

Fallbeispiel der Todesursächlichkeit eines Herzschrittmachers

Schrittmacherversagen bei ‘Sick Sinus Syndrome’ mit Bradykardie

Mirko Junge*
www.DrJunge.de
mj@DrJunge.de

Jörn Weckmüller†
weckmuel@web.de

Herbert Nägele‡
naegele@uke.uni-hamburg.de

Klaus Püschel*
ifrrh@uke.uni-hamburg.de

Wilfried Rödiger‡
roediger@uke.uni-hamburg.de

10. Januar 2001

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	
2	Abstrakt	
3	Einleitung	
3.1	Elektronische Diagnose	
4	Der Fall	
4.1	Sektionsdiagnose	
4.2	Technische Überprüfung	
4.3	Bewertung	
5	Schlußfolgerung	

1 Abstract

1 We report on a patient who at the age of 78 consulted his doctor with the classical symptoms of a ‘sick sinus syndrome’: dizziness, confusion, fatigue, and syncope. The diagnosis of a bradycardic sinus node dysfunction was confirmed by a cardiologist. After implantation of an anti-bradycardia pacemaker, the patient made a full recovery. Due to a worsening of his medical situation, the patient was admitted to hospital 4 years later. A cardiac decompensation with global cardiac insufficiency was diagnosed. When the patient died, he had been hospitalised for 8 weeks, his medical condition having been treated with drugs. The primary cause of death was stated as ‘cardiac decompensation’ in the death certificate. **5**

An autopsy was performed by the resident pathologist; the pacemaker generator was left in place above the pectoralis muscle. During the required second post-mortem examination before cremation, the pacemaker was explanted. The electrode showed signs of stretching but was still connected to the generator.

Telemetric interrogation of the pacemaker generator showed the battery to be depleted (EOL). No electrical output could be measured from the generator terminals. The generator functioned flawlessly after battery replacement.

It is highly probable, that the pacemaker-battery was depleted for the last couple of weeks before the patient’s death. Therefore, the absence of the cardiac pacing pulses has to be seen as the cause of the global cardiac insufficiency. Thus, the faulty pacemaker is the underlying cause of death; the death has to be classified as ‘not natural’.

From a forensic point of view, a thorough investigation of an implanted pacemaker is of paramount importance in finding the precise cause of death.

Keywords

post-mortal diagnostics; pacemaker (PM); battery exhaustion

*Institute für Rechtsmedizin, Universität Hamburg, Butenfeld 34, 22529 Hamburg, Germany

†Zentrum für Innere Medizin B, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Friedrich Löffler Str. 23a, 17487 Greifswald, Germany

‡Herz- und Gefäßchirurgie, Universität Hamburg, Martinistr. 52, 20246 Hamburg, Germany

2 Abstrakt

Es wird der Fall eines Patienten berichtet, der sich vor 4 Jahren, im Alter von 78 Jahren mit den typischen Symptomen des so genannten ‘Sick Sinus Syndrome’ bei seinem Hausarzt vorstellte: Abgeschlagenheit, Verwirrtheit sowie Schwindelanfälle mit Stürzen. Ein hinzugezogener Kardiologe bestätigte die Verdachtsdiagnose einer ausgeprägten Sinus-Bradycardie mit Synkopen bei Sinusknotenfehlfunktion und therapierte den Patienten durch Implantation eines Herzschrittmachers, worauf sich der Zustand des Patienten normalisierte.

8 Wochen vor dem Tode verschlechterte sich der Zustand des Patienten so dramatisch, dass er zur stationären Behandlung eingewiesen wurde. Eine kardiale Dekompensation bei Globalinsuffizienz wurde diagnostiziert, woran sich ein 8-wöchiger, medikamentöser Therapieversuch anschloss, der mit dem Tod des Patienten endete. Als primäre Todesursache wurde von den behandelnden Ärzten die zu Beginn des Krankenhausaufenthaltes diagnostizierte kardiale Dekompensation in den Totenschein eingetragen.

Der Leichnam wurde von Pathologen obduziert, der Schrittmachergenerator wurde hierbei unberührt an typischer Stelle über dem M. pectoralis belassen. Im Rahmen der zweiten äußeren Leichenschau vor Kremierung wurde der Schrittmacher explantiert, zu diesem Zeitpunkt wies die Elektrode Zeichen einer Dehnung auf, war jedoch noch fest und elektrisch leitend mit dem Generator verbunden. Bei der telemetrischen Abfrage des Schrittmachers wurde der Batteriezustand als erschöpft (EOL) angezeigt, an den Generator-Elektroden konnte unter Last kein Signal gemessen werden. Durch Öffnen des Schrittmachergehäuses mittels einer Diamantsäge und Anschluss einer entsprechenden neuen Energiequelle konnte die Funktionsfähigkeit des Generators wieder hergestellt werden.

Der Herzschrittmacher war, unter Berücksichtigung des klinischen Verlaufs, höchstwahrscheinlich schon 8 Wochen vor dem Tod aufgrund der Batterieerschöpfung – nach nur 4 Jahren – bereits nicht mehr funktionsfähig und ursächlich für die Globalinsuffizienz des Patienten. Somit ist die Fehlfunktion des Herzschrittmachers todesursächlich gewesen und der Tod hätte als ‘nicht natürlich’ klassifiziert werden müssen.

Vom forensischen Gesichtspunkt aus ist die gründliche Aufarbeitung der in Herzschrittmachern gespeicherten Daten für die Bestimmung der Todesursache von größter Wichtigkeit.

Schlüsselworte

Post-mortale Diagnostik; Herzschrittmacher (PM); Batterieerschöpfung

3 Einleitung

Wir berichten über den Fall eines 82-jährigen Patienten, der im Alter von 78 Jahren aufgrund einer Herzerkrankung einen anti-bradikarden Herzschrittmacher implantiert bekam. Nach der Implantation normalisierte sich der Gesundheitszustand des Patienten vollständig.

Der Schrittmacher wurde im Rahmen einer zwei-jährigen Querschnittstudie über den post-mortalen Funktionszustand von Herzschrittmachern im Krematorium Hamburg-Öjendorf als Teil der zweiten äußeren Leichenschau vor Kremierung explantiert [1].

Die Explantation erfolgte aufgrund der in der Batterieverordnung [2] vorgeschriebenen Verpflichtung zur ordnungsgemäßen Rückgabe eines Gerätes mit fest eingebauten Batterien an den Hersteller oder Vertreiber (§7 BattV). Alle elektrischen Sicherheitsbestimmungen wurden eingehalten.

3.1 Elektronische Diagnose

Alle modernen Herzschrittmacher (PM) sind mit einer telemetrischen Abfragemöglichkeit für Programmierung/Parametrierung und Nachsorge ausgestattet.

Die Herzschrittmacher empfangen die Befehle über ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld, die Rückübertragung vom Herzschrittmacher zum Programmiergerät erfolgt mit der gleichen Technik [3][4]. Somit kann heutzutage ein Schrittmacher-Aggregat und sein Elektrodensystem ohne chirurgische Intervention abgefragt und überprüft werden; Dies funktioniert auch, wenn der Patient schon verstorben ist [5][6].

Die große Anzahl verschiedener telemetrischer Programmiergeräte, die für die unterschiedlichen Herzschrittmacher benötigt werden, sind das größte Hindernis für eine routinemäßige, post-mortale Überprüfung. Zur Zeit gibt es kein universelles, also hersteller- und baureihenübergreifendes Programmiergerät auf dem Markt zu kaufen. In einigen Fällen werden für Schrittmacher einer Produktlinie unterschiedliche Programmiergeräte benötigt.

4 Der Fall

Im Alter von 78 Jahren, 4 Jahre vor seinem Tod, stellte sich der Patient bei seinem Hausarzt mit den typischen Symptomen des sogenannten ‘Sick Sinus Syndrome’ (SSS) vor: Abgeschlagenheit, Verwirrtheit und Schwindelanfälle mit Stürzen. Ein hinzugezogener Kardiologe bestätigte die Verdachtsdiagnose einer ausgeprägten Sinus-Bradycardie mit Synkopen bei Sinusknotenfehlfunktion. Entsprechend den geltenden Richtlinien für Sinusknoten Erkrankungen [7][8] wurde dem Patienten ein Herzschrittmacher implantiert.

Nach der Implantation des Schrittmachers normalisierte sich die Symptome des Patienten.

8 Wochen vor seinem Tod verschlechterte sich der Zustand des Patienten dramatisch, er wurde zur stationären Behandlung in ein Krankenhaus eingewiesen, wo eine Globalinsuffizienz bei kardialer Dekompensation diagnostiziert wurde. Das EKG wies keine Schrittmacherimpul-

se auf, die Pulsfrequenz betrug 40bpm . Während seines achtwöchigen Krankenhausaufenthaltes wurde eine alleinige Therapie mit Antihypertensiva durchgeführt. Von den behandelnden Ärzten wurde die kardiale Dekompensation als primär todesursächlich in den Totenschein eingetragen (siehe Abb.: 1§3).

Der Leichnam wurde von den Pathologen des Krankenhauses obduziert, der Schrittmachergenerator verblieb in seiner typischen Position oberhalb des linken M. pectoralis.

Im Rahmen der zweiten äußeren Leichenschau vor Kremierung wurde der Schrittmacher explantiert und ausgewertet. Die Elektrode wies Zeichen einer Dehnung auf, war aber sowohl mechanisch als auch elektrisch einwandfrei mit dem Aggregat verbunden.

4.1 Sektionsdiagnose

Bei der Obduktion durch den untersuchenden Pathologen wurden die folgenden Befunde erhoben: Bei einer hochgradigen allgemeinen Arteriosklerose mit atheromatösen Plaques und ulcerierten Beeten in der Aorta und den großen Arterien bestand eine hochgradige Coronarsklerose mit zahlreichen, zum Teil verkalkten Plaques in den Hauptästen. Im proximalen Abschnitt des RIVA befand sich ein in die Arterienwand eingewachsener Stent auf einer Länge von 1cm .

Makroskopisch eine hochgradige, rechts betonte Hypertrophie der Herzkammern. In einem Papillarmuskel fanden sich Fibrosierungen, in der Hinterwand eine alte, $1,5\text{cm}$ durchmessende Fibrosierung. Histologisch neben den mikroskopischen Korrelaten der narbigen Veränderungen am Herzen keine Zeichen eines frischen Infarktgeschehens.

Fibrosierung der Lungen, zahlreiche Asbestkörperchen in den Alveolarmakrophagen.

Aufgrund der ausgeprägten Dilatation der Herzkammern bei ausgeprägter Fibrosierung der Lungen stellten die Pathologen als Todesursache eine rechtsführende kardiale Dekompensation bei ausgeprägter Lungenfibrose fest.

Der Befund wurde nicht wie vorgeschrieben in den Totenschein eingetragen (siehe Abb. 1).

4.2 Technische Überprüfung

Der Herzschrittmacher wurde nach Explantation und Sicherung der Elektroden mit dem entsprechenden telemetrischen Programmiergerät überprüft und die Daten ausgelesen. Besonders wurde hierbei auf den Zeit/Datumsstempel geachtet, um die Interventionszeitpunkte der realen Zeit zuordnen zu können. Die interne Uhr der Herzschrittmacher ist aus einem freilaufenden Zähler aufgebaut. Das telemetrische Auslesen der im Herzschrittmacher gespeicherten Daten führt zu einem Abgleich der Herzschrittmacher-Uhr mit der des Auslegerätes. Die interne Uhr des Programmiers ist nichts anderes als eine Standard Computer-Uhr [9], die für ihre notorische Ungenauigkeit, häufig bis zu $\pm 15\text{sec/day}$ entsprechend $\pm 7.5\text{min/month}$ [10], bekannt sind. Diese Zeitdifferenzen können zu großen Fehlern akkumulieren. Eine weitere Komplikation stellt die Sommerzeit dar, die in nicht standardisierter Art und Weise berücksichtigt



Abbildung 1: Faksimile des vertraulichen Teils des Totenscheins.

Im Bundesland Niedersachsen muss im vertraulichen Teil des Totenscheins ein erhobener Sektionsbefund dokumentiert werden (hier fehlend). Weiterhin war die den Totenschein ausstellende Institution nicht angegeben.

wird, so dass es zu abrupten Zeitfehlern von $\pm 1\text{h}$ kommen kann. Durch das umstellen der internen Uhr des Herzschrittmachers wird nur die Uhr, jedoch nicht der Zeit-/Datumsstempel schon aufgezeichneter Daten, wie EKGs, Elektrodenimpedanzen etc., geändert [11].

Die Zeitdifferenz betrug wenige Minuten.

Die erhaltenen Daten wurden für eine spätere Diagnostik ausgedruckt. Die Übersichtsseite zeigte die in Abbildung 2 angegebenen Befunde.

Leider handelt es sich bei dem Schrittmacher – einem Bionik Dromos SR – um eine Baureihe, die keinen Episdenspeicher besitzt und neben dem Summary-Report nur noch Informationen über die Batterie und die Elektrode zur Verfügung stellt (siehe Abb. 3), so dass sich die vermutete Synkope mit Asystolie nicht beweisen läßt.

Bei der telemetrischen Abfrage des Schrittmachers wurde der Batteriezustand als erschöpft angezeigt (EOL, engl. End Of Life).

Somit konnte die vermutete Todesursache, Synkope mit Asystolie, nicht durch die telemetrisch erhobenen Daten bewiesen werden.

Bei der Auswertung des Herzschrittmachers entsprachen die gemessenen elektrischen Erregungsimpulse nicht der durch die Programmierung bestimmten (0.5V at $10\text{M}\Omega$ vs. 2.4V at $3\text{k}\Omega$), die Frequenz hingegen betrug noch die programmierten 60ppm .

Durch Öffnen des Schrittmachergehäuses mit einer Diamantsäge und Anschluß einer entsprechenden neuen Energiequelle (siehe Abb.: 4) konnte die volle Funktionsfähigkeit des Generators wiederhergestellt werden, womit sich der Verdacht einer Batterieentleerung als Grund für die Schrittmacherfehlfunktion bestätigte.

4.3 Bewertung

Der Herzschrittmacher war, unter Berücksichtigung des klinischen Verlaufs, höchstwahrscheinlich schon 8 Wochen vor dem Tod aufgrund der Batterieerschöpfung – nach nur

BIOTRONIK SWM 1000

Rel B-K00.0.A/2 22.09.2000 16:14

DRAMOS SR SN. 858045

AUSTAUSCHINDIKATION
ERREICHT!
PARAMETER (PERMANENT)

16:14

VORHER AKTUELL

Mode	SSIR	
Grundfrequenz	60	ppm
Hysteresefrequenz	-----	ppm
Obere Grenzfrequenz	-----	ppm
Impulsamplitude	2.4	V
Impulsdauer	0.50	ms
Ven. Empfindlichkeit	0.5	mV
Atr. Empfindlichkeit	0.4	mV
Refraktärzeit	400	ms
Polarität Pace	UNIP	
Polarität Sense	BIPL	
Magneteffekt	ASYN	
Sensor Simul.	-----	
Sensorverstärkung	6	
Sensorschwelle	mittel	
Frequenzanstieg	mittel	
Max. Sensorfrequenz	125	ppm
Frequenzabfall	mittel	

PATIENTENDATEN

Patient		
Symptom	B1	Synkope
Afiologie	B1	Afiologie unbekannt
EKG-Indikation	E4	SSS Bradykardie
Elektrode	BIPL	
Implantation	14.08.96	
Letzte Nachs.	17.01.00	

TRENDMONITOR AKTIV
EREIGNISZÄHLER AKTIV

Abbildung 2: Faksimile des 'Programmed Parameter Summary Report', der Übersicht der wichtigsten Schrittmacher-Daten: Modell, Seriennummer, Funktionszustand, Routineuntersuchungsintervall etc.

BIOTRONIK SWM 1000

Rel B-K00.0.A/2 22.09.2000 16:15

DRAMOS SR SN. 858045

BATT./ELEKTR.-TELEMETRIE

Mode	S00
Batt. Status	EOL
Messwerte:	
Batt. Spannung	2.27 V
Batt. Strom	14 µA
Batt. Impedanz	22.5 kΩ
Imp. Spannung	----- V
Impulsstrom	----- mA
Impulsenergie	----- µJ
Impulsladung	----- µC
El. Impedanz	>3200 Ω

Abbildung 3: Faksimile des 'Batteriestatus und elektro-nische Telemetrie', detaillierte Angaben zu Batteriestatus und Elektrodenzustand.

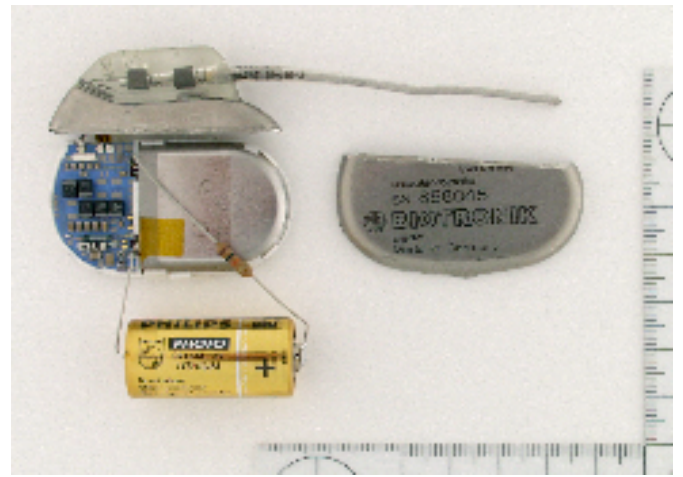


Abbildung 4: Aufgesägter Schrittmacher mit der angeschlossenen externen Batterie.

Der Innenwiderstand der neuen Batterie wurde durch einen Serienwiderstand (1kΩ, 125mW) zur Begrenzung des maximalen Stromflusses, künstlich erhöht. Zuerst wurde der negative Pol, dann der positive der Ersatzbatterie mit der entladenen Batterie des Schrittmachers verbunden. Danach wurde der positive Pol der entladenen Batterie von der Schaltung getrennt, so dass die neue, externe Batterie als einzige Energiequelle blieb.

Nach Anschluss der neuen Batterie funktionierte der Schrittmacher fehlerfrei.

4 Jahren-bereits nicht mehr funktionsfähig und ursächlich für die Globalinsuffizienz des Patienten.

Im Krankenhaus wurde der Schrittmacher vom ärztlichen Personal durch eine unglückliche Verkettung von Umständen übersehen: Die Eingangsuntersuchung wurde von einem PJ-Studenten durchgeführt, im EKG fanden sich keine Schrittmacherimpulse, der Stationsarzt nahm aufgrund von 'Nachtdienstfrei' nicht an der Röntgendemonstration teil, der Radiologe führte den Schrittmacher nicht in seiner Diagnose auf.

Der Patient benötigte für die Therapie seines noch immer bestehenden 'Sick Sinus Syndrome' den Herzschrittmacher, um nicht bradykard zu werden. Durch die auftretende Bradykardie kam es zur kardialen Dekompensation, in Folge derer der Patient die Symptome der Globalinsuffizienz aufwies. Auch durch eine ausdifferenzierte medikamentöse Therapie (Vor- und Nachlastsenker in Kombination mit Diuretika) konnte keine kardiale Rekompensation erreicht werden. Der geringe Output des Herzens im Rahmen der Bradykardie reichte nicht für einen suffizienten Körperkreislauf aus. Mittel der Wahl für ein 'Sick Sinus Syndrome' ist die Implantation eines Herzschrittmachers [7][8]. Durch Austausch des Schrittmachergenerators mit seiner erschöpften Batterie gegen einen neuen hätte der Patient, selbst bei seiner laut Bericht der Pathologen bestehenden hochgradigen Lungenfibrose, sicher therapiert werden können.

Somit ist die Fehlfunktion des Herzschrittmachers todesursächlich gewesen und der Tod hätte als 'nicht natürlich' klassifiziert werden müssen.

5 Schlußfolgerung

Bei der vorgestellten Kasuistik handelt es sich um einen Fall, bei dem eine Bestimmung der Todesursache durch eine klinische Anamnese und Untersuchung sowie eine pathologische Sektion nicht zutreffend geklärt wurde.

Eine Untersuchung des Schrittmachers und die damit verbundene Aufdeckung seines Defektes hätte die Todesursachenermittlung vervollständigt. Somit lässt sich hier nur wiederholen, dass bei Patienten mit Herzschrittmachern sowie bei Trägern von implantierbaren Kardioverter/Defibrillatoren (ICD) die Todesursache nur durch eine genaue Analyse des Gerätes und der im Gerät gespeicherten Daten in Verbindung mit einer Obduktion zweifelsfrei bestimmbar ist.

Literatur

- [1] Junge M (2001) Eine Analyse von postmortal explantierten Herzschrittmachern (PM) und Implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren (ICD) (An analysis of post mortally explanted pacemakers (PM) and Implantable Cardioverters/Defibrillators (ICD)). Medical Dissertation, University of Hamburg. Available at <http://www.DrJunge.de>
- [2] Verordnung über die Rücknahme und Entsorgung gebrauchter Batterien und Akkumulatoren (Batterieverordnung-BattV) (Directive about the taking back and waste disposal of used batteries and storage cells) (1998) Bundesgesetzblatt G5702, Nr. 20, 27.3.98. Veröffentlicht in Drucksache 13/9516 vom 18.12.1997
- [3] Sanders RS, Lee MT (1996) Implantable pacemakers. Proceedings of the IEEE 84(3):480-6.
- [4] Levin PA, Love CJ (2001) Pacemaker diagnostics and evaluation of pacing system malfunction. In: Ellenbogen KA, Kay GN, Wilkoff BL, Editors. Clinical cardiac pacing and defibrillation. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 827-75.
- [5] Nägele H, Rödiger W (1998) Langzeit-Arrhythmieüberwachung von Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion mit dem Mark 1A-Analyseprogramm. Herzschrittmacher 18:33-43.
- [6] Irnich W, Müller R, Batz L (1999) Untersuchungen an 400 exstirpierten Herzschrittmachern. Herzschrittmacher 19:209-230.
- [7] Dreifus LS, Fisch C, Griffin JC, et al (1991) Guidelines for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: A report of the American College of Cardiology (ACC)/American Heart Association (AHA) task force on assessment of diagnostic and cardiovascular procedures. (Committee on Pacemaker Implantation). Circulation 84:455.
- [8] Anonymous (1991) Recommendations for pacemaker prescription for symptomatic bradycardia: Report of a working party of the British Pacing and Electrophysiology Group. Br Heart J 66:185-91.
- [9] Warren JA, Dreher RD, Jaworski RV, Putzke JJ, Russie RJ (1996) Implantable cardioverter defibrillators Proceedings of the IEEE 84(3):468-79.
- [10] Maxim Integrated Products (2001) Evaluating the Accuracy of Maxim Real-Time Clocks. http://dbserv.maxim-ic.com/appnotes.cfm?appnote_number=632
- [11] Junge M, Weckmüller J, Nägele H, Püschel K (2002) 'Natural Death' of a patient with a deactivated Implantable Cardioverter-Defibrillator (ICD)? For Sci Int 125:1-6.