Journal für
# Kardiologie
Austrian Journal of Cardiology
Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauferkrankungen

## Digitale Herzschrittmacher in der Kinderkardiologie

Zartner P, Anelli-Monti M
Beitzke A, Gamillscheg A

*Journal für Kardiologie - Austrian Journal of Cardiology 2004; 11 (1-2), 53-56*

Homepage:
**www.kup.at/kardiologie**
Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

ÖKG Österreichische Kardiologische Gesellschaft
**Offizielles Partnerjournal der ÖKG**

EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY®
**Member of the ESC-Editor's Club**

**Offizielles Organ des Österreichischen Herzfonds**

**ACVC** Association for Acute CardioVascular Care
**In Kooperation mit der ACVC**

**Indexed in ESCI part of Web of Science**
**Indexed in EMBASE**

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz
P.b.b. 02Z031105M, Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21 Preis: EUR 10,–

# 16. LANDSTEINER TAGUNG

## SCIENCE UPDATE: HERZ, HIRN UND GEFÄSSE

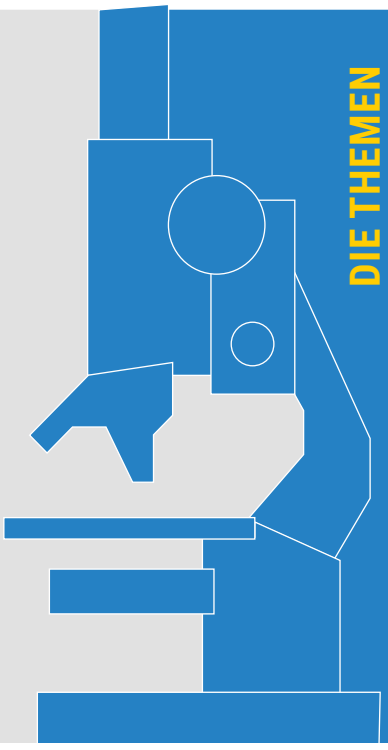
**Sa, 7. Nov. 2026**
**ab 8:30 bis 13 Uhr**

**Klinik Floridsdorf,**
**Brünner Straße 68, 1210 Wien**

ANMELDEN

**Anmeldung & Information:**
www.karl-landsteiner.at
events@karl-landsteiner.at

Die Teilnahme ist kostenlos.



**DIE THEMEN**

- Neue Methoden in der pAVK Therapie
  **Thomas Rand**
- Der Roboter in der Herzchirurgie
  **Bernhard Winkler**
- Der totalimplantierbare Herzschrittmacher
  **Thomas Aschacher**
- Interventionelle Septotomie
  **Hubert Trnka**
- Chronisches Koronarsyndrom: Revaskularisation vs konservative Therapie. Was ist prognoserelevant?
  **Georg Delle-Karth**
- Neues in der Sekundärprophylaxe des ischämischen Schlaganfalls
  **Peter Lackner**
- Vorhofflimmern 2026: Frühe Rythmuskontrolle und Antikoagulation. Was ist neu?
  **Ekaterini Skyllouriotis**
- Herzklappenersatz bei jungen Patientinnen und Patienten
  **Dominik Wiedemann**

DFP Die Veranstaltung ist mit 5 DFP-Punkten der ÖÄK approbiert (ID 1061761).

In Kooperation mit: Wiener Gesundheitsverbund | Für die Stadt Wien

Mit freundlicher Unterstützung durch: MSD INVENTING FOR LIFE


ABBOTT

HeartMate 3™ LVAD

Die LVAD-Therapie ist für ausgewählte Patient:innen mit fortgeschrittener Herzinsuffizienz in den **ESC-Leitlinien 2026 nun eine Klasse I Empfehlung.**

Abbott Medical Austria GmbH | Perfektastrasse 84A | 1230 Wien | www.cardiovascular.abbott

Kurze Zusammenfassung: Bitte beachten Sie vor der Anwendung dieser Produkte die vollständige Aufzählung der Indikationen, Kontraindikationen, Warnhinweise, Vorsichtsmaßnahmen, potenziellen Komplikationen und Anwendungsvorschriften in der Gebrauchsanweisung.
© 2026 Abbott. Alle Rechte vorbehalten. | ™ Bezeichnet eine Marke der Abbott Unternehmensgruppe. | MAT-2680469 v1.0 | Dieses Dokument ist nur zur Verwendung in Österreich zugelassen.

# Digitale Herzschrittmacher in der Kinderkardiologie

P. Zartner, A. Gamillscheg, M. Anelli-Monti, A. Beitzke

## ■ Kurzfassung

Schrittmacherstrategien bei Kindern und Erwachsenen mit angeborenen Herzfehlern weisen in der Regel einige Besonderheiten auf. Dies betrifft vor allem die Schrittmachertherapie bei Patienten unter 10 kg Körpergewicht, die Konfiguration eines Schrittmachersystems bei anatomischen Anomalien und die hämodynamischen Merkmale bei jungen und sehr aktiven Patienten mit angeborenen Herzfehlern. Besonderes Augenmerk verdient eine kind- und familiengerechte Nachsorge. Inwieweit die neu entwickelten „Digital Signal Processing“ (DSP-)Schrittmachersysteme diesen ungewöhnlichen Anforderungen nachkommen können, soll am Beispiel des derzeit jüngsten Patienten mit einem DSP-Schrittmacher betrachtet werden.

## ■ Einleitung

Patienten mit angeborenen Herzfehlern umfassen ein breites Spektrum an anatomischen und funktionellen Besonderheiten. Sie unterscheiden sich grundlegend hinsichtlich der Größe der Gefäße und Organe, des zu erwartenden Wachstums, des Frequenzverhaltens auf physiologische und psychische Reize und ihrer körperlichen Aktivität von Schrittmacherpatienten aus der normalen Erwachsenenklientel. Zusätzlich spielen auch psychologische Faktoren (Sicherheit, Anerkennung, Ängste) nicht nur bei den Patienten, sondern häufiger – und manchmal drastischer – auch bei deren Eltern eine Rolle.

### Indikationen

In unserer Klinik werden seit 20 Jahren Schrittmacher bei Kindern implantiert und derzeit 80 Patienten betreut. Zu den häufigsten Schrittmacherindikationen in unserem Bereich zählen der kongenitale AV-Block (20 % der Schrittmacherpatienten) sowie operativ verursachte AV-Blockierungen (28 %) und Sinusknotendysfunktionen (10 %). Im postoperativen Verlauf treten sich progressiv entwickelnde bradykarde Rhythmusstörungen (AV-Blockierung 14 % und Sick Sinus Syndrome [SSS] 28 %) auf, wie wir sie häufig bei Patienten nach einer Vorhofumkehroperation (nach Mustard oder Senning) finden.

### Konfiguration

Vor allem bei Säuglingen und Kleinkindern spielen die Größe des Schrittmacheraggregates sowie die Dicke und Steifigkeit der zu implantierenden Elektroden eine große Rolle, da es u. U. zu Tascheninfektionen oder -perforationen bzw. Gefäßthrombosen kommen kann [1]. Bei kleinen Kindern mit weniger als 10 kg Körpergewicht werden daher Systeme mit reduzierter Funktion (ein Einkammersystem statt eines Zweikammersystems) unter Vermeidung der Gefäße (epikardiale Elektroden und abdominell gelagerter Schrittmacher [Abb. 1]) implantiert [2–4]. Um so höhere Anforderungen werden an das Aggregat gestellt, das auch beim schreienden Kleinkind adäquate Herzfrequenzen zur Verfügung stellen soll. In der Regel werden unsere Patienten ab einem Körpergewicht von 15 kg auf das ihrer spezifischen Rhythmusstörung komplementäre transvenöse System umgestellt (Abb. 2).

### Laufzeit

Die Abstände zwischen operativen Eingriffen zum Schrittmacherwechsel oder zum Elektrodenvorschub sind aufgrund

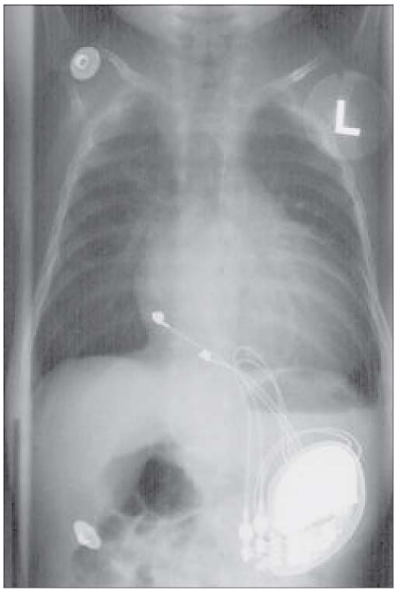



**Abbildung 1:** Größenverhältnis eines Zweikammerschrittmachers mit unipolaren epikardialen Elektroden bei einem 3 Monate alten Säugling. Der Patient hatte nach einer Korrektur eines AV-Kanals einen kompletten AV-Block behalten. 4 Monate später kam es zur Perforation der Schrittmachertasche. Bei einem Gewicht von weniger als 10 kg wurde erfolgreich ein transvenöses bipolares Zweikammerschrittmachersystem implantiert.

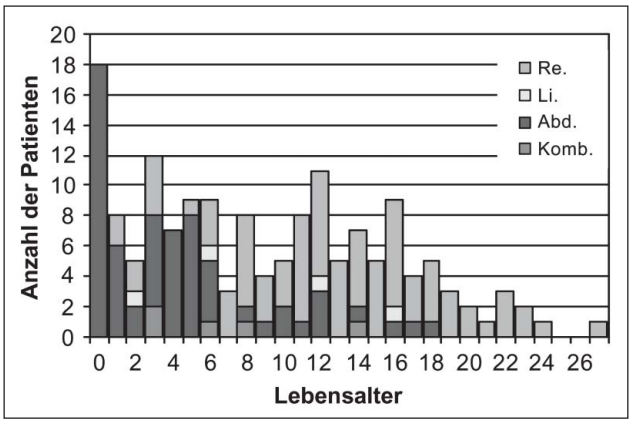



**Abbildung 2:** Implantationshäufigkeit und Lokalisation von Herzschrittmachern nach Lebensalter. Die Häufigkeit einer Schrittmacheroperation ist im Säuglings- und Kleinkindesalter am höchsten. Ein weiterer „peak“ entsteht bei der in der Regel ersten Schrittmacherrevision im Alter von 3 bis 6 Jahren. Die nächste flachere Häufung liegt zwischen dem 10. und 16. Lebensjahr. Spätestens zu diesem Zeitpunkt erfolgt die Umstellung auf ein transvenöses System; lediglich Patienten, die keine systemvenöse Konnektion zum Herz haben (Fontan-Zirkulation), behalten ihre epikardialen Elektroden. Implantationsort: Re. = rechte Schulter mit transvenösen Elektroden; Li. = linke Schulter mit transvenösen Elektroden (nur im Fall von linksseitigen Gefäßkomplikationen); Abd. = abdominell mit epikardialen Elektroden; Komb. = kombinierte epikardiale und transvenöse Elektroden.



For personal use only. Not to be reproduced without permission of Krause & Pachernegg GmbH.

des Patientenwachstums etwas kürzer als bei Erwachsenen, und nur selten erreicht ein Schrittmacher sein elektives Austauschkriterium (ERI) (Abb. 3). An unserer Klinik beträgt die mittlere Lebensdauer eines Schrittmachers etwa 3,6 Jahre, was unter anderem im Zusammenhang mit den in der Regel höheren Reizschwellen und der höheren Stimulationsfrequenz zu sehen ist.

### Frequenzverhalten

Die Anforderungen an das Frequenzverhalten der Schrittmacher bei Belastung sind beim jungen, sportlich aktiven Menschen sehr ausgeprägt. Um in diesem Bereich ausreichende Unterstützung bereitstellen zu können, sind – je nach Firma – individuelle Belastungstests und programmierbare Sensorsignal-Verstärkungen entwickelt worden. Die Kontrolle, ob eine adäquate Frequenzverteilung erfolgt ist, kann nach einem Überwachungszeitraum über schrittmacherinterne Frequenzanalysen beurteilt werden. Bei Kleinkindern sind physiologische Herzfrequenzen bis über 200/min zu beobachten, die von einem modernen Schrittmacher unterstützt werden sollten. Ein sensorgetriggerter Frequenzgang bis 180/min ist zur Standardanforderung geworden und wird derzeit nur von wenigen kleinen Aggregaten übertroffen.

### Rhythmustherapie

Bei Patienten mit zum Teil mehreren Herzoperationen, die Narben im Bereich der Vorhöfe hinterlassen, kommt es mit zunehmendem Alter gehäuft zu Vorhofflattern oder ektopen Vorhoftachykardien. Da diese intermittierend auftreten und vom Patienten oft nicht wahrgenommen werden, ist eine im Schrittmacher integrierte Aufzeichnungsfunktion mit der Möglichkeit einer späteren Auswertung unabdingbar geworden. Einige Modelle haben dazu antitachykarde Algorithmen, die selektiv zuschaltbar sind, in Ihre Aggregate integriert. Die therapeutischen Ansätze gliedern sich in automatisch ablaufende Prozesse, die durch eine eventuelle atriale Tachykardie gestartet werden und diese nach Möglichkeit frühzeitig wieder beenden, sowie elektive Prozeduren, die durch den Arzt im Krankenhaus gezielt appliziert und kontrolliert (Burst Mode) werden können. Diese Algorithmen finden auch bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern Anwendung. Der Nutzen bei postoperativ auftretenden oder sich entwickelnden, d. h. durch lange Narbenzüge im Vorhofbereich mitbedingten, atrialen Tachykardien, ließ sich noch nicht belegen, wenn sie auch im Einzelfall erfolgreich eingesetzt werden konnten [5].

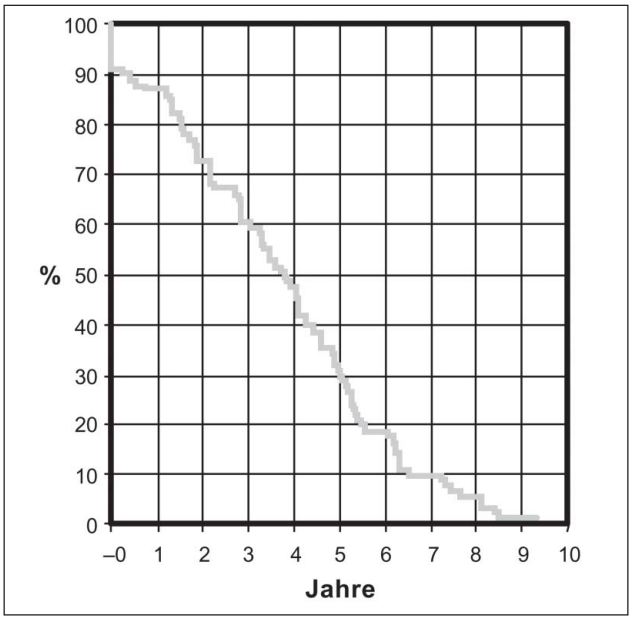



**Abbildung 3:** Kaplan-Meier-Kurve für Schrittmacher in der Kinderkardiologie. Schrittmacherlaufzeit von 91 explantierten Aggregaten. Nach initialem „Ausfall" einiger Schrittmachersysteme mit Frühversagen oder Versterben des Patienten kommt es zu einem annähernd linearen Verlauf der Kurve. Häufig erreichen die Aggregate nicht die batteriebedingten Austauschkriterien, sondern werden schon vorher im Rahmen von Herzoperationen oder Optimierung des Schrittmachersystems gewechselt.

### Hämodynamische Bedeutung

Durch neue Operationsmethoden und verbesserte postoperative Versorgung sowie zunehmend sinnvolle interventionelle Therapien stieg die Lebenserwartung und -qualität unserer Patienten, so daß viele das Erwachsenenalter erreicht haben. Damit kommt der Schrittmachertherapie eine herausgehobene Funktion in der Unterstützung des Herzens bei verschiedenen Formen der Herzinsuffizienz zu. Insbesondere Patienten mit reduzierter Ventrikelkontraktilität (z. B. nach Korrektur einer Fallotschen Tetralogie oder Fontan-Operation [6]) oder hämodynamisch bedingten AV-Klappeninsuffizienzen (im Rahmen der Dilatation des morphologisch rechten Systemventrikels bei Patienten nach Vorhofumkehroperation) können von einer erhöhten Schlagfrequenz profitieren. Auch Patienten mit komplettem kongenitalem AV-Block zeigten bei einer frühzeitigen Schrittmachertherapie weniger Funktionsstörungen, wenn auch in Einzelfällen die Entstehung einer dilatativen Kardiomyopathie beschrieben wird [7].

### Nachsorge

In der Regel reichen jährliche Kontrollen auch bei Kindern aus, sie werden aber der klinischen Situation entsprechend individuell festgelegt. Schrittmacherkontrollen, die längeres Stillhalten von seiten der Kinder verlangen, denen die Notwendigkeit der Situation nicht verständlich ist, sind mit häufigen Repositionen des Transponders und Kooperationsversuchen verbunden. Die abgeleiteten Elektrokardiogramme (EKG) sind zum Teil durch die Aktivität artefaktüberlagert, und Testprozeduren müssen daher öfter wiederholt werden. Der Datentransfer von zunehmend umfangreichen Rhythmusstatistiken sowie langsame Programme und Schaltzeiten im Programmer und im Schrittmacher erschweren eine den Kindern gerecht werdende Schrittmacherkontrolle.

## ■ Fallbericht

### Anamnese

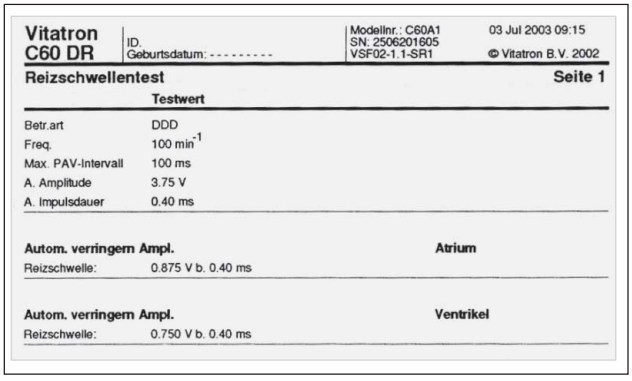
Der heute 20jährige, sportliche Patient kam mit einem kongenitalen AV-Block 3. Grades zur Welt. Trotz niedriger Pulsfrequenzen war die Entwicklung im Perzentilenbereich gleichförmig, und die körperliche Belastbarkeit war im Rahmen seines Umfeldes als normal bezeichnet worden. Kontrollen mittels Langzeit-EKG (LZ-EKG) und Echokardiographie zeigten

im Verlauf stabile Befunde; nach älteren und den aktuellen Kriterien [8] war eine Schrittmacherimplantation nicht indiziert. Erst im Alter von 18 Jahren waren im LZ-EKG zunehmend nächtliche Bradykardien bis unter 30/Min. aufgezeichnet worden, so daß eine Schrittmachertherapie notwendig wurde. Es wurde ein transvenöses Zweikammersystem implantiert. Das persönliche Wohlbefinden besserte sich nach eigenen Angaben merklich, und die körperliche Leistungsfähigkeit hinsichtlich Maximal- und Ausdauerbelastung nahm zu.

Im Sommer 2003 war aufgrund von Batterieerschöpfung ein Aggregatwechsel notwendig. Es wurde ein Vitatron C60 DR-Schrittmacher mit „Digital Signal Processing" (DSP) implantiert. Die bereits implantierten Elektroden wurden bei guten Reiz- und Sensingschwellen belassen.

## Nachsorge

Die Nachsorge des Schrittmachers erfolgt mit dem weit verbreiteten 2090-Programmer der Firma Medtronic und kann über einen Menüpunkt angesteuert werden. Die Abfrage der Schrittmacherparameter und gespeicherten EKG-Daten dauert nur wenige Sekunden. Der Reizschwellentest kann automatisch durchgeführt werden und zeigt bei unserem Patienten an beiden Elektroden sehr gute Werte von unter 1 V bei einer Impulsbreite von 0,4 ms (Abb. 4). Die Dokumentation erfolgt mit EKG, Marker-EKG und intrakardialem EKG (IEGM) und den pro Stimulationsperiode anliegenden Spannungen (Abb. 5). Gleiches gilt für den ebenfalls routinemäßigen Wahrnehmungstest.


Vitatron C60 DR
ID.
Geburtsdatum: ---------
Modellnr.: C60A1
SN: 2506201605
VSF02-1.1-SR1
03 Jul 2003 09:15
© Vitatron B.V. 2002
Reizschwellentest
Seite 1

| | Testwert |
|---|---|
| Betr.art | DDD |
| Freq. | 100 min$^{-1}$ |
| Max. PAV-Intervall | 100 ms |
| A. Amplitude | 3.75 V |
| A. Impulsdauer | 0.40 ms |

**Autom. verringern Ampl.** — **Atrium**
Reizschwelle: 0.875 V b. 0.40 ms

**Autom. verringern Ampl.** — **Ventrikel**
Reizschwelle: 0.750 V b. 0.40 ms

**Abbildung 4:** Ergebnis der automatischen Reizschwellentests

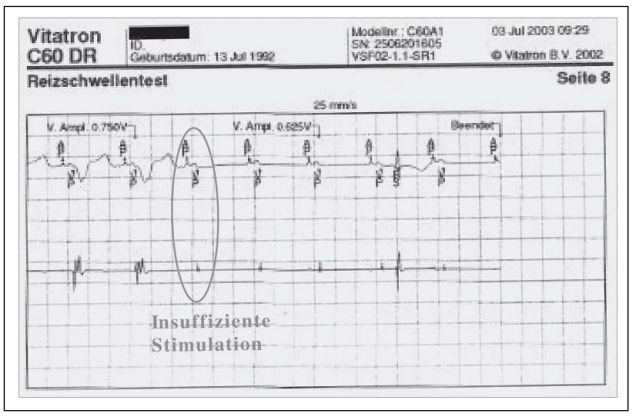



**Abbildung 5:** Automatischer Reizschwellentest. Die Amplitude wird bei der programmierten Impulsbreite schrittweise reduziert, bis es zur insuffizienten Stimulation kommt. Die gedruckte Dokumentation ist störungsfrei und enthält die relevanten Daten inklusive Marker-EKG und IEGM.

Die maximale Synchronisationsfrequenz konnte sofort auf 170 Schläge/Min. erhöht werden, da beim funktionell und anatomisch normalen Herzen diesbezüglich keine Einschränkungen bestehen. Bei physiologischer Frequenzvorgabe durch den Sinusknoten ist damit ein „natürlicher" Rhythmus und Frequenzverlauf auch im oberen Belastungsbereich ermöglicht. Das maximale AV-Intervall wird auf 160 ms festgesetzt und verkürzt sich bei hohen Frequenzen automatisch, so daß im programmierten Bereich keine Wenckebach-Periodik eintritt. Um konkurrierende Stimulationen zwischen Sinusknoten und Schrittmachersensor zu vermeiden, wurde die maximale Stimulationsfrequenz bei 120/Min. belassen. Bei den folgenden Testungen wird abzulesen sein, inwieweit das Frequenzverhalten von Sinusknoten und Schrittmachersensor übereinstimmt, und dann entschieden, ob eine reine Vorhoftriggerung (DDD ohne rate response) ausreichend sein wird.

Damit Vorhoftachykardien nicht 1:1 übergeleitet werden können, hat Vitatron einen eigenen Beat-to-Beat Mode Switch entwickelt. Die Vorhofaktivität wird Schlag für Schlag gemessen und im Falle eines plötzlichen Anstieges entkoppelt, so daß der Ventrikel mit etwa der gleichen physiologischen Herzfrequenz weiterstimuliert wird (Abb. 6). Der Mode Switch wird bei allen unseren Patienten aus Sicherheitserwägungen eingeschaltet. Aufmerksamkeit verdient der von Vitatron in der C-Serie neu implementierte Therapieberater. Hierbei handelt es sich um ein softwarebasierendes Expertensystem, das bereits bei der initialen Abfrage auffällige Ereignisse (z. B. atriale Tachykardien, Pausen) und Werte erkennt und die korrelierenden Daten direkt zur Verfügung stellt. Auch akute Veränderungen bezüglich Elektrodenimpedanz und grenzwertige Ergebnisse bei den zwischen den Kontrolluntersuchungen automatisch durchgeführten Testprozeduren werden hier konklusiv aufgelistet. Im Hinblick auf die mittlerweile enorm gestiegene Anzahl an Überwachungsparametern hilft dieses Instrument, wesentliche Bereiche rasch zu erfassen und zu bearbeiten.

## ■ Zusammenfassung

Gerade für Schrittmachersysteme in der anspruchsvollen Kinderkardiologie finden sich immer noch Grenzbereiche, die Verbesserungen zulassen. Einige davon sind in der volldigita-

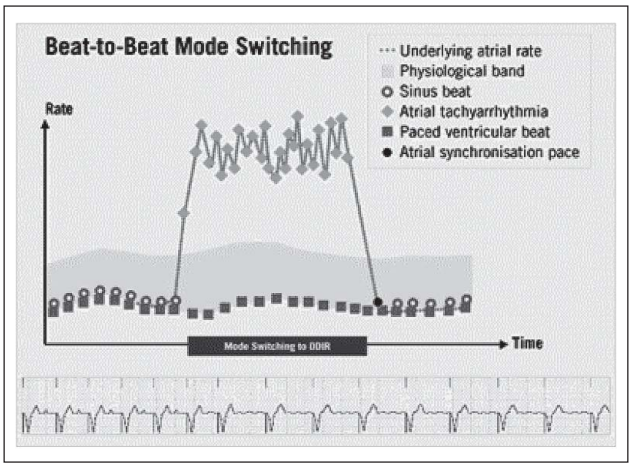



**Abbildung 6:** Lückenlose Aufzeichnung und Interpretation der Vorhofaktionen ermöglichen einen physiologischen Abgleich der Herzfrequenz im Fall spontaner Vorhoftachykardien.

len Herzschrittmacherfamilie (C-Serie) von Vitatron realisiert worden. Der vorgestellte Schrittmacher Vitatron C60 DR zeigt kurze Interaktionsphasen, schnelle Datenverarbeitung und sauber gefilterte EKGs, was die Schrittmacherkontrollen vor allem bei ungeduldigen Kindern erleichtert. An weiteren Funktionen für den Bereich der Kinderkardiologie finden sich Synchronfrequenzen bis 190/Min., ein fundierter Mode Switch-Algorithmus, der Frequenzschwankungen im Fall von paroxysmalen Vorhoftachykardien vermeiden hilft, sowie der Therapieberater als Unterstützung bei der Auswertung und Programmierung der Schrittmacherdaten.

## Literatur


1. Codreanu A, Marcon F, Bosser G, Lucron H, Burger G, Lethor JP, Sadoul N, Dodinot B. [Cardiac stimulation in the infant and young child.] Arch Mal Coeur Vaiss 2003; 96: 499–506.

2. Vignati G, Mauri L, Lunati M, Gasparini M, Gadaleta G, Figini A. [Complications and sequelae of cardiac electrostimulation in children. Our experience with 47 children.] G Ital Cardiol 1992; 22: 415–23.

3. Villain E, Martelli H, Bonnet D, Iserin L, Butera G, Kachaner J. Characteristics and results of epicardial pacing in neonates and infants. Pacing Clin Electrophysiol 2000; 23: 2052–6.

4. Nowak B, Kampmann C, Schmid FX, Przibille O, Wippermann F, Himmrich E, Meyer J. Pacemaker therapy in premature children with high degree AV block. Pacing Clin Electrophysiol 1998; 21: 2695–8.

5. Stephenson EA, Casavant D, Tuzi J, Alexander ME, Law I, Serwer G, Strieper M, Walsh EP, Berul CI; ATTEST Investigators. Efficacy of atrial antitachycardia pacing using the Medtronic AT500 pacemaker in patients with congenital heart disease. Am J Cardiol 2003; 92: 871–6.

6. Weinstein S, Cua C, Chan D, Davis JT. Outcome of symptomatic patients undergoing extracardiac Fontan conversion and cryoablation. J Thorac Cardiovasc Surg 2003; 126: 529–36.

7. Popovic B, Marcon F, Lucron H, Bosser G, Lethor JP, Sadoul N, Dodinot B. [Isolated congenital complete atrio-ventricular block.] Arch Mal Coeur Vaiss 2003; 96: 489–93.

8. ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines). J Cardiovasc Electrophysiol 2002; 13: 1183–99.



***Korrespondenzadresse:***
*OA Dr. med. Peter Zartner*
*Klinische Abteilung für Pädiatrische Kardiologie*
*Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde*
*Auenbruggerplatz 30, 8036 Graz*
*E-Mail: peter.zartner@klinikum-graz.at*

# Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

**☑ Medizintechnik-Produkte**

Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik

Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH

Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH

InControl 1050
Labotect GmbH

## e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

**☑ Bestellung e-Journal-Abo**

**Haftungsausschluss**

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

**Impressum** **Disclaimers & Copyright** **Datenschutzerklärung**