

B. Nowak  
W. Hemmer  
C.W. Israel  
L.I. Krämer  
J. Neuzner  
D. Pfeiffer  
K. Rybak  
A. Schuchert  
U.K.H. Wiegand

## Stellungnahme der Arbeitsgruppe Herzschrittmacher der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie zur Sicherheit der asynchronen ventrikulären Schrittmacherstimulation

Eine asynchrone ventrikuläre Schrittmacherstimulation tritt bei Magnetauflage, Wahrnehmung von elektromagnetischen Interferenzen, Wahrnehmungsstörungen von herzeigenen Aktionen und bei technischen Schrittmacherdefekten auf. Bei der Wahrnehmung von Störsignalen soll so verhindert werden, dass der Schrittmacher über einen längeren Zeitraum inhibiert wird und es bei schrittmacherabhängigen Patienten zu einer Asystolie kommt.

Die Sicherheit dieser asynchronen Ventrikelstimulation bei Patienten mit erhaltenem Eigenrhythmus ist in Deutschland Gegenstand der Diskussion, da zu diesem Thema keine kontrollierten Studien vorliegen. Dies hat u. a. in technisch orientierten Normungsgremien zu kontroversen Diskussionen geführt. Diese Stellungnahme fasst daher den aktuellen Kenntnisstand über die Sicherheit der asynchronen Ventrikelstimulation zusammen, um eine adäquate Bewertung zu ermöglichen:

Zu Beginn der Schrittmachertherapie in den 60er Jahren stand als einziger Stimulationsmodus die asynchrone Ventrikelstimulation im VOO-Modus zur

Verfügung. Hierbei wurde die Konkurrenz zwischen ventrikulärer Stimulation und Eigenrhythmus als „Parasystolie“ bezeichnet [10]. Durch eine Stimulation in die vulnerable Phase der T-Welle wurde die Parasystolie für die Auslösung von Kammerflimmern mit plötzlichen Todesfällen in Verbindung gebracht [2, 4, 17, 21].

Es liegen Fallberichte vor, bei denen es während Magnetauflage mit daraus resultierender asynchroner Stimulation zu Kammerflimmern kam [5, 6, 9, 11, 18, 23]. Diese Fälle werden weiter unten diskutiert. Demgegenüber wird während einer Schrittmacherkontrolle in der täglichen Routine regelmäßig eine asynchrone Stimulation durch Magnetauflage herbeigeführt, ohne dass über Probleme berichtet wird. Nach den aktuellen Leitlinien zur Schrittmachertherapie ist die Magnetauflage und damit die asynchrone Stimulation fester Bestandteil der Schrittmacherkontrolle [13, 14]. Genauso wird in den aktuellen amerikanischen Leitlinien beim transtelephonischen Monitoring, also ohne Anwesenheit eines Arztes, eine Magnetauflage durch den Patienten für 6–9 Sekunden empfohlen [8].

Die folgende Stellungnahme zur Sicherheit der asynchronen ventrikulären Schrittmacherstimulation basiert zum einen auf der verfügbaren Literatur, zum anderen auf einer internationalen Umfrage zur Sicherheit der asynchronen Stimulation im Rahmen der Schrittmacherkontrolle [15, 16].

---

Herausgegeben vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V.  
Bearbeitet im Auftrag der Kommission für klinische Kardiologie  
G. Ertl, D. Andresen, M. Böhm, M. Borggrefe, J. Brachmann,  
F. de Haan, S. Silber, H.J. Trappe, A. Osterspey, außerdem  
G. Arnold, H.H. Hoffmeister, E. Fleck

---

Priv.-Doz. Dr. B. Nowak (✉)  
Cardioangiologisches Centrum Bethanien  
Im Prüfing 23  
60389 Frankfurt/Main

---

### Pathophysiologie

Ein Stimulus ist nur dann bedeutsam, wenn er in der vulnerablen Phase der T-Welle, also in der relativen Refraktärzeit, ein Aktionspotential induziert. Dies verlangt deutlich überschwellige Reize. Eine aktuelle Übersichtsarbeit [1] befasst sich mit den pathophyso-

logischen Grundlagen der Risiken einer asynchronen Ventrikelstimulation. Hierdurch kann eine stimulierte Extrasystole erzeugt werden, die unter Umständen zur Induktion von Kreisläufigkeiten führen kann. Voraussetzungen sind allerdings das Auftreten von unidirektionalen Leitungsblockierungen und eine hinreichende Leitungsverzögerung. Besonders Patienten mit abgelaufenem Infarkt, eingeschränkter Pumpfunktion und häufigen Spontanarrhythmien erscheinen gefährdet. Bei Herzgesunden kann durch einen überschweligen Reiz in der vulnerablen Phase, während der relativen Refraktärperiode der Herzmuskelzelle, Kammerflimmern ausgelöst werden. Dafür sind in aller Regel höhere Spannungen und Ströme erforderlich, als bei der Programmierung von Herzschrittmachern üblicherweise verwendet werden. Experimentell wurde belegt, dass ein Schrittmacherimpuls, der zu Kammerflimmern führen kann, die zwölf- bis fünfzehnfache Energie haben muss, die üblicherweise zur Depolarisation der Zellen notwendig ist und im Normalfall von implantierten Schrittmachern nicht aufgebracht wird. Eine Absenkung der Reizschwelle ist unter bestimmten Bedingungen wie z. B. Elektrolytentgleisungen denkbar. Die Autoren folgern, dass die überschwellige Stimulation in der vulnerablen Phase als Pathomechanismus der Proarrhythmie durch asynchrone Ventrikelstimulation wenig wahrscheinlich ist.

Zehender schreibt 1999 in einer Übersichtsarbeit zum Thema plötzlicher Herztod bei Schrittmacherpatienten: „Ohne Zweifel kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der plötzliche Herztod Folge der bei dem Patienten bestehenden Grunderkrankung und dabei völlig unabhängig von der Schrittmachertherapie ist“. Das Risiko einer Induktion maligner Arrhythmien liegt um so höher, je mehr die Grunderkrankung auch für spontane Arrhythmien prädisponiert [24].

## Literaturübersicht

Während einige Autoren eine Stimulation in der vulnerablen Phase der T-Welle mit Todesfällen bei Schrittmacherpatienten in Verbindung bringen [2, 4, 17, 21], haben andere Autoren demgegenüber keine Induktion maligner Arrhythmien durch eine Parasystolie beobachtet [11, 19, 25]. In einer Übersichtsarbeit zur Parasystolie kommt von Knorre 1970 zu folgendem Schluss: „Unter nur selten erfüllten, ungünstigen Bedingungen kann die Schrittmacherparasystolie zu lebensbedrohlichen tachykarden Rhythmusstörungen Anlass geben.“ „Die üblicherweise zur Anwendung gelangenden Impulse sind in ihrer Intensität nicht in der Lage, Kammerflimmern auszulösen“ [10]. Durch Myokardkrankungen, kardiale Dekompensation, Stoff-

wechsel- und Elektrolytstörungen, Digitalisüberdosierung, Sauerstoffmangel, Operationen und Narkose kann allerdings die Flimmerschwelle herabgesetzt werden [10].

Dies wird durch Fallberichte über die Induktion maligner Arrhythmien durch asynchrone Stimulation unterstützt. Hierbei waren praktisch immer die folgenden Patientengruppen betroffen: Patienten mit akutem Myokardinfarkt [5, 9, 11, 18, 23] und Patienten mit schwerwiegenden Elektrolytstörungen [6]. Diese Patienten sind akut krank und bedürfen der stationären Behandlung. Sie sind, unabhängig von ihrem Schrittmacher, durch maligne Rhythmusstörungen gefährdet.

Maligne ventrikuläre Arrhythmien wurden durch asynchrone Stimulation auch bei Patienten mit hochgradig eingeschränkter linksventrikulärer Pumpfunktion und mit bereits spontan auftretenden ventrikulären Tachykardien ausgelöst [3, 6, 7, 12, 22]. Auch diese Patienten sind, unabhängig davon ob sie Schrittmacherträger sind oder nicht, durch einen plötzlichen Herztod gefährdet.

Es existiert nur ein Fallbericht bei dem eine asynchrone Stimulation bei einem Patienten ohne Myokardinfarkt, Elektrolytstörung oder Digitalisintoxikation Kammerflimmern auslöste [20].

## Umfrage zur Sicherheit der asynchronen Stimulation

Die Umfrage wurde von 102 Schrittmacherspezialisten weltweit beantwortet [15, 16]. Die Umfrageteilnehmer sind zwischen 3 und 40 Jahren in der Schrittmachertherapie tätig (Mittelwert  $20 \pm 8$  J, Median 20 J). Die kumulative Schrittmachererfahrung aller Umfrageteilnehmer betrug 1974 Jahre. Die Anzahl der Schrittmacherkontrollen welche die Umfrageteilnehmer durchführen, lag zwischen 50 und 12000/Jahr (Mittelwert  $2326 \pm 2082$ , Median 1550). Von allen Umfrageteilnehmer werden jährlich insgesamt 230305 Schrittmacherkontrollen durchgeführt.

Insgesamt haben 34/102 (33%) der Umfrageteilnehmer eine Arrhythmieinduktion in 48 Fällen erlebt. Eine Induktion von Arrhythmien durch asynchrone Schrittmacherstimulation wurde von 14 Umfrageteilnehmern aus Deutschland (34%), von 11 aus Europa (34%) und von 9 der übrigen Umfrageteilnehmern weltweit (31%) berichtet. Davon waren 25 Ereignisse unbedeutend (einzelne Extrasystolen) oder eindeutig sekundär durch Myokardischämien und/oder Elektrolytstörungen verursacht.

23 Ereignisse wurden als schwerwiegend eingestuft. Bei 13 Patienten wurde Kammerflimmern oder eine anhaltende ventrikuläre Tachykardie induziert.

Dabei ist ein Patient verstorben. Bei 4/13 Patienten war die linksventrikuläre Funktion hochgradig eingeschränkt. Zu 10 weiteren Fällen wurden keine näheren Angaben gemacht, daher wurden diese zu den schwerwiegenden Fällen gezählt, um eine Unterschätzung zu vermeiden.

Eine Risikoabschätzung auf der Basis der erhobenen Daten ist aufgrund der Limitationen einer Umfrage (siehe unten) mit Ungenauigkeiten behaftet, und kann daher nicht mit der Genauigkeit einer kontrollierten Studie verglichen werden. Für eine solche Risikoabschätzung sind die Jahre der Schrittmachererfahrung am ehesten eine verlässliche Bezugsgröße. Bezöge man die Anzahl der gravierenden Fälle hierauf ergäbe dies, dass bei den 102 befragten Ärzten alle 85,8 Jahre bei der asynchronen Ventrikelstimulation im Rahmen der Schrittmacherkontrolle mit einer bedeutsamen Arrhythmie zu rechnen wäre. Die Umfrageteilnehmer führen in 10 Jahren etwa 2,3 Millionen Schrittmacherkontrollen durch. Bezöge man die schwerwiegenden Fälle einer Arrhythmieinduktion nur hierauf, entspräche dies einer Häufigkeit von 0,001%. Da die Schrittmachererfahrung aber bei einem Median von 20 Jahren liegt und hier 10 Fälle eingerechnet wurden, zu denen keine näheren Angaben vorliegen, dürfte die tatsächliche Inzidenz eher niedriger liegen.

Die letzte Induktion einer Arrhythmie durch eine asynchrone Stimulation datierte aus dem Jahr 1996. Somit sind in den letzten 7 Jahren vor Durchführung der Umfrage in 2003 keine Induktionen von Arrhythmien durch asynchrone Stimulation berichtet worden. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt darin, dass durch moderne Elektroden mit niedrigen Reizschwellen immer niedrigere Impulsamplituden programmiert werden können. Daher sind auch die werkseitig programmierten Impulsamplituden der Schrittmacher niedriger als früher. Für eine effektive Stimulation während der relativen Refraktärperiode sind aber deutlich überschwellige Impulse erforderlich, die so möglicherweise überhaupt nicht mehr erreicht werden können.

■ **Limitationen** Die vorgestellten Daten stammen aus einer retrospektiven Umfrage und geben die Erinnerung der Umfrageteilnehmer wieder. Sie stammen nicht aus einer kontrollierten wissenschaftlichen Untersuchung, spiegeln aber langjährige Erinnerungen in der Schrittmachertherapie wider. Fälle können vergessen worden sein können. Umgekehrt ist auch die doppelte Nennung von Fällen möglich.

Es wird heutzutage nicht mehr bei jeder Schrittmacherkontrolle eine asynchrone Stimulation induziert. Durch Magnetauflage wird bei einigen Aggregaten die Stimulationsfrequenz erhöht und so etwaiger Eigenrhythmus unterdrückt. Damit ist das Verhalten bei asynchroner Stimulation durch externe Interferenzen und im Rahmen der Schrittmacherkontrolle nicht immer einheitlich.

---

## Zusammenfassung

Die Induktion ventrikulärer Tachyarrhythmien durch eine kurzzeitige asynchrone Ventrikelstimulation ist eine Rarität. Die seltenen Ereignisse betreffen wahrscheinlich ausschließlich Patienten mit organischer Herzerkrankung, insbesondere akuter Myokardischämie, eingeschränkter linksventrikulärer Funktion und spontanen ventrikulären Tachyarrhythmien oder schweren Elektrolytstörungen. Die asynchrone Ventrikelstimulation, wie sie im Rahmen der Magnetauflage bei Schrittmacherkontrolle vorkommt, ist somit mit einem äußerst geringen Risiko behaftet.

Dies bedeutet nicht, dass Schrittmacherpatienten bedenkenlos elektromagnetischen Interferenzen mit entsprechender Störung der Aggregate ausgesetzt werden können oder sollen. Grundsätzlich gilt, dass eine Störung der Aggregate möglichst vermieden werden muss. Auch andere Möglichkeiten der Interaktion zwischen Implantat und elektromagnetischen Feldern werden durch diese Stellungnahme zur asynchronen Ventrikelstimulation nicht bewertet.

---

## Literatur

1. Bauer A, Schoels W (2004) Risiken bei asynchroner Ventrikelstimulation. *Herzschr Elektrophys* 15:22–26
2. Bilitch M (1969) Ventricular fibrillation and pacing. *Ann NY Acad Sci* 167:934–940
3. Brück H, Runkel W, Esser H, Sabin GV (1993) Komplexe ventrikuläre Herzrhythmusstörung durch Magnetauflage in der Herzschrittmacher-Überwachung. *Herzschr Elektrophys* 4:40–42
4. Castellanos A, Lemberg L, Jude JR, Berkovits BV (1966) Repetitive firing occurring during synchronized electrical stimulation of the heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 51:334–340
5. Cueni TA, White RA, Burkart F (1981) Pacemaker-induced ventricular tachycardia in patients with acute inferior myocardial infarction. *Int J Cardiol* 1:93–97

6. Eberle F, Schmitt CG, Köhler F (1979) Kammerflimmern während der Funktionsprüfung eines Demandschrittmachers. Erhöhtes Risiko durch Schenkelblock, ventrikuläre Extrasystolen, Digitalisintoxikation und Hypokaliämie. *Herz-Kreisl* 11:585
7. Fischer J, Dave T, von Olshausen K, Wagner J (1991) Gefährdung von Herzschrittmacher-Patienten durch integrierte Kopfhörer-Schwesternrufanlage. *Herzschr Elektrophys* 2:75–76
8. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE et al ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices. [www.acc.org/clinical/guidelines/pacemaker/pacemaker.pdf](http://www.acc.org/clinical/guidelines/pacemaker/pacemaker.pdf)
9. Kaden F (1986) Kammertachykardie durch Magnetauflage bei Überprüfung der Schrittmacherfunktion. *Herzschrittmacher* 6:37–38
10. Knorre von GH, Hafemeister G, Schröder G (1970) Schrittmacherparasytolie. *Zschr Inn Med* 25:385–390
11. Koch R, Wießmann B (1971) Kammerflimmern durch Herzschrittmacher. *Z Kreislaufforschg* 60:842–850
12. Lefroy DC, Crake T, Davies DW (1994) Ventricular tachycardia: an unusual pacemaker-mediated Tachycardia. *Br Heart J* 71:481–483
13. Lemke B, Fischer W, Schulten HK (1996) Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie. *Z Kardiol* 85:611–627
14. Lemke B, Nowak B, Pfeiffer D (2005) Leitlinien zur Herzschrittmachertherapie. *Z Kardiol* 94:704–720
15. Nowak B (2004) Is asynchronous pacing dangerous? Results of a worldwide survey (Abstract). *Europ Heart J* 25 Abstract Suppl:27
16. Nowak B (2005) Ist die asynchrone ventrikuläre Schrittmacherstimulation gefährlich? – Ergebnisse einer Internationalen Umfrage. *Dtsch med Wschr* 130:997–1001
17. Rodewald G, Giebel O, Harms H et al. (1968) Elektrotherapie kardialer Rhythmusstörungen. *Internist* 9:314
18. Scheibelhofer W, Glogar D, Probst P et al (1982) Induction of ventricular tachycardia by pacemaker programming. *PACE* 5:587–592
19. Scheppokat KD, Kirsch U (1969) Störungen und Gefahren der künstlichen Herzstimulation. *Verh Dtsch Ges Kreislaufforschg* 35:151
20. Seipel L, Bub E, Driwas S (1975) Kammerflimmern bei Funktionsprüfung eines Demand-Schrittmachers. *Dtsch med Wschr* 100:2439–2442
21. Tavel ME, Fisch C (1964) Repetitive ventricular arrhythmia resulting from artificial internal pacemaker. *Circulation* 30:493
22. Tommaso C, Belic N, Brandfonbrener M (1982) Asynchronous ventricular pacing: A rare cause of ventricular tachycardia. *PACE* 5:561–563
23. Treese N, Kasper W, Meinertz T, Popp T (1980) Undersensing of demand pacemakers in acute myocardial infarction. *Klin Wochenschr* 58:1319–1321
24. Zehender M, Brunner M, Grom A et al (1999) Stellenwert und Pathogenese des plötzlichen Herztodes bei Patienten nach Schrittmacherimplantation. *Herzschr Elektrophys* 10 Suppl 2:69–77
25. Zoll PM, Frank HA, Linenthal AJ (1964) Four-year experience with an implanted cardiac pacemaker. *Ann Surg* 160:351–365