiale vs. transvenöse Elektroden	41
Alter bei Erstimplantation.....	43

Einkammerschrittmacher vs. Zweikammerschrittmacher.....	45
3.3.2. Funktionsdauer bei Elektrodenfehlfunktion.....	46
3.4. Angaben der Patienten	48
3.4.1. Körperliche Belastbarkeit.....	48
3.4.2. Beeinträchtigung durch körperliche Symptome.....	49
3.4.3. kosmetische Beeinträchtigung	50
3.4.4. außerplanmäßige Schrittmacherkontrollen	50
3.4.5. Schulausbildung und Beruf	50
4. DISKUSSION	51
4.1. Revisionen und Funktionsdauer der Systeme	51
Batterieerschöpfung	51
Elektrodenbedingte Revisionen	53
Infektionen	55
Aggregatfehlfunktion durch Katheterablation	56
Aggregatfehlfunktion durch Frequenzadaptation	57
4.2. Wahl des Schrittmachersystems.....	59
Einkammerschrittmacher vs. Zweikammerschrittmacher.....	59
Therapie mit VVIR- Schrittmacher, Fallbeispiel H.H.	64
Elektrodenwahl	65

4.3.	Mortalität und Lebensqualität	69
	Mortalität.....	69
	Lebensqualität	70
	Physische Beeinträchtigung	70
	Soziale Integration	71
	Psychische Beeinträchtigung	71
5.	SCHLUSSFOLGERUNG.....	74
6.	LITERATURVERZEICHNIS.....	75
7.	DANKSAGUNG.....	85
8.	LEBENS LAUF.....	86

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1	Schrittmachermodus	6
Abbildung 1-2	Frequenzadaptation	9
Abbildung 2-1	Fragebogen	18
Abbildung 3-1	Schrittmachertypen bei Erstimplantation	21
Abbildung 3-2	Altersverteilung bei Ein- und Zweikammerschrittmachern	24
Abbildung 3-3	mittleres Gewicht bei Erstimplantation vs. implantierter Elektrodentyp	25
Abbildung 3-4	Elektrodentyp bei Erstimplantation (drei Altersgruppen)	26
Abbildung 3-5	Revisionsursachen	27
Abbildung 3-6	Schrittmacherwechsel wegen Batterieerschöpfung (nach Elektrodentyp)	29
Abbildung 3-7	Revisionsursachen (nach Elektrodentyp)	30
Abbildung 3-8	Zeitpunkt der Elektroderevision (nach Elektrodentyp)	33
Abbildung 3-9	Anteil transvenöser und epimyokardialer Elektroden	34
Abbildung 3-10	Anteil transvenöser und epimyokardialer Elektroden	34
Abbildung 3-11	Funktionsdauer der Schrittmachersysteme bei Erstimplantation ..	40
Abbildung 3-12	Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung	41
Abbildung 3-13	Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Elektrodentyp) .	42
Abbildung 3-14	Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Alter bei Erstimplantation)	43
Abbildung 3-15	Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (älteste und jüngste Patienten)	44
Abbildung 3-16	Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Schrittmachermodus)	45
Abbildung 3-17	Funktionsdauer bei Elektrodenrevision	46
Abbildung 3-18	Funktionsdauer bei Elektrodenrevision (nach Elektrodentyp)	47

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1	Internationaler Schrittmachercode	4
Tabelle 2-1	Altersgruppen der untersuchten Patienten	15
Tabelle 2-2	An der Befragung beteiligte Patienten (Vergleich mit Gesamtkollektiv)	17
Tabelle 3-1	Schrittmacherfabrikate.....	22
Tabelle 3-2	Anschriften der Hersteller.....	23
Tabelle 3-3	detaillierte Revisionsursachen	28
Tabelle 3-4	Funktionsdauer und Revisionsursachen (nach Elektrodentyp).....	32
Tabelle 3-5	Anzahl der Patienten mit körperlichen Symptomen bei Befragung	49

1. Einführung

1.1. Geschichte der Herzschrittmachertherapie

Die erste Implantation eines Herzschrittmachers erfolgte 1958 von Senning et al. am Karolinska Hospital in Stockholm (Elmqvist 1959, Senning 1983). Wenig später folgten Berichte erfolgreicher Implantationen in New York und Boston (Chardack 1960, Zoll 1961).

Diese ersten implantierbaren Herzschrittmacher wurden von Nickel-Kadmium- oder Zink-Quecksilberoxyd-Batterien angetrieben und stimulierten mit zuvor festgesetzter Frequenz, ungeachtet der intrinsischen Eigenaktivität des Herzens. Dabei applizierten diese frühen Geräte ein Vielfaches der notwendigen Energie, allein mit dem Ziel, das Herz zu stimulieren, noch völlig ungeachtet der Batterielebensdauer. Die Schrittmacherelektroden bestanden meist aus Edelstahldrähten mit Teflonummantelung (Jeffrey 1998).

Die meisten Neuerungen der Schrittmachertherapie in den frühen sechziger Jahren betrafen die Entwicklung möglichst zuverlässiger Schrittmachersysteme.

Neue Ansätze ergaben sich ab 1963, als Lagergren als erster die erfolgreiche Implantation eines Herzschrittmachers mit transvenöser Elektrode beschrieb (Lagergren 1966). Es folgte die Entwicklung flexibler transvenöser Elektroden und eine wachsende Zahl erfolgreicher Implantationen in Schweden, England und den Vereinigten Staaten (Harris 1965, Lagergren 1965, Parsonnet 1963).

Die durchschnittliche Funktionsdauer der Schrittmacher betrug allerdings aufgrund der schnell erschöpfbaren Batterien trotz relativ großer Aggregate nur etwa zwei Jahre. Ab 1973 kamen die ersten Schrittmacheraggregate mit den gerade neu entwickelten Lithiumbatterien auf den Markt (Friedberg 1977). Dies führte zu deutlich längeren Lebenszeiten von 10 bis 15 Jahren (Song 1983) und kleineren Aggregaten. Gegenüber den herkömmlichen Quecksilberbatterien zeigten Lithiumzellen außerdem den Vorteil eines stufenweisen Abfalls der Batteriespannung gegen Ende der Lebensdauer (Jeffrey 1998). Das erleichterte einen

rechtzeitigen Austausch der Schrittmacherbatterie und steigerte die Zuverlässigkeit der Systeme. Ein notwendiger Batteriewechsel konnte nun frühzeitig telemetrisch durch den Abfall der Batteriespannung auf einen festgelegten Schwellenwert erkannt und das Schrittmacheraggregat ausgetauscht werden. Der Batteriewechsel wurde so zu einem planbaren Routineeingriff.

Gegen Ende der siebziger Jahre kamen zunehmend Schrittmachermodelle zur Anwendung, die sich nach Implantation nichtinvasiv in mindestens drei Parametern umprogrammieren ließen. Bidirektionale Telemetrie ermöglichte es, Informationen zu gewinnen über Batteriespannung, Elektrodenwiderstände und Stimulationsrate der implantierten Schrittmachersysteme, um so die erforderliche Stimulationsenergie und -frequenz jedem Patienten individuell anzupassen und die Batteriefunktionsdauer maximal auszunutzen. Des weiteren ergaben sich aus den telemetrisch ermittelten Daten wichtige diagnostische Informationen für eine optimale Schrittmacherbehandlung komplexer elektrophysiologischer Störungen, wie Sinusknotenstörungen und Vorhoftachykardien (Mac Gregor 1978). Multiprogrammierbare Schrittmachermodelle sind seit Mitte der achtziger Jahre der gängige Stand der Technik und nicht mehr wegzudenken aus der permanenten Herzschrittmachertherapie (Levine 1983).

1.2. Technische Erläuterungen

1.2.1. Der internationale Schrittmachercode

Auf Anfrage der Inter-Society Commission for Heart Disease Resources stellte eine Forschungsgruppe (Drs. S. Fuhrmann, N.P.D. Smyth, V. Parsonnet) 1974 einen dreistelligen Code zur international einheitlichen Beschreibung der Schrittmacherfunktionen vor (Parsonnet 1974). 1983 wurde er auf fünf Stellen erweitert, um der fortschreitenden Entwicklung der Schrittmachersysteme Rechnung zu tragen (Bernstein 1987, Parsonnet 1983).

Dabei beschreiben die ersten beiden Buchstaben jeweils den Ort der Schrittmacheraktion, nämlich den Stimulationsort des Herzens und den Detektionsort intrinsischer Herzaktionen.

Der Buchstabe „V“ an erster Stelle steht dabei für eine Stimulation im Ventrikel, „A“ für eine Stimulation im Vorhof. „D“ bezeichnet eine Stimulation sowohl des Ventrikels als auch des Vorhofs, „S“, als Angabe des Herstellers, eine Stimulation entweder im Ventrikel oder Vorhof. Dieselben Buchstaben an zweiter Stelle gelten für die Beschreibung des Detektionsorts. Eine „0“ bedeutet jeweils „keine Funktion“. Die Buchstaben drei bis fünf beschreiben weitere Funktionseigenschaften des Herzschrittmachers, die dritte Stelle steht dabei für die Betriebsart des Schrittmachers, die vierte Stelle für die Programmierbarkeit, und der Buchstabe an fünfter Stelle beschreibt eine eventuelle antitachykarde Funktion des Aggregats.

Zur Beschreibung der Betriebsart kommen als Buchstaben an dritter Stelle in Frage „T“ für die Triggerung und „I“ für die Inhibition intrinsischer Herzaktivität. Der Buchstabe „D“ steht auch hier für beide Funktionen, also sowohl Vorhoftriggerung als auch Ventrikelinhibition.

An vierter Stelle, für die Programmierbarkeit, können stehen „P“ zur Kennzeichnung der Programmierbarkeit in 1-2 Funktionen (Frequenz und Leistung), „M“ für multiprogrammierbare Geräte, „C“ für eine Telemetriefähigkeit und „R“ bei Frequenzadaption.

Antitachykarde Funktionen, an letzter Stelle, werden beschrieben durch den Buchstaben „P“ für eine antitachykarde Stimulation, „S“ für „Schock“, also eine Defibrillation und wiederum „D“ für duale Funktion, sowohl antitachykarde Stimulation als auch Defibrillation.

Folgende Tabelle zeigt die einzelnen Funktionen im Überblick:

Tabelle 1-1 Internationaler Schrittmachercode

<u>1. Buchstabe</u> Stimulations- ort	<u>2. Buchstabe</u> Wahr- nehmungsort	<u>3. Buchstabe</u> Betriebsart	<u>4. Buchstabe</u> Programmier- barkeit	<u>5. Buchstabe</u> anti- tachykarde Funktion
V (Ventrikel)	V (Ventrikel)	I (inhibiert)	P (programmierbar)	P (Stimulation AT-Pacing)
A (Vorhof)	A (Vorhof)	T (getriggert)	M (multi programmierbar)	S (Schock)
D (Ventrikel und Vorhof)	D (Ventrikel und Vorhof)	D (inhibiert und getriggert)	R (frequenz- variabel)	D (Stimulation und Schock)
O (keine Funktion)	O (keine Funktion)	O (keine Funktion)	O (keine Funktion)	O (keine Funktion)
			C (Telemetrie)	

1.2.2. Schrittmachermodus

Wie bereits oben erwähnt, funktionierten die ersten Herzschrittmacher im VOO-Modus. Dabei wird die Eigenaktion des Herzens bei der Stimulation des Ventrikels nicht berücksichtigt, was die Gefahr schrittmacherinduzierter Arrhythmien mit sich bringt.

Durch die Einführung von Herzschrittmachern, die in der Lage waren sowohl den Herzmuskel zu stimulieren als auch eine ventrikuläre Herzaktivität zu detektieren, wurde dieses Problem gelöst.

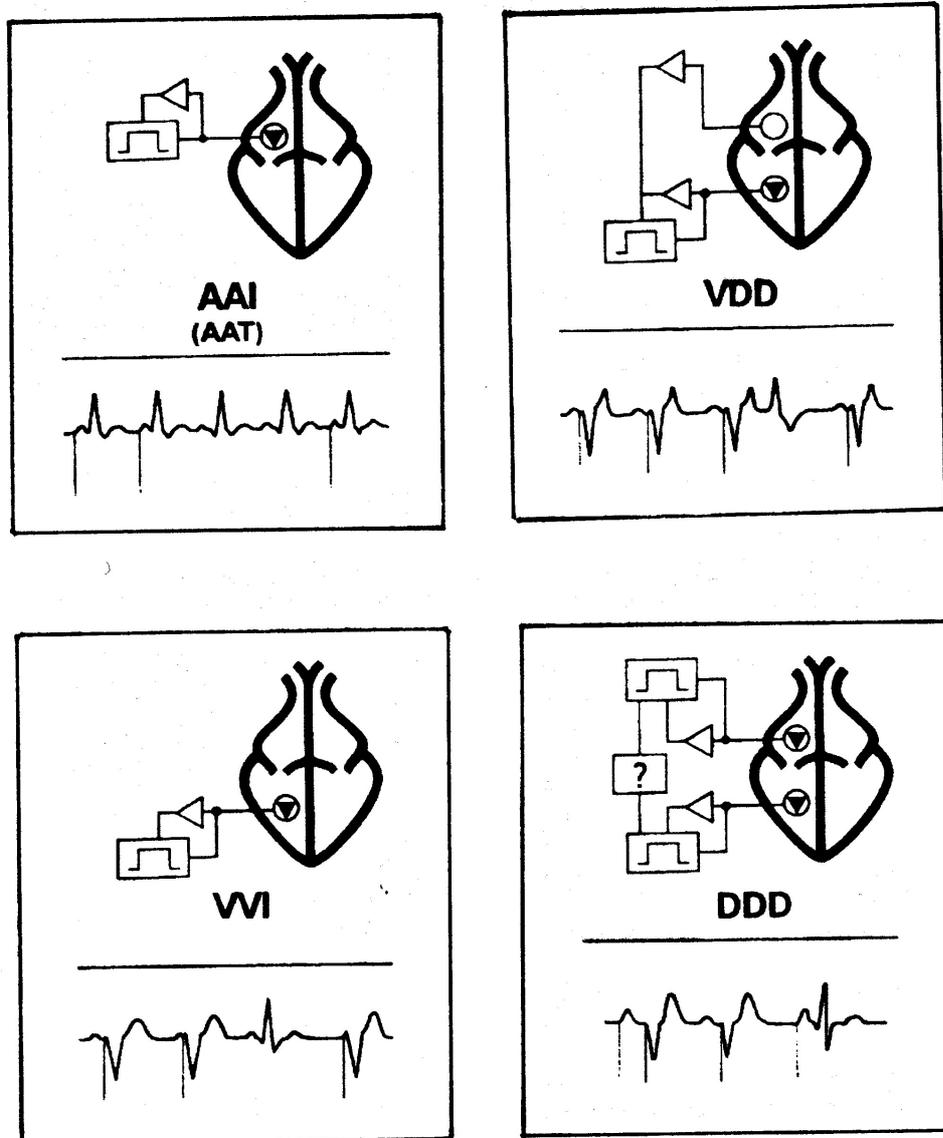
VVI-Schrittmacher synchronisieren die Abgabe des Stimulationsimpulses mit der R-Zacke des Kammerkomplexes. Nimmt das Gerät eine elektrische Kammeraktion wahr, so wird der Stimulationsimpuls unterdrückt, wodurch eine Erregung in der vulnerablen Phase vermieden wird.

„Physiologische“ VAT-Schrittmacher stimulieren die Herzkammer nach Wahrnehmung eines intrinsischen Signals im Vorhof. Bei Patienten mit intakter Funktion des Sinusknotens ermöglicht dies neben der Synchronisation von Vorhof und Kammer auch eine Steuerung des HZV unter körperlicher Belastung.

Die umfangreichsten Möglichkeiten zur Steuerung der Herzkontraktion bieten schließlich die Schrittmacher im DDD-Modus. Sowohl Vorhof als auch Kammer werden in Wahrnehmung und Stimulation miteinander gekoppelt, um eine P-Wellensynchrone Erregung des Ventrikels zu erzielen (Alt 1997).

Abbildung 1-1 Schrittmachermodus (nach E. Alt, Schrittmachertherapie des Herzens)

Schematische Darstellung der Schrittmacherfunktion. Das Viereck mit dem rechteckigen Impuls stellt den Stimulationskreis dar, das offene Dreieck den Wahrnehmungskreis des Schrittmachers. Im Herzen wird der Ort der Stimulation durch ein gefülltes Dreieck, der Ort der Wahrnehmung durch einen offenen Kreis dargestellt.



1.2.3. Häodynamik und AV-Synchronisation

Betrachtet man die Häodynamik bei Ventrikelschrittmachern und physiologischen Schrittmachern, so spricht vieles für eine AV-sequentielle Stimulation des Herzens.

Bei bradykarden Herzrhythmusstörungen mit totalem AV-Block gelingt durch die Frequenzanhebung bei Ventrikelstimulation zwar eine kurzfristige Steigerung des Herzzeitvolumens (HZV). Langfristig lässt sich eine Verbesserung des Herzzeitvolumens allerdings im Gegensatz zur Vorhofbeteiligten Stimulation nicht konstant nachweisen (Alt 1997).

Beim Sick-Sinus-Syndrom kann sich zudem eine retrograde Vorhoferregung, wie sie bei 36-100 % der Patienten auftritt, häodynamisch ungünstig auf Patienten mit VVI-Schrittmachern auswirken. Berichtet wird eine Verschlechterung des HZV um 12-25 %.

Kontrahieren sich Vorhof und Kammer asynchron, so kann es im ungünstigsten Fall durch eine „Pfröpfung“ von Vorhof- und Kammersystole zu Synkopen kommen. Unter dem Begriff des „Schrittmachersyndroms“ werden klinische Symptome wie Blutdruckabfall, Schwindel und Palpitationen beschrieben, die infolge einer asynchronen Kontraktion von Kammer und Ventrikel auftreten.

Der Beitrag des Vorhofs zum HZV wird mit Werten zwischen weniger als 10 % bis über 35 % unterschiedlich hoch eingeschätzt. Neben dem Schlagvolumen ist aber vor allem die Herzfrequenz die entscheidende Größe für eine Steigerung des Herzzeitvolumens.

Aus häodynamischer Sicht funktioniert das Herz nicht nur als Pumpe, sondern als Stellglied der Kreislaufregulation. Die Stellgröße „Herzzeitvolumen“ ergibt sich als Produkt aus Schlagvolumen und Herzfrequenz.

Dabei lässt sich das Schlagvolumen im Falle einer chronotropen Inkompetenz maximal um 30-50 % erhöhen. Die Herzfrequenz dagegen kann auf bis zu 300 % des

Ruhewertes ansteigen. Sie liefert beim gesunden Herzen den Hauptbeitrag zur Steigerung des Herzzeitvolumens.

Der Anpassung der Stimulationsfrequenz an die jeweilige körperliche Belastung kommt daher große Bedeutung zu (Alt 1997, Weiß 1993).

1.2.4. Frequenzadaptive Systeme

Ziel frequenzadaptiver Systeme ist es, entsprechend der Steuerung des Sinusknotens durch das autonome Nervensystem, körperliche Belastung in eine adäquate Steigerung der Herzfrequenz umzusetzen. Dafür müssen biologische Indikatoren erfasst werden, die schnell und spezifisch eine Änderung der Körperaktivität wiedergeben. Über einen speziellen Algorithmus wird die gemessene Änderung der Signalgröße dann in eine Adaptation der Stimulationsfrequenz umgesetzt. Von den vielen möglichen Messgrößen hat sich eine Steuerung über die Atemfrequenz, die Körpertemperatur, Aktivitätssensoren durch piezoelektrische Elemente und QT-Schrittmacher bewährt.

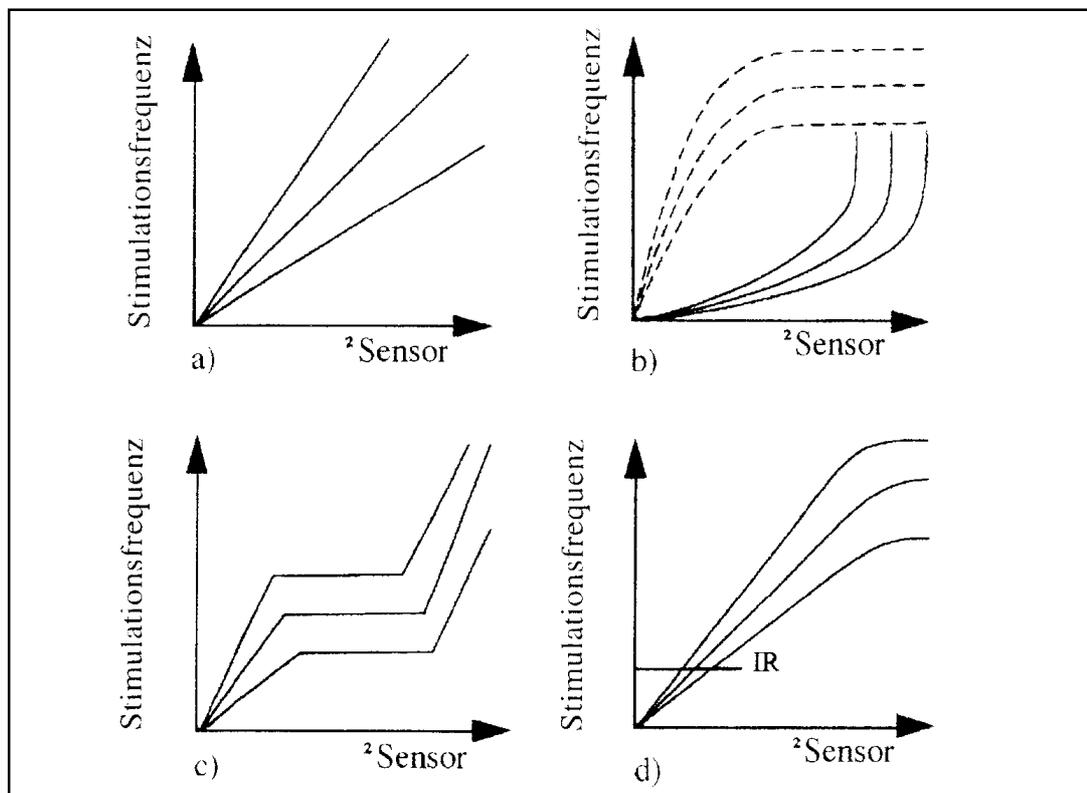
Bei aktivitätsgesteuerten Herzschrittmachern mit piezoelektrischem Element befindet sich an der Innenseite des Schrittmachergehäuses ein piezoelektrischer Kristall, der Vibrationen und Druck in elektrische Signale umwandelt. Diese werden wiederum über einen speziellen Algorithmus in eine Stimulationsfrequenz umgewandelt. Die Sensoren sind einfach zu handhaben, verbrauchen keinen Strom und benötigen keine zusätzliche Elektrode zur Signalübermittlung. Ein grundsätzlicher Nachteil ist die zwar schnelle, aber weniger spezifische Reaktion auf Körperaktivitäten. Vibrationen des gesamten Körpers (Flugzeug, Straßenbahn) können zu einem inadäquaten Anstieg der Stimulationsfrequenz führen.

Um diesen Nachteil auszugleichen, besteht die Möglichkeit, zwei unterschiedliche Sensoren miteinander zu kombinieren, wie Aktivitäts- und QT-Sensoren. Der QT-Sensor reagiert zwar mit einer Verzögerung von etwa zwei Minuten langsamer, aber spezifischer auf einen Anstieg der Körperaktivität. Auch Dauerbelastungen und Veränderungen des Katecholaminspiegels werden wahrgenommen. Durch ein Cross-

Checking beider Sensoren ist eine physiologischere Anpassung der Frequenzsteigerung möglich. Ein Großteil der chronotrop inkompetenten Patienten kommt allerdings gemäß Alt mit einem Ein-Sensor-System im Alltag gut zurecht, so dass aus Kostengründen auf einen zweiten Sensor verzichtet werden kann (Alt 1997). Besonders bei epimyokardialen Elektroden können nach Celiker auch die Vorteile eines reinen Aktivitätssensors überwiegen, da es hier zu einer inadäquaten T-Wellen-Wahrnehmung kommen kann (Celiker 1996).

Abbildung 1-2 Frequenzadaptation (nach E. Alt, Schrittmachertherapie des Herzens)

Linearer (a), exponentieller (b) und komplexer (c und d) Algorithmus zur Umwandlung des Sensorsignals in die entsprechende Stimulationsfrequenz.



1.3. Ursachen für eine Herzschrittmachertherapie bei Kindern

Die Implantation eines Herzschrittmachers ist im Vergleich zu Erwachsenen bei Kindern immer noch eine eher seltene Therapie. Das Deutsche Zentralregister für Herzschrittmacher an der Justus-Liebig-Universität in Giessen verzeichnete im Jahr 1999 bei Kindern bis 19 Jahren 181 Herzschrittmacherimplantationen. Bei 24 451 Herzschrittmacherimplantationen insgesamt betrug der Anteil pädiatrischer Patienten etwa 0,7 % (Irnich 1999).

Die häufigsten Ursachen für eine Herzschrittmacherimplantation bei Kindern sind hochgradige AV-Blockierungen. Daneben spielen auch Sinusknotenerkrankungen eine Rolle (Antretter 1995, Beder 1985, Ennker 1985, Esperer 1993, Gillete 1992, Hansky 1999, Kerstjens-Frederikse 1991, Nordlander 1992, Sachweh 2000, Will 1998).

AV-Blockierungen im Kindesalter können angeboren und erworben sein. Als Ursache für einen angeborenen AV-Block kommt neben kongenitalen Herzfehlern die diaplazentare Übertragung mütterlicher Antikörper bei Autoimmunerkrankungen (Lupus erythematodes) in Frage (Udink ten Cate 2002). Haben diese Kinder bei Geburt ausreichende Herzfrequenzen, so ist eine Herzschrittmacherimplantation erst beim Auftreten klinischer Symptome indiziert. Dies ist etwa bei der Hälfte der Patienten der Fall. So kann es im Langzeitverlauf z. B. zur Einschränkung der Leistungsfähigkeit durch mangelnde Frequenzanpassung bei körperlicher Anstrengung kommen (Eronen 2000).

Ein erworbener AV-Block III. Grades führt dagegen in der Regel akut zur Schrittmacherabhängigkeit. Meist tritt er als Folge herzchirurgischer Eingriffe auf. Bildet er sich nicht innerhalb einer Woche zurück, so gilt er gemäß den Richtlinien der American Heart Association als Indikation für die Implantation eines Herzschrittmachers (Gregoratos 1998, Gregoratos 2002). Die Inzidenz postoperativer AV-Blocks ist abhängig von der Art des chirurgischen Eingriffs. Nach Bonatti

entwickeln etwa 1 % der operierten Patienten postoperativ einen schrittmacherpflichtigen AV-Block (Bonatti 1998). Glikson et al. erwähnen in einer Studie bei Erwachsenen Inzidenzen von 0,8 % bis 4 %. Sie plädieren für eine frühzeitige Implantation permanenter Schrittmacher nach sechs bis neun Tagen bei Patienten mit postoperativem komplettem AV-Block (Glikson 1997). In unserem Patientenkollektiv war dies die häufigste Indikation für die Implantation eines permanenten Herzschrittmachers. Heusch et al. berichten von einer Schrittmacherimplantation bei 46 % der Patienten mit angeborenem AV-Block. Die Patienten mit erworbenem AV-Block dagegen waren zu 100 % schrittmacherabhängig (Heusch 1999).

Das so genannte Sick-Sinus-Syndrom (SSS) tritt bei Kindern fast ausschließlich nach Verletzung des Sinusknotens bei kardiochirurgischen Eingriffen im Bereich des Herzvorhofs auf, wie z. B. bei Vorhofseptumdefekt, Mustard- oder Fontan-Prozedur. Die Erkrankung kann sich auf vielfältige Weise bemerkbar machen. Anhaltende Bradykardie, inadäquater Wechsel zwischen Brady- und Tachykardiephasen (daher auch die Bezeichnung „Bradykardie-Tachykardie-Syndrom“), sinuatrialer Block, supraventrikuläre Extrasystolen, Vorhofflattern und Ersatzrhythmen prägen das klinische Bild. Dabei sind es vor allem synkopale Anfälle (Adam-Stokes-Anfälle), die Anlass zur Herzschrittmachertherapie geben.

1.4. Welche Konsequenzen ergeben sich aus der Schrittmacherimplantation für Kinder

Kinder mit Herzschrittmacher gelten keineswegs als per se als „schwerbehindert“. Über Einschränkungen der Belastbarkeit entscheiden in der Regel die begleitenden Herzfehler. So betont Will in einem Leitfaden für Eltern von Kindern mit Herzschrittmachern des Kinderherzzentrums der Universität Gießen: „Eine ‚Schwerbehinderung‘ lediglich aufgrund des Tragens eines Herzschrittmachers, also ohne Herzfehler, bei normaler Belastbarkeit, besteht nicht, im Gegenteil sind diese Kinder und Jugendlichen mit Schrittmacher als herzgesund zu betrachte.“ (Will 1997).

In Kindergarten und Schule bestehen keine Bedenken dagegen, Kinder mit Herzschrittmacher in den gewöhnlichen Gruppenalltag zu integrieren. Vielmehr sollte man vermeiden, ihnen unnötigerweise eine Sonderrolle zuzuweisen.

Sportlich sind sie grundsätzlich genauso belastbar wie andere Kinder. Lediglich in der ersten Zeit nach der Implantation sollte auf sportliche Aktivitäten verzichtet werden (Bauersfeld 1998, Wehr 2001).

Vermieden werden sollte eine mechanische Irritation des implantierten Schrittmachersystems, da die Schrittmacher selbst zwar relativ robust, die Kontakte der Elektroden jedoch empfindlicher sind. So sind Kampf- und Kontaktsportarten sowie Reiten, Turmspringen und der Stufenbarren kontraindiziert. Keine Bedenken bestehen beispielsweise bei Ballspielen wie Fuß- oder Basketball, Leichtathletik und Schwimmen, einschließlich Springen vom Beckenrand aus 1m Höhe (Will 1997, Wehr 2001).

Auch bei der Berufswahl stehen Kindern mit Herzschrittmachern grundsätzlich viele Wahlmöglichkeiten offen. Gemieden werden müssen starke Stromquellen, elektromagnetische Felder, ionisierende Strahlungen und galvanische Strömungen wie z. B. bei Elektromotoren, Starkstromgeräten, Lichtbogenanlagen zur Metallveredelung, Hochöfen und Hochfrequenzsendern (Will 1997).

Auslandsreisen sind grundsätzlich unbedenklich. Bei Flugreisen ist die Flughafenkontrolle über den Herzschrittmacher in Kenntnis zu setzen. Vor längeren Aufenthalten sollte eine Schrittmacherkontrolle durchgeführt werden. Der Schrittmacherausweis sowie eine Kopie des letzten Arztbriefs und eventuell eine Liste der Kliniken mit einer kinder-kardiologischen Abteilung im Bestimmungsland sollten Teil des Reisegepäcks sein. Neben allgemeinen Vorsichtsmaßnahmen ist des weiteren besonders auf eine Endokarditisprophylaxe zu achten (Will 1997, Wehr 2001).

Besondere Vorsicht ist bei Krankenhausaufenthalten geboten. Hier können Komplikationen durch bestimmte Untersuchungen und Behandlungsverfahren hervorgerufen werden. Besonders zu vermeiden sind MNR-Untersuchungen, Elektrokauter (bei Operationen) und Lithotripter (zur Behandlung von Nierensteinen). Unbedenklich dagegen ist die externe Defibrillation, auch wenn im Zweifelsfall danach das regelrechte Funktionieren des Herzschrittmachers kontrolliert werden sollte (Irnich 1992).

2. Material und Methoden

2.1. Methodik

Ziel der Untersuchung ist die Darstellung spezifischer Komplikationen der Therapie mit epimyokardialen und transvenösen Ein- und Zweikammerschrittmachern bei Kindern und ihre Auswirkungen auf die Prognose und Lebensqualität der Patienten. Dazu wurden die klinischen Akten von 94 Patienten der Klinik für Kinderkardiologie an der Westfälischen Wilhelms Universität ausgewertet, bei denen zwischen Februar 1980 und Februar 2000 ein permanenter Herzschrittmacher implantiert worden war. Untersucht wurden die Revisionshäufigkeit und -ursachen der Schrittmachersysteme. Zusätzlich wurde den Patienten ein Fragebogen zur körperlichen Belastbarkeit und Beeinträchtigung ihres Wohlbefindens durch den Herzschrittmacher zugesandt.

Als **Schrittmachersystem** wird im Folgenden die Gesamtheit von Schrittmacheraggregat, Elektroden und Schrittmacherasche verstanden, in Abgrenzung zu dem Begriff **Schrittmacheraggregat**, der nur die funktionelle Einheit des Herzschrittmachers an sich beschreibt.

Follow-up

Die Follow-up-Zeit von der Erstimplantation des Schrittmachersystems bis zur letzten Kontrolluntersuchung des Patienten betrug durchschnittlich 5,5 Jahre. Dabei betrug der kürzeste Beobachtungszeitraum einen Monat, der längste 19,6 Jahre.

2.2. Patienten

48 Jungen und 46 Mädchen wurde ein Schrittmachersystem implantiert. Die Patienten waren bei Erstimplantation der Schrittmacher durchschnittlich 6,5 Jahre alt, der jüngste Patient einen Monat, der älteste 21 Jahre und 8 Monate.

Die Implantation erfolgte oft schon im Säuglingsalter. 30 Patienten (32 %) waren bei Erstimplantation jünger als 18 Monate.

Altersgruppen

Zum Vergleich von Altersunterschieden wurden die Patienten in drei gleichgroße Altersgruppen eingeteilt. In Gruppe 1 finden sich 31 Patienten in einem Alter unter zwei Jahren, in Gruppe 2 sind 32 Patienten zwischen 25 und 100 Monaten und in Gruppe 3 finden sich 31 Patienten, die bei Implantation alle älter als 100 Monate waren.

Tabelle 2-1 Altersgruppen der untersuchten Patienten

Altersgruppen	Anzahl	Alter in Monaten Min.	Alter in Monaten Max.
Gruppe 1	31	1	21
Gruppe 2	32	25	100
Gruppe 3	31	101	262
Insgesamt	94	1	262

Alter in Monaten

Gewicht

Das Gewicht bei Erstimplantation betrug zwischen 1,3 kg und 72 kg (Median 20 kg), dabei wogen 42 Patienten (45 %) weniger als 15 kg.

Herzerkrankungen

Bei 74 Patienten (79 %) wurde die Indikation zur Schrittmacherimplantation aufgrund zweit- und drittgradiger AV-Blockierungen nach einer herzchirurgischen Korrekturoperation gestellt.

15 Patienten (16 %) litten an einem kongenitalen AV-Block zweiten oder dritten Grades. In 5 Fällen lag ein Funktionsstörung des Sinusknotens vor.

Mortalität

Insgesamt verstarben 9 Patienten (9,5 %) im Beobachtungszeitraum. Bis auf einen Fall standen die Todesursachen dabei im Zusammenhang mit der zugrundeliegenden Herzerkrankung. Eine ursächliche Beteiligung des jeweiligen Schrittmachersystems war nicht ersichtlich.

Ein Patient verstarb infolge ventrikulärer Extrasystolen nach Aortoventrikuloplastik. Zwei Patienten verstarben an den Folgen einer chronischen pulmonalen Hypertension. Ein Patient verstarb vor einer geplanten Herztransplantation an den Komplikationen der Behandlung mit einem temporären Kunsterzen. Die Todesursache der übrigen Patienten war jeweils ein plötzliches Herzversagen bei chronischer Herzinsuffizienz oder Kardiomyopathie. Nur in einem Fall konnte die Todesursache nicht letztlich geklärt werden., so dass ein sekundäres Schrittmacherversagen nicht ausgeschlossen werden kann.

2.3. Fragebogen

Einen zugesandten Fragebogen beantworteten 45 von 85 befragten Patienten (53 %), darunter 26 männliche und 19 weibliche Patienten. Das mittlere Alter bei Schrittmachererstimplantation betrug 76 Monate, die mittlere Follow-up-Zeit 77,5 Monate.

Tabelle 2-2 An der Befragung beteiligte Patienten (Vergleich mit Gesamtkollektiv)

	Rückantworten	befragte Patienten (ohne Verstorbene)
Anzahl	45	85
Männlich	26 (58 %)	44 (52%)
Weiblich	19 (42 %)	41 (48%)
mittleres Alter bei Erstimplantation	76 (+/- 10) Monate	78 (+/- 8) Monate
bei Umfrage	160 (+/- 13) Monate	154 (+/- 9) Monate
Follow-up	77 (+/- 8) Monate	69 (+/- 6) Monate

Erfragt wurden die alltägliche und sportliche Belastbarkeit der Patienten, die Art der sportlichen Betätigung und die persönliche Einschätzung ihrer Belastbarkeit im Vergleich zu Gesunden. Des weiteren sollten die Patienten Angaben machen, inwieweit sie sich durch den Schrittmacher beeinträchtigt fühlten und ob sie die Operationsnarben störten. Erfasst wurde außerdem das Auftreten körperlicher Symptome wie Luftnot, Schwindel, Herzstiche, Herzstolpern und Ohnmachtsanfälle, sowie die schulische und berufliche Ausbildung der Patienten.

Abbildung 2-1 Fragebogen

Folgender Fragebogen richtet sich an die betroffenen Patienten bzw. an deren Eltern
 Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

1. Wie lange sind Sie/ Ihr Kind Träger eines Herzschrittmachers?	Seit ___/___ (z.B. 05/1990)																		
2. Wie würden Sie Ihre/ Ihres Kindes Belastbarkeit im Alltag beschreiben?	<input type="radio"/> gut <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> schlecht																		
3. Hat sich Ihre/ Ihres Kindes Belastbarkeit nach der SchrittmacherOP gebessert?	<input type="radio"/> gebessert <input type="radio"/> unverändert																		
4. Fühlen Sie/ Ihr Kind sich durch den Schrittmacher beeinträchtigt?	<input type="radio"/> nein <input type="radio"/> gering <input type="radio"/> deutlich																		
5. Fühlen Sie/ Ihr Kind sich durch die Operationsnarben gestört?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> manchmal <input type="radio"/> immer																		
6. Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein? Wenn ja, welche?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein																		
7. Wie oft mussten Sie/ Ihr Kind wegen Schrittmacherproblemen außerplanmäßig die Klinik aufsuchen?	<input type="radio"/> nie <input type="radio"/> 1x pro Jahr <input type="radio"/> mehrmals pro Jahr Insgesamt etwa _____ mal																		
8. Welche Ausbildung haben Sie/ Ihr Kind durchlaufen? Bzw. welchen Beruf üben Sie aus?	<input type="radio"/> Grundschule <input type="radio"/> Hauptschule <input type="radio"/> Gymnasium _____																		
9. Welche sportliche Betätigung üben Sie/ Ihr Kind aus?	_____																		
10. Sind Sie/ Ihr Kind im Sport genauso belastbar wie Gleichaltrige? Wenn schlechter, wieso?	<input type="radio"/> genauso <input type="radio"/> schlechter _____																		
11. Haben Sie/ ihr Kind nach der SchrittmacherOP einmal eines der folgenden Symptome verspürt? a) Luftnot b) Schwindel c) Herzstolpern oder Herzjagen d) Ohnmachtsanfall e) Herzstiche	<table border="0"> <tr> <td>Nie</td> <td>nur bei schweren Anstrengungen</td> <td>schon bei leichten Anstrengungen</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </table>	Nie	nur bei schweren Anstrengungen	schon bei leichten Anstrengungen	<input type="radio"/>														
Nie	nur bei schweren Anstrengungen	schon bei leichten Anstrengungen																	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																	

2.4. Statistik

Im Laufe des Beobachtungszeitraums wurden bei insgesamt 94 Patienten 72 schrittmacherbedingte Revisionseingriffe durchgeführt. Dies ergibt eine Gesamtanzahl von 166 Schrittmachersystemen. Dabei betrafen 46 Revisionen das jeweils initial implantierte Schrittmachersystem, die übrigen 26 Revisionen waren Zweit- und Dritteingriffe.

Bei zwei Patienten wurde das Schrittmachersystem im Rahmen einer Herztransplantation wieder explantiert. Bei einem Patienten musste wegen einer Infektion der Schrittmachertasche das System vorübergehend explantiert werden.

Neun Patienten ausgenommen, die im Beobachtungszeitraum verstarben, verbleibt eine rechnerische Anzahl von 157 Schrittmachersystemen.

Für die Beurteilung der Komplikationshäufigkeiten wurde die **Funktionsdauer der Schrittmachersysteme** definiert als Zeitraum zwischen der Implantation des Schrittmachersystems und dem Auftreten eines Revisionseingriffs (bzw. dem Zeitpunkt der letzten gesicherten Beobachtung). Traten mehrere Revisionen bei einem Patienten auf, so wurde immer die Funktionsdauer des Schrittmachersystems von einer Revision bis zur nächsten berücksichtigt.

Die statistische **Schätzung der kumulativen Überlebenszeiten** der Schrittmachersysteme erfolgte mit der Aktuarialanalyse nach Kaplan und Meier (Kaplan 1958, Harms 1998), wobei Patienten, die im Zeitraum verstarben, nicht berücksichtigt wurden, da kein direkter Zusammenhang der Todesfälle mit der Schrittmachertherapie ersichtlich war.

Als „Ereignis“ wurde eine chirurgische Revision im Beobachtungszeitraum gewertet, Patienten, deren Schrittmachersystem im Zeitraum bis zur letzten gesicherten Beobachtung nicht revidiert werden musste, galten als „zensierte“ Daten. Verschiedene Untergruppen wurden mit dem Log-Rank-Test verglichen.

Gruppenunterschiede wurden mit dem Rangsummentest für ungepaarte Stichproben nach Mann-Whitney-Wilcoxon verglichen., bzw. mit dem Student-T-Test. P-Werte auf einem Niveau $<0,05$ wurde dabei als statistisch signifikant erachtet.

Mittelwerte wurden, wenn nicht anders erwähnt, \pm Standardfehler angegeben.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistical Package for the Social Siences (SPSS), SPSS Inc. USA.

3. Ergebnisse

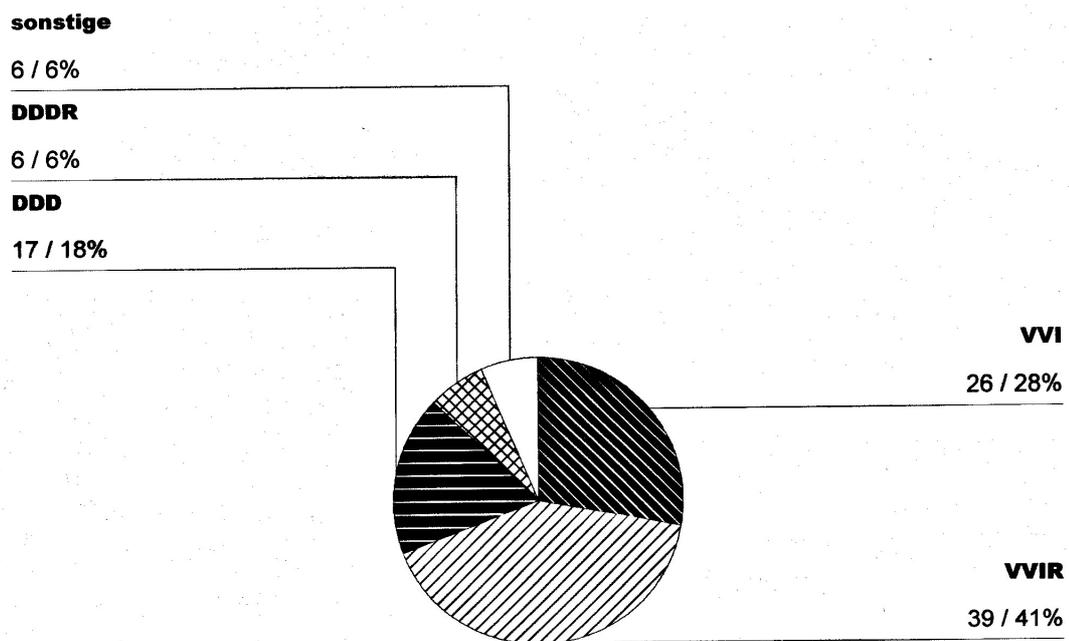
3.1. Schrittmachersysteme bei Erstimplantation

3.1.1. Schrittmachertypen

Insgesamt wurden bei 94 Patienten 138 Herzschrittmacher implantiert, davon ein Cardioverter/ Defibrillator und ein DDD- Schrittmacher mit integrierter antitachykarder Stimulation.

Unter den 94 Schrittmachersystemen bei Erstimplantation waren 65 Einkammerschrittmacher, darunter 39 (60%) mit Frequenzadaptation. 23 Patienten wurde ein AV- sequentieller Zweikammerschrittmacher implantiert. Drei Patienten erhielten einen Vorhofschrittmacher (AAIR) und weitere drei Patienten einen VDD- Schrittmacher (Abb. 3-1).

Abbildung 3-1 Schrittmachertypen bei Erstimplantation



Schrittmacherfabrikate

Implantiert wurden Fabrikate der Firmen Medtronic, Siemens/ St. Jude Medical, Biotronik, Vitatron, Ventritex, Cordis (St. Jude Medical), CPI/ Guidant, s. Tab. 3-1, Anschriften der Hersteller s. Tab 3-2.

Tabelle 3-1 Schrittmacherfabrikate

Medtronic (62)	Siemens/ Pacesetter (11)	Biotronik (8)	Vitatron (7)	Sonstige (5)
<ul style="list-style-type: none"> • Enertrax 7100 (2) • Kappa SR 401 (2) • Kappa SR 701 (7) • Legend 8416 (5) • Legend 8419 (3) • Legend 8424 (2) • Minix 8341 M (1) • Minix 8342 (1) • Minuett 7108 (2) • Thera 7940 (1) • Thera 7944 (1) • Thera 7962 (1) • Thera 7964 (2) • Thera 8448 (1) • Thera 8940 (12) • Thera D (1) • Thera DR 7960i (3) • Thera S (1) • Thera SR (1) • Thera SR 8942 (1) • Thera SR 8960i (9) • Thera SR 8962i (3) 	<ul style="list-style-type: none"> • AFP 283 (2) • Microny SR2425 (2) • Paragon 2010 (1) • Paragon II 2016 (1) • Sensorithm 2045T (1) • Synchrony 2020 (1) • Synchrony II 2022T (3) 	<ul style="list-style-type: none"> • Micros (4) • Neos (2) • Physios (1) • Picos (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Clarity 860 (1) • Diamond (1) • Diamond II 820 (3) • Topaz 520 (1) • Vitatron ? (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cordis Omni-Stanic Gamma 334A (1) • CPI Discovery SR 1174 (1) • epimyok. SM N.N. (3) • Ventritex Contour V145 AC

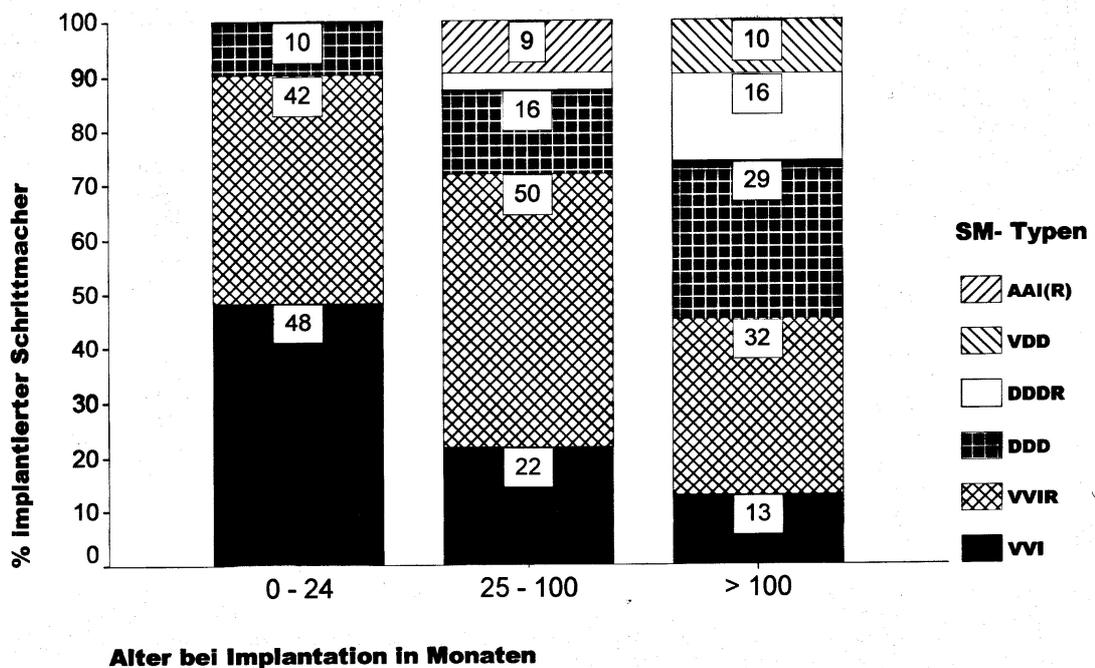
Tabelle 3-2 Anschriften der Hersteller

Medtronic GmbH	Am Seestern 3 40547 Düsseldorf, Tel.: 02 11/ 52 93-0 Fax: 02 11/ 52 93-100 duesseldorf@medtronic.com
St. Jude Medical GmbH	Marienbergstraße 82 90411 Nürnberg Tel.: 0911/ 520-68-0 Fax: 0911/ 520-68-98 http://www.sjm.com
BIOTRONIK GmbH & Co.	Woermannkehre 1 D-12359 Berlin Tel (+49 30) 6 89 05 –600 Fax (+49 30) 6 85 28 04 http://www.biotronik.com
Vitatron GmbH	Stolberger Straße D-50933 Köln Telefon: (49) 221-945946-0 http://www.vitatron.com
CPI/ Guidant Europe NV/SA	Park Lane Culliganlaan 2B 1831 DIEGEM, BELGIUM Phone: 32 2 714 14 11, Fax: 32 2 714 14 12 http://www.guidant.com
Ventritex Inc.	709 East Evelyn Avenue Sunnyvale CA 94086-6527, USA Phone 408-738-4883 800-733-3455 Fax: 408-735-8750

3.1.2. Altersverteilung bei Ein- und Zweikammerschrittmachern

Patienten, denen Zweikammerschrittmacher implantiert wurden, waren signifikant älter ($119 \pm 14,2$ Monate) als Patienten, die initial einen Einkammerschrittmacher erhielten ($59 \pm 7,8$ Monate), $p < 0,01$. So steigt mit zunehmendem Alter bei Erstimplantation der Anteil der Zweikammerschrittmacher von 9,7% auf 45,1% (s. Abb. 3-2). Der Anteil der VVI(R)-Schrittmacher fällt entsprechend von 90,3% auf 45,2%. Nur bei drei Patienten unter zwei Jahre wurden Zweikammerschrittmacher implantiert. Es handelt sich dabei um drei Säuglinge mit einem Gewicht unter 5kg, bei denen epimyokardiale Elektroden verwendet wurden. In derselben Altersgruppe erhielten dagegen neunmal mehr Patienten einen Einkammerschrittmacher. Bei den Drei- bis Achtjährigen finden sich schon ein knappes Drittel Zweikammerschrittmacher. In der Altersgruppe 3 (>8 Jahre) schließlich sind Ein- und Zweikammerschrittmacher zu gleichen Teilen vertreten.

Abbildung 3-2 Altersverteilung bei Ein- und Zweikammerschrittmachern

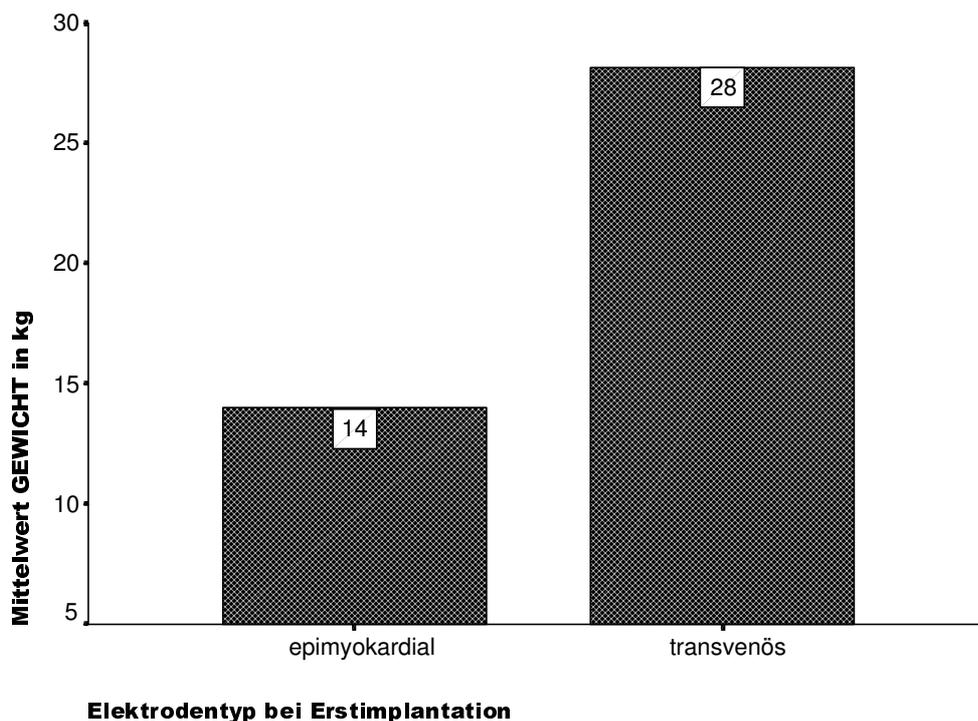


3.1.3. Elektroden

In 41 Fällen (43,6%) wurden Schrittmacher mit epimyokardialen Elektroden, in 53 Fällen (56,4%) mit transvenösen Elektroden implantiert.

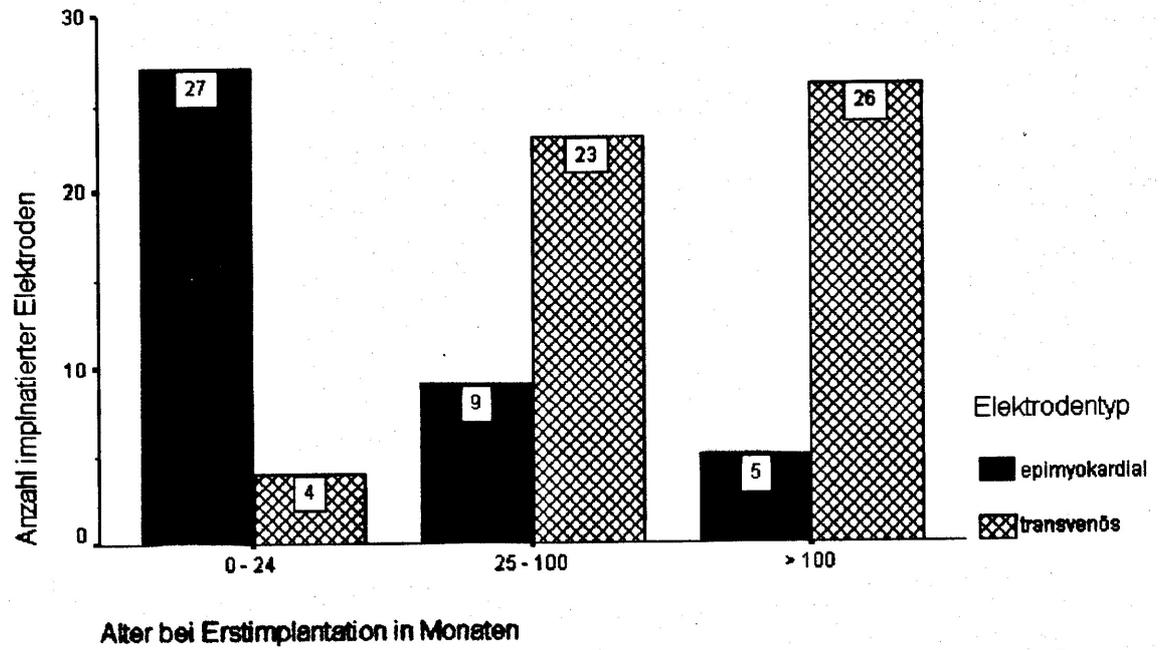
Patienten, die bei Erstimplantation epimyokardiale Elektroden erhielten, waren durchschnittlich leichter (Mittelwert $14 \pm 2,5$ kg) als Patienten, denen transvenöse Elektroden implantiert wurden (Mittelwert 28 ± 2 kg), $p < 0,01$ (s. Abb. 3-3).

Abbildung 3-3 mittleres Gewicht bei Erstimplantation vs. implantierter Elektrodentyp



Mit zunehmendem Alter sank die Zahl der Patienten mit epimyokardialen Elektroden von 27 (87%) in den ersten beiden Lebensjahren auf 5 (16%) bei den Kindern über neun Jahren. Entgegengesetzt stieg die Zahl der Patienten mit transvenösen Schrittmachersystemen von 4 (13%) auf 26 (84%) an (s. Abb. 3-4).

Abbildung 3-4 Elektrodentyp bei Erstimplantation (drei Altersgruppen)



3.2. Revisionen und Ursachen

Bei 46 Patienten (49%) erfolgte eine chirurgische Revision des initialen Schrittmachersystems. Zwei Revisionen wurden bei 19 Patienten (20%) erforderlich, sowie eine dritte Revision bei 7 Patienten (7,5%). Bei zwei Patienten wurde das Schrittmachersystem viermal, bei einem insgesamt fünfmal revidiert.

Von insgesamt 75 Revisionen erfolgten 72 wegen einer Störung des implantierten Schrittmachersystems: 38 Revisionen (51%) erfolgten wegen Batterieerschöpfung, 24 Revisionen (32%) wegen Elektrodenkompl., 4 Revisionen (5%) wegen Infektionen, zwei wegen einer Fehlfunktion des Schrittmacheraggregats und drei aus sonstiger Ursache. Zudem wurde in zwei Fällen das Schrittmachersystem im Rahmen einer Herztransplantation wieder explantiert; bei einem Patienten musste ein Defibrillator wieder entfernt werden (Abb. 3-5, Tab. 3-2).

Abbildung 3-5 Revisionsursachen

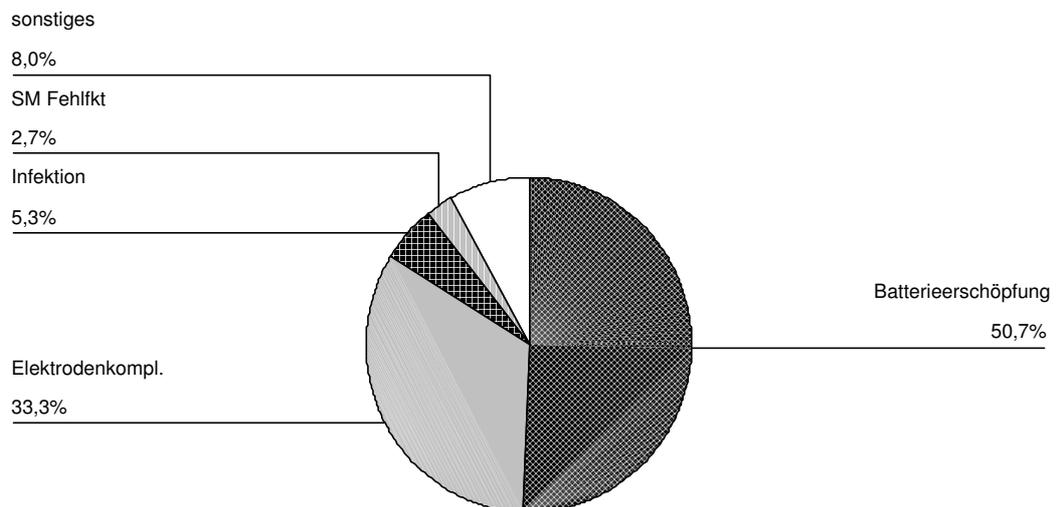


Tabelle 3-3 detaillierte Revisionsursachen

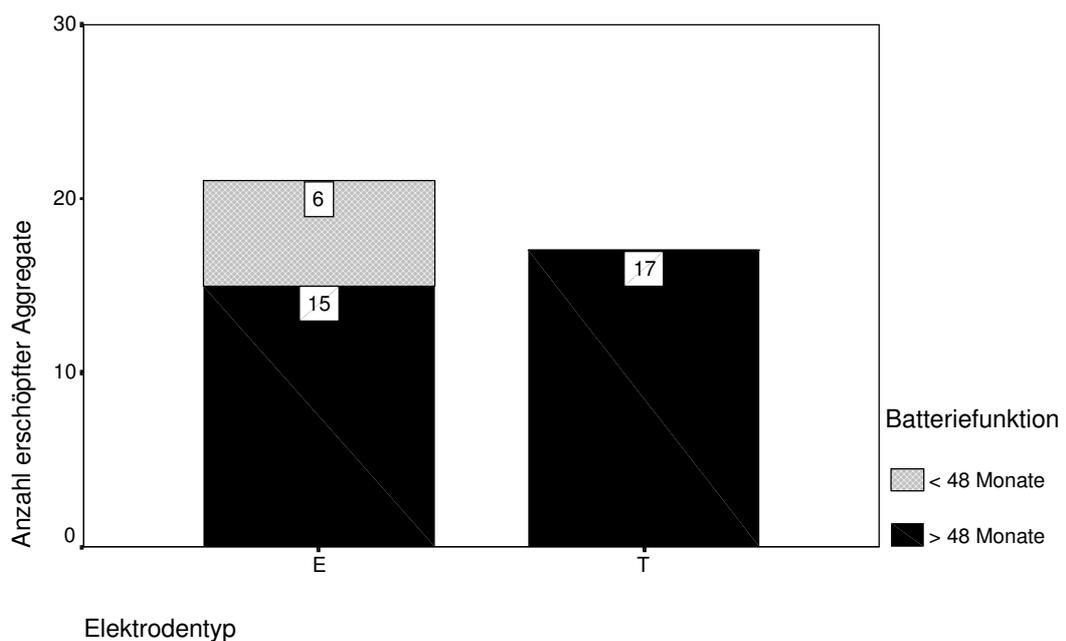
	Anzahl der Revisionen					
	Batterie	Elektrode	Infektion	SM-Fehlfunktion	sonstige	gesamt
Aggregaterschöpfung nach > 48 Monate	32					32
Aggregaterschöpfung nach < 48 Monate	6					6
Reizschwellenanstieg		9				9
Sensingdefekt		4				4
Elektrodenbruch		2				2
Elektrodendislokation		3				3
Elektrodenstreckung		7				7
Infektion			4			4
SM- Tachykardie				1		1
Katheterablation				1		1
Herztransplantation					2	2
Herzchirurgie					1	1
Defi explantiert					1	1
Defi implantiert					1	1
unbekannt					1	1
gesamt	38	25	4	2	6	75

3.2.1. Batterieerschöpfung

Häufigste Ursache für eine chirurgische Revision der Schrittmachersysteme war ein Wechsel des erschöpften Schrittmacheraggregats in 38 Fällen (51%). Dabei mussten die Aggregate nach frühestens 15 Monaten, längstens 11,3 Jahren ausgetauscht werden.

Insgesamt wurden bei 21 der 62 epimyokardialen Systemen (33,9%) und bei 17 der 95 transvenösen Systemen (17,9%) die Aggregate ausgetauscht. Damit erfolgte ein Batteriewechsel fast doppelt so häufig bei epimyokardialen im Vergleich zu transvenösen Schrittmachersystemen. Ähnliches zeigt sich, wenn man die Funktionsdauer epimyokardialer und transvenöser Schrittmachersysteme vergleicht. Sechs epimyokardiale Schrittmachersysteme zeigten eine frühzeitige Batterieerschöpfung mit einer Funktionsdauer von weniger als 48 Monaten (Abb. 3-7). Die Batterien epimyokardialer Systeme funktionierten im Durchschnitt 32 Monate kürzer als die Batterien transvenöser Schrittmachersysteme. (s. Kapitel 3.3.1, Seite 38)

Abbildung 3-6 Schrittmacherwechsel wegen Batterieerschöpfung (nach Elektrodentyp)

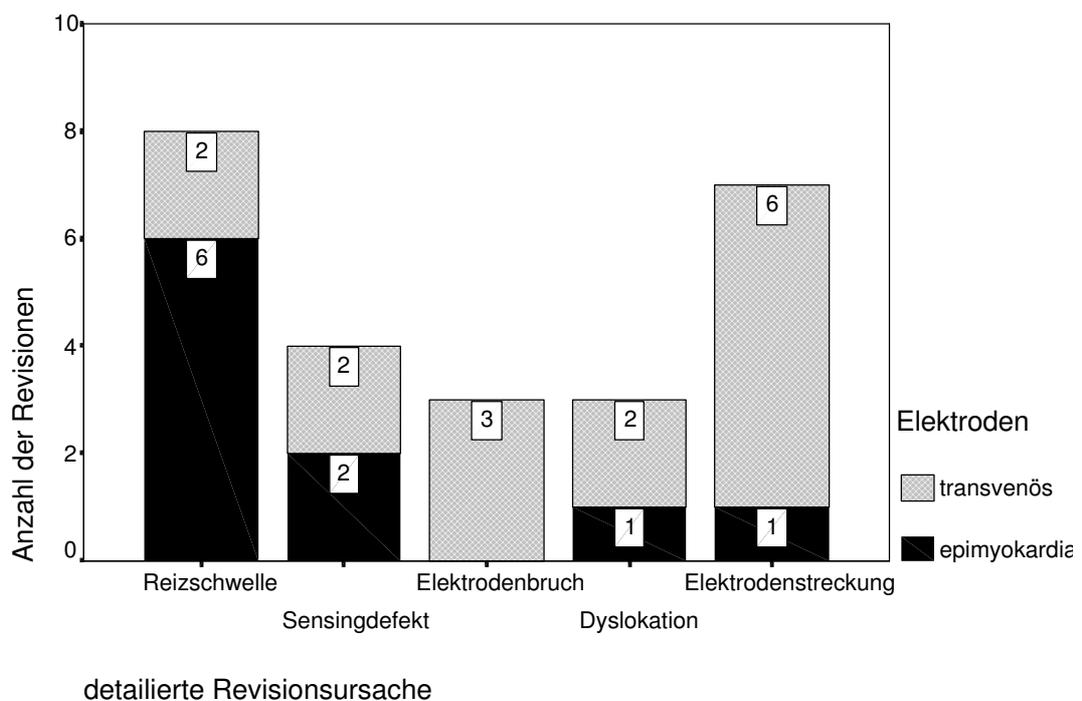


3.2.2. Elektrodenbedingte Revisionen

In 25 Fällen (33%) führten Elektrodenkomplifikationen zu einer Revision des Schrittmachersystems.

Ursachen hierfür waren ein Anstieg der Reizschwelle auf inakzeptable Werte (>4V) oder Exitblock, Sensingdefekt, Dislokation und Bruch der Elektrode sowie wachstumsbedingte Elektrodenstreckung. (Abb. 3-7)

Abbildung 3-7 Revisionsursachen (nach Elektrodentyp)



Dabei ließen sich frühzeitige von späten Revisionen unterscheiden. In 11 Fällen erfolgte die Revision der Elektroden innerhalb des ersten Jahres nach Implantation (min. 1 Monat, max. 11 Monate), bei 12 Patienten dagegen erst nach Ablauf mehrere Jahre (min. 21 Monate, max. 70 Monate).

Frühkomplikationen wurden vor allem durch ein Anstieg der Reizschwelle in den ersten Monaten nach Implantation verursacht. An Spätkomplikationen konnten in erster Linie wachstumsbedingte Streckungen der Elektroden beobachtet werden.

Elektrodenbedingte Revisionen traten bei epimyokardialen und transvenösen Elektroden nahezu übereinstimmend auf. 10 von 62 epimyokardialen Systemen (16,1%) und 15 von 95 transvenösen Systemen erforderten eine Elektrodenrevision. Allerdings ließ sich ein charakteristischer Unterschied im Zeitpunkt der Revisionen bei den beiden Elektrodentypen feststellen. (Abb. 3-8, Tab. 3-3)

Von einem frühzeitigen Anstieg der Reizschwelle bzw. Sensingdefekt innerhalb eines Jahres nach Implantation waren epimyokardiale Elektroden stärker betroffen als transvenöse Elektroden. 8 epimyokardiale aber nur 3 transvenöse Elektroden mussten in den ersten 11 Monaten nach Implantation revidiert werden. In einem Fall wurde dabei eine epimyokardiale Elektrode wegen einer Dislokation im ersten Monat neu placiert.

An Spätkomplikationen konnten in erster Linie wachstumsbedingte Streckungen der Elektroden beobachtet werden. Dies trat vor allem bei transvenösen Schrittmachersystemen auf. Bei 6 transvenösen Elektroden erfolgte nach durchschnittlich 33,5 Monaten eine Revision wegen Elektrodenstreckung. Nur ein epimyokardiales Schrittmachersystem wurde wegen einer Streckung der implantierten Elektrode revidiert.

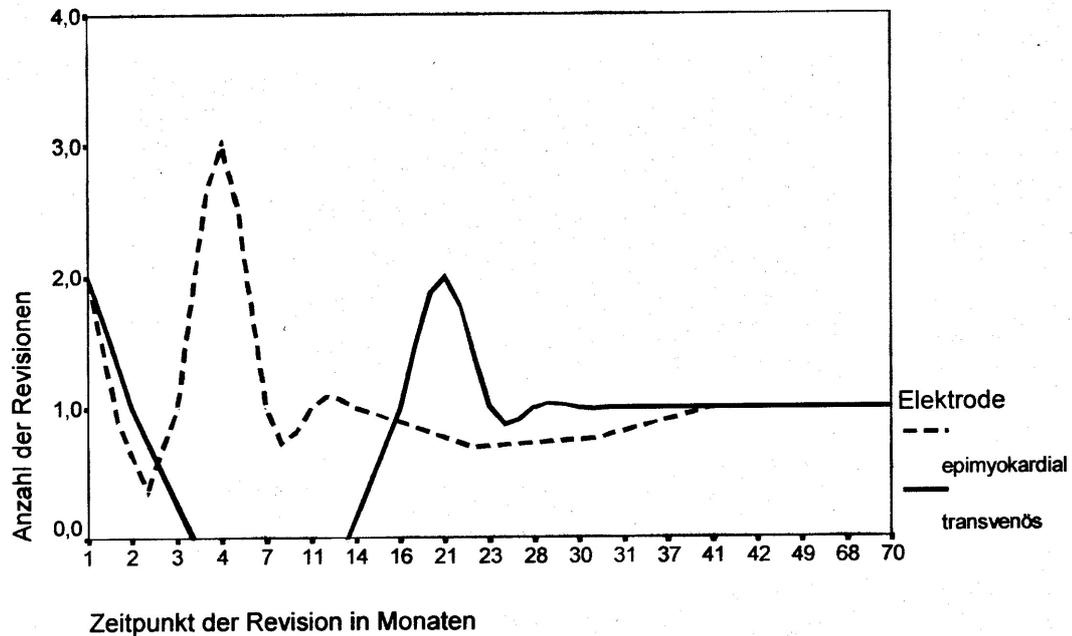
Weiter mussten in zwei Fällen transvenöse Elektroden nach 16 bzw. 37 Monaten wegen einer Dislokation neu placiert werden.

Schließlich kam es bei drei transvenösen Elektroden nach 21 bis 68 Monaten zu einem Austausch wegen Elektrodenbruchs. Eine epimyokardiale Elektrode wurden wegen eines späten Anstieg der Reizschwelle nach 41 Monaten revidiert. Bei einer transvenösen Elektrode trat ein Sensingdefekt nach 70 Monaten auf, der eine Mikrodislokation der Elektrode vermuten lässt.

Tabelle 3-4 Funktionsdauer und Revisionsursachen (nach Elektrodentyp)

detaillierte Revisionsursache	Funktionsdauer in Monaten	Anzahl der Revisionen	
		bei epimyokardialen Elektroden	bei transvenösen Elektroden
Reizschwellenanstieg	1 Mon.	1	2
	3 Mon.	1	
	4 Mon.	1	
	7 Mon.	1	
	11 Mon.	1	
	41 Mon.	1	
Sensingdefekt	2 Mon.		1
	4 Mon.	1	
	4 Mon.	1	
	70 Mon.		1
Dislokation	1 Mon.	1	
	16 Mon.		1
	37 Mon.		1
Elektrodenstreckung	14 Mon.	1	
	21 Mon.		1
	28 Mon.		1
	30 Mon.		1
	31 Mon.		1
	42 Mon.		1
	49 Mon.		1
Elektrodenbruch	21 Mon.		1
	23 Mon.		1
	68 Mon.		1
gesamt		10	15

Abbildung 3-8 Zeitpunkt der Elektroderevision (nach Elektrodentyp)



Wechsel des Elektrodentyps

Von 46 revidierten Schrittmachersystemen hatten 25 Patienten bei Implantation epimyokardiale Elektroden (54,3%) und 21 Patienten transvenöse Elektroden (45,7%) erhalten. In der Beobachtungszeit wurde bei zwei Patienten das Schrittmachersystem aufgrund einer Herztransplantation explantiert, zwei weitere Patienten verstarben. Bei den verbleibenden 23 epimyokardialen Schrittmachersystemen wurden im Verlauf nachfolgender Revisionen in 13 Fällen die epimyokardialen Elektroden durch transvenöse ersetzt. Somit lagen zum Zeitpunkt der letzten gesicherten Beobachtung nur noch bei 26,2% dieser Patientengruppe epimyokardiale Elektroden vor. (s. Abb. H)

Nur in einem Fall wurde von transvenösen zu epimyokardialen Elektroden gewechselt. Die Ursache war hier eine Myektomie nach Morrow bei Rest-Mitralklappeninsuffizienz.

Abbildung 3-9 Anteil transvenöser und epimyokardialer Elektroden bei Erstimplantation

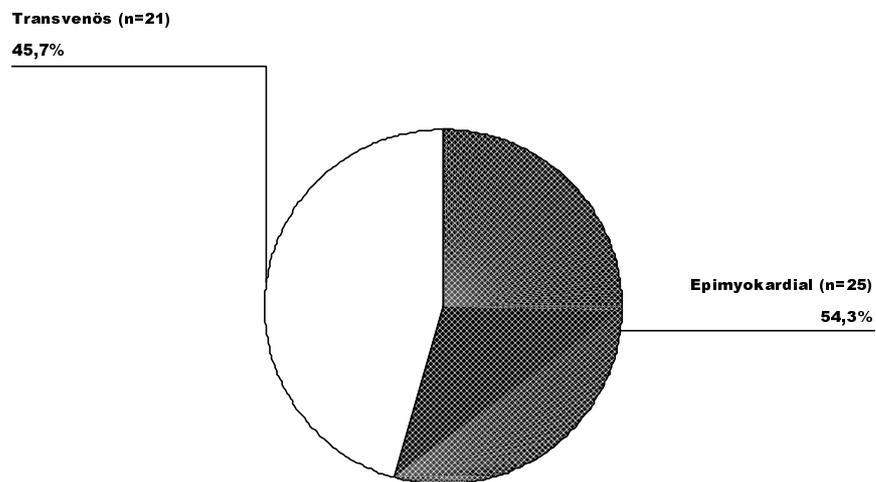
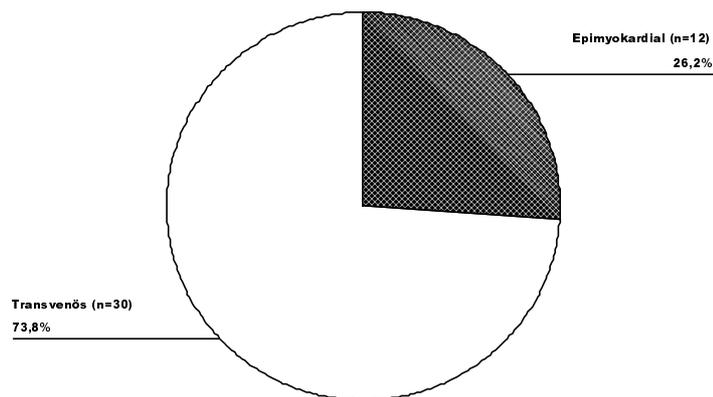


Abbildung 3-10 Anteil transvenöser und epimyokardialer Elektroden bei letzter Beobachtung



3.2.3. Aggregatfehlfunktionen

Automatische Frequenzoptimierung bei Medtronic Thera SR 8960i

Bei zwei Patienten kam es im Zusammenhang mit dem Schrittmacherfabrikat Thera SR 8960i des Herstellers Medtronic zu schrittmacherinduzierten Tachykardien. Es handelt sich hierbei um einen frequenzadaptierten Einkammerschrittmacher im VVIR- Modus. Durch die spezielle Funktion der automatischen Optimierung der Frequenzanpassung soll die Steilheit des Anstiegs der Frequenzanpassung optimal auf die Aktivität des Patienten abgestimmt werden.

Die Patientin L.N. wurde im Juni 1998 nach Attacken von Verwirrtheit und Konfabulation in der Schrittmacherambulanz vorgestellt. Dort wurden Dauertachykardien von 110 bis 120/min diagnostiziert. Im Schädel- CT fand sich kein Hinweis für pathologische Veränderungen. Die Herzkatheteruntersuchung zeigte eine globale Rechts- und Linksherzinsuffizienz. Eine Myokardbiopsie ergab weder einen Anhalt für eine akute oder chronische Myokarditis noch für eine Infektion mit kardiotropen Viren. Die Dauertachykardien an der oberen Grenze der Aktivitätsfrequenz des Schrittmachers wurden auf eine Fehlfunktion der Frequenzanpassung zurückgeführt. Der Schrittmacher wurde in den VVI- Modus umprogrammiert. Nach einer kardialen Rekompensation der Patientin wurde das Schrittmacheraggregat entfernt und durch einen DDD- Schrittmacher (Medtronic Kappa DR 721) ersetzt. Der neue Schrittmacher funktionierte im weiteren Verlauf komplikationsfrei und es kam zur Rückbildung der ventrikulären Funktionsstörung.

Der Patient B. S.-V. fiel bei routinemäßigen Schrittmacherkontrollen ebenfalls wiederholt durch Schrittmacherfrequenzen um 120/min auf ohne jegliche körperliche Belastung. Diese Tachykardien zeigten sich auch im Langzeit- EKG. Die Mutter berichtete ihr Sohn wirke unkonzentriert und gehetzt. Es erfolgte eine Umprogrammierung der automatischen Optimierung der Frequenzanpassung auf „aus“ und eine Reduzierung der Frequenzanpassung von 10/10 auf 8/10. Daraufhin

zeigten sich Stimulationsfrequenzen um 90/min. Der Patient äußerte im Verlauf keine weiteren Beschwerden.

Hochfrequenz- Katheterablation

Bei dem Patienten S.T. war nach einem erworbenen AV- Block III im Dezember 1987 ein epimyokardialer VVI- Schrittmacher der Marke Biotronik Mikros 02 implantiert worden. Im Rahmen eines Sick-Sinus-Syndroms zeigte sich zusätzlich ein rezidivierendes Vorhofflattern. Im Februar 1995 wurde daraufhin eine zweimalige Katheterablation durchgeführt mit 7 bzw. 12 Hochfrequenzimpulsen. Zwei Tage später zeigten sich im Belastungs- EKG intermittierende Schrittmacherfunktionsstörungen. Der Schrittmacher wurde daraufhin Anfang März entfernt und durch einen transvenösen VVI- Schrittmacher (Elo Medical, Opus 4624) ersetzt.

3.2.4. Infektionen

Bei zwei Patienten konnten Infektionen des Schrittmachersystems konservativ mit Antibiotika behandelt werden, in drei weiteren Fällen wurde eine chirurgische Revision des Schrittmachersystems notwendig.

Der Patientin N.S. wurde im Januar 1993 im Alter von 4,6 Jahren ein transvenöser VVIR- Schrittmacher implantiert. Indikation war eine postoperativen AV-Blockierung nach VSD- Verschluss. Im Februar 1996 entwickelte sie eine Endokarditis mit passagerer Schrittmacherdysfunktion. Nach einer erfolgreichen antibiotischen Behandlung funktioniert der Herzschrittmacher bisher komplikationslos.

Ebenfalls erfolgreich antibiotisch behandelt werden konnte der Patient D.H. Die Implantation eines epimyokardialen AAI- Schrittmachers erfolgte bei ihm mit 16,8 Jahren. Vorausgegangen war ein drittgradiger AV- Block nach operativer Korrektur eines Single Ventrikels. Die Infektion des Schrittmachersystems trat unmittelbar postoperativ auf. Auch hier funktioniert das System seither ohne weitere Komplikationen.

Eine chirurgische Schrittmacherrevision wegen Infektion eines epimyokardialen VVI- Schrittmachers wurde bei dem Patienten M.B. erforderlich. Im Alter von 1,1 Jahren erfolgte die Schrittmacherbehandlung wegen eines kongenitalen AV- Block III. Grades. Einen Monat nach Implantation wurde eine lokale Infektion der Schrittmachertasche diagnostiziert. Einer chirurgischen Revision wegen einer Nahtdehiszenz folgte eine Woche später die Explantation des Schrittmacheraggregats. Zehn Monate später wurde dem Patienten ein neuer Schrittmacher implantiert. Es handelte sich dabei um einen transvenösen VVIR- Schrittmacher (Medtronic Legend 8419). Im Verlauf trat eine erneute Rötung der Operationsnarbe auf. Es wurde der Verdacht einer allergische Reaktion auf das verwendete Nahtmaterial geäußert. Die Beschwerden verschwanden unter lokaler

Therapie mit einer Steroidsalbe. Der Schrittmacher funktionierte ohne Komplikationen.

Der Patient L.S. erhielt nach Korrektur eines Single Ventrikels im vierten Lebensmonat einen epimyokardialen VVI- Schrittmacher. Dieser musste zunächst zwei Tage nach Implantation und vier Wochen später erneut wegen Sensing-Störungen revidiert werden. Vier Monate nach Erstimplantation wurde eine dritte Revision wegen einer Schrittmacherinfektion erforderlich, wobei die implantierte Elektrode ausgetauscht wurde. Das ursprüngliche Aggregat (Medtronic Thera SR 8960i) konnte erhalten werden und funktionierte zuletzt seit $2\frac{3}{4}$ Jahren ohne weitere Probleme.

Insgesamt zwei Revisionen wegen Infektionen erfolgten bei der Patientin T.W. Die Patientin wurde im Dezember 1997 per Sektio in der 28 SSW entbunden. Drei Wochen später erfolgte die Implantation eines epimyokardialen VVIR-Schrittmacher (Pacesetter Microny SR 2425) wegen eines kongenitalen AV- Blocks dritten Grades. Nachdem die Patientin Ende März 1998 zunächst aus der stationären Behandlung entlassen worden war, folgten zwischen April und Oktober insgesamt drei stationäre Aufenthalte wegen chronischer Wundinfektion mit Entwicklung eines Nahtgranuloms. Im Oktober 1998 wurde schließlich der initiale Schrittmacher aus seiner epigastrischen Schrittmachertasche entfernt und durch einen transvenösen VVIR- Schrittmacher (Medtronic Kappa SR) ersetzt, der nun in einer subpektoralen Schrittmachertasche positioniert wurde. Fünf Monate später erfolgte eine erneute Revision bei der die infizierte transvenöse Schrittmacherelektrode ausgewechselt wurde. Der implantierte Schrittmacher wurde dabei beibehalten. Er funktioniert seitdem komplikationslos.

3.2.5. Sonstiges

Umprogrammierung des Schrittmachers

In zwei Fällen musste ein DDDR- Schrittmacher wegen intermittierender Vorhoftachykardien mit 2:1 Überleitung auf den Ventrikel in den VVI- Modus umprogrammiert werden. Bei beiden Patienten war zuvor eine Korrektur eines AV-Kanals mit Mitralklappenersatz bzw. -rekonstruktion erfolgt.

Die Patientin Z.K. wurde bei einem Wechsel des Schrittmacheraggregats (Siemens, Pacesetter 2010) wegen Batterieerschöpfung erfolgreich kardiovertiert. Anschließend funktionierte ein neu implantierter DDD- Schrittmacher komplikationslos.

Der Schrittmacher (Medtronic, Thera DR 7960) des Patienten D.C-R. funktioniert seit der Umprogrammierung im August 1998 beschwerdefrei im VVIR- Modus.

Herztransplantation

Bei zwei Patienten wurde das implantierte Schrittmachersystem bei einer Herztransplantation wieder entfernt.

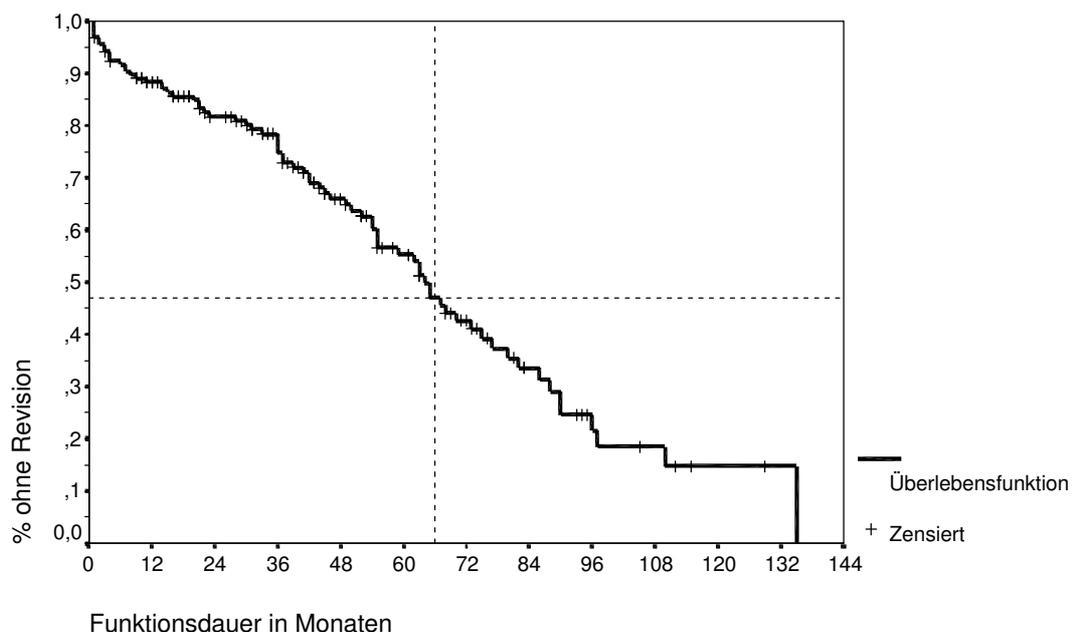
Schrittmacherwechsel

Bei dem Patienten A.F. wurde ein transvenöser VVIR- Schrittmacher gegen einen epimyokardialen DDIR- Schrittmacher ausgetauscht. Dieser Wechsel erfolgte im Rahmen eines herzchirurgischer Eingriffs. Bei einer verbleibenden Mitralklappeninsuffizienz nach bereits operiertem AV- Kanal wurde bei dem Patienten eine Myektomie nach Morrow durchgeführt.

3.3. Funktionsdauer der Schrittmachersysteme

94 Patienten wurde ein Herzschrittmacher implantiert. Der Follow up- Zeitraum der Patienten betrug zwischen einem Monat und 19,6 Jahren, im Durchschnitt 69 ($\pm 5,6$) Monate. Im Beobachtungszeitraum verstarben insgesamt 9 Patienten (9,5%). Da die Todesursachen bis auf einen Fall nicht im Zusammenhang mit den Schrittmachersystemen standen, wurden diese Patienten bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Beobachtet wurde die Funktionsdauer von insgesamt 157 Schrittmachersystemen im freien Intervall vom Zeitpunkt der Implantation bis zur nachfolgenden Revision bzw. bis zur letzten gesicherten Beobachtung. Patienten, deren Schrittmachersysteme zum Zeitpunkt der letzten gesicherten Beobachtung noch nicht revidiert worden waren, galten als zensierte Daten. Insgesamt handelte es sich um 96 transvenöse und 60 epimyokardiale Schrittmachersysteme. Betrachtete man alle Revisionsursachen zusammengenommen, so betrug die mittlere Funktionsdauer der Schrittmachersysteme 66 (± 4) Monate.

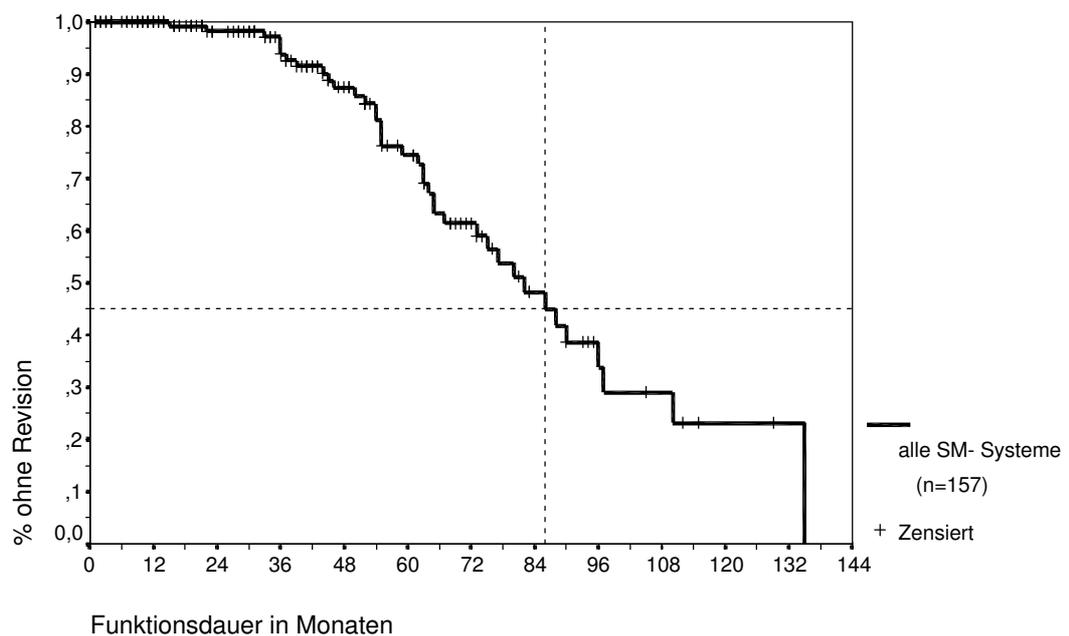
Abbildung 3-11 Funktionsdauer der Schrittmachersysteme bei Erstimplantation



3.3.1. Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung

Nach durchschnittlich 86 (± 5) Monaten mussten die Schrittmacheraggregate wegen Erschöpfung der Batterie ausgewechselt werden.

Abbildung 3-12 Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung

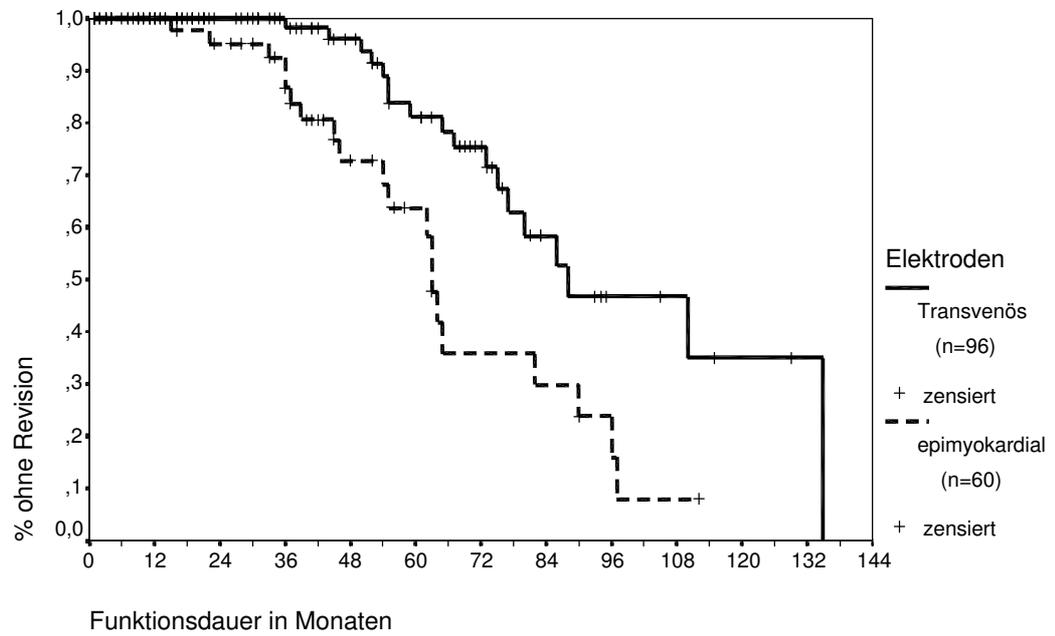


Epimyokardiale vs. transvenöse Elektroden

Betrachtet man die Funktionsdauer der Schrittmachersysteme getrennt nach Art der implantierten Elektroden, so ergibt sich folgendes Bild:

Epimyokardiale Systeme erschöpften sich nach einer mittleren Funktionsdauer von 65 (± 5) Monaten signifikant früher als transvenöse Systeme nach durchschnittlich 97 (± 7) Monaten ($p < 0,01$).

Abbildung 3-13 Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Elektrodentyp)



Alter bei Erstimplantation

Betrachtet man das Alter der Patienten bei Erstimplantation der Schrittmachersysteme, so ergibt sich folgendes Bild:

Die Lebensdauer der Schrittmachersysteme stieg mit zunehmendem Alter bei Implantation an. In Gruppe 1 (Patienten bis 2 Jahre) erschöpften sich die Aggregate bereits nach durchschnittlich 66 (± 6) Monaten, in Gruppe 2 (2 bis 9 Jahre) nach 84 (± 9) Monate und in Gruppe 3 (älter als 9 Jahre) erst nach 91 (± 8) Monaten.

Danach funktionierten die Schrittmacheraggregate in der Gruppe der ältesten Patienten durchschnittlich 25 Monate länger im Vergleich zur Gruppe der jüngsten Patienten ($p=0,04$).

Abbildung 3-14 Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Alter bei Erstimplantation)

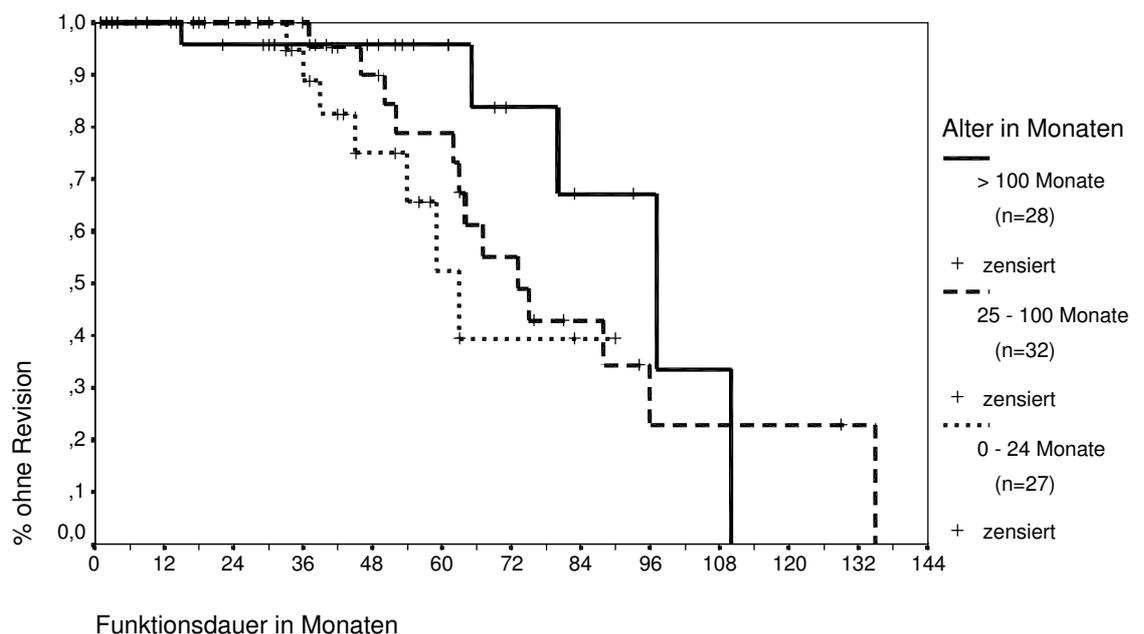
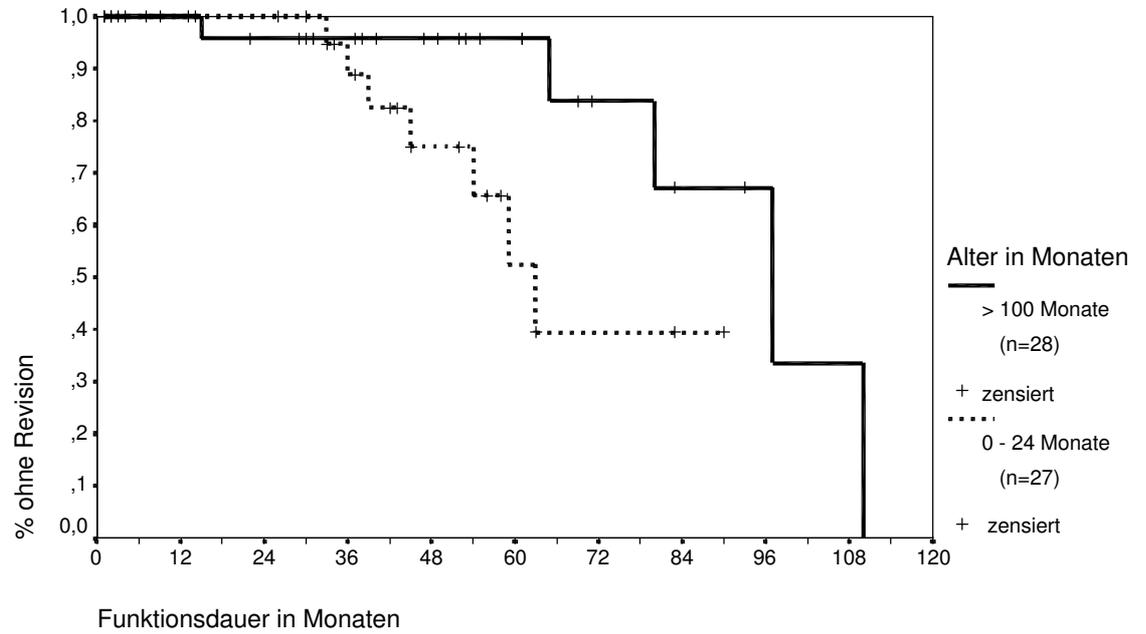


Abbildung 3-15 Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (älteste und jüngste Patienten)

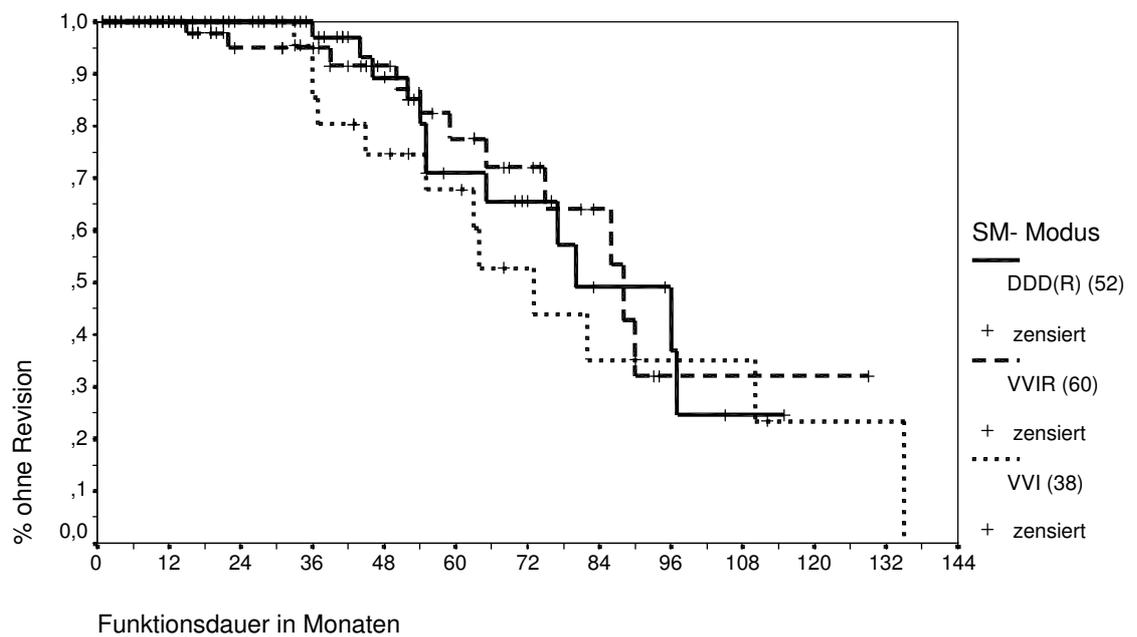


Einkammerschrittmacher vs. Zweikammerschrittmacher

Die Art des Schrittmachermodus spielte dagegen keine signifikante Rolle bei der Frage nach einer frühzeitigen Aggregaterschöpfung.

Ein- und Zweikammer- Schrittmacher zeigten hier eine weitgehend vergleichbare Funktionsdauer ($p= 0,67$). Unterschiede in den einzelnen Gruppen dürften sich vor allem durch die charakteristische Altersverteilung bei Implantation erklären lassen. Dabei waren Patienten, die einen Einkammer- Schrittmacher erhielten durchschnittlich jünger als Patienten mit Zweikammer- Schrittmacher. (s. Abb. 3-2, S. 24)

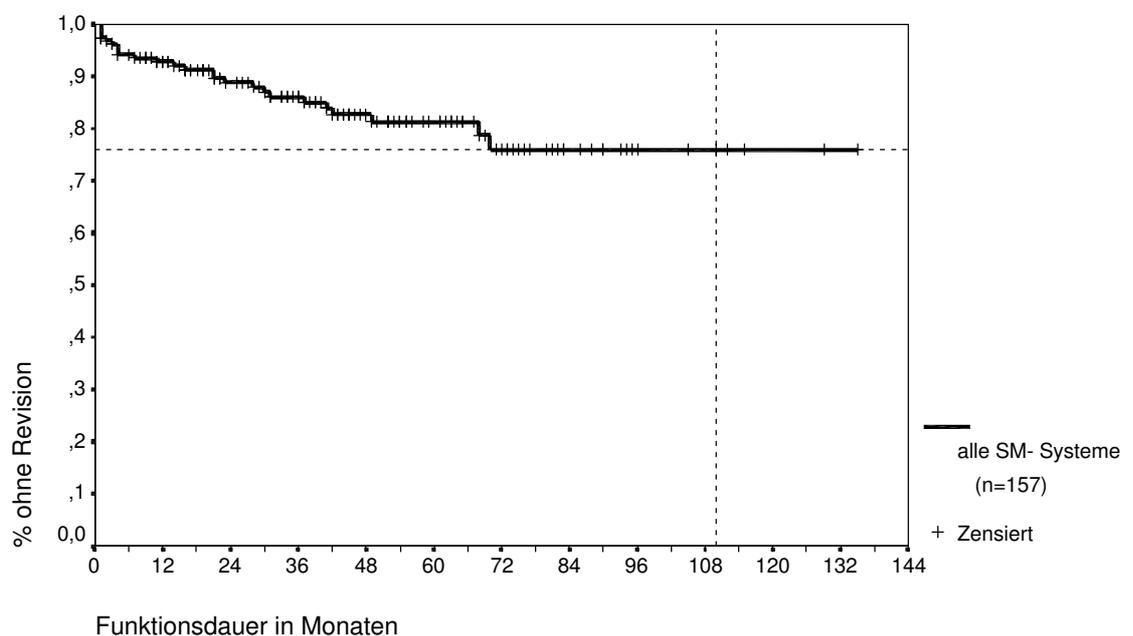
Abbildung 3-16 Funktionsdauer bei Batterieerschöpfung (nach Schrittmachermodus)



3.3.2. Funktionsdauer bei Elektrodenfehlfunktion

Die implantierten Elektroden funktionierten durchschnittlich 110 (± 5) Monate ohne Komplikationen.

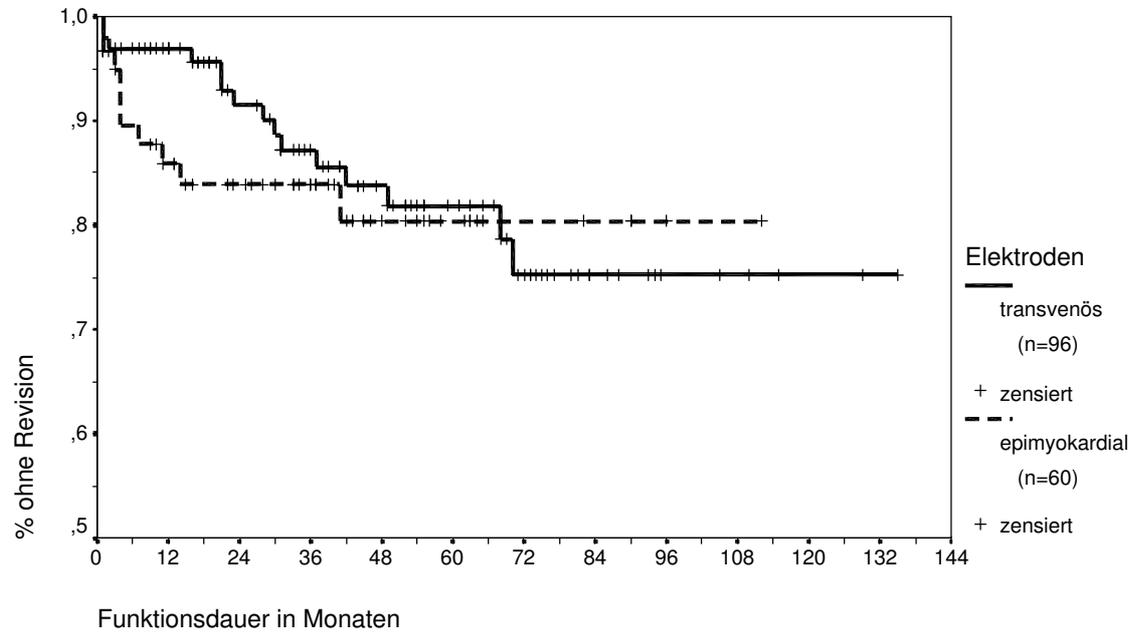
Abbildung 3-17 Funktionsdauer bei Elektrodenrevision



Epimyokardiale und transvenöse Elektroden unterschieden sich dabei nicht signifikant voneinander ($p=0,5$). Epimyokardiale Elektroden funktionierten im Mittel 92 (± 6) Monate, transvenöse Elektroden 111 (± 6) Monate.

Allerdings zeigten epimyokardiale Elektroden charakteristischerweise eine erhöhte Anfälligkeit für Revisionen in den ersten 6 Monaten nach Implantation, während transvenöse Elektroden in den ersten zwei Jahren weitgehend komplikationsfrei funktionierten. Bei ihnen zeigte sich erst nach Ablauf mehrerer Jahre ein Trend zum vermehrten Auftreten später Revisionen.

Abbildung 3-18 Funktionsdauer bei Elektrodenrevision (nach Elektrodentyp)



3.4. Angaben der Patienten

Von 80 Fragebögen wurden 45 ausgefüllt zurückgesandt.

Unter den 45 Patienten die antworteten, waren 26 männliche und 19 weibliche Patienten. Das mittlere Alter bei Erstimplantation betrug 76 Monate, die mittlere Follow up- Zeit 77,5 Monate.

Im einzelnen machten die Patienten folgende Angaben:

3.4.1. Körperliche Belastbarkeit

Alle 44 Patienten gaben an, im Alltag mindestens mittelmäßig belastbar zu sein, wobei 27 Patienten (60%) ihre Belastbarkeit als „gut“ bezeichneten. Nur eine Patientin, die an einer Kardiomyopathie litt, gab an schlecht belastbar zu sein.

Über ein Drittel, nämlich 17 Patienten (38%), bezeichneten sich sogar als sportlich genauso belastbar wie Gleichaltrige. 22 Patienten (49%) fühlten sich Gleichaltrigen im Sport an Belastbarkeit unterlegen.

26 Befragte machten detaillierte Angaben zu sportlichen Aktivitäten, darunter Schwimmen (10), Schulsport (9), Fahrradfahren (3), Inlineskaten (3), Kinderturnen (3), Ballett/ Tanzen (2), Tennisspielen (2) und Badminton.

3.4.2. Beeinträchtigung durch körperliche Symptome

Die Patienten wurden gefragt, ob es bei ihnen nach der Implantation des Herzschrittmachers zu Luftnot, Schwindel, Herzstichen, Ohnmachtsanfällen oder Herzstolpern gekommen sein.

21 Patienten (47%) verneinten dies, drei weitere machten keine Angaben.

8 Patienten gaben an, drei oder mehr der genannten Symptome verspürt zu haben.

Am häufigsten wurden dabei Herzstolpern (13 Patienten) und Herzstiche (12 Patienten) genannt, gefolgt von Luftnot und Schwindel (je 10 Patienten). Nur vier Patienten gaben einen Ohnmachtsanfall an.

Tabelle 3-5 Anzahl der Patienten mit körperlichen Symptomen bei Befragung

Symptom	nur bei schwerer Anstrengung	schon bei leichter Anstrengung
Luftnot	8	2
Herzstolpern	9	4
Herzstiche	8	4
Schwindel	5	5
Ohnmachtsanfall	2	2

Bei zwei Patienten, die angaben ohne besondere körperliche Belastung einen Ohnmachtsanfall erlitten zu haben, war jeweils ein bzw. drei Monate nach Implantation eine Fehlfunktion der Elektroden aufgetreten. Die Elektroden wurden daraufhin wegen Sensingdefekts bzw. Reizschwellenanstiegs neu positioniert.

3.4.3. kosmetische Beeinträchtigung

Der überwiegende Teil der Befragten (78%) fühlte sich durch die Operationsnarben nie (15 Patienten) oder nur manchmal (20 Patienten) gestört.

Nur 7 Patienten gaben an sich dauerhaft gestört zu fühlen. Bis auf einen Fall handelte es sich hierbei um Teenager oder junge Erwachsene.

Insgesamt gaben 42 Patienten (93%) an, sie seien durch den Schrittmacher nicht (22 Patienten) oder nur gering (20 Patienten) beeinträchtigt. Nur drei Patienten fühlten sich durch den Herzschrittmacher deutlich beeinträchtigt.

3.4.4. außerplanmäßige Schrittmacherkontrollen

33 Patienten (73%) äußerten, außerplanmäßige Kontrollen der Schrittmacher seien nie (25 Patienten) oder selten (8 Patienten) erforderlich gewesen. 10 Patienten (22%) mussten mehrmals im Jahr zu einer ungeplanten Kontrolle die Klinik aufsuchen.

3.4.5. Schulausbildung und Beruf

Unter den Patienten, die an der Befragung teilnahmen, waren 36 im Schulalter. Davon gaben 10 Patienten an zur Zeit die Grund- oder Hauptschule zu besuchen. 8 Patienten besuchten eine weiterführende Schule, fünf Patienten eine Förderschule. Zwei Patienten studierten und 9 Patienten gaben an, eine Berufsausbildung begonnen oder bereits abgeschlossen zu haben. Das Berufsfeld war dabei weit gefasst. Erwähnt wurden u.a. kaufmännische Berufe, Bauzeichner, KFZ- Mechaniker, Kinderkrankenpflege und Gärtnerei. Zwei Patienten machten keine Angaben.

4. Diskussion

4.1. Revisionen und Funktionsdauer der Systeme

Kiviniemi et al. berichten von einer Revisionsrate bei Erwachsenen von 11 % im Verlauf von durchschnittlich gut zwei Jahren (Kiviniemi 1999). Dagegen erscheint die Revisionsrate bei Kindern zunächst einmal hoch:

Bei 46 von 94 Patienten (49 %) wurde im Beobachtungszeitraum (durchschnittlich 5,5 Jahre) eine chirurgische Revision des Schrittmachersystems erforderlich. Die längere Follow up-Zeit in unserer Studie mag zwar mitbeteiligt sein an einer höheren Quote von Revisionseingriffen. Aber auch andere Studien pädiatrischer Patienten berichten von Revisionseingriffen bei 33 % bis 72 % der Patienten (Sachweh 2000, Beder 1985, Kertstjens-Frederikse 1991, Antretter 1995, Walsh 1988, Will 1998, Balmer 2002).

Betrachtet man alle Revisionsursachen zusammen, so betrug bei unseren Patienten die mittlere Funktionsdauer der initialen Schrittmachersysteme 5,5 Jahre bis zur ersten Revision. Ursächlich für eine höhere Quote von Revisionseingriffen bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen waren sowohl ein vorzeitiger Batteriewechsel als auch wachstumsbedingte Komplikationen an den Elektroden.

Batterieerschöpfung

Durch die Verwendung von Lithiumbatterien hat sich die Lebensdauer der Schrittmacheraggregate heute im Vergleich zur Anfangszeit deutlich erhöht. Gleichzeitig sind die zur Verfügung stehenden Schrittmachermodelle in ihrer Größe zunehmend geschrumpft. Trotzdem wird man natürlich weiterhin bestrebt sein, Kindern möglichst kleine Schrittmacher zu implantieren. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Erschöpfung des Schrittmacheraggregats eine der häufigsten

Ursachen für einen Revisionseingriff bei Kindern darstellt. Der Anteil schwankt je nach Autor zwischen einem Drittel und über der Hälfte der Komplikationsursachen. Austauschrevisionen wegen Batterieerschöpfung im Abstand von fünf Jahren sind keine Seltenheit. Die Angaben in der Literatur bewegen sich zwischen drei und acht Jahren (Ennker 1985, Hansky 1999, Kerstjens-Frederikse 1991, Sachweh 2000, Antretter 1995, Esperer 1993, Kertez 2000, Villain 1999) Diese Zahlen decken sich mit unserer Beobachtung einer mittleren Batterielebensdauer von 7,2 Jahren.

Von einer frühzeitigen Batterieerschöpfung waren in besonderem Maße Säuglinge und Kleinkinder betroffen. In der jüngsten von drei **Altersgruppen** (Patienten bis 24 Monate) erschöpften sich die Schrittmacheraggregate nach 66 (\pm 6) Monaten durchschnittlich 25 Monate früher im Vergleich zu einer Funktionsdauer von 91 Monaten in der Altersgruppe der ältesten Patienten (>9 Jahre), ($p = 0,04$). Hiefür dürften vor allen die hohen Herzfrequenzen und damit die hohe Stimulationsfrequenz der Schrittmacher verantwortlich sein; aber natürlich auch die kleinere Größe der implantierten Aggregate.

Ebenfalls beteiligt sein dürften auch die höheren Reizschwellen **epimyokardialer Elektroden**, die bei jungen Patienten aufgrund der Größenverhältnisse besonders häufig implantiert wurden. Der Anteil epimyokardialer Schrittmacherelektroden in der jüngsten Altersgruppe lag mit 87 % deutlich höher als in den beiden übrigen Altersgruppen mit jeweils 28 % bzw. 16 %.

Wir konnten eine deutlich kürzere Batterielebensdauer epimyokardialer Systeme beobachten, mit einem Austausch nach durchschnittlich 65 Monaten im Vergleich zu 97 Monaten bei transvenösen Systemen ($p < 0,01$). Dabei mussten bei sechs epimyokardialen Systemen die Batterien frühzeitig innerhalb der ersten 48 Monate ausgewechselt werden.

Frühzeitige Batterieerschöpfungen wegen höherer chronischer Reizschwellen epimyokardialer Elektroden werden von verschiedenen Autoren bestätigt (Esperer 1992, Sachweh 2000, Schrepf 1998, Kerstjens-Frederikse 1991).

Esperer et al. berichten, dass bei epikardialer Stimulation der chronische Energieverbrauch fast sechsmal so hoch war wie bei transvenösen Elektroden. Nach fünf Jahren funktionierten bei ihren Patienten noch 75 % der transvenösen Schrittmachersysteme, aber nur noch 14 % der epimyokardialen, was sich hauptsächlich auf die frühere Batterieerschöpfung bei epimyokardialen Elektroden zurückführen ließ (Esperer 1992).

Sachweh et al. beobachteten gehäuft frühzeitige Batterieerschöpfungen unter vier Jahren. Nach fünf Jahren zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Überlebensraten transvenöser Systeme mit >80 % und epimyokardialer Systeme mit rund 35 %. Auch sie machten hierfür vor allem die höheren Reizschwellen epimyokardialer Elektroden verantwortlich, die zu frühzeitigen Batterie- und Elektrodenrevisionen Anlass gaben (Sachweh 2000).

Elektrodenbedingte Revisionen

Mit einer mittleren Funktionsdauer von 110 (± 5) Monaten zeigten die implantierten Elektroden ein insgesamt zufriedenstellendes Ergebnis. Dabei unterschieden sich epimyokardiale Elektroden mit einer mittleren Funktionsdauer von 92 Monaten nicht signifikant von transvenösen Elektroden, die nach durchschnittlich 111 Monaten revidiert werden mussten ($p = 0,5$), s. Abb 3-17, S. 46 und 3-18, S. 47.

Allerdings ließ sich je nach Elektrodentyp eine charakteristische Verteilung des Revisionszeitpunkts feststellen.

Epimyokardiale Elektroden mussten oft schon bald nach Implantation erneut revidiert werden. Überwiegend (70 %) erfolgten die Revisionen innerhalb der ersten 7 Monate nach Implantation. Im Vergleich zu transvenösen Elektroden traten die Revisionen bei epimyokardialen Elektroden deutlich früher auf. Transvenöse Elektroden funktionierten dagegen charakteristischerweise bis gegen Ende des zweiten Jahres weitgehend komplikationsfrei und tendierten zu späten Revisionen (Vgl. Abb. 3-8, Seite 33 und Abb.3-18, Seite 47).

Bei Kerstjens-F. et al. lag die hohe elektrodenbedingte Revisionsrate hauptsächlich am Auftreten frühzeitiger Exitblocks und höherer Reizschwellen bei epimyokardialen Elektroden (Kerstjens-Frederikse 1991). In der Regel kommt es nach Implantation der Schrittmacherelektroden zunächst zu einem akuten Anstieg der Reizschwellen. Auslöser sind Ödeme und zelluläre Infiltrationen als Reaktion auf die Verletzung des Myokards. Meist sinken die anfänglich hohen Reizschwellen nach einigen Wochen oder Monaten wieder ab, so dass eine Umprogrammierung der Schrittmacher auf niedrigere (energiesparende) Impulsstärken erfolgen kann. Villafane plädiert zur Vermeidung früher Exitblocks für eine Stimulationsschwelle von 5 V innerhalb der ersten 20 Wochen (Villafane 1993). Persistieren chronisch hohe Reizschwellen so kann eine direkte Revision der Schrittmacherelektroden angezeigt sein. Zu diesem Zeitpunkt lassen sich die Elektroden meist noch einfach repositionieren. Den Patienten erspart dies häufige Revisionen wegen vorzeitiger Batterieerschöpfungen. Es erscheint plausibel, dass epimyokardiale Elektroden aufgrund einer größeren Verletzung des Myokards häufig wegen erhöhter Reizschwellen oder Exitblocks revidiert werden müssen. Henglein und Waelkens fanden bei transvenösen Elektroden einen vorübergehenden Anstieg der Reizschwellen in den ersten fünf Wochen nach Implantation, während bei epimyokardialen Elektroden steigende Reizschwellen bis in den sechsten Monat hinein auftraten (Henglein 1984, Waelkens 1982). Neuerdings werden zunehmend steroidelieerende epimyokardiale Elektroden eingesetzt, mit dem Ziel, einen Reizschwellenanstieg durch Ödeme und Verletzungsströme zu minimieren (Benjacholamas 2003). Nach Beaufort-Krol et al. lassen sich dabei durch die Anwendung steroidelieerender epimyokardialer Elektroden ähnlich gute Stimulationsraten erzielen wie durch konventionelle transvenöse Elektroden (Beaufort-Krol 1999).

Für die späten Revisionen transvenöser Elektroden schienen bei unseren Patienten hauptsächlich wachstumsbedingte Streckungen der Elektroden verantwortlich zu sein. Bei sechs transvenösen Elektroden erfolgte die röntgenologische Diagnose einer Elektrodenstreckung. In zwei weiteren Fällen traten Dislokationen auf, in

einem Fall ein später Sensingdefekt mit einem Anstieg der Reizschwelle 70 Monate nach Implantation. Eine wachstumsbedingte Streckung der Elektrode mit nachfolgenden Mikrodislokation erscheint plausibel. Die Röntgenkontrolle zeigt in einem solchen Fall zwar eine scheinbar unveränderte Lage der Elektrodenspitze, da aber die Stärke eines elektrischen Feldes im Quadrat der Entfernung abnimmt, können auch Dislokationen von wenigen Millimetern die Reizschwelle nachhaltig beeinflussen.

Infektionen

Infektionen des Schrittmachersystems stellen ernstzunehmende und potentiell bedrohliche Komplikationen dar. Auch wenn sie sich durch chirurgische Revisionen und antibiotische Therapie in der Regel erfolgreich behandeln lassen, so werden einzelne Verläufe berichtet, bei denen Patienten infolge rekurrenter Infektionen mit Sepsis verstarben (Esperer 1993, Walsh 1988, Nordlander 1992).

Insgesamt stellen Infektionen nur einen geringen Anteil an den Schrittmacherrevisionen. In der Literatur finden sich Angaben zwischen 1,5 % und max. 15 % (Hansky 1999, Esperer 1993, Sachweh 2000, Ennker 1985, Walsh 1988, Cohen 2002). Auch bei unserer Patienten gehörten Infektionen des Schrittmachersystems mit 4 von 72 Revisionen (5,6 %) zu den seltenen Revisionsursachen.

Kontrovers diskutiert wird die Frage, ob im Falle einer Infektion eine lokale Revision und möglicherweise eine Erhaltung des implantierten Systems oder stets eine komplette Entfernung von Schrittmacher und Elektroden angestrebt werden sollte.

Ein zweizeitiges Vorgehen besteht zunächst in der kompletten Entfernung des infizierten Schrittmachers samt Elektroden und einer späteren Neuimplantation. Der Patient erhält dabei zwischenzeitlich einen externen Schrittmacher. Hierbei können durch die passagere Schrittmacherstimulation zusätzliche Komplikationen verursacht werden, wie Reinfektion und Dislokationen der Elektroden. Auch die damit verbundene Immobilisation der Patienten und der verlängerte Krankenhausaufenthalt

bergen neue Probleme. Nicht zuletzt bei Kindern ist zudem ein möglichst kurzer stationäre Aufenthalt wünschenswert, was eher für eine einzeitige Vorgehensweise spricht.

Alt et al. berichten von einer einzeitigen Operationsweise, bei der die Schrittmacherelektrode gekappt und mithilfe eines Adapters an einen auf der nichtinfizierten Gegenseite neu implantierten Schrittmacher angeschlossen wird (Alt 1983).

Wilhelm et al. favorisieren dagegen aufgrund der niedrigeren Rate postoperativer Reinfektionen eine komplette Entfernung des Schrittmachersystems. Die von ihnen empfohlene Vorgehensweise mit Thorakotomie und Anschluss an einen extrakorporalen Kreislauf empfiehlt sich besonders bei Patienten, bei denen zusätzliche herzchirurgische Korrekturen erforderlich sind (Wilhelm et al. 1997).

Aggregatfehlfunktionen führten nur in Ausnahmefällen zu einer Revision des Schrittmachers. Zwei interessante Fälle sollen trotzdem gesondert Erwähnung finden:

Aggregatfehlfunktion durch Katheterablation

Die Radiofrequenzablation von Leitungsbahnen des AV- Knotens ist eine etablierte Behandlungsmethode bei Patienten mit tachyarrhythmischem Vorhofflimmern (Pfeiffer 1995).

Temporäre Schrittmacherfehlfunktionen sind dabei keine seltene Komplikation. Sie betreffen etwa die Hälfte bis zwei Drittel der behandelten Schrittmacherträger (Vanerio 1990). In der Regel treten sie während der Intervention auf und sistieren bei deren Beendigung. Für eine progressive Schädigungen des Schrittmachersystems gibt es bisher keinen Anhalt. Es sind allerdings auch Fälle dauerhafter Schrittmacherfehlfunktionen beschrieben, die sich bei den Patienten in Schwindel und Synkopen äußerten und zu einem Austausch von Schrittmachern und Elektroden führten (Vanerio 1990, Moore 1993).

In jedem Fall sollten die Wahrnehmungs- und Stimulationseigenschaften des Schrittmachers nach einer Katheterablation sorgfältig überprüft werden. zur Vermeidung von Komplikationen empfiehlt sich eine Umprogrammierung des Schrittmachers in den VOO bzw. DOO Modus, sowie die vorübergehende Verwendung eines externen Schrittmachers mit temporären Elektroden (Chin 1990). Neuere Schrittmachermodelle zeigen sich dank besonderer Schutzmechanismen wenig anfällig für elektromagnetische Einflüsse. Proclemer et al. berichten von den Modellen Thera 7960I, Thera SR 8960 I, Kappa DR 600/601 und Kappa SR 700/701, die weder akut noch chronisch ihre funktionelle Integrität einbüßten (Proclemer 2000).

Aggregatfehlfunktion durch Frequenzadaptation

Bei dem Schrittmachermodell Thera SR 8960i des Herstellers Medtronic handelt es sich um einen Einkammerschrittmacher im VVIR- Modus. Zusätzlich zum piezoelektrischen Aktivitätssensor verfügt das Modell Thera SR 8960i über eine spezielle Funktion der automatischen Optimierung der Frequenzanpassung. Die Geschwindigkeit der Frequenzanpassung, der sog. „slope“, ist in 10 Stufen programmierbar. Darüber hinaus orientiert sich die Steilheit des slope über einen Sensor automatisch am Aktivitätsniveau des Patienten.

In 12 Fällen wurde das Schrittmachermodell implantiert. Bei zwei Patienten kam es im Verlauf zu schrittmacherinduzierten Tachykardien an der oberen Frequenzbegrenzung infolge einer inadäquaten Steigerung der Empfindlichkeit des Sensors. In einem Fall führte das Ausschalten der Frequenzoptimierung zum Verschwinden der Symptomatik. Eine Patientin entwickelte als Folge der schrittmachervermittelten Dauertachykardie eine Kardiomyopathie, die sich nach Austausch des Schrittmachers unter medikamentöser Therapie wieder zurückbildete.

Bei den beschriebenen Schrittmacherfehlfunktionen handelt es sich um Einzelfälle. Es ließen sich in der Literatur keine weiteren Fallbeschreibungen ähnlicher

Komplikationen finden. Trotzdem sollte dieses zweimalige Auftreten von schrittmacherinduzierten Tachykardien bei voneinander unabhängigen Patienten Anlass zur Vorsicht gegenüber Schrittmachern mit automatischen Optimierungsfunktionen geben. Clémenty fragt in einem Artikel über die klinische Bedeutung von Optimierungsfunktionen wie Rate Response Optimization, Sensor Blending und Trending, ob das Vertrauen gerechtfertigt ist, das Ärzten von selbstkalibrierenden Geräten abverlangt wird. Er kommt zu dem Schluss, dass die manuelle Kontrolle automatischer Optimierungsfunktionen unumgängliche Voraussetzung bleibt. Die Kombination komplementärer Sensoren und ihre gegenseitige Regulation durch Cross-Checking mag ein probates Mittel sein, zu einer verbesserten Belastungsanpassung bei frequenzadaptierten Schrittmachern. Die letztliche Überwachung ihrer gesicherten Funktion bleibt allerdings immer Aufgabe der behandelnden Ärzte (Clémenty 1999).

4.2. Wahl des Schrittmachersystems

Die Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen bei Kindern stellt besondere Anforderungen an die Auswahl von Elektroden und Schrittmachertypen. Die Implantation der Schrittmacher erfolgt oft schon bei Säuglingen und Kleinkindern. Neben der geringen Körpergröße liegen dabei unter Umständen komplizierte anatomische Herzstrukturen vor, wie beispielsweise nach der Korrektur eines univentrikulären Herzens.

Man kann davon ausgehen, dass pädiatrische Patienten in der Regel lebenslange Schrittmacherträger sind. Berücksichtigt man das Wachstum der Patienten und eine mittlere Batterielebensdauer von etwa fünf Jahren, so führt das zu absehbar vielen Revisionseingriffen. All dies muss bei der Auswahl der Schrittmachersysteme Berücksichtigung finden.

Einkammerschrittmacher vs. Zweikammerschrittmacher

Ziel bei der Herzschrittmachertherapie bradykarder Herzrhythmusstörungen ist gemäß den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie in erster Linie die Gewährleistung der ventrikulären Stimulation bei Überleitungsstörungen. Dabei sollte der Vorhof möglichst lange in die Stimulation und Wahrnehmung miteinbezogen werden. Starrfrequente VVI- Schrittmacher sind aus diesen Gründen bei Erwachsenen auf wenige Indikationen beschränkt, wie z.B. chronisches Vorhofflimmern, seltene asystolische Pausen und prophylaktische Indikationen (Fleck 1996).

Zunehmend an Bedeutung gewinnt die Behandlung mit physiologischen Zweikammerschrittmachern. Bereits in einer Empfehlung der American Heart Association und des American College of Cardiology Anfang der Neunziger Jahre wird die Bedeutung einer erhaltenen Synchronität der Herzerregung besonders für langsame Herzfrequenzen betont. Bei langanhaltender asynchroner Kontraktion von Herzvorhof und -kammer besteht ein erhöhtes Risiko für Vorhofflimmern und

dadurch bedingte Schlaganfälle. Dies mag sich in einer reduzierten Lebenserwartung der Patienten widerspiegeln (Dreifus 1991). Gerade die Frage der Lebenserwartung und Lebensqualität im Vergleich von Ein- und Zweikammerschrittmachern wird allerdings kontrovers diskutiert. Zwingende Beweise aufgrund von randomisierten klinischen Studien stehen dafür bisher noch aus. Während Ovsyshcher et. al. vom allgemeinem Vorteil einer vorhofbasierten Schrittmacherstimulation ausgehen (Ovsyshcher 1998, 1995) äußern sich Lamas und Conolly hier zurückhaltend (Lamas 1997, 1999, Conolly 1996). Erste Ergebnisse langangelegter Studien wie The Canadian Trial of Physiologic Pacing (CTOPP) und The Pacemaker Selection in the Elderly Study (PASE) sprechen sogar eher gegen einen entscheidenden Vorsprung der Zweikammersysteme hinsichtlich einer verbesserten Lebenserwartung der Patienten (Lamas 1998, Conolly 2000).

In der Therapie von Kindern spielen starrfrequente und **frequenzadaptierte Einkammerschrittmacher** eine größere Rolle als bei Erwachsenen. Degenerative Erkrankungen des Herzens sind bei Kindern die Ausnahme. Vor allem operative Korrekturen angeborener Herzfehler führen aufgrund von Verletzungen des Reizleitungssystems zur postoperativen Indikation einer Herzschrittmachertherapie (Antretter 1995, Beder 1985, Ennker 1985, Esperer 1993, Gillete 1992, Hansky 1999, Kerstjens- Frederikse 1991, Nordlander 1992, Sachweh 2000, Will 1998).

Die Implantation der Schrittmachersysteme erfolgte meist schon sehr früh. Fast die Hälfte unserer Patienten war bei Erstimplantation leichter als 15kg. Dabei wurden Säuglingen bevorzugt Einkammerschrittmacher implantiert. Sie erfüllten zunächst das wichtigste Ziel einer primär lebenserhaltenden Therapie durch die es gelang, einen zu langsamen Eigenrhythmus der Patienten zu korrigieren und eine sichere ventrikuläre Stimulation zu gewährleisten. Mit zunehmendem Alter bei Erstimplantation kamen auch vermehrt Zweikammerschrittmacher zum Einsatz (s.Abb 3-2, S. 24).

Auch für die Therapie bei Säuglingen stehen zunehmend miniaturisierte Zweikammersysteme zur Verfügung. Eine Produktbeschreibung von St. Jude Medical berichtet von der Implantation des „weltweit kleinsten Zweikammerschrittmachers“ im November 2000 in Hamburg. Das beschriebene Integrity- μ - System wiegt 18 g bei einem Volumen von 8 cm³ (St. Jude Medical, Inc. 2001).

Kertesz et al. erwähnen die erfolgreiche Implantation von Ein- und Zweikammerschrittmachern bei 14 Säuglingen mit einem mittleren Alter von 10 Tagen und einem durchschnittlichen Gewicht von 3 kg. Sie fanden dabei allerdings eine niedrigere Komplikationsrate bei Implantation von Einkammerschrittmachern und kamen zu dem Schluss, dass sich durch VVI(R)- Schrittmacher bei Säuglingen mit normaler Herzstruktur gute Ergebnisse erzielen lassen (Kertesz 2000).

Einkammerschrittmacher zeichnen sich zudem durch eine einfache Handhabung bei Implantation und Revision aus. Bei einer eventuellen Aufrüstung von starrfrequenten VVI- Schrittmachern zu frequenzadaptiven VVIR- Systemen, z.B. im Rahmen eines Aggregatwechsels wegen Batterieerschöpfung, besteht die Möglichkeit bereits implantierte Standardelektroden zu verwenden, auch unipolare epimyokardiale Elektroden. So bleibt eine zwingende Implantation neuer Elektroden erspart (Zeigler 1990).

Es stellt sich die Frage, ob aus Gründen der Belastbarkeit Zweikammerschrittmacher bevorzugt werden sollten.

Karpawich et al. beschrieben, dass Jugendliche in der Lage sind, einen Verlust der AV- sequenziellen Stimulation in Ruhe zu kompensieren, auch wenn sie wie bei Erwachsenen unter Zweikammerstimulation eine verbesserte Herzleistung und einen niedrigeren Sinusrhythmus in Ruhe zeigten im Vergleich zu starrfrequenter Einkammerstimulation (Karpawich 1987).

Conolly präsentiert eine Zusammenschau zahlreicher Studien zur Belastbarkeit bei Patienten mit Ein- oder Zweikammerschrittmachern. Patienten mit hochgradigem AV- Block leiden an chronotroper Inkompetenz. Dadurch fehlt ihnen bei Belastung eine adäquate Steigerung des Herzminutenvolumens. Hier zeigte sich im Vergleich

von Zweikammerschrittmachern und starrfrequenten Einkammerschrittmachern eine deutliche Verbesserung der Belastbarkeit unter den physiologischeren Stimulationsbedingungen der Zweikammerschrittmacher. Vergleicht man diese dagegen mit frequenzadaptierten Einkammerschrittmachern, so fallen die Unterschiede nicht mehr ins Gewicht (Conolly 1996).

Ähnlich äußert sich auch Linde- Edelstamm (Linde-Edelstamm 1992): Bei submaximaler Belastung zeigen sich bei den meisten Patienten befriedigende Ergebnisse und zwar sowohl für DDD- Schrittmacher als auch für VVIR- Schrittmacher.

Eine synchrone Stimulation von Vorhof und Ventrikel bei funktionierendem Sinusknoten und normalen anatomischen Verhältnissen ist grundsätzlich wünschenswert, kann aber auch durch Einkammerschrittmacher mit aktivitätsgesteuerter Frequenzadaptation kompensiert werden. Hierdurch wird bei alltäglichen Aktivitäten eine gute Korrelation zwischen dem eigenen Sinusrhythmus der Patienten und dem Schrittmacherrhythmus erreicht (Zeigler 1990; Celiker 1998).

Eine besondere Bedeutung kommt den **Zweikammerschrittmachern** dagegen bei der Behandlung von Patienten mit hochgradiger Herzinsuffizienz zu.

Wie Hochleitner et al. zeigen konnten, steigerte sich unter vorhofgetriggelter Stimulation des rechten Ventrikels die myokardiale Funktion der untersuchten Patienten deutlich, was sich in einer klinischen Verbesserung um zwei Stufen nach der NYHA- Klassifikation äußerte (Hochleitner 1992).

Brecker et al. belegten durch echokardiographische Untersuchungen, dass sich eine Verkürzung der AV- Überleitungszeit positiv auf die rechts- und linksventrikuläre Füllungszeit auswirkt und die Mitralregurgitation vermindert (Brecker 1992).

Allerdings weisen Nishimura et al. darauf hin, dass eine Verbesserung des Herzzeitvolumens nur bei Berücksichtigung des individuellen AV- Intervalls eines jeden Patienten zu erreichen ist (Nishimura 1995). Das führt dazu, dass der Nutzen einer AV- sequentiellen Stimulation abhängig ist von einer Austestung im Einzelfall und nicht pauschal vorhergesagt werden kann.

Neuere Studien untersuchen auch die Anwendung einer biventrikulären Stimulation bei Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie. So fanden Auricchio et al. in der Studie Pacing for Therapies for Congestive Heart Failure (PATH- CHF) unter einer sequentiellen links- und biventrikulären Stimulation deutlich bessere Ergebnisse als unter konventioneller rechtsventrikulärer Stimulation (Auricchio 1999). Studien über eine Anwendung bei Kindern stehen hier allerdings bisher aus.

Im Vergleich der Funktionsdauer von Ein- und Zweikammerschrittmachern ließ sich bei unseren Patienten kein signifikanter Unterschied erkennen ($p=0,34$). Ein leichter Trend zugunsten der Zweikammerschrittmacher mag auch durch eine ungleiche Verteilung von epimyokardialen und transvenösen Elektroden mitbedingt sein. So lag der Anteil epimyokardialer Zweikammerschrittmacher (33 %) niedriger als bei den Einkammerschrittmachern, wo sich Systeme mit epimyokardialen Elektroden (48 %) und transvenösen Elektroden (52 %) die Waage hielten. Signifikant kürzere Lebenszeiten transvenöser Systeme zeigten sich ebenfalls, betrachtete man isoliert die Gruppe der Einkammerschrittmacher.

Villain et al. empfehlen bei kleinen Kindern zunächst VVIR- Systeme zu implantieren und diese dann wenn erforderlich im Rahmen planmäßiger Schrittmacherrevisionen zu Zweikammerschrittmachern aufzurüsten (Villain 1999). Dabei ist insbesondere die kardiale Grunderkrankung der Patienten und sicher nicht zuletzt das individuelle Leistungsprofil in die Überlegung miteinzubeziehen, in wieweit sie von einem physiologischen Schrittmacher profitieren könnte.

Therapie mit VVIR- Schrittmacher, Fallbeispiel H.H.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Behandlung mit einem frequenzadaptiven Einkammerschrittmacher soll die in zwischen zwanzigjährige Patientin H.H. sein. H.H. wurde 1980 mit einer Trisomie 21 geboren. Als kardiale Grunderkrankung wurde ein komplexes Herzvitium diagnostiziert, mit VSD, ASD, infundibulärer Pulmonalstenose und Subaortenstenose. Im Alter von 11 Monaten erfolgte zur hämodynamischen Verbesserung ein Bandig des Truncus pulmonalis. 1988 schließlich wurde bei der inzwischen achtjährigen Patientin eine chirurgische Totalkorrektur des Herzvitiums vorgenommen. Dabei erfolgte ein VSD-Patch-Verschluss nach Edwards, ein ASD-Direktverschluss und eine Pulmonalarterienplastik mit Resektion der infundibulären Pulmonalisstenose. Es verblieben eine Restpulmonalstenose sowie eine mäßige Subaortenstenose. Unmittelbar postoperativ kam es zur Schrittmacherabhängigkeit bei zweit- bis drittgradigem AV-Block, so dass zwei epimyokardiale Elektroden implantiert wurden, von denen eine mit einem VVI-Schrittmacher konnektiert wurde, welcher sofort seine einwandfreie Funktion aufnahm. Drei Monate später wurde die Patientin nach zwei Synkopen erneut in die Klinik aufgenommen. Eine Schrittmacherkontrolle ergab einen Anstieg der Elektrodenreizschwelle. In einen operativen Eingriff wurde daraufhin der Schrittmacher an die zweite, bereits implantierte Elektrode angeschlossen. Seither funktioniert der Schrittmacher ohne weitere Komplikationen. Die Patientin wurde in regelmäßigen Abständen in der Kinderkardiologischen Ambulanz nachuntersucht, zuletzt im Herbst 2000. Dabei ergab sich bisher keine Notwendigkeit zur Veränderung der Schrittmachertherapie. Ihre Belastbarkeit im Alltag beschreibt die Mutter der Patientin als gut. Wobei sie angibt, dass H.H. keine nennenswerte sportliche Betätigung ausübe. Schulisch bzw. beruflich ist H.H. leistungsfähig im Rahmen ihrer Grunderkrankung. Nach ihrem Schulabschluss arbeitet sie nun in einer Werkstätte für angepasste Arbeit der Troxeler AG Westfalen.

Elektrodenwahl

Nach Alt ist die transvenöse Elektrodenapplikation die Methode der Wahl bei der Schrittmachertherapie Erwachsener. An Ausnahmen führt er den epikardialen Zugang im Rahmen von Herzoperationen oder das Vorliegen einer künstlichen Trikuspidalklappe an, die eine transvenöse Implantation unmöglich macht (Alt 1997).

Bei Kindern spielen neben anatomischen Gegebenheiten vor allem Alter und Gewicht der Patienten eine wesentliche Rolle für die Entscheidung zwischen einer Implantation epimyokardialer oder transvenöser Elektroden. Die Haltbarkeit moderner Schrittmacherelektroden ist so hoch, dass sie die Schrittmacheraggregate in der Regel überdauern. Bei unseren Patienten betrug die mittlere Funktionsdauer der Elektroden 112 Monate, bevor sie wegen einer Fehlfunktion revidiert werden mussten. Damit funktionierten nach fünf Jahren noch rund 80 % der ursprünglich implantierten Elektroden (s. Abb. 3-17, S. 46).

Dabei ist zu beachten, dass trotz verbesserter Techniken, die Explantation transvenöser Elektroden mit einem nicht unerheblichen Risiko verbunden bleibt (Friedmann 1996, Byrd 1991). So ist es üblich funktionslose transvenöse Elektroden in situ zu belassen und neue Elektroden daneben in dieselbe Vene zu implantieren. Gerade bei Säuglingen und Kleinkindern mit engen Venendurchmessern wird man allerdings bestrebt sein, zur Vermeidung von thrombembolischen Komplikationen eine Anhäufung von transvenösen Elektroden zu vermeiden. Der thrombotische Verschluss der Venen muss dabei gar nicht einmal immer mit klinischen Symptomen einhergehen. Zum Teil tritt er erst bei späteren Revisionseingriffen zutage.

Das Risiko, nach Implantation eines transvenösen Schrittmachers eine Venenthrombose zu entwickeln, wird mit 30 bis 45 % angegeben, wobei chronische Thrombosen aufgrund kollateraler Kreisläufe oft klinisch stumm bleiben (Sachweh 2000, Goto 1998). Goto et al. beobachteten 100 Patienten über durchschnittlich sechs Jahre und stellten bei 23 von ihnen chronische Venenthrombosen fest, die aber in allen Fällen asymptomatisch verliefen (Goto 1998).

Beaufort-Krol et al. plädieren aus diesem Grund dafür, bei kleinen Kindern möglichst lange epimyokardiale Elektroden zu verwenden, um die Option transvenöser Elektroden für spätere Revisionen aufzusparen (Beaufort-Krol 1999).

Einen zweiten Grund für die Implantation epimyokardialer Elektroden bei Kindern stellt die Korrektur kongenitaler Herzanomalien dar.

Im Rahmen der erforderlichen Thorakotomie lassen sich epimyokardiale Elektroden unter Sicht placieren. Sie sind auch bei bereits voroperierten Herzen mit komplizierten anatomischen Verhältnissen einsetzbar, wie z.B. nach Fontanprozedur oder Trikuspidalklappenersatz, sowie bei Patienten mit einem glatttrabekulierten anatomisch linken Ventrikel bei einer kongenitalen Transposition der großen Gefäße. Zusätzlich ermöglichen epimyokardiale Elektroden einen größeren Spielraum der Elektrodenlänge beim Wachstum der Patienten.

Bei unseren Patienten ließen sich vor allem späte Komplikationen der transvenösen Elektroden beobachten nach Ablauf eines oder mehrerer Jahre (durchschnittlich 33,5 Monate). Diese wurden hauptsächlich durch wachstumsbedingte Streckungen und Mikrodislokationen der Elektroden verursacht.

Epimyokardiale Elektroden zeigten dagegen zwar eine höhere Anfälligkeit für Revisionen in den ersten sechs Monaten nach Implantation, bedingt durch inakzeptabel hohe Reizschwellen. Insgesamt erwiesen sie sich allerdings tendenziell als weniger komplikationsanfällig als transvenöse Elektroden. Nach fünf Jahren funktionierten rund 85 % der epimyokardialen Elektroden ohne Revision im Vergleich zu rund 75 % der transvenösen Elektroden (s. Abb. 3-18, S. 47).

Zuletzt sei hingewiesen auf eventuelle kosmetische Vorteile einer abdominiellen Schrittmacherimplantation bei jugendlichen Patienten, wie Kugler erwähnt (Kugler 1989).

Einer Implantation transvenöser Elektroden legten Gilette et al. Anfang der achtziger Jahre fünf Kriterien zugrunde: Die Patienten sollten über 4 Jahre alt und mindestens 15kg schwer sein. Es sollte kein Rechts-links-Shunt vorliegen. Gefordert wurden

außerdem eine intakte Verbindung zwischen oberer Hohlvene und rechtem Vorhof und keine gleichzeitige Herzoperation der Patienten (Gilette 1983).

Fünf Jahre später untersuchten Gilette et al. ein Kollektiv von 19 zufällig ausgewählten Kindern auf venöse Thrombosen. In keinem Fall konnten sie dabei thrombotische Verschlüsse nachweisen. Sie verschoben die Gewichtsgrenze daher weiter nach unten und sprachen sich für eine bedenkenlose Implantation transvenöser Elektroden ab einem Körpergewicht von 10kg aus (Gilette 1987).

Dass eine gewisse Vorsicht hinsichtlich thrombotischer Prozesse allerdings durchaus berechtigt ist, zeigten Figa et al. in einer Untersuchung von 63 Kindern mit transvenösen Schrittmachersystemen: Bei 13 Patienten (21 %) fanden sie Zeichen einer venösen Obstruktion und befürworteten daher die Implantation steroideliegender epimyokardialer Schrittmacherelektroden (Figa 1997).

Über die Notwendigkeit einer thrombolytischen Therapie bei Subclaviathrombose nach Implantation einer transvenösen Schrittmachersonde berichten auch Boston et al. (Boston 2002).

Villain et al. empfehlen daher die Implantation transvenöser Zweikammerschrittmacher ab einem Körpergewicht von 20 bis 25kg. Bei Kindern unter 10kg, die einen Zweikammerschrittmacher erhalten, sollten epimyokardiale Elektroden verwendet werden (Villain 1999).

Ähnlich äußern sich Hansky et al. im Deutschen Ärzteblatt 1999. Transvenöse Zweikammerschrittmacher sind nach ihrer Empfehlung bei drei bis vierjährigen Kindern problemlos möglich. Um aber Komplikationen wie Venenthrombosen und Lymphabflussstau mit der Gefahr eines Chylothorax zu vermeiden, sollte bei zwei transvenösen Elektroden das Körpergewicht bei Implantation nicht unter 12kg liegen (Hansky 1999, Chang 2001).

Nach Sachweh et al. wog der leichteste Patient mit transvenösem DDD-Schrittmacher in ihrem Patientenkollektiv 22kg, der leichteste Patient mit epimyokardialem DDD-Schrittmacher dagegen 8kg (Sachweh 2000).

Unsere Ergebnisse stützen diese Erfahrungen. Nur drei von sechzehn Patienten, die einen transvenösen Zweikammerschrittmacher erhielten, wogen weniger als 15kg, der leichteste 13kg.

72,5 % aller Patienten, denen transvenöse Elektroden implantiert wurden, wogen bei Implantation 20kg oder mehr.

Das Gewicht der Patienten mit epimyokardialen Elektroden lag dagegen, fünf Extremwerte ausgenommen, zu 71 % unter 10kg.

Waren die Patienten bei Erstimplantation noch jung, so wurden meist epimyokardiale Elektroden implantiert. Bei späteren Revisionen wurden diese dann oft durch transvenöse Elektroden ersetzt. Der umgekehrte Fall, dass früher implantierte transvenöse Elektroden gegen epimyokardiale ausgetauscht wurden, war die Ausnahme und erfolgte nur in einem Fall aufgrund einer herzchirurgischen Reoperation des betreffenden Patienten.

4.3. Mortalität und Lebensqualität

Mortalität

Gemessen an der Gesamtzahl implantierter Herzschrittmacher pro Jahr ist der Anteil pädiatrischer Patienten relativ gering (Irnich 1999). Trotzdem ist die Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen bei Kindern längst keine Rarität mehr. Sie stellt eine primär lebenserhaltende Therapie dar. Dabei lassen sich anhaltend gute Therapieerfolge beobachten.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren die Patienten im Durchschnitt knapp 13 Jahre alt. Sie lebten im Mittel seit 5,5 Jahren mit einem Herzschrittmacher. 13 Patienten (14 %) sogar bereits länger als 10 Jahre. Insgesamt waren seit Implantation des Schrittmachers 9 Patienten (9,5 %) verstorben, davon 7 (78 %) innerhalb der ersten zweieinhalb Jahre. Die Todesfälle wurden im allgemeinen nicht durch die Schrittmachersysteme verursacht. Nur bei einer Patientin, die unmittelbar postoperativ an posthypoxischem Myokardversagen verstarb, ließ sich ein Schrittmacherversagen nicht definitiv ausschließen.

Die Sterblichkeitsraten pädiatrischer Patienten mit Herzschrittmacher liegen in der Regel zwischen 6 % und 15 %, bei Follow up- Zeiten zwischen 2 und 5 Jahren (Beder 1985, Ennker 1985, Esperer 1993, Kratz 1992, Nordlander 1992, Sachweh 2000, Walsh 1988, Will 1998). Nur zwei Autoren berichten über eine Mortalität >20 % (Gillette 1992, Kerstjens- Frederikse 1991). Dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass bei den meisten Patienten voroperierte Herzfehlbildungen vorliegen. In der Regel sind es die kardialen Grunderkrankungen in deren Folge die Patienten versterben. Nur in Einzelfällen lässt sich eine ursächliche Beteiligung der Schrittmachersysteme vermuten.

Lebensqualität

Lebensqualität lässt sich nach einer Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) beschreiben als ein „Zustand kompletten physischen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht lediglich als die Abwesenheit von Krankheit oder Schwäche“ (Schipper 1990). Stofmeel et al. untersuchten gängige Inventare zur Messung der Lebensqualität auf die Anwendbarkeit bei Herzschrittmacherpatienten (Stofmeel 2000). Sie kamen zu dem Schluss, dass bisher gebräuchliche Lebensqualität- Fragebögen ergänzt werden sollten durch ein Modul von speziell auf die Symptomatologie der Schrittmacherpatienten abgestimmten Fragen. Nun ist unser Fragebogen weit davon entfernt allgemeingültige Aussagen über die Lebensqualität von Kindern mit Herzschrittmachern zu machen. Zumal sich bei der Befragung von Kindern spezifische Schwierigkeiten für die Vergleichbarkeit der Antworten ergeben. Hinzu kommt, dass die Rücklaufquote von 56 % nur begrenzte Rückschlüsse auf die Gesamtheit der Patienten zulässt. Trotzdem zeichneten sich einige interessante Trends ab, welche die Auswirkung der Herzschrittmachertherapie auf die erwähnten drei Lebensbereiche der physischen und psychischen Verfassung sowie der sozialen Integration der Patienten beschreiben.

Physische Beeinträchtigung

Bei der Frage nach ihrer Belastbarkeit im Alltag bezeichnete nur eine Patientin diese als schlecht. Bei ihr war es infolge einer Fehlfunktion durch schrittmachervermittelte Tachykardien zu einer Myopathie gekommen, die sich nach Austausch des Geräts unter medikamentöser Therapie wieder zurückbildete.

Die Mehrheit von 27 Patienten (60 %) empfanden sich als gut belastbar und waren fast ausschließlich sportlich aktiv. 17 von ihnen (38 %) stellten sogar beim Sport keinen Unterschied in der Belastbarkeit gegenüber Gleichaltrigen fest.

Soziale Integration

Von 36 Patienten über 6 Jahren waren 32 (89 %) durch den Besuch einer Schule oder das Ausüben eines Berufs gesellschaftlich integriert.

In diesem Zusammenhang verdient die Tatsache Beachtung, dass nicht die Schrittmacherabhängigkeit an sich, sondern vielmehr die Herzleistung die Leistungsfähigkeit der Patienten bestimmt. Dafür sind die kardialen Grunderkrankungen der Patienten in der Regel ausschlaggebend, nicht die Herzschrittmacher. Selbst die Frage nach einer vorhofsynchronen Stimulation bei Zweikammerschrittmachern spielt hier eine untergeordnete Rolle, da der messbare Einfluss nur in einer Größenordnung von 5-10 % liegt, wie Linde darlegt (Linde 1996, 1992). Hubmann et al. verweisen in einem Artikel zur Arbeits- und Erwerbsfähigkeit von Patienten mit bradykarden Herzrhythmusstörungen Anfang der Neunziger Jahre auf den „etwas mystischen Klang“ des Wortes Herzschrittmacher, der „vor Jahren noch dazu geführt hat, dass automatisch bei Implantation eines Herzschrittmachers mindestens 50 % Minderung der Erwerbsfähigkeit zugebilligt wurden“ (Hubmann 1993). Wie Weber et al. bei einer Untersuchung der beruflichen Rehabilitation von Patienten mit permanentem Herzschrittmacher fanden, schied dagegen nur ein geringer Teil der Schrittmacherträger nach Implantation aus dem Berufsleben aus (Weber 1989). So erwähnt auch Wehr, dass in den meisten Fällen nach Implantation eines Herzschrittmachers die Arbeit ohne weiteres wieder aufgenommen werden kann und der Schrittmacher selbst kein Grund ist für eine völlige oder teilweise Arbeitsunfähigkeit (Wehr 2001).

Psychische Beeinträchtigung

Angstgefühle bei Herzschrittmacher-Patienten sind nicht ungewöhnlich und oft Ausdruck der Erkenntnis, von einem technischen Hilfsmittel abhängig zu sein, dass plötzlich versagen könnte. Auch das Gefühl, nicht mehr hundertprozentig zu funktionieren, mag hierbei eine Rolle spielen (Wehr 2001).

Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern nach einer Herzschrittmacherimplantation beschrieben Schütz-Bölter und Netz Anfang der achtziger Jahre. Sie beobachteten nächtliche Ängste, Einschlafstörungen, Herzschmerzen und Herzstiche (Schütz-Bölter 1981). Dabei handelt es sich ihrer Meinung nach um einen Spezialfall von Adaptationsprozessen bei chronischen Erkrankungen im Kindesalter, die z.T. gehäuft auftraten in Zeiten starker seelischer Belastung, wie beispielsweise zu Beginn der Pubertät oder bei operativen Revisionseingriffen.

Von uns zu körperlichen Symptomen (Luftnot, Schwindel, Herzstiche, Herzstolpern oder Ohnmachtsanfälle) befragt, verneinte knapp die Hälfte der Patienten (47 %) deren Auftreten im Laufe der Schrittmacherbehandlung. 8 Patienten (18 %) gaben an, drei oder mehr der genannten Symptome verspürt zu haben. Herzstolpern und Herzstiche traten dabei etwas häufiger auf als Luftnot und Schwindel und wurden ebenso wie Luftnot vermehrt im Zusammenhang mit schweren Anstrengungen geäußert. Nur 4 Patienten gaben an, einen Ohnmachtsanfall erlitten zu haben. Bei zwei von ihnen konnte dies mit einer Fehlfunktion des Schrittmachersystems in Zusammenhang gebracht werden. Jeweils ein bzw. drei Monate nach Implantation des Schrittmachers waren bei ihnen Revisionen der Elektroden wegen Sensingdefekts bzw. Reizschwellenanstiegs erforderlich geworden.

Insgesamt fühlte sich die große Mehrheit der Patienten (93 %) durch den Schrittmacher nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt. Trotzdem stellen natürlich vor allem die außerplanmäßigen Schrittmacherkontrollen eine Belastung dar. Immerhin 10 Patienten (22 %) äußerten, sie hätten mehrfach zu einer außerplanmäßigen Kontrolle die Klinik aufsuchen müssen.

Interessant war die Beobachtung, dass es sich bei den 7 Patienten (15 %), die sich dauerhaft durch die Operationsnarben gestört fühlten, bis auf einen um Teenager oder jungen Erwachsene handelte.

Nach Schütz- Bölder und Netz lassen sich die Ängste und reaktiven Auffälligkeiten der Kinder durch familiäre Bewältigungsformen günstig beeinflussen. Dies war besonders unter vier Voraussetzungen der Fall (Schütz-Bölder 1981):

1. Die Eltern reagierten einfühlsam und ohne Panik auf Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Herzschrittmacher.
2. Eine gute Beziehung zwischen Arzt, Eltern und Patienten mit Vertrauen in ein nachvollziehbares ärztliches Handeln, ermöglichte es den Eltern die gewonnene Zuversicht an die Kinder weiterzugeben.
3. Die Existenz des Schrittmachers wurde weder verleugnet noch bagatellisiert.
4. Die Kinder wurden nicht unnötig geschont, sondern ihrer Leistungsfähigkeit gemäß belastet (Schütz-Bölder 1981).

Außer den Patienten selbst, sind auch die Angehörigen von Schrittmacherträgern besonderen seelischen Belastungen ausgesetzt. Wehr berichtet von der Frau eines Schrittmacher- Patienten, die schlaflose Nächte verbrachte, weil sie sorgenvoll jeden Laut ihres Mannes registrierte in der Angst, sein Herz könnte plötzlich aufhören zu schlagen (Wehr 2001).

Eine betroffene Mutter erzählt, sie habe sich in den ersten Wochen nicht getraut, ihren Sohn für längere Zeit aus den Augen zu lassen, weil sie der Technik misstraute (Rönnebeck 1997).

Hier können neben ausführlichen Informationsgesprächen mit den behandelnden Ärzten, Selbsthilfegruppen betroffener Eltern und Patienten hilfreich sein, körperliche und seelische Veränderungen aktiv zu verarbeiten, die im Rahmen einer Herzschrittmachertherapie ebenso wie bei anderen chronischen Erkrankungen auftreten können.

5. Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit der Implantation permanenter Herzschrittmacher heutzutage eine effiziente und bewährte Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen im Kindesalter zur Verfügung steht, mit einer niedrigen Rate an schwerwiegenden Komplikationen.

Epimyokardiale Elektroden zeigen ein frühere Batterieerschöpfung als transvenöse Elektroden.

Da jedoch bei Säuglingen und Kleinkindern oft die Implantation epimyokardialer Elektroden ratsam ist, sollten diese nach Möglichkeit im Verlauf späterer Revisionen gegen transvenöse Elektroden ausgetauscht werden.

Der Herzschrittmacher ermöglicht es den Patienten, sich in einer dem Alltag angemessenen Form körperlich zu belasten und sich so in Freizeitgestaltung, Schule und Berufsleben und weitgehend ungehindert am sozialen Leben zu beteiligen.

Gerade neben dem guten körperlichen Wohlbefinden der Patienten sollten aber die psychischen Folgen einer Herzschrittmacherbehandlung bei Kindern nicht außer Acht gelassen werden. Insbesondere Revisionen des Schrittmachersystems, wie sie z.B. durch Batterieerschöpfung und Längenwachstum der Patienten in regelmäßigen Abständen zu erwarten sind, bedeuten Situationen besonderer nervlicher Belastung. Ein sensibles Entgegenkommen von Seiten der Familien und der behandelnden Ärzte ist hier von entscheidendem Einfluss auf die psychische und soziale Entwicklung der Patienten.

6. Literaturverzeichnis

1. Alt E (1983) Taschenkomplikationen bei Schrittmacherträgern: Ursachen und Therapie. *Kliniker* 1983;12:44-50
2. Alt E (1990) Gegenwärtiger Stand der Technik von Schrittmacherelektroden. *DMW* 1990;115:24-29
3. Alt E (1997) Epimyokardiale Elektroden. In: Alt E., Heinz S. (Hrsg.) *Schrittmacher- und Defibrillatortherapie des Herzens, Grundlagen und Anwendungen, Teil 1: Schrittmachertherapie*, Demeter Verlag im Spitta Verlag, Balingen, 1997, S. 135
4. Alt E (1997) Hämodynamische Aspekte der Herzschrittmachertherapie. In: Alt E., Heinz S. (Hrsg.) *Schrittmacher- und Defibrillatortherapie des Herzens, Grundlagen und Anwendungen, Teil 1: Schrittmachertherapie*, Demeter Verlag im Spitta Verlag, Balingen, 1997, S 166-179
5. Alt E (1997) Schrittmacherfunktionsweisen und Schrittmachercode. In: Alt E., Heinz S. (Hrsg.) *Schrittmacher- und Defibrillatortherapie des Herzens, Grundlagen und Anwendungen, Teil 1: Schrittmachertherapie*, Demeter Verlag im Spitta Verlag, Balingen, 1997, S.54-62
6. Alt E (1997) Sensoren bei frequenzadaptiven Systemen. In: Alt E., Heinz S. (Hrsg.) *Schrittmacher- und Defibrillatortherapie des Herzens, Grundlagen und Anwendungen, Teil 1: Schrittmachertherapie*, Demeter Verlag im Spitta Verlag, Balingen, 1997, S. 63-80
7. Antretter H. (1995) Standards in der Kinder- Schrittmachertherapie. *Wiener Med. Wochenschrift* 1995;145:651-656
8. Auricchio A, Stellbrink C, Sack S, et al. (1999) The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure (PATH-CHF) study: rationale, design and endpoints of a prospective randomized multicenter study. *Am J Cardiol* 1999;83:Suppl 5B: 130D-5D
9. Balmer C, Fasnacht M, Rahn M, Molinari L, Bauersfeld U (2002) Long-term follow up of children with congenital complete atrioventricular block and the impact of pacemaker therapy. *Europace* 2002;4(4):345-9

10. Bauersfeld U. (1998) Herzschrittmacher bei Kindern: Kleine Computer-Kleine Sorgen?, Universitätskinderklinik Zürich, 1998, in: Herzschrittmacher bei Kindern, Information der Elternvereinigung für das herzkranken Kind, CH-8104 Weiningen, http://www.evkh.ch/t_herzschriftt.htm
11. Beaufort-Krol. (1999) Comparison of Longevity, Pacing, and Sensing Characteristics of Steroid- Eluting Epicardial vs. Conventional Endocardial Pacing Leads in Children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;177:523-528
12. Beder S D. (1985) Cardiac Pacing in Children: A 15-year experience. *Am Heart J* 1985;109:152-56
13. Benjacholamas V, Chotivittayatarakorn P, Lertsupchareon P et al. (2003) Single midline approach for permanent pacemaker implantation in children. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2003;11(1):11-3
14. Berstein A D. (1987) The NASPE/ BPEG Generic Pacemaker Code. *PACE* 1987;10:794-799
15. Bevilacqua L (1998) Cardiac Pacing in Children. *Current Opinion In Cardiology* 1998;13:48-55
16. Bonatti V, Agnetti A, Squarcia U (1998) Early and late postoperative complete heart block in pediatric patients submitted to open heart surgery for congenital heart disease. *Pediatr Med Chir* 1998;20(3):181-186
17. Bostan OM, Celiker A, Karagoz T et al. (2002) Dual chamber cardiac pacing in children: Single chamber pacing dual chamber sensing cardiac pacemaker or dual chamber pacing and sensing cardiac pacemaker? *Pediatr Int* 2002;44(6):635-40
18. Brecker SJD, Xiao HB, Sparrow J, et al. (1992) Effects of dual-chamber pacing with short atrioventricular delay in dilated cardiomyopathy. *Lancet* 1992;340:1308-12
19. Bubien RS. (1990) A Randomized Comparison of Auality of Life and Exercise Capacity with DDD and VVIR Pacing Modes.(abstract) *PACE* 1990;13:524
20. Byrd C L. (1991) Intravascular techniques for extraction of permanent pacemaker leads.*J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101:989-997
21. Celiker A (1996) Initial experience with dual- sensor rate- responsive pacemakers in children.*Eur Heart J* 1996;17:1251-55

22. Celiker A (1998) Comparison Of Normal Sinus Rhythm And Pacing Rate In Children With Minute Ventilation Single Chamber Rate Adaptive Permanent Pacemaker. *PACE* 1998;21:2100-2104
23. Chang CC, Wu MH et al. (2001) Transvenous permanent pacemaker implantation in children an adolescent. *Acta Paediatr Taiwan* 2001;42(6):350-4
24. Chardack W.M., Gage A.A., Greatbatch W. (1960) A transistorized, self-contained, implantable pacemaker for the long- term correction of complete heart block. *Surgery* 1960;48:643-654
25. Chin M.C. (1990) The Effect of Radiofrequency Catheter Ablation on Permanent Pacemakers: An Experimental Study. *PACE* 1990;13:23-29
26. Clarke M. (1998) Automatic Adjustment of Pacemaker Stimulation Output Correlated with Continuously Monitored Capture Thresholds: A Multicenter Study. *PACE* 1998;21:1567-75
27. Clémenty J. (1999) Clinical Significance of Multiple Sensor Options: Rate Response Optimization, Sensor Blending, and Trending. *Am J Cardiol* 1999;83:166D-171D
28. Cohen MI, Bush DM et al. (2002) Pediatric pacemaker infections: twenty years of experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;124(4):821-7
29. Conolly S J (1996) Dual Chamber Versus Ventricular Pacing: Critical Appraisal Of Current Data. *Circulation* 1996;94:578-583
30. Conolly S J (2000) Effects of Physiologic Pacing vs Ventricular Pacing on the Risk of Stroke and Death due to Cardiovascular Causes → CTOPP. *N Eng J Med* 2000;342:1385-91
31. Crossley G.H. (1997) False- Positive Behavior with the dP/dt Sensing Pacemaker: A Rare Complication of a Physiological Sensor. *PACE* 1997;20[Pt.I]:2492-95
32. Elmquist R., Senning A. (1960) Implantable pacemaker for the heart. In: Smyth C.N., *Medical Electronics: Proceedings of the Second International Conference on Medical Electronics, Paris, June 1959*. Iliffe, London, 1960: 253-254. Abstract.
33. Ennker J. (1985) Risks and Benefits of Cardiac Pacing in Children. *Int J Cardiol* 1985;8:125-34

34. Eronen M (2000) Short- and Long- Term Outcome of Children With Congenital Complete Heart Block Diagnosed in Utero or as a Newborn. *Pediatrics* 2000;106:86-91
35. Esperer H.-D. (1992) Is Epicardial Dual Chamber Pacing a Realistic Alternative to Endocardial DDD Pacing? Initial Results of a Prospective Study. *PACE* 1992;15:155-161
36. Esperer HD. (1993) Permanent Epicardial and Transvenous Single- and Dual-Chamber Cardiac Pacing in Children. *Thorac Cardiovasc Surgeon* 1993;41:21-27
37. Figa F (1997) Risk Factors for Venous Obstruction in Children with Transvenous Pacing Leads. *PACE* 1997;20:1902-1909
38. Fleck E., Lutterotti N (1996) von: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, Herz- und Kreislaufforschung, Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie, Indikationen, Systemwahl, Nachsorge. *Z Kardiol* 1996; 85:611-27
39. Friedberg H.D., Lillehei R.C. (1977) Long- life pacemakers, Inc., lithium pulse generators. In: Watanabe, Y. (Hrsg.), *Proceedings of the Vth International Symposium*. Tokyo, March 1975. Amsterdam, Netherlands: Excerpta Medica, 1977: 471-473
40. Friedman RA. (1996) Lead Extraction in Young Patients With and Without Congenital Heart Disease Using the Subcalvian Approach. *PACE* 1996;19:778-783
41. Gillette PC (1983) Transvenous Pacing in Pediatric Patients. *Am Heart J* 1983;105:843-47
42. Gillette PC (1988) Pediatric Transvenous Pacing: A Concern for Venous Thrombosis?. *PACE* 1988;11:1935-1939
43. Gillette PC (1992) Cardiac Pacing in Neonates, Infants and Preschool Children. *PACE* 1992;15:2046-2049
44. Gillis AM (2000) Randomized Crossover Comparison of DDDR vs VDD Pacing After Atrioventricular Junction Ablation for Prevention of Atrial Fibrillation. *Circulation* 2000; 102:736-741
45. Glikson M (1998) Indications, Effectiveness and Long-term Dependency in Permanent Pacing After Cardiac Surgery. *Am J Cardiol* 1997;80:1309-1313

46. Goto Y (1998) Long- Term Thrombosis after Transvenous Permanent Pacemaker Implantation. PACE 1998;21:1192-1195
47. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE (2002) ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers an antiarrhythmia devices. Circulation 2002;106:2145-61
48. Gregoratos G, Cheitlin M.D, Conill A., et al. (1998) ACC/ AHA Guidelines for Implantation of Cardiac Pacemakers and Antiarrhythmia Devices: Executive Summary. Circulation 1998;97:1325-35
49. Hansky B (1999) Herzschrittmachertherapie im Kindesalter. Dt Ärztebl 1999;96: A-2660-2669[Heft 42]
50. Harms V (1998) Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Harms-Verlag, Kiel, 7. Auflage 1998
51. Harris A.; Bluestone R.; Busby E. et al. (1965) The management of heart block. Br Heart J 1965;27:469-482
52. Henglein D, Gilette PC, Shannon C. et al (1984) Long- term follow up of pulse width thresholds of transvenous and myoeipcardial leads. PACE 1984;7:203-209
53. Hesslein PS (1987) Dual Chamber Pacing in Children: Transvenous vs Epicardial Leads [abstr.].PACE 1987;10:441
54. Heusch A. (1999) Complpete AV- Block in Childhood: Etiology, clinical course and therapy.Herzschr Elektrophys 1999;10:208-214
55. Hochleitner M, Hörtnagl H et al. (1992) Long-term efficacy of physiologic dual-chamber pacing treatment of endstage idiopathic dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol 1992;70:1320-5
http://www.med.uni-giessen.de/kikardio/schrittmacher_leitfaden.html
56. Hubmann M., Hardt R., Lang E. (1993) Beurteilung der Arbeits- und Erwerbsfähigkeit der Patienten mit bradykarden Herzrhythmusstörungen, In: Hubmann, M.; Hardt, R.; Lang, E. (Hrsg.): Schrittmachertherapie und Hämodynamik, MMV Medizinverlag, München, 1993, S.135-142
57. Irnich W. (1992) Herzschrittmacher, Störmöglichkeiten durch medizinische Behandlungsverfahren. Dt. Ärztebl. 1992;89 Heft 37:B1880-B1883
58. Irnich W. (1999) Jahresbericht 1999 des Deutschen Zentralregister Herzschrittmacher, Institut f. Medizinische Technik der Justus- Liebig-

- Universität, Gießen, Postfach 101020, 35340 Gießen, <http://www.med.uni-giessen.de/technik/seite990.html>
59. Jeffrey K (1998) Cardiac Pacing 1960- 1985 A Quarter Century of Medical and Industrial Innovation. *Circulation* 1998;97:1978-1991
 60. Kaplan EL, Meier P (1958) Nonparametric estimation from incomplete observations. *J Am Stat Ass* 1958;53:457
 61. Karpawich PP. (1987) Pacing in Children And Young Adults With Nonsurgical Atrioventricular Block: Comparison of single- rate ventricular and dual- chamber modes. *Am Heart J* 1987;113:316-321
 62. Kerstjens-Frederikse MWS (1991) Permanent Cardiac Pacing in Children: morbidity and efficacy of follow-up. *International J Cardiol* 1991;33:207-14
 63. Kertesz NJ (2000) Intermediate Term Comparison of DDD vs VVI(R) Pacing in Infants with Congenital Complete Atrioventricular Block. Abstract from *Circulation* 2000;102,4:Suppl. II-467
 64. Kiviniemi M.S. (1999) Complications Related to Permanent Pacemaker Therapy. *PACE* 1999;22:711-720
 65. Kratz J (1992) Atrioventricular Pacing in Congenital Heart Disease. *Ann Thorac Surg* 1992;54:485-489
 66. Kugler J D (1989) Pacemakers In Children: An update. *AM Heart J* 1989;117(3):665-679
 67. Lagergren H, Johansson L, Landgren J. et al. (1965) One hundred cases of treatment for Adams- Stokes syndrome with permanent intravenous pacemaker. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1965;5:710-714
 68. Lagergren H. (1966) Permanent intracardiac stimulation for complete heart block and Adams Stokes syndrome. *Acta Chir Scand* 1966;132:663
 69. Lamas G (1997) A. Pacemaker Mode Selection and Survival: a plea to evidence based medicine. *Heart* 1997;78:218-20
 70. Lamas G (1998) A. Quality of Life and Clinical Outcomes in Elderly Patients Treated With Ventricular Pacing as Compared with Dual- Chamber Pacing → *PASE. N Eng J Med* 1998;338: 1097-104
 71. Lamas G (1999) A. Dual- Chamber vs Ventricular Pacing in the Elderly : Quality of Life and Clinical Outcomes. *Eur Heart J* 1999;20:1607-1608

-
72. Levine P.A., Belott P.H., Bilitch M. et al. (1983) Recommendations of the NASPE Policy Conference on Pacemaker Programmability and follow up. PACE 1983;6:1221
 73. Linde C (1996) How to evaluate Quality- of- Life in Pacemaker Patients: Problems and Pitfalls.PACE 1996;19:391-97
 74. Linde-Edelstam C.A (1992) Double Blind Study of Submaximal Exercise Tolerance an Variation in Paced Rate in Atrial Synchronous Compaired to Activity Sensor Modulated Ventricular Pacing.PACE 1992;15:905-915
 75. Linde-Edelstam CA (1992) Quality of Life in Patients Treated with AV-synchronous Pacing Compared to Rate Modulated Ventricular Pacing.PACE 1992;15:1467-1476
 76. Mac Gregor D.C., Furman S., Dreifus L.S. et al. (1978) The utility of the programmable pacemaker. PACE 1978;1:254-259. Panel discussion
 77. Maginot K (2000) Applications of Pacing Strategies in neonates and infants.Progr in Ped Cardiology 2000;11: 65-75
 78. McComb JM. (1999) Effect of Pacing Mode on Morbidity and Mortality: Update of Clinical Pacing Trials.Am J Cardiol 1999;83(5B):211D-231D
 79. Moller JE. (1997) Impact of Continuous Quality Improvement of Pacing Mode and Rate of Complications in Permanent Pacing.Heart 1997;77(4):357-62
 80. Moore SDO (1993) Long Term Effects of Radiofrequency Catheter Ablation on Previously Implanted Pacemakers[abstr.].PACE 1993;15:947
 81. Müller X (1990) Complications after Single versus Dual Chamber Pacemaker Implantation.PACE 1990;13:711-714
 82. Nanthakumar K. (1998) When Pacemakers Fail: An Analysis of Clinical Presentation and Risk in 120 Patients with Failed Devices. PACE 1998;21[Pt.I]:87-93
 83. Nishimura RA, Hayes DL, Holmes DR (1995) Mecanism of hemodynamic improvement by dual-chamber paxing for severe left ventricular dysfunction: an acute doppler and catheterization hemodynamic study. J Am Coll Cardiol 1995;25:281-8
 84. Nordlander R (1992) Clinical Experience of Pacemaker Treatment in Children.Scand J Thor Cardiovasc Surg 1992;26:69-72

85. Nowak B. (1998) Schrittmachertherapie bei Frühgeborenen mit AV- Block: Erstmaliger Einsatz von Autocapture mit epikardialer Elektrode. *Herzschr Elektrophys* 1998;9:120-121
86. Nowak/ Wippermann (1998) Erste Erfahrungen mit einem neuen Therapiekonzept für die Schrittmacherbehandlung von Säuglingen und Kleinkindern. *Monatsschr Kinderheilkd (Springer)* 1998;146:1074-1077
87. Ovsyshcher IE (1995) Matching Optimal Pacemaker to Patient: Do We Need a Large Scale Clinical Trial of Pacemaker Mode Selection?. *PACE* 1995;18:1845-52
88. Ovsyshcher IE (1998) Dual Chamber Pacing Is Superior to Ventricular Pacing Fact or Controversy?. *Circulation* 1998;97:2368-2370
89. Parsonnet V, Furman S, Smyth N.P.D. et al. (1974) Implantable cardiac pacemakers: status report and resource guideline. *Circulation* 1974;50(suppl. A):A21-A35
90. Parsonnet V, Furman S, Smyth N.P.D. et al. (1983) Optimal resources for implantable cardiac pacemakers. *Circulation* 1983;68(suppl. A):A227-A244
91. Parsonnet V, Gilbert L, Zucker IR et al. (1963) A plan for the treatment of complete heart block and Stokes- Adams syndrome with an intracardiac dipolar electrode and a permanent implantable pacemaker. *Angiology* 1963;14:343-348
92. Pfeiffer D (1995) Pacemaker Function During Radiofrequency Ablation. *PACE* 1995;18[Pt.I]:1037-1044
93. Proclemer A (2000) Safety of Pacemaker Implantation Prior to Radiofrequency Ablation of Atrioventricular Junction in a Single Session Procedure.[abstr.] *PACE* 2000; 23(6)
94. Ragonese P (1994) Efficacy an Safety of Ventricular Rate Responsive Pacing in Children with Complete Atrioventricular Block. *PACE* 1994;17:603-610
95. Rönnebeck E (Hrsg.) (1997) W. Sabine: Joachim-ein Schrittmacherkind. In: *IDHK Nachrichten Nr. 38, Herzrhythmusstörungen und ihre Behandlung*, Steinkopf, Stuttgart, S. 580-583
96. Sachweh J (2000) 20 years experience with pediatric pacing: epicardial and transvenous stimulation. *European J Of Cardio- Thoracic Surgery* 2000;17:455-461

97. Schrepf R (1998) Vergleich endokardialer und epimyokardialer Elektrodenwerte im Langzeitverlauf. Eine kinder-kardiologische Untersuchung. *Herzschr Elektrophys* 1998;9:122-123
98. Schütz-Bölter G, Netz H (1981) Zur psychischen Verarbeitung von Herzschrittmacherimplantationen im Kindesalter. *Kinderarzt* 1981;5:673-675
99. Senning A (1983) Cardiac pacing in retrospect. *Am J Surg* 1983; 145:733-739
100. Song S (1994) The Bilitch Report Performance of Implantable Cardiac Rhythm Management Devices. *PACE* 1994;17:692-708
101. St. Jude Medical, Inc. (2001) Industrieinformation: Weltweit kleinster Zweikammerschrittmacher implantiert. In: *Heart* 2001;26:20
102. Stangl K, Alt E (1990) 30 Jahre Herzschrittmachertherapie: Eine Standortbestimmung. *Z Kardiol* 1990;79:383-395
103. Stofmeel MAM (2000) Quality of Life of Pacemaker Patients A Reappraisal of Current Instruments. *PACE* 2000; 23:946-952
104. Till J (1990) A. Endocardial Pacing in Infants and Children 15kg or less in Weight: Medium-term Follow-up. *PACE* 1990;13:1385-1392
105. Toff WD (1997) The united kingdom Pacing and Cardiovascular Events Trial → UK-PACE. *Heart* 1997;78:221-223
106. Udink ten Cate FE, Breur JM et al. (2002) Congenital complete atrioventricular block in children: pathogenesis and clinical outcomes. *Ned Tijdschr Geneesk* 2002;146(38):1777-81
107. Vanerio G (1990) The Effects of Percutaneous Catheter Ablation on Preexisting Permanent Pacemakers. *PACE* 1990;13:1637-45
108. Villafane J (1993) Cardiac Pacing Problems In Infants And Children : Results of a 4- year Prospective Study. *Southern Medical J* 1993;86(7):784-788
109. Villain E (1999) Choice Of Pacing Mode In Children: Indications and results. *Herzschr Elektrophys* 1999;10:215-221
110. Waelkens JJ (1982) Cardiac pacemakers in infants and children. *Pediatr Cardiol* 1982;3:337-342
111. Walsh C (1988) Pacemakerimplantation in Children: A 21-year experience. *PACE* 1988;11:1940-44

-
112. Weber K (1989) Berufliche Rehabilitation und Freizeitverhalten von Patienten mit permanenter Herzschrittmacherstimulation. Herz- Kreislauf 1989;21:313-316
 113. Wehr (2001) Lebensqualität durch den Herzschrittmacher. In: Vitatron Ratgeber für Patienten, 2001, Vitatron GmbH, Stollberger Str. 374, 50933 Köln
 114. Weiß W (1993) Vorhofbeteiligte Ventrikelstimulation – Wann hämodynamisch effektiv?, In: Hubmann, M.; Hardt, R.; Lang, E.: Schrittmachertherapie und Hämodynamik, MMW Medizin Verlag, München, 1993, S.123-133
 115. Wilhelm MJ (1997) Cardiac Pacemaker Infection: Surgical Management With and Without Extracorporeal Circulation. Ann Thoac Surg 1997;64:1707-12
 116. Will JC (1997) Leitfaden für Eltern von Kindern mit Herzschrittmachern. vorgetragen auf einer Fortbildungsveranstaltung für betroffene Eltern, Gießen, 1997, Kinderherzzentrum der Justus- Liebig- Universität, Feulgenstr. 12, 35385 Gießen,
 117. Will JC (1998) Herzschrittmachertherapie bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern. Herzschr Elektrophys 1998;9:117-19
 118. Zeigler VL (1990) Is Activity Sensored Pacing In Children An Young Adults a Feasible Option?. PACE 1990;13:2104-2107
 119. zit. nach: Schipper H, Clinch J, Powell V (1990) Definitions and conceptual issues. In: Spilker, B. (Hrsg): Quality of Life Assessments in Clinical Trials. New York, NY, Raven Press, Ltd., 1990, S. 11-24
 120. Zoll PM, Frank HA, Zarsky LRN et al. (1961) Long- term electric stimulation of the heart for Stokes- Adams disease. Ann Surg 1961;154:330-346

7. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. S. Kotthoff für seine umfassende Betreuung dieser Arbeit. Für Fragen und Probleme gleich welcher Art fand ich bei ihm stets ein offenes Ohr.

Desgleichen danke ich Herrn Prof. Dr. Vogt, Direktor der Klinik und Poliklinik für Kinderkardiologie, für die Überlassung des Themas, sowie Herrn Prof. Dr. Scheld, Direktor der Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie, für die Unterstützung bei der Einsichtnahme in Krankenblätter seiner Klinik.

Ein herzliches Dankeschön gilt den herzkranken Patienten und ihren Angehörigen, die sich freundlicherweise bereit fanden, meine Arbeit durch das Ausfüllen der Fragebögen zu unterstützen.

Danken möchte ich weiterhin Herrn Dr. Gooder vom Institut für Medizinische Informatik und Biomathematik für seine lehrreiche Einführung in den Umgang mit dem Statistikprogramm SPSS sowie seine unterstützende Beratung.

Mein Dank gilt ebenso den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Zentralarchivs der Universitätsklinik Münster für ihre kompetente Einweisung in den Umgang mit der Patientendokumentation sowie für ihre Hilfsbereitschaft bei allen Fragen.

Herzlichen Dank schulde ich in besonderer Weise meinen Eltern, deren liebevolle Unterstützung mir erst mein Medizinstudium ermöglichte.

Und abschließend aber sicher nicht an letzter Stelle danke ich meiner Frau Mirjam für ihre Liebe, Motivation und Unterstützung, die entscheidend zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

8. Lebenslauf

Name	Johannes Faust	
Geburtsdatum	24.12.1973	
Geburtsort	Neustadt an der Weinstrasse	
Staatsangeh.	Deutsch	
Familienstand	verheiratet, 1 Kind	
Eltern	Christian Faust, Pfarrer Käthe Faust, Lehrerin	
Geschwister	eine Schwester	
Schulbildung	08/1980 – 06/1984 08/1984 – 05/1993 Neustadt Abschluss: Abitur	Hans-Geiger-Schule, Neustadt Kurfürst-Ruprecht-Gymnasium, Neustadt
Zivildienst	09/1993 – 08/1995	Friedensdienst beim Mennonite Voluntary Service/Christliche Dienste e.V. in einem Kinderheim für Straßenkinder in Asunción, Paraguay
Studium	09/1995 - 09/1998 09/1997 09/1998 10/1998 – 07/1999 09/1999 – 04/2002 04/2002 04/2002 – 03/2003 06/2003 seit 09/2003	Albert-Ludwigs Universität, Freiburg/Breisgau Ärztliche Vorprüfung (Physikum) Erstes Staatsexamen Erasmus-Studienaustausch an die Université Louis-Pasteur, Strasbourg Westfälische Wilhelms-Universität, Münster Zweites Staatsexamen Praktisches Jahr Hôpital Ambroise Paré, Paris Klinikum Dortmund Drittes Staatsexamen AiP in der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Klinikum Dortmund gGmbH

Münster, den