



Werner Irnich und die Entwicklung des Zweikammer- Herzschrittmachers

Ein Nachruf

Bernd Lemke

Klinik für Kardiologie, Elektrophysiologie und Angiologie, Klinikum Lüdenschaid, Märkische Kliniken
GmbH, Lüdenschaid, Deutschland

Der Optimal-Schrittmacher

Vor 50 Jahren stellte Werner Irnich das Konzept eines Optimal-Schrittmachers vor, der in der Lage war, bei unterschiedlichen Herzrhythmusstörungen und Wahrnehmungsstörungen adäquat zu reagieren: bei AV-Blockierung und Sinusrhythmus, bei AV-Block und Vorhofflimmern oder -flattern, bei AV-Block mit Sinusbradykardie oder SA-Block, bei isolierter Sinusbradykardie oder SA-Block, bei Auftreten von ventrikulären Extrasystolen, bei Vorhof- oder Ventrikeltachykardien und bei Wahrnehmungsstörungen auf Vorhof- und Kammer-Ebene. Das Konzept stellte er im Mai 1975 in „Biomedizinische Technik, Band 20 (Ergänzungsband)“ vor [1], es basierte auf einem Vortrag, den er auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik e.V. in Stuttgart gehalten hatte.

„Das Grundprinzip dieses Schrittmachers besteht aus zwei nahezu identischen Kanälen mit Verbindung entweder zum Vorhof oder zum Ventrikel. Jede Kette setzt sich aus 1. Verstärker, 2. Filter und Störerkennung, 3. Refraktärschaltung, 4. Impulsformer und 5. Impulsgeber zusammen.“ (Abb. 1)

Der Zweikammer-Schrittmacher war Ventrikel-gesteuert mit einer Grundfrequenz von 70/min., bedingt durch den Zeitgeber mit 650 ms und der AV-Verzögerung mit 200 ms. Bei AV-Block und Sinusrhythmus begrenzte die Vorhof-Refraktärzeit von 330 ms die maximale Trackingfrequenz auf 180/min. Visionär

war die vorgesehene Schaltung bei AV-Block und Vorhofflimmern: Ein PP-Intervall von < 330 ms verlängerte die Vorhof-Refraktärzeit auf 600 ms und führte damit zu einer Frequenzbegrenzung auf 100/min. Bei ventrikulären Extrasystolen sollte durch eine zeitgleiche Vorhof- und Kammerstimulation das Auftreten einer Reentry-Tachykardie verhindert werden. Vorhof- und Kammertachykardien sollten durch eine gekoppelte Stimulation in ihrer Herzfrequenz halbiert werden (siehe weiter unten). Die gleichzeitige Wahrnehmung von Signalen auf den Vorhof- und Kammer-Eingängen sollte als Störsignal gewertet werden, um eine Inhibierung der Impulsabgabe zu vermeiden.

Bei AV-Block und Sinusrhythmus, deren Häufigkeit von Irnich mit 59,5% angegeben wurde, resultierte eine Vorhof-gesteuerte Ventrikelstimulation und eine getriggerte Impulsabgabe in die wahrgenommene Vorhofaktion. Diese getriggerte Vorhofstimulation wurde evtl. aus patentrechtlichen Gründen gewählt (Patentschrift Berkovits, siehe unten) und hatte den positiven Effekt, bei unzureichender Vorhof-Wahrnehmung eine asynchrone Ventrikelstimulation mit der Gefahr der Initiierung von Reentrytachykardien zu vermeiden. Bei AV-Block und Sinusknotenerkrankung, die mit 12,3% angegeben wurde, erfolgte eine sequentielle Vorhof- und Kammer-Stimulation. Bei der isolierten Sinusknotenerkrankung (Häufigkeit 13,8%) erfolgte eine reine Vorhofstimulation und die Frequenz konnte in Abhängigkeit von der spontanen AV-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

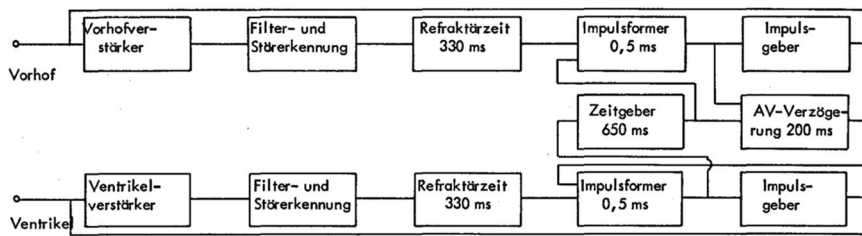


Abb. 1 ▲ Blockdiagramm eines Universalschrittmachers (nach [1])

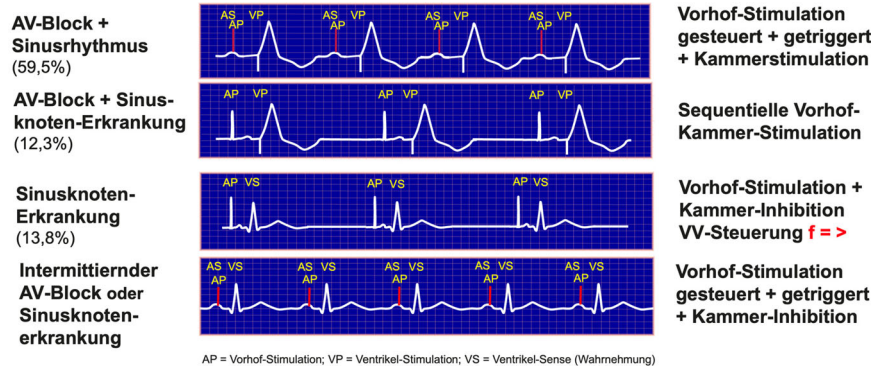
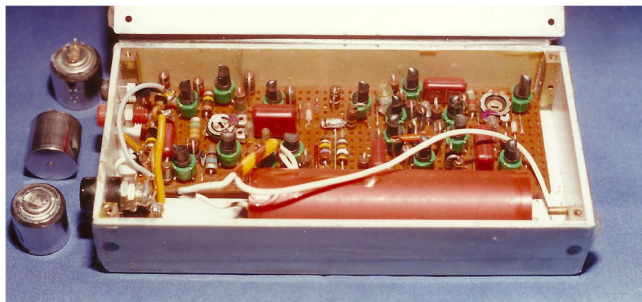


Abb. 2 ▲ Simulation der verschiedenen Stimulationsarten im Oberflächen-EKG. Die getriggerte Vorhofstimulation ist rot gekennzeichnet. $f \Rightarrow$ Zunahme der Stimulationsfrequenz in Abhängigkeit von der AV-Überleitung



F. T. 2, connected 26. 10. 70 (October 26, 1970)
3 batteries, $t_{\text{delay}} = 232$ ms, threshold - 3.4 mV

Abb. 3 ◀ Der Francki-Stimulator mit der Originalbeschreibung (nach [6])

Überleitung zunehmen. Eine Simulation der verschiedenen Stimulationsarten ist in **Abb. 2** wieder gegeben. Den Schrittmacher-Modus würde man nach der gültigen Nomenklatur als DDT(A)D(V) bezeichnen. Allerdings umfasste der Schrittmacher-Code erst ab 1981 auch die DDD-Stimulation [2].

Der optimale Schrittmacher sollte bei 85 % der Patienten zum Einsatz kommen. „Ausgenommen in Fällen mit Bradykardie bei Vorhofflimmern oder -flattern und bei seltener auftretendem intermittierendem AV-Block (das sind etwa 15 % aller Fälle) in denen der heutige Demand-Schrittmacher völlig ausreichend ist, wäre eine Schrittmacherversion wünschenswert, die bei allen anderen Diagnosen, eingesetzt werden

könnte.“ Wie die Simulation in **Abb. 2** zeigt, wäre der optimale Schrittmacher auch bei intermittierendem AV-Block oder Sinusknotenerkrankung einsetzbar gewesen.

Werner Irnich hat sein Konzept nicht zum Patent angemeldet. Die Gründe, die ihn daran hinderten, ließen sich nicht eruieren. Zwei Jahre später hat Hermann Funke, ein Herzchirurg aus Bonn, den universellen Herzschrittmacher zusammen mit der Firma Medtronic patentieren lassen [3]. Dabei wird die Arbeit von Irnich nicht erwähnt, die außerhalb der Zeitschrift „Biomedizinische Technik“ auch nicht in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht wurde. Funke nimmt in seiner Patentschrift Bezug auf Berkovits, als

den Erfinder des Dual-Chamber-Demand-Schrittmachers, der aber keine Vorhof-gesteuerte Ventrikelstimulation durchführen konnte [4]. Diese Möglichkeit war sowohl nach dem Konzept von Irnich als auch dem von Funke gegeben. Im Gegensatz zum optimalen Zweikammer-Schrittmacher Irnicks, dessen Zeitgebung Ventrikel-gesteuert war und eine getriggerte Vorhofstimulation vorsah [DDT(A)D(V)], war Funks universeller Herzschrittmacher Vorhof-gesteuert mit einer Demand-Schaltung in der Kammer und im Vorhof (DDD) [5]. Während Irnicks Blockdiagramm noch eine analoge Schaltung vorsah, sah das Patent von Funke bereits eine digitale Schaltung vor. Irnich war mit seinem Konzept des Optimal-Schrittmachers der Zeit weit voraus. Dies betrifft auch seine Vorschläge zur antitachykarden Stimulation und zur Störerkennung.

Der Tachykardie-Stimulator

Die Methode der gekoppelten antitachykarden Stimulation geht auf die Behandlung des Patienten Francki zurück, der bei einem Verkehrsunfall ein Thoraxtrauma erlitt und paroxysmale ventrikuläre Tachykardien mit Frequenzen von 160 bis 180 min^{-1} entwickelte. Er wurde vergeblich mit allen damals bekannten Medikamenten behandelt. 1967 wurde er zu Prof. Swen Effert in die RWTH Aachen überwiesen, der nach weiteren vergeblichen Medikamenten-Versuchen die Methode der gekoppelten Stimulation ausprobierte. Als sich die Methode als erfolgreich zeigte, wurde ein temporärer Stimulator bei der Firma „Elema“ geordert und 1969 geliefert. Verbunden mit der im rechten Ventrikel liegenden Elektrode und mit der über der Herzspitze liegenden Gegenelektrode erfüllte er nicht die Erwartungen. Nach ausgiebigen Messungen wurde ein Konzept für einen Stimulator entwickelt, der eine differenzierende Verstärker-Charakteristik besaß und EKG getriggert verzögert einen Stimulationsimpuls abgab. Das von Irnich modifizierte Gerät, nach dem Patienten „Francki-Stimulator“ benannt, bezeichnete er selbst als sein „Gesellenstück“ (**Abb. 3**). Es wurde am 26.10.1970 bei dem Patienten angeschlossen und funktionierte zufriedenstellend bis 1977. Von 1976 an benötigte der Patient das Gerät nicht mehr [6].

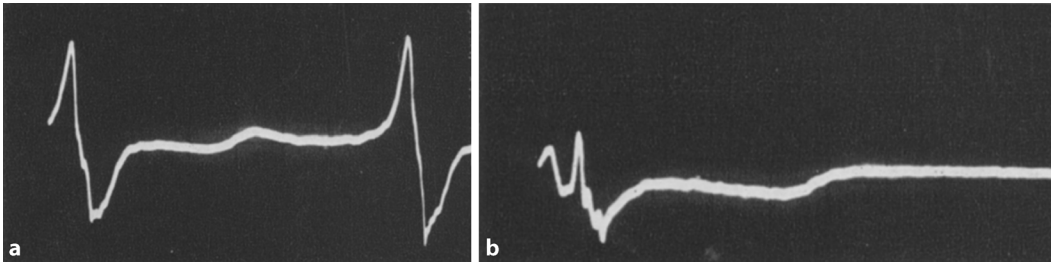


Abb. 4 ◀ Unterschiede im intrakardialen ECG: a) ventrikuläre Tachykardie, b) Sinusrhythmus (nach [7])

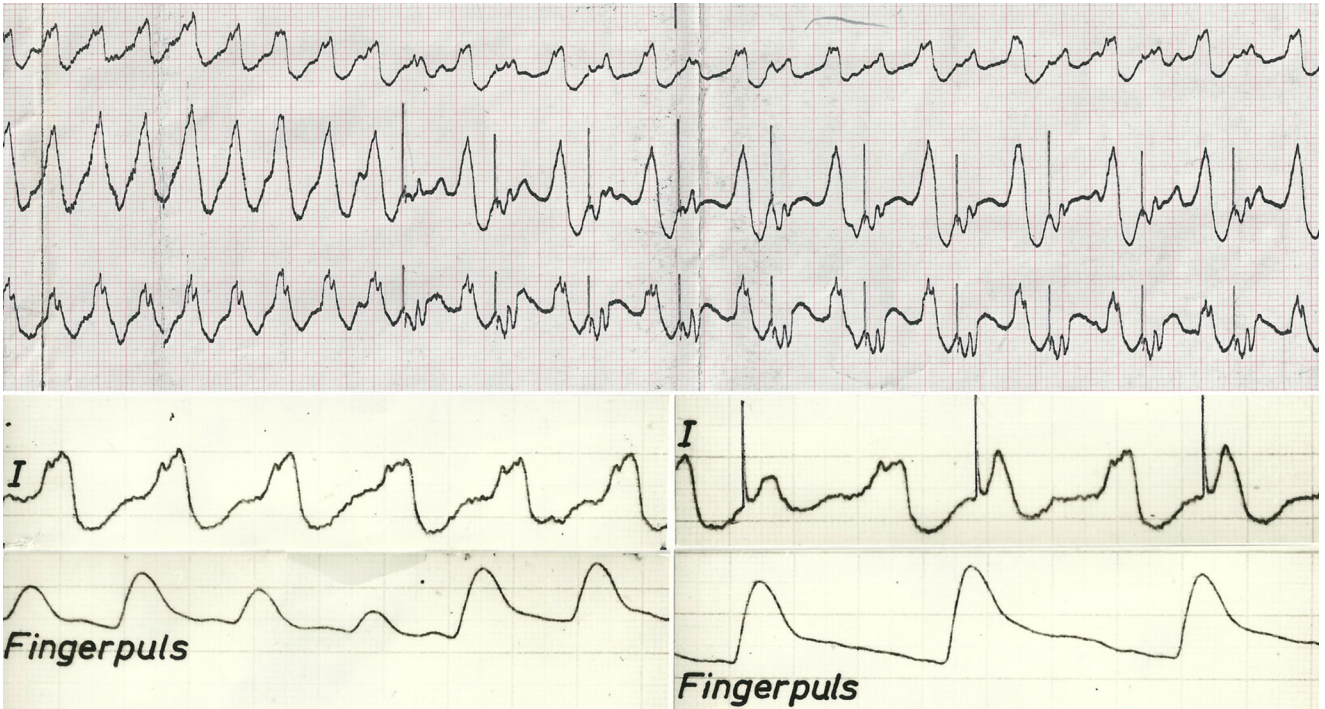


Abb. 5 ▲ oben: Elektrokardiogramm ohne und mit elektrischer Stimulation (Ableitung I, II, III) (31. März 1969); unten: hämodynamischer Effekt ohne und mit Stimulation (nach [6])



Abb. 6 ◀ Internationale Konferenz in Melbourne, August 1971. V.l.: Max Schaldach, Werner Irnich, Walter Bleifeld (nach [6])

Das Prinzip der gekoppelten Stimulation besteht darin, dass bei Auftreten einer ventrikulären Tachykardie und der Wahrnehmung eines pathologischen Elektrogramms (■ Abb. 4) das Myokard genau zu dem Zeitpunkt stimuliert wird, in dem die früheste Depolarisation nach der absoluten Refraktärzeit möglich ist und keinen

hämodynamischen Effekt hat. Gleichzeitig wird jeder zweite Impuls, der vom Arrhythmiezentrum ausgeht, durch die bereits depolarisierten Bereiche blockiert, was zu einer Pulsfrequenz führt, die genau der halben Tachykardiefrequenz entspricht (■ Abb. 5).

Die Ergebnisse der Stimulation wurden von Merx, Irnich, Effert und Bleifert im August 1971 auf der Internationalen Konferenz in Melbourne vorgetragen (■ Abb. 6). Die Verbesserung der Herzinsuffizienz, die mit dieser Methode bei vier Patienten beobachtet werden konnte, war bemerkenswert. In zwei Patienten konnte die ventrikuläre Tachykardie mit einem Kopplungsintervall von 220 und 180 ms terminiert werden. Gleichzeitig verhinderte die getriggerte Stimulation in die ventrikuläre Extrasystole das Wiederauftreten der Tachykardie ([7]; ■ Abb. 7).

Die Autoren weisen auch auf eine potenzielle Gefahr der Methode hin. Bei Stimulation in die „vulnerable Phase“ könne Kammerflimmern induziert werden, insbesondere bei ischämischer Herzerkrankung. Deshalb wurde die Impulsdauer bei 1 ms

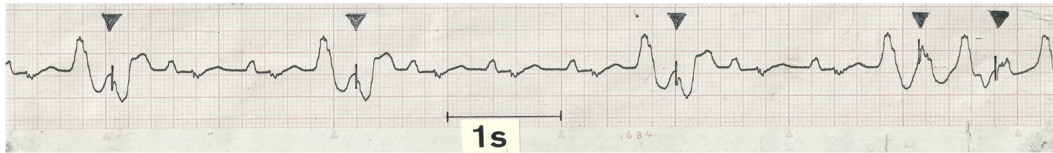


Abb. 7 ▲ Verhinderung des Auftretens einer ventrikulären Tachykardie (erste drei Stimuli). Die Verlängerung des Kopplungsintervalls beim 4. Stimulus führt zum Wiederauftreten der Tachykardie (nach [6])

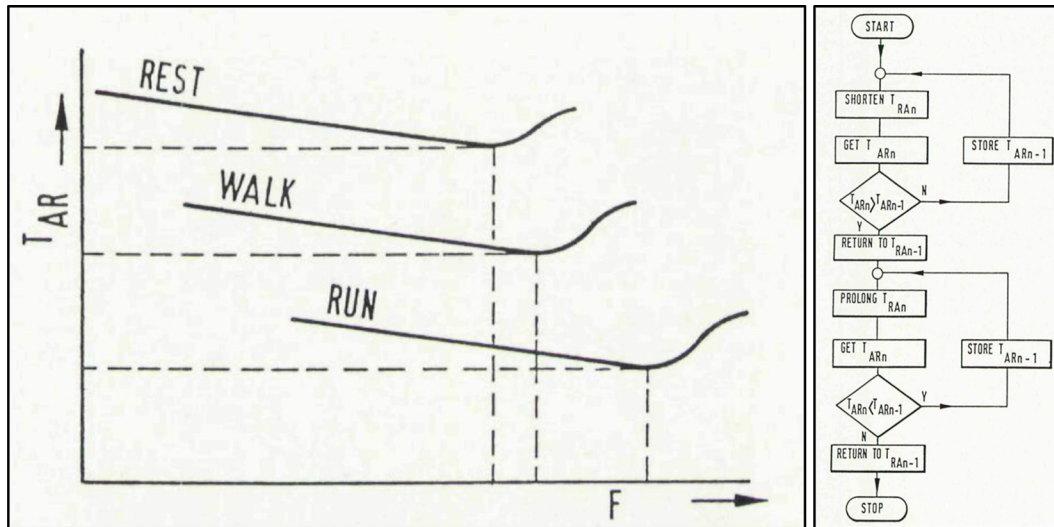


Abb. 8 ◀ Links: Verhältnis von AV-Zeit (T_{AR}) zur Stimulationsfrequenz (F). Je höher das Belastungsniveau, desto höher ist die Frequenz, die eine „Überstimulation“ erzeugt; rechts: Flussdiagramm zur Ermittlung der Frequenz unterhalb der „Überstimulation“ (nach [8])

begrenzt und die Impulsamplitude nicht über 4 V eingestellt.

Der Frequenzadaptierende Schrittmacher

Die Notwendigkeit einer frequenzadaptierenden Stimulation ergibt sich vor allem bei Patienten mit Sinusknotenerkrankung. Alle Sensoren, die in den 1980er-Jahren als „physiologisch“ in der Erprobung waren, erfüllten nicht die Voraussetzungen eines „Closed loop“ Systems. Es wurde zwar versucht, durch Parameter wie dem Blut-pH, der Blut-Temperatur, der Atmung, dem Stimulus-T Intervall, der O₂-Sättigung, dem Schlagvolumen und der Kontraktilität eine Ankopplung an die Leistungsintensität herzustellen. Eine ausreichende Rückkopplung, um eine Überstimulation zu verhindern, gelang aber mit den Parametern nicht.

Hier griff Werner Irnich die Beobachtung auf, dass sich die AV-Zeit unter Belastung mit steigender Herzfrequenz verkürzt [8]. Bei drei Patienten mit Vorhofschrittmacher untersuchte er die Frage, ob bei konstanter atrialer Stimulationsfrequenz die Änderung der AV-Verzögerung mit der

Belastung korreliert und welchen Einfluss eine Änderung der Stimulationsfrequenz bei konstanter Belastung hat. Bereits 5 bis 10 sec nach Belastung verkürzt sich die AV-Zeit und bleibt über einen weiten Stimulationsbereich konstant. Bei Überschreiten einer kritischen Frequenz (Überstimulation) verlängert sich die AV-Zeit sprunghaft um 5–8% (■ Abb. 8). Damit wäre eine negative Rückkopplung auf die Stimulationsfrequenz gegeben. Irnich knüpfte an sein Konzept die Hoffnung, dass damit die Frequenz-Response überführt werden könnte in eine echte Frequenz-Adaptation.

Das Prinzip wurde 1988 zum Patent angemeldet [9] und anschließend in der Zeitschrift PACE veröffentlicht. Die Arbeitsgruppe von Prof. Werner, Biomedizinische Technik der Ruhr-Universität Bochum, griff 10 Jahre später das Prinzip noch mal auf und überführte es in ein „closed loop“ System [10]. 1999 wurde es von Herxamer zum Patent angemeldet [11], allerdings wurden die frequenzadaptiven Systeme nie in einem implantierbaren Schrittmacher umgesetzt.

Das Curriculum Vitae des Werner Irnich

Werner Irnich wurde 1934 zusammen mit seiner Zwillingsschwester als eines der beiden jüngsten der fünf Kinder von Josef und Juliane Irnich, geb. Mundt in Anrath, Kreis Kempen-Krefeld geboren. Der Vater war Studienrat am Gymnasium in Uerdingen, die Mutter hatte ebenfalls Pädagogik studiert und war Hausfrau und Mutter. Werner Irnich besuchte das Gymnasium in Uerdingen am Rhein, wo er 1955 auch sein Abitur ablegte.

Nach dem Studium der Elektrotechnik an den RWTH Aachen (Dipl.-Ing. 1960) arbeitete er bis 1968 als Assistent am Institut für Theoretische Elektrotechnik (Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Walter Engl). Die Promotion zum Dr.-Ing. erfolgte 1968 an der RWTH Aachen auf dem Gebiet der Medizinischen Technik. Thema der Dissertation: „Messungen zur unblutigen Blutdruckmessung“.

Ab August 1968 war er unter Prof. Dr. med. Sven Effert in der Abteilung für Innere Medizin I mit dem Schwerpunkt Kardiologie am Klinikum der RWTH Aachen auf einer Assistenzarztstelle tätig, später als Akademischer Rat bzw. Oberarzt, wur-

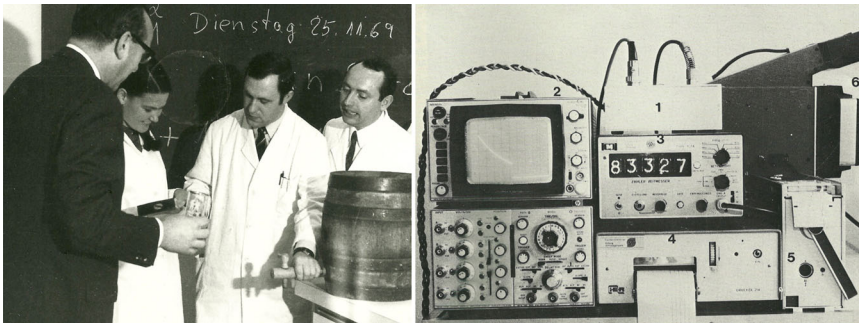


Abb. 9 ▲ Links: Einweihung des Bioelektronischen Labors am 25.11.1969. Links im Bild Prof. Sven Effer, rechts im Bild Dr. Werner Irnich. Rechts: Messplatz zur Schrittmacher-Überprüfung mit Oszilloskop zur Darstellung des Stimulationsimpulses und Intervallzähler (nach [6])



Abb. 10 ▲ Familienfeier 2019 (Copyright privat)

de Leiter des Bioelektronischen Labors und war für die Betreuung der Herzschrittmacher-Patienten zuständig (■ Abb. 9). 1975 erfolgte die Habilitation als erster Ingenieurwissenschaftler in der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen für das Fachgebiet „Medizinische Messtechnik und Bioelektronik“ und die Ernennung zum Privatdozenten. Thema der Habilitationsarbeit: „Elektrotherapie des Herzens“.

Es folgten berufliche Tätigkeiten in Aachen und Berlin und ein Forschungsaufenthalt 1977 am Massachusetts General Hospital, USA. 1979 wurde er zum ordentlichen Professor ernannt und auf den Lehrstuhl für Medizinische Technik an die Justus-Liebig-Universität in Gießen berufen, wo er als Leiter des Instituts für Medizinische Technik tätig war. Schwerpunkte seiner Lehr- und Forschungstätigkeit waren:

Elektrostimulation auf den Gebieten Herzschrittmacher und Defibrillation, elektrische Sicherheit unter besonderer Berücksichtigung der Herzschrittmacherpatienten, Management eines effizienten medizintechnischen Services an Kran-

kenhäusern, Herzunterstützende Systeme (intraaortale Ballonpumpe), Probleme bei der Hochfrequenzchirurgie. Zwischen 1982 und 1999 betrieb er das „Deutsche Zentralregister Herzschrittmacher“. 1999 erfolgte seine Emeritierung. Die Laudatio hielten Seymour Furman für die NASPE (North American Society of Pacing and Electrophysiology, inzwischen Heart Rhythm Society, HRS) und der Autor für die DGK.

Werner Irnich war Mitglied in zahlreichen wissenschaftlichen Gesellschaften, so in der Arbeitsgruppe „Herzschrittmacher“ der DGK. Ab 1978 war er Mitglied und Obmann des Unterkomitees der Deutschen Kommission für Elektrotechnik (DKE)/Unterkomitee (UK) 812.5 „Aktiv betriebene Implantate“ und Gast im Komitee DKE/UK 764 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern“. Er war Mitglied der Strahlenschutzkommission, UK „Nicht-ionisierende Strahlung“ und Fellow des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA). Von 1969 bis 1972 war er Schriftführer der Deutschen Gesell-

schaft für Biomedizinische Technik im VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) und von 1972 bis 1979 Geschäftsführender Redakteur der Zeitschrift „Biomedizinische Technik“. Von 1978 bis 2013 bekleidete er die Position des „Senior Editor“ der Zeitschrift „Electrophysiology and Cardiac Pacing“ (PACE).

Seine Arbeit in der Deutschen Kommission für Elektrotechnik (DKE), dem Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA (IEEE) und der Internationalen Standard Organisation (ISO) würdigt ein Mitstreiter, Dipl.-Ing. Michael Lampadius, wie folgt: „Ein früher Beitrag von Irnich war die Einführung der back-to-back Zenerdioden am Schrittmachereingang zur Minderung von niederfrequenten Demodulationsprodukten“. Anwendung finden die Z-Dioden bei der Spannungsbegrenzung, beim Überlastschutz (z.B. der Defibrillation) und der Spannungsstabilisierung. „International war Irnich der Wegbereiter des Störschutzes gegen elektromagnetische Störfelder. Alle internationalen Regeln und Standards für den Störschutz von Herzschrittmachern und Defibrillatoren basieren auf Arbeiten von Irnich. Immer wenn, auch international, der Störschutz von Implantaten diskutiert wurde, war Irnich die maßgebliche Instanz“¹. Nach Lampadius ist es ihm und Irnich, als deutsche Vertreter bei der Internationalen Standard Organisation (ISO) zu verdanken, dass sich der IS-1 Standard als Stecker-Norm international durchgesetzt hat.

Werner Irnich ist Autor oder Koautor von 376 Publikationen in Fachzeitschriften und Tagungsbänden und von 5 Monographien. Er ist Inhaber von 15 Patenten auf dem Gebiet der Medizintechnik. Er verstarb am 2. Dezember 2023 im Alter von 89 Jahren und hinterließ seine Ehefrau Hanni, 5 Kinder und 12 Enkelkinder (■ Abb. 10).

Die Grundlagen der Stimulation

Um die Denkungsweise des Diplomingenieurs Werner Irnich zu verdeutlichen, sei auf eine seiner frühen Arbeiten aus dem Jahr 1969 verwiesen. Das Problem in den Anfangsjahren der Elektrostimulation bestand darin, die optimale Elektrodengrö-

¹ Lampadius M. Persönliche Mitteilung vom 24.03.2025

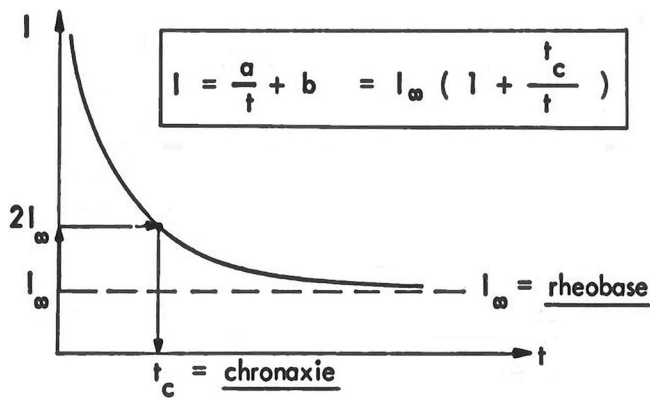


Abb. 11 ◀ Reizzeit-Spannungskurve (Erklärungen siehe Text) (nach [13])

ße mit der geringsten Reizschwellsenpannung zu bestimmen. „Mit Hilfe einer physikalischen Abstraktion wird versucht, die bei der Ermittlung der Reizschwelle auftretenden Phänomene zu erklären und daraus Schlüsse zu ziehen, wie die Elektrodengröße die Reizschwelle beeinflusst“ [12].

Die mathematische Ableitung führt zu der Schlussfolgerung, dass die Feldstärke eines Impulses das wirksame Agens an der erregbaren Zellmembran darstellt und dass diese Feldstärke um so größer wird, je kleiner der Elektrodenradius und je dünner das nicht erregbare Narbengewebe ist, das als Resultat einer Fremdkörperreaktion die Elektrode umhüllt. Diese Erkenntnis, welche die theoretische Basis für das physikalische Design und die pharmakologische Oberflächen-Dotierung moderner Elektroden begründet, findet perfekte Entsprechung durch Messungen in Vivo.

Ein weiterer bedeutender Aspekt der Elektrostimulation ist die Reizzeit-Spannungskurve, auch als Chronaxie-Rheobase bezeichnet, die auf Arbeiten von Lapicque 1909 zurückgeht. Ihre Bedeutung hat Irnich 1980 in einem Grundsatzartikel dargelegt [13] und in Publikationen und Vorträgen immer wieder auf den praktischen Nutzen hingewiesen. Dabei bezeichnet die Rheobase die minimale Impulsamplitude zur Reizantwort bei unendlicher Impulsdauer. Die Chronaxie ist der Wert der Reizantwort bei einer minimalen Impulsamplitude und einer Impulsamplitude mit zweimaliger Rheobase (■ **Abb. 11**). Dieser Punkt kennzeichnet den Ort mit der niedrigsten effektiven Energieabgabe. Er ist abhängig von der Elektrodenkonfiguration und liegt bei modernen Elektroden eher im Bereich von 0,2 ms als bei den Werkseinstellungen von 0,4 ms. Irnich hat es sehr bedauert, dass

diese Erkenntnis wenig Eingang gefunden hat in die Praxis der Schrittmachertherapie. Bei einer Untersuchung von 833 explantierten Schrittmachern verstorbener Patienten fand er bei 33,5 % der ventrikulären und bei 50,3 % der atrialen Herzschrittmacher die Impulsdauer gegenüber dem Auslieferungszustand nicht verändert [14].

Das Grundgesetz der Elektrostimulation

In einer Grundlagenarbeit aus dem Jahr 1974 bestimmte Irnich die Fimmerschwelle bei Wechselspannung und Wechselstrom [15]. In Tierexperimenten wurde die Stimulationsschwelle bei sinusförmigen Halbwellen, Ganzwellen und Doppelwellen bestimmt und aus den Ergebnissen abgeleitet, dass der Stimulationseffekt im Wesentlichen durch die erste Sinuswelle bewirkt wird. Außerhalb der Refraktärzeit wiederholt dann die erste Welle die Erregung, so dass daraus Flimmern seinen Ursprung nehmen kann. Die Stimulationsschwelle beträgt etwa 35–40 % der Stimulation eines Rechteckimpulses mit 1 ms Impulsdauer. Eine Applikation von kontinuierlichen Sinuswellen oberhalb der Stimulationsschwelle löst Kammerflimmern aus. Irnich legte damit die Grundlagen für die sicherheitstechnischen Untersuchungen medizinischer Geräte. In einem Grundsatzartikel hat er 1989 seine Erkenntnisse noch einmal zusammengefasst. „Ein Strom durch den Körper wird dann gefährlich, wenn er eine elektrische Feldstärke von 34 V/m und mehr innerhalb des Herzens erzeugt“ [16].

1990 hat er das Grundgesetz der Elektrostimulation auf die Defibrillation des Herzens übertragen. Nach Irnich unter-

scheiden sich Stimulation und Defibrillation vom Prinzip her nicht. Elektrostimulation bedeutet die Einwirkung eines exogenen elektrischen Feldes auf die Permeabilitätshindernisse innerhalb der Membran, so dass der Natrium-Einstrom erfolgen kann. Im Gegensatz zur Stimulation, die eine fokale Erregung auslöst, ist bei der Defibrillation eine homogene Erregung des gesamten Herzmuskels erforderlich, damit Kammerflimmern nicht reinduziert wird. Das grundlegende technische Prinzip der Defibrillation bestehe darin, in den Ventrikeln ein elektrisches Feld von 400 V/m oder mehr zu erzeugen. Dabei bestehe auch bei der Defibrillation eine Chronaxie-Rheobase-Beziehung [17]. Allerdings verlangten Ärzte heute nur noch nach Generatoren mit hoher gespeicherter Energie (40 J oder sogar 47 J) und ignorierten dabei in der Regel andere Parameter. Es würde allgemein nicht erkannt, dass die Größe der Ausgangskapazität und die Impulsdauer eine wichtige Rolle für die Effizienz der Defibrillation spielten [18].

Das Problem der Störerkennung

Bereits 1976 hatte der Mitarbeiter von Irnich, de Bakker ein Patent zur Störerkennungsschaltung für synchronisierbare Herzschrittmacher entwickelt [19]. 1984 meldete Irnich das Patent „Synchronisierbarer Herzschrittmacher mit Störerkennungsschaltung“ beim Europäischen Patentamt an. „Die erfindungsgemäße Störerkennungsschaltung ist deswegen besonders wirkungsvoll, weil sie im Gegensatz zu den bekannten Störerkennungsschaltungen die typische Struktur eines intrakardialen Signals, gleichgültig ob es atrial oder ventrikulär abgeleitet wird, berücksichtigt“ [20]. Damit sollte der Form-Analyse im Gegensatz zu Detektionsschwellen gefilterter Signale der Vorzug gegeben werden. Dies hat er in seinem Beitrag zum Themenschwerpunkt der Ausgabe von Herzschrittmacher und Elektrophysiologie [21], erschienen zu seinem 70. Geburtstag, nochmals bekräftigt. „Herzsignale werden im Gegensatz zu 50-Hz-Signalen zu stark bedämpft. Es gibt keinen Schrittmacher oder ICD, der morphologisch zwischen Nutz- und Störsignal unterscheiden kann“ [22]. Als Beispiel führte er die ventrikulären Elek-

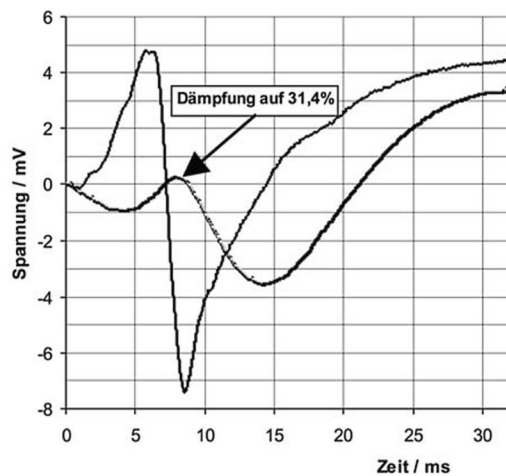
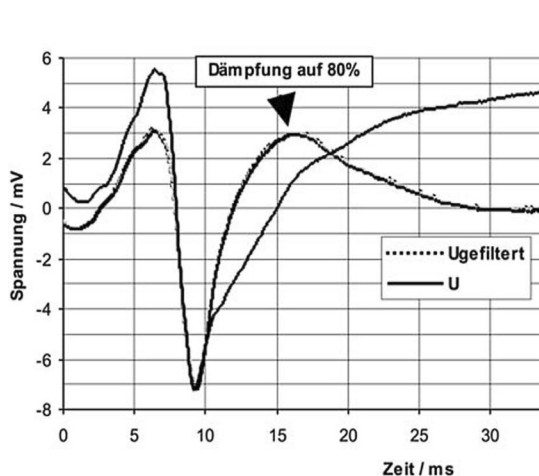


Abb. 12 ◀ Unipolares ventrikuläres Elektrogramm ohne und mit Bandpassfilterung (nach [22])

Gesellschaftsvertrag

Nr. 853 / 1980 R

Gießen, den 10. Dezember 1980

Vor dem Notar H. Rau mit dem Amtssitz in Gießen erscheinen:

1. Professor Dr.-Ing. Werner Irnich,

Birkenweg 60,
6301 Wettenberg 3,

2. Professor Dr. med. Dieter Wilhelm Behrenbeck,

Ahrstraße 46,
5000 Köln 40,

handelnd für die Deutsche Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher e.V. mit dem Sitz in Düsseldorf.



Abb. 13 ▲ Faksimile des Gesellschaftsvertrags über die Gründung des Zentralregisters der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher GmbH

trogramme zweier Herzschrittmacher an, deren Nutzsignal sich durch die Bandpassfilterung auf 80% bzw. bis auf 31% reduzierte (▣ Abb. 12).

Das Zentralregister Herzschrittmacher

Die am 05.10.1974 im Hotel Pitter, Salzburg/Österreich gegründete Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher e.V. [23], beschloss auf ihrer I. Ordentlichen Mitgliederversammlung am 14.10.1976 im Hotel Bräupfanne in München die Einrichtung einer zentralen Kontrollstelle, deren Hauptaufgabe nicht nur darin bestehen sollte, Frühausfälle von Schrittmachern zu erfassen. Sie sollte insbesondere auch deren Hintergründe, z.B. Seriendefekte, aufdecken. Als geeigneter Ort wurde das

Biomedizinische Labor unter Leitung von Dr. Irnich an der RWTH Aachen genannt und der Vorstand beauftragt, Herrn Irnich für eine Zusammenarbeit zu gewinnen [24].

Es dauerte dann noch mehr als 4 Jahre bis die Gründung des Zentralregisters der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher GmbH erfolgen und ein Gesellschaftsvertrag zwischen Prof. Irnich und Prof. Behrenbeck, als Vertreter der Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher geschlossen werden konnte (▣ Abb. 13; [25]). Die Form der GmbH wurde gewählt, um privatrechtlichen Forderungen von Hestellerfirmen, die dies angedroht hatten, besser abwehren zu können.

Die Arbeitsgemeinschaft führte von 1978 bis 1988 jährliche Jahrestagungen durch, bis 1985 an der Universität zu

Köln, die letzte 1988 in München. Das Programm der 1. Jahrestagung in Köln zeigt das hohe wissenschaftliche Niveau und die Mitwirkung wesentlicher Experten der Rhythmologie, wie Herrn Prof. Berndt Lüderitz und Prof. Günter Breithardt (▣ Abb. 14). Natürlich war auch Prof. Werner Irnich vertreten mit Vorträgen zu modernen Energiequellen und zur Chronaxie und ihre praktische Bedeutung für das Schrittmachersystem. Ab 1989 wurden die Veranstaltungen als Jahrestagungen der Arbeitsgruppe Herzschrittmacher der DGK fortgeführt.

Das Deutsche Zentralregister Herzschrittmacher sammelte seit 1982 auf der Basis der Europäischen Herzschrittmacher-Identifikationskarte Meldungen über Neuimplantationen und Wechsel/Explantation von Herzschrittmachern. Die Meldungen erfolgten auf freiwilliger Basis und erfassten ca. 30–40% der tatsächlich in Deutschland durchgeführten Eingriffe. Sie bildeten damit annähernd einen Querschnitt der deutschen Behandlungswirklichkeit ab und stellten das weltweit größte Register dieser Art dar.

Von 1982 bis 1999 wurden die Meldungen von Prof. Irnich und seinen Mitarbeitern, Dr. Batz und Dr. Stertmann, erfasst, analysiert und seit 1983 in der Zeitschrift Herzschrittmacher sowie im Internet publiziert. Mit seiner Emeritierung sah Prof. Irnich eines seiner Lebenswerke, das Deutsche Zentralregister Herzschrittmacher, gefährdet und warb um Unterstützung für die Fortführung des Registers. Der damalige Sprecher der AG Herzschrittmacher der DGK, Prof. Dr. Andreas Markewitz, konnte die Bundesge-

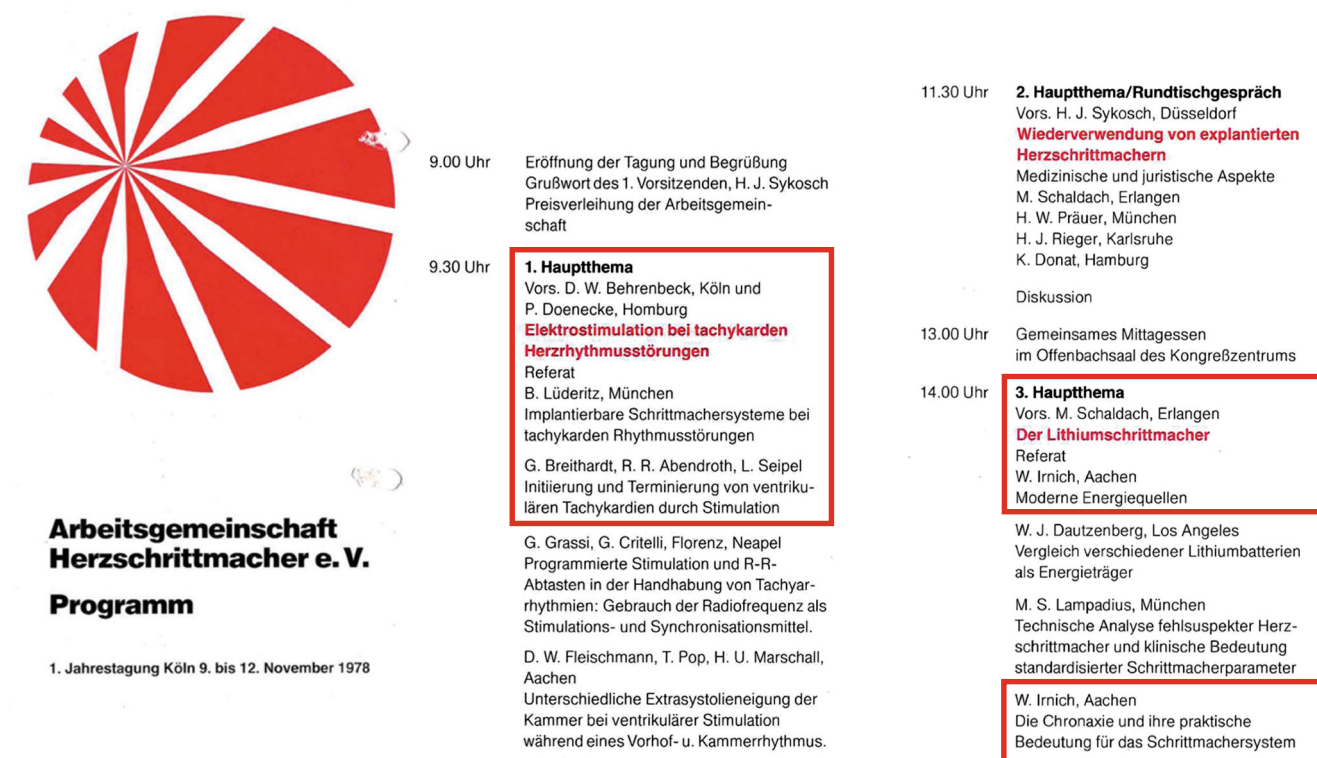


Abb. 14 ▲ Programm der 1. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher e. V.

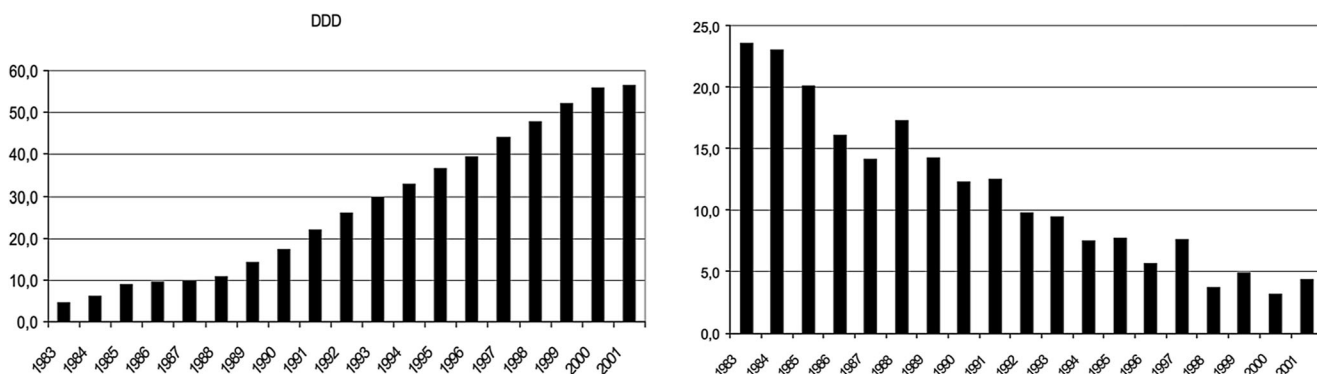


Abb. 15 ▲ Links: Anteil der DDD-Schrittmacher; rechts: Häufigkeit von Komplikationen (Inhibition durch Muskelpotentiale, extrakardiale Stimulation, Penetration, Erosion, Infektion, Wundschmerz) (nach [28])

schäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH (BQS) für eine Kooperation gewinnen. Seit 2000 wurden die Meldungen von der BQS gesammelt, von der Experten-Gruppe/Fachgruppe Herzschrittmacher analysiert und unter Leitung von Prof. Markewitz in der Zeitschrift Herzschrittmacher & Elektrophysiologie sowie im Internet publiziert. Mit der verpflichtenden Qualitätssicherung wurde ab 2003 eine 100% Erfassung erreicht [26].

Ab 2010 wurde die Sammlung und Auswertung der Herzschrittmacher- und Defibrillator-Daten in Zusammenarbeit mit

dem AQUA-Institut für angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen durchgeführt. Nach einem Beschluss des Gemeinsamen Bundesausschusses ging ab 2017 die Zuständigkeit an das IQTIG (Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen) über. Trotz der eingeschränkten Möglichkeiten der Sekundärauswertung wird der Jahresbericht fortgeführt und ab 2023 von Dr. Heiko Burger zusammen mit der Fachgruppe publiziert.

1974 sahen Irnich und Effert nur bei 1 % der Patienten eine 2-Kammerstimulation

realisiert, unter optimalen Bedingungen hätten dies 70 % der Patienten sein sollen [27]. Bis zu Irnachs Ausscheiden 1999 hatte sich der Anteil auf 52 % erhöht ([28]; Abb. 15, links) und betrug im Jahr 2022 75 %, wobei der Anteil der CRT-P Systeme mit 8 % noch hinzu gerechnet werden muss [29]. Damit kann man sagen, dass sich die Vision von 1974 nach mehr als 50 Jahren erfüllt hat. Gleichzeitig gingen die Komplikationen (ohne Sondenprobleme), die 1985 noch bei fast 25 % gelegen hatten bis zu Irnachs Ausscheiden auf unter 5 % zurück (Abb. 15, rechts) und

dürften derzeit noch bei ca. 1 % pro Jahr liegen [32]. Damit hat die Qualitätssicherung einen enormen Beitrag zur Verbesserung der Patientenversorgung geleistet. Für weitere Informationen über die Geschichte der Herzschrittmachertherapie in Deutschland sei auf den Übersichtsartikel im Sonderheft der Zeitschrift Herzschrittmacher und Elektrophysiologie verwiesen [30].

Laudatio und Nachruf

Zum 70. Geburtstag erschien in der Zeitschrift Herzschrittmacher und Elektrophysiologie von Prof. Fröhlig und Dr. Fischer folgende Laudatio [31]:

„Er war das Schrittmacherregister. Er ist DIE-Referenz, wenn man nicht weiß, ob ein Schrittmacherträger tonnenschwere Stahlbauteile mittels Elektromagnet entladen darf. Er betreibt eine groß angelegte postmortem-Analyse explantierter Schrittmacheraggregate.

Wer will, der kann aus seinen berühmten Übersichten lernen, wie Stimulation und Wahrnehmung wirklich funktioniert; das reichhaltigste Datenmaterial zur Störsicherheit elektronischer Implantate stammt aus seinem Labor; in seinen didaktischen Grundlagenartikeln wirbt er um Verständnis für die Zusammenhänge; als Ingenieur ist er Anwalt der Schrittmacherpatienten.

Kein Wunder, dass er nicht immer bequem, zuweilen auch inquisitorisch empfunden wurde. Sein Grundsatz, dass nur verstanden werden kann, was präzise definiert und korrekt benannt worden ist, kollidierte mit der ‚fehlenden klinischen Relevanz‘, die bei Medizinern die Unlust zu tiefeschürfender Auseinandersetzung oft begründet.“

Dem ist kaum noch etwas hinzufügen.

Werner Irnich steht für die enge Verbindung zwischen Ingenieuren und Ärzten auf dem Gebiet der Elektrotherapie des Herzens. Seine theoretischen Arbeiten zur Chronaxie-Rheobase und zur Elektrodenoberfläche, bestätigt durch experimentelle Daten, sind noch heute die Basis der modernen Elektrostimulation.

Sein Konzept des „optimalen Herzschrittmachers“ war richtungsweisend für eine ganze Epoche und gilt auch heute noch mit der Einschränkung des optimalen Stimulationsortes weiter fort.

Die Etablierung des Deutschen Schrittmacher-Registers war ein Meilenstein in der Qualitätssicherung. Anders als mit der heutigen Qualitätssicherung ging es dabei auch um die frühzeitige Entdeckung von Systemfehlern und Qualitätsmängeln bei Implantaten, einer Aufgabe, welcher das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) nicht in Ansätzen nachkommt und durch das seit Jahrzehnten beschworene Implantateregister auf unbestimmte Zeit verschoben wurde.

Wir werden Herrn Professor Irnich in Dankbarkeit und Anerkennung seiner Verdienste um die Elektrostimulation des Herzens immer ein ehrendes Andenken bewahren.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Bernd Lemke

Klinik für Kardiologie, Elektrophysiologie und Angiologie, Klinikum Lüdenscheid, Märkische Kliniken GmbH
Paulmannshöher Str. 14, 58515 Lüdenscheid, Deutschland
bernd.lemke@rub.de

Danksagung. Dr. med. Burkard Irnich (Siegen), für die Hintergrundinformationen und die Überlassung des Vortrags seines Vaters zur 50. Jahrestag der Medizinischen Fakultät RWTH Aachen 2016 „Als die Medizin-Technik nach Aachen kam“ sowie der Familie für die persönlichen Fotos

Prof. Dr. med. Dieter Behrenbeck (Köln), für die Überlassung der Daten zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher e. V. und des Zentralregisters Herzschrittmacher GmbH

Prof. Dr. med. Gerd Fröhlig (Homburg) für die kritische Würdigung der Arbeiten von Prof. Werner Irnich

Dipl.-Ing. Walter Koglek (Finkenberg, Österreich) für die Ergänzungen bei den technischen Kapiteln

Dipl.-Ing. Michael Lampadius (Kochel am See) für die Informationen über Irnachs Arbeit in nationalen und internationalen Normungsausschüssen

Literatur

1. Irnich W, de Bakker JMT (1975) Konzept eines Optimal-Schrittmachers. Biomed Tech 20:89–90 (Ergänzungsband)
2. Parsonnet V, Furman S, Smyth NP (1981) Revised code for pacemaker identification. Pacing Clin Electrophysiol 4:400
3. Patent DE2701104C2 vom 12. Jan. 1977 (Medtronica)

4. Berkovits BV (1971) Atrial and ventricular demand pacer. U.S. Patent 3 595 242
5. Funke HD (1978) Die optimierte sequentielle Stimulation von Vorhof und Kammer – ein neuartiges Therapiekonzept zur Behandlung bradykarder Dysrhythmien. Herz Kreis 10:479–483
6. Irnich W (2016) Als die Medizin-Technik nach Aachen kam. Vortrag zur 50. Jahrestag der Medizinischen Fakultät, RWTH Aachen
7. Merx W, Irnich W, Effert S, Bleifeld W (1972) Technical note. A triggered generator for the electrical treatment of tachycardias. Med Biol Eng 10:297–300
8. Irnich W, Conrady J (1988) A new principle of rate adaptive pacing in patients with sick sinus syndrome. Pacing Clin Electrophysiol 11:1823–1828
9. Patent EP0255899B1 24. Juli 1987
10. Werner J, Hexamer M, Meine M, Lemke B (1999) Restoration of cardio-circulatory regulation by rate-adaptive pacemaker systems: the bioengineering view of a clinical problem. IEEE Trans Biomed Eng 46:1057–1064
11. Patent DE10029677A1 vom 25. Juni 1999
12. Irnich W (1969) Der Einfluss der Elektrodengröße auf die Reizschwelle bei der Schrittmacherreizung. Elektromedizin 14:175–177
13. Irnich W (1980) The chronaxie time and its practical importance. Pacing Clin Electrophysiol 3:292–301
14. Irnich W, Bartsch C (2004) Programmierung der Impulsdauer bei implantierten Herzschrittmachern. Herzschrittmacherelektrophys 15:228–232
15. Irnich W, Silny J, de Bakker JMT (1974) Fibrillation threshold induced by alternating current and alternating voltage. Biomed Tech 19:62–65
16. Irnich W (1989) Das Grundgesetz der Elektrostimulation. Biomed Tech 34:158–167
17. Irnich W (1990) The fundamental law of electrostimulation and its application to defibrillation. Pacing Clin Electrophysiol 13:1433–1447
18. Irnich W, Kroll MW (2015) A model of electrostimulation based on the membrane capacitance as electromechanical transducer for pore gating. Pacing Clin Electrophysiol 38:831–845
19. Patent DE2628629A vom 25. Juni 1976
20. Patent EP0104452A1 vom 4. Apr. 1984
21. Fischer W, Fröhlig G, Irnich W (2004) Themenschwerpunkt: Störbeeinflussung von implantierbaren Herzschrittmachern und Defibrillatoren. Herzschrittmacherelektrophys 15
22. Irnich W (2004) Störbeeinflussung von implantierbaren Herzschrittmachern und Defibrillatoren. Herzschrittmacherelektrophys 15:9–21
23. Protokoll der Gründungsversammlung. 1. Vorsitzender: Prof. Dr. Sykosch, Düsseldorf; 2. Vorsitzender: Prof. Dr. Schaudig, München; Stellvertreter: Prof. Dr. Donat, Hamburg-Harburg und Prof. Dr. Rosenkranz, Bochum; Sekretär und Kassenwart: Dr. Kleinert, Hamburg-Harburg
24. Protokoll der I. Ordentlichen Mitgliederversammlung
25. Gesellschaftsvertrag über die Gründung des Zentralregisters der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Herzschrittmacher GmbH vom 10. Dez. 1980
26. Markewitz A (2010) Das Deutsche Herzschrittmacherregister. Herzschrittmacherelektrophys 21:248–255
27. Effert S, Irnich W (1974) 15 Jahre Herzschrittmachertherapie. Dtsch Med Wschr 99:1146–1151
28. Deutsches Zentralregister Herzschrittmacher, Tabellen und Graphiken 1982–2001. https://pacemaker-register.de/wp-content/uploads/tabellen_graphiken_82-01.pdf. Zugriffen: 15.08.2025

29. Burger H, Nowak B, Wiegand U, Israel C, Lemke B, Kolb C, Hain A, Markewitz A (2024) Jahresbericht 2022 des Deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillator-Registers – Teil 1: Herzschrittmacher. *Herzschr Elektrophys* 36:34–51
30. Lemke B (2024) Geschichte der Herzschrittmacher-Therapie in Deutschland. *Herzschr Elektrophys* 35:18–54
31. Fröhlig G, Fischer W (2004) Prof. Dr.-Ing. Werner Irnich wird 70! *Herzschr Elektrophys* 15:113
32. Vitkauskė P, Lemke B (2025) Volume-Outcome Analyse der Komplikationshäufigkeit bei Schrittmacher- und Defibrillator-Implantationen. Auswertung von 250000 Fällen der externen Qualitätssicherung in NRW von 2010 bis 2020. Wissenschaftliche Pressemitteilung der 91. DGK-Jahrestagung, 23.04.2025. https://herzmedizin.de/content/dam/herzmedizin/pdfs/meta/presse/91--jahrestagung/Vitkauske_WissPM_JT25.pdf. Zugegriffen: 16.08.2025

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.