

# 1100 post-mortal überprüfte Schrittmacher in 4 Jahren Zwischenbericht und Wege für die Zukunft

M. Junge<sup>1</sup>, O. Lühring<sup>1</sup>, J. Bandholz<sup>1</sup>, K. Stepp<sup>1</sup>, J. Weckmüller<sup>2</sup>, H. Nägele<sup>3</sup>, K. Püschel<sup>1</sup>, M. Riße<sup>4</sup>

Die post-mortale Untersuchung von Herzschrittmachern hat eine lange Geschichte [1,2,3,4]. Erst mit Einführung der Batterieverordnung 1998 jedoch können Patienten mit Schrittmachern systematisch untersucht werden [5,6,7].

Im Rahmen der zweiten äußeren Leichenschau werden im Krematorium Hamburg-Eppendorf seit Januar 2000 alle diagnostizierten Herzschrittmacher und ICDs einer technischen Funktionsprüfung unterzogen [6,7,8]. In den letzten 3 Jahren fand diese Überprüfung in-situ, d.h. im noch implantierten Zustand in der Leiche statt.

**Material, Methodik:**

In allen 1070 Fällen wurden die Schrittmacher-Generatoren nach Explantation telemetrisch abgefragt. 422 Schrittmacher-Systeme wurden in-situ telemetrisch abgefragt, bei 447 Systemen wurde das Schrittmachersignal in-situ an der Körperoberfläche dargestellt. In 191 Fällen wurden beide in-situ Meßmethoden durchgeführt.

**Ergebnisse:**

- Alter bei Implantation: 80,1a±9,04a (n=675). <Diag. 1>
- Mittlere Implantationsdauer 3,60a±3,16a (n=675). <Diag. 2>
- Alter der Verstorbenen 84,2a±8,60a (n=1167). <Diag. 3>
- Funktionszustand <Diag. 4>
  - 83% (898/1083) Funktionszustand ohne Beanstandungen
  - 8,5% ( 92/1083) ERI (Elektrische Replacement Indicator)
  - 4,2% ( 46/1083) EOL (End of Life)
  - 0,8% ( 9/1083) Reset
  - 0,3% ( 3/1083) Herunterprogrammiert
  - 0,0% ( 1/1083) Connector-Defekt
- Letzte Nachsorge <Diag. 5>
  - Im Mittel bei 311d±393d max. 2857d=7,8a (n=435).
  - Aufgeschlüsselt nach Wohnort <Diag. 6>
    - 269d±380d (n=231), bei eigener Wohnung
    - 363d±406d (n=199), bei Bewohnern von Altenheimen
- Wohnort <Diag. 6>
  - 55% (633/1149) Eigene Wohnung
  - 45% (516/1149) Altenheim
  - Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Wohnsituationen ließ sich nicht feststellen [14,15].

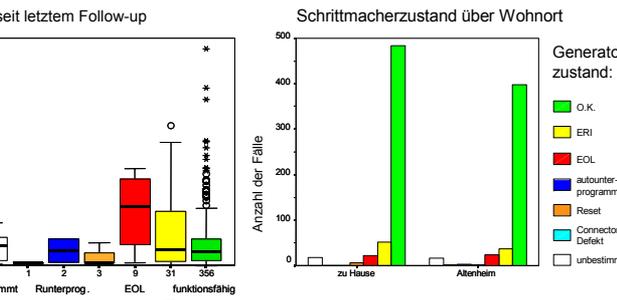
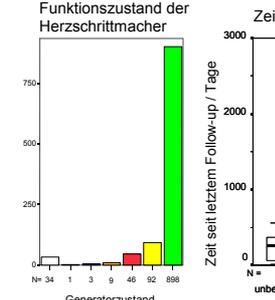
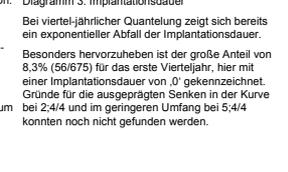
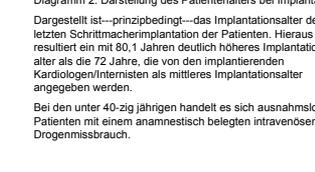
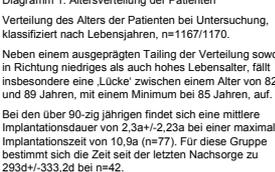
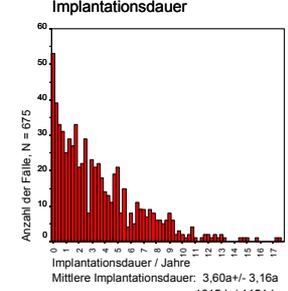
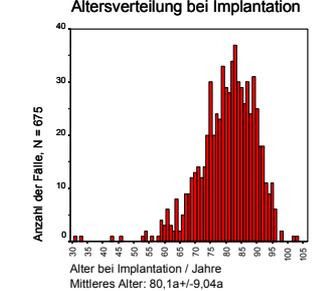
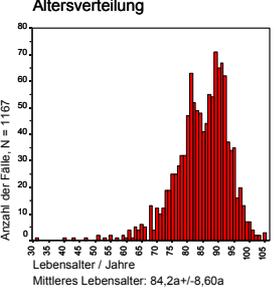
**Schlussfolgerung aus den durchgeführten Untersuchungen:**

Die umfassendste Information über die Funktion eines Herzschrittmachers erhält man durch die telemetrische in-situ Abfrage des Generators mit einem entsprechenden Programmiergerät. Lässt sich ein Schrittmacher-Generator aufgrund eines Defektes oder einer Batterieerschöpfung nicht in-situ abfragen, so kann die in-situ Darstellung der Schrittmacherimpulse wertvolle Hinweise auf die Funktion von Schrittmacher-Generator und Schrittmacher-Elektroden liefern. Lassen sich beide Methoden nicht anwenden, so sollte der Schrittmacher-Generator explantiert und von einem Kardiologen untersucht werden. Laßt sich auch unter diesen Bedingungen keine telemetrische Verbindung zum Generator aufbauen, sollte man das Titan-Gehäuse aufsägen, eine frische Lithium-Batterie anschließen und anschließend den Generator telemetrisch abfragen. Die Impedanzen der Elektroden lassen sich nach Explantation natürlich nicht mehr bestimmen, einige modernere Schrittmacher haben jedoch einen Trendspeicher für die Elektrodenimpedanzen, der sich auch nach Explantation noch für den relevanten pre-mortalen Zeitraum abfragen lässt. Viele Elektrodendefekte lassen sich auch durch eine optische Inspektion diagnostizieren.

Weitergehende Information findet sich im Internet unter: <http://www.DrJunge.de>

**Literatur**

- [1] Engelke (1979) Besonderheiten bei der Todesermittlung von Herzschrittmachern. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 37:277-279.
- [2] Böcker (1988). Todesfälle mit Herzschrittmachern. Med. Dissertation, Universität Hamburg.
- [3] Irnich (1999) Pacemaker-related patient mortality. Pacing and clinical electrophysiology (PACE) 22:1279-1283.
- [4] Irnich, Müller, Bätz (1999) Untersuchungen an 400 extirpierten Herzschrittmachern. Herzschrittmacher 19:209-225.
- [5] Junge, Weckmüller, Tsokos, Püschel (2000) Herzschrittmacher (PM) und implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren (ICD) aus rechtsmedizinischer Sicht. In: Püschel, Tsokos (Hrsg.) Krematoriums-Leichenschau, Schmidt-Romhild, Lübeck (Research in Legal Medicine, Volume 22, Seiten 143-157).
- [6] Eine Analyse von post-mortal explantierten Herzschrittmachern und ICD aus dem Jahre 2000 (2002) Junge, Weckmüller, Nägele, Püschel, Rödiger
- [7] Junge, Weckmüller, Nägele, Püschel, Rödiger (2002) An Analysis of 460 Pace Makers Explanted Post-Mortem during 2000/2001, Jahrestagung DGKardio 2002, Ulm.
- [8] Junge, Weckmüller, Nägele, Püschel, Rödiger (2002) Eine Analyse von post-mortal explantierten Herzschrittmachern und Implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren. Jahrestagung DGIM, Wiesbaden.
- [9] Junge, Weckmüller, Nägele, Püschel, Rödiger (2003) Programm Parameters in Pace Makers explanted post-mortem. Jahrestagung DGIM 2003, Wiesbaden.
- [10] Bartsch, Irnich, Junge, Riße, Stiermann, Weiler (2003) Postmortale Herzschrittmacherdiagnostik. Rechtsmedizin, 13(3).
- [11] Junge, Bandholz, Nägele, Weckmüller, Lühring, Rödiger, Püschel (2003) Versorgungsmedizinische Aspekte der Schrittmacherüberprüfung, Herbsttagung DGKardio, Münster.
- [12] Irnich, Bartsch, Junge, Stiermann, Riße, Püschel, Weiler (2003) Post-mortem Evaluation of 415 Pacemakers. Nagele.
- [13] Junge, Bandholz, Nägele, Weckmüller, Rödiger, Heinemann, Püschel (2003) Nur Messen ist nicht genug. Versorgungsmedizinische Aspekte der Schrittmacherüberprüfung. Jahrestagung DGIM, Münster, Handout.
- [14] Wallace, Woolson (1992) The Epidemiologic Study of the Elderly. Oxford University Press.
- [15] Little, Rubin (1987) Statistical Analysis with Missing Data. John Wiley & Sons, New York.



**Legende Diagramme 4 & 5 & 6:**  
 Funktionszustand der Schrittmachersysteme (n=1062).  
 O.K.: Keine Beanstandungen am Generator-/Elektrodensystem.  
 ERI: Elektrischer Austauschindikator, d.h. der Generator sollte aufgrund des fast erschöpften Batteriezustandes demnächst gewechselt werden. In der Regel fährt sich der Schrittmacher mit Erreichen des ERI-Zustandes in ein batteriegesichertes Notprogramm (meist Not-VVI).  
 EOL: Die Batterie hat ihr „Design-Life“ überschritten, d.h. sie arbeitet außerhalb des im Datenblatt zugewiesenen Bereichs. Die Funktion des Schrittmachers kann nicht mehr garantiert werden.  
 Runterprog.: Schrittmacher hat sich, aus nicht näher spezifiziertem Grund (Externe Stoffeinfüsse, unplanbare sensing Signale etc.), auf den Not-VVI-Modus „herunterprogrammiert“. Eine Umschaltung auf ein Not-VVI aufgrund fortgeschrittener Batterieentladung (ERI/EOL) fällt nicht unter diesen Punkt.  
 Reset: Erst nach telemetrischen Reset-Zurücksetzen auf die Ausgangswerte funktioniert das Schrittmacher-Elektrodensystem wieder (Blue-Screening). Erst nach diesem Reset lieferte der Generator adäquate Signale.  
 Connector Defekt: In einem Fall war der Übergang zwischen Generator und Elektrode im Connector schadhaft, hier waren sowohl der Connector, als auch das Elektrodenende mit einer schwärzlichen, elektrisch nicht leitenden Patina überzogen. Nach Reinigung der Kontakte und Wiederanschluss arbeitete das System ohne Beanstandungen.

**Systemzustand (Telem.) + Generatorzustand (DFG) Crosstabulation**

Count	Generatorzustand (DFG)							Total
	unbestimmt	Connector def.	Runterprog.	Reset	EOL	ERI	pm ERI	
Generaltzustand	unbestimmt	2						3
Telem.)	keine telemetrische Verbindung				1	1		2
Runterprog.	EOL						1	1
ERI	pm ERI	1	1	1	1	2		3
pm ERI	I.O.	1	1	2	1	4	5	16
I.O.			1	1	1	1	1	6
Total		4	1	4	2	1	8	66

**Tabelle 1: Vergleich von in-situ Impulsmessung und in-situ telemetrischer Messung**  
 In 112 Fällen wurde neben der telemetrischen in-situ Messung [8, 11] auch eine in-situ Messung der vom Schrittmacher aussendenden Impulse [10, 12] durchgeführt. In 66% (74/112) der untersuchten Fälle ergaben beide Messmethoden übereinstimmende Ergebnisse. Ein voll funktionsfähiger Schrittmacher-Generator wurde bei der Messung des Schrittmacher-Impulses in 86/112 durchgefragt, die telemetrische Abfrage ergab eine einwandfreie Funktion in nur 71/112 Fällen.  
 Problematisch in dieser Tabelle erscheinen aus forensischer Sicht die Messergebnisse, nach denen die Bewertung „I.O.“ infolge telemetrischer Abfrage durch die Messung des Schrittmacher-Impulses nicht bestätigt werden konnte. Der Connector-Defekt konnte durch die Form des Schrittmacher-Impulses, als auch durch optische Inspektion, nicht jedoch durch das Programmiergerät diagnostiziert werden.  
 Das Kappen der Elektroden bei der Explantation führt bei einigen Schrittmachern zur Aktivierung des ERI-Modus, bei anderen zu einer Aktivierung des Not-VVI-Modus ohne das Setzen des ERI-Flags.  
 Weiterhin von Bedeutung sind die beiden Generatoren, denen im jeweiligen Messverfahren eine totale Batterieerschöpfung (EOL) attestiert wurde, die von der jeweils anderen Untersuchungsmethode so nicht nachvollzogen werden konnte. Bei einigen Schrittmachermodellen führt die telemetrische Abfrage zu einer Reaktivierung des Schrittmachers, trotz erschöpfter Batterie, so dass trotz EOL eine telemetrische Abfrage durchgeführt werden kann. In der Regel lassen sich Schrittmacher im EOL-Modus jedoch nicht mehr telemetrisch abfragen oder gar programmieren.  
 Der Zustand pm-ERI steht für post-mortales-ERI, d.h. der Schrittmacher-Generator ist erst nach dem Versterben des Trägers in den ERI-Modus gesprungen. Dies geschieht in der Regel durch die Abkühlung der Leichen sowie durch die aktive Kühlung der Leichen. Durch die Kälte erhöht sich der Innenwiderstand der Lithiumzellen und die Batterie-Impedanzmessung führt zur entsprechenden Diagnose. Bei Erwärmung sinkt der Batterie-Innenwiderstand wieder, der Prozess ist reversibel, das ERI-Flag bleibt jedoch gesetzt. Die pm-ERI Klassifizierung wird durch Schrittmacher-Generatoren erleichtert, die das ERI-Datum abspeichern, ansonsten ist der Batterie-Innenwiderstand nach Erwärmung zu messen und eine entsprechende Bewertung vorzunehmen.  
 In 2 Fällen war mit beiden Messmethoden keine Aussage über den Generatorzustand möglich.