

THORSTEN LEWALTER (Hrsg.)

Rationale Arrhythmiebehandlung – Ein Paradigmenwechsel

MIT 28 ZUM TEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN
UND 19 TABELLEN

STEINKOPFF
DARMSTADT

Priv.-Doz. Dr. med. THORSTEN LEWALTER
Medizinische Klinik und Poliklinik II
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25
53105 Bonn

ISBN 3-7985-1516-6 Steinkopff Verlag, Darmstadt

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Steinkopff Verlag Darmstadt
ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
www.steinkopff.springer.de

© Steinkopff Verlag Darmstadt 2006
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Redaktion: Dr. Annette Gasser Herstellung: Klemens Schwind
Umschlaggestaltung: Erich Kirchner, Heidelberg
Satz: K + V Fotosatz GmbH, Beerfelden

SPIN 11430070

85/7231-5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

Geleitwort

Zu Ehren und gewidmet

Herrn Professor Dr. Dr. h. c. BERNDT LÜDERITZ

Ein Geleitwort zum Buch „Rationale Arrhythmiebehandlung“ schreiben zu dürfen, ist eine große Ehre und auch eine gern wahrgenommene Gelegenheit, im Namen der Autoren aber sicher auch im Namen der Leserschaft Herrn Professor Berndt Lüderitz Achtung und Dank für sein Wirken und Werken auszusprechen.

Seine Schüler, Kollegen und wissenschaftlichen Mitstreiter haben hier zum Thema der Behandlung von Herzrhythmusstörungen belegte Thesen und zukunftsweisende Theorien praxisbezogen und fortschrittsbewusst aufgearbeitet. Die Kompetenz der Autoren ist unbestritten und das gewählte Thema ist wahrlich im Herzen der kardiologischen, internistischen, ja der allgemeinen ärztlichen Kunst.

Die vom Geehrten selbst brillant und fundiert verfasste Analyse der Geschichte der Rhythmologie belegt die fundamentale Bedeutung der Pulskunde, die offenbar so alt ist wie die Heilkunde an sich. Dass unser Kulturkreis den Sitz der Seele ins Herz projiziert, beruht auf der erhöhten Empfindsamkeit des Herzschlages, wann immer die Gemütslage im Umbruch ist. Daher ist der Herzrhythmus Ausdruck dessen, was wir mitunter als Lebensgefühl empfinden. Das schlagende Herz ist Beweis des Lebens, der Stillstand bedeutet den Tod, im „primum moviens, ultimum moriens“ ist der Begriff der Endlichkeit des Daseins deutlich ausgedrückt und die Dimension der vitalen Bedrohung durch Herzrhythmusstörungen fühlbar. Gesteuert vom Vegetativen, Unkontrollierbaren in unserem Körper kann es mit der Tachykardie die Emotion nicht verheimlichen, und die Ohnmacht belegt wie bedrohlich sich sein Aussetzen auswirkt.

Herzrhythmusstörungen reflektieren also absolut unwissenschaftlich die Dynamik des Seins. Dank ihrer wissenschaftlichen Erforschung sind sie als teilweise lästige, oftmals aber als lebensbedrohliche Störung zu diagnostizieren und zu behandeln. Der Übergang vom „krank am Herzen“ zum „Herzkranken“ ist nicht nur ein Bereich der Romantik, sondern ein Beleg der zentralen Bedeutung der Rhythmologie in der Medizin.

Diese Publikation unter der Ägide von Herrn Priv.-Doz. Dr. Lewalter präsentiert die modernsten Errungenschaften im Bereich der Arrhythmie-therapien und stellt auch kritisch die Grenzen des Machbaren und somit die Richtlinien des jeweiligen Anwendungsbereichs, eben der rationalen Arrhythmiebehandlung dar. „Krankheit ist immer eine Rhythmusstörung, ist aber eine Rhythmusstörung immer eine Krankheit?“, darf man sich im Rahmen der immer invasiver werdenden Möglichkeiten sicher fragen. Das diagnostische und therapeutische Instrumentarium umspannt vom Fühlen des Pulses bis zur Identifikation der Membrankanalanomalie das ganze Spektrum des modernen medizin-technischen Handelns. Es entspricht dem tiefen humanen Empfinden von Berndt Lüderitz diesen Brückenschlag zu machen, denn seine Kardiologie ist ja so allgemein und umfassend wie kein anderes Fach der Fakultät sein könnte. Die Synthese von der subjektiven Empfindung der Palpitation bis zur Erkenntnis lebensbedrohlicher Rhythmusstörungen, von klinischer Diagnostik bis zur wissenschaftlich belegten Intervention, von der Substratelimination durch Ablation bis zur „Rhythmusprothetik“ mit Herzschrittmacher oder Defibrillator wird in diesem Werk gut fassbar dargestellt.

Es ist in der modernen Kardiologie wie bei jedem künstlerischen Akt; neben der perfekten Technik sind es die Erfahrung und der Respekt, die zur behutsamen und Erfolg versprechenden Verwendung der Mittel führen. Somit ist Rhythmologie im wahrsten Sinne eine Heilkunst. Ich wünsche mir, dass durch dieses Buch die Künstler die Technik noch besser verstehen lernen und sich die Techniker ihrer „heilkünstlerischen“ Verantwortung weiterhin bewusst bleiben.

Lausanne, im März 2006

Prof. LUKAS KAPPENBERGER

Vorwort

Sehr verehrte Leserinnen und Leser,

die Ihnen vorliegende Publikation „Rationale Arrhythmiebehandlung“ gibt die wesentlichen Beiträge der Tagung „Update Elektrophysiologie 2005“ wieder, die im April 2005 nationale und internationale Experten auf dem Gebiet der Rhythmologie nach Bonn und Bad Godesberg geführt hatte. Wie auch in den Jahren zuvor konnte diese Tagung mit Unterstützung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, Herz- und Kreislaufforschung ausgerichtet werden; erstmals fungierte das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierte Kompetenznetz Vorhofflimmern als kooperierender Partner.

Der Wissenszuwachs in Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen hat in den letzten Jahren ein rasantes Tempo erreicht. Um hier Schritt halten zu können, möchten wir Ihnen mit diesem Buch die Möglichkeit bieten, sich umfassend über Bewährtes, Neues und Zukünftiges in diesem Feld zu informieren. Dies betrifft u.a. die Innovationen in Elektro- und Arzneimitteltherapie, den aktuellen Stand der Gendiagnostik hereditärer Arrhythmien sowie die Möglichkeiten der Zell- bzw. Gewebeersatztherapie.

Es sollte schließlich nicht unerwähnt bleiben, dass die Tagung „Update Elektrophysiologie 2005“ mit der Vollendung des 65. Lebensjahres von Prof. Dr. med. Dr. h.c. Berndt Lüderitz zusammenfiel. Dieser Band ist daher Herrn Professor Lüderitz gewidmet, anlässlich seines 65. Geburtstages und seiner 22-jährigen erfolgreichen Tätigkeit als Direktor der Medizinischen Klinik und Poliklinik II des Universitätsklinikums Bonn.

Bonn, im März 2006

Priv.-Doz. Dr. med.
THORSTEN LEWALTER

Inhaltsverzeichnis

„Milestones“ und Details zur Geschichte der kardialen Elektrophysiologie	1
B. LÜDERITZ	
 ■ „Neue Erkenntnisse, Neue Entwicklungen, Neue Technik“	
Epidemiologie von Vorhofflimmern	13
A. GERTH, J. HÖSS, M. NÄBAUER, G. STEINBECK	
Neue Aspekte der medikamentösen antiarrhythmischen Therapie	23
A. GÖTTE	
Antiarrhythmische Therapie in der Schwangerschaft und Stillzeit	30
H.-J. TRAPPE	
„Home Monitoring“ bei Patienten mit implantiertem Defibrillator und kardialer Resynchronisationstherapie . . .	47
T. KORTE, G. KLEIN	
Vorhofflimmern – Vorhofflattern Konservative und interventionelle Therapie	55
T. LEWALTER, L. LICKFETT, A. YANG, B. LÜDERITZ	
Neue Wege im 3D-Mapping Integration von Aktivierung und Anatomie	73
M. ANTZ, S. ERNST, K.-H. KUCK	

Kurze QT-Syndrome: Spiegelbilder der verlängerten Repolarisation	84
E. SCHULZE-BAHR	

Gewebeersatz – eine Perspektive in der Arrhythmiebehandlung	96
B.K. FLEISCHMANN	

Richtungsweisende Studien und ihre praktischen Konsequenzen: Synkope	105
A. SCHUCHERT, T. MEINERTZ	

■ Arrhythmiebehandlung – State of the Art

Therapie des Vorhofflimmerns	115
D. PFEIFFER, A. SALAMEH, A. HAGENDORFF	

Vorschlag für neue Leitlinien zur Implantation von Defibrillatoren	124
W. JUNG, D. ANDRESEN, M. BLOCK, D. BÖCKER, S.H. HOHNLOSER, K.H. KUCK, J. SPERZEL	

Primärprophylaxe des plötzlichen Herztods	144
J.O. SCHWAB	

New frontiers in atrial fibrillation	154
S. SAKSENA	

Berndt Lüderitz – ein Lebensbild	167
T. MEINERTZ	

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. DIETRICH ANDRESEN
Vivantes Klinikum Am Urban
I. Innere Abteilung/Kardiologie
Dieffenbacherstraße 1
10967 Berlin

PD Dr. MATTHIAS ANTZ
II. Medizinische Abteilung
Allgemeines Krankenhaus St. Georg
Lohmühlenstraße 5
20099 Hamburg

Prof. Dr. MICHAEL BLOCK
Stiftsklinik Augustinum
Innere Medizin – Kardiologie
Wolkerweg 16
81375 München

Priv.-Doz. Dr. DIRK BÖCKER
Universitätsklinikum Münster
Medizinische Klinik u. Poliklinik C
Albert-Schweitzer-Straße 33
48149 Münster

PD Dr. SABINE ERNST
II. Medizinische Abteilung
Allgemeines Krankenhaus St. Georg
Lohmühlenstraße 5
20099 Hamburg

Prof. Dr. BERND K. FLEISCHMANN
Institut für Physiologie
Live & Brain Center
Universität
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn

Dr. ANDREA GERTH
Medizinische Klinik und Poliklinik I
Ludwig-Maximilians-Universität
Klinikum Großhadern
Marchioninistraße 15
81377 München

PD Dr. ANDREAS GOETTE
Klinik für Kardiologie, Angiologie
und Pneumonologie
Otto-von-Guericke-
Universitätsklinik
Leipziger Straße 44
39120 Magdeburg

Prof. Dr. ANDREAS HAGENDORFF
Medizinische Universitätsklinik
Johannisallee 32
04103 Leipzig

Prof. Dr. STEFAN HOHNLOSER
Universitätsklinikum
Frankfurt am Main
Medizinische Klinik IV/
Abteilung Kardiologie
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main

Dr. JULIA HÖSS
Medizinische Klinik und Poliklinik I
Ludwig-Maximilians-Universität
Klinikum Großhadern
Marchioninistraße 15
81377 München

Prof. Dr. WERNER JUNG
Klinik für Innere Medizin III
Kardiologie, Pneumologie,
Angiologie
Schwarzwaldbaar-Klinikum
Villingen-Schwenningen GmbH
Vöhrenbacherstraße 23
78050 Villingen-Schwenningen

Dr. GUNNA KLEIN
Abteilung Kardiologie
und Angiologie
Medizinische Hochschule
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover

PD Dr. THOMAS KORTE
Abteilung Kardiologie
und Angiologie
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover

Prof. Dr. KARL-HEINZ KUCK
II. Medizinische Abteilung
Allgemeines Krankenhaus St. Georg
Lohmühlenstraße 5
20099 Hamburg

PD Dr. THORSTEN LEWALTER
Medizinische Klinik
und Poliklinik II
Universitätsklinikum
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn

PD Dr. LARS LICKFETT
Medizinische Klinik
und Poliklinik II
Universitätsklinikum
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn

Prof. Dr. Dr. h. c.
BERNDT LÜDERITZ
Medizinische Klinik
und Poliklinik II
Universitätsklinikum
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn

Prof. Dr. THOMAS MEINERTZ
Klinik und Poliklinik
für Kardiologie/Angiologie
Universitäres Herzzentrum
Hamburg gGmbH (UHZ)
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg

PD Dr. MICHAEL NÄBAUER
Medizinische Klinik und Poliklinik I
Ludwig-Maximilians-Universität
Klinikum Großhadern
Marchioninistraße 15
81377 München

Prof. Dr. DIETRICH PFEIFFER
Medizinische Universitätsklinik
Johannisallee 32
04103 Leipzig

SANJEEV SAKSENA, MD
Professor of Medicine
The Robert Wood Johnson
Medical School
Director, Arrhythmia &
Pacemaker Service
Eastern Heart Institute
Passaic NJ
USA

Dr. AIDA SALAMEH
Medizinische Universitätsklinik
Johannisallee 32
04103 Leipzig

Prof. Dr. ANDREAS SCHUCHERT
Klinik und Poliklinik
für Kardiologie/Angiologie
Universitäres Herzzentrum
Hamburg gGmbH (UHZ)
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg

PD Dr. ERIC SCHULZE-BAHR
Leibniz-Institut
für Arterioskleroseforschung
Westfälische Wilhelms-Universität
Domagkstraße 3
48149 Münster

PD Dr. JÖRG OTTO SCHWAB
Medizinische Klinik
und Poliklinik II
Universitätsklinikum
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn

PD Dr. JOHANNES SPERZEL
Kerckhoff Klinik GmbH
Abteilung Kardiologie
Benekestraße 2–8
61231 Bad Nauheim

Prof. Dr. GERHARD STEINBECK
Medizinische Klinik und Poliklinik I
Ludwig-Maximilians-Universität
Klinikum Großhadern
Marchioninistraße 15
81377 München

Prof. Dr. HANS-JOACHIM TRAPPE
Schwerpunkte Kardiologie
und Angiologie
Medizinische Klinik II
Ruhr-Universität
Hölkeskampring 40
44625 Herne

Dr. ALEXANDER YANG
Medizinische Klinik
und Poliklinik II
Universitätsklinikum
Sigmund-Freud-Straße 25
53105 Bonn

„Milestones“ und Details zur Geschichte der kardialen Elektrophysiologie

B. LÜDERITZ

■ **Zusammenfassung.** Bis zu Beginn des 18. Jahrhunderts war die aus dem klassischen Altertum und aus der chinesischen Kultur erwachsene Pulslehre hierzulande noch nicht zu einem Instrument der ärztlichen Praxis geworden. Vielmehr fand die Prüfung des Pulses nur innerhalb der physiologischen Forschung ihre Bedeutung. Erst die Entwicklung der Elektrokardiographie führte zur eigentlichen rationalen Rhythmologie.

■ Voraussetzungen zur Registrierung des Erregungsablaufs am Herzen

Die praktischen und apparativen Voraussetzungen wurden durch Willem Einthoven 1895 mit der Weiterentwicklung des Saitengalvanometers geschaffen, nachdem es zuvor Augustus Desiré Waller [18] 1887 gelungen war, das erste menschliche Elektrokardiogramm aufzuzeichnen.

Augustus Desiré Waller

Er wurde als Sohn des bedeutenden Physiologen Augustus Volney Waller am 12.07.1856 in Paris geboren. Nach medizinischem Studium an den Universitäten von Aberdeen, Edinburgh und Leipzig promovierte er 1881 in Aberdeen. Er arbeitete zunächst am physiologischen Laboratorium in London unter Burdon-Sanderson und hielt Vorlesungen in Physiologie an der London School of Medicine for Women. In gleicher Stellung war er 16 Jahre lang an der Medical School des St. Mary's Hospital tätig. Zum Direktor des Physiologischen Laboratoriums der Universität London wurde er 1902 berufen. Er verstarb am 11.03.1922 in London [8].

In seinen Studien widmete sich Waller insbesondere den elektrischen Phänomenen des Herzens. So war es ihm bereits 1887 [18] gelungen, mit Hilfe des Lippmann-Kapillarelektrometers ein EKG von der Körperoberfläche des Menschen abzuleiten [11, 17], ohne dass zunächst die klinischen Konsequenzen hierfür erkannt wurden. Gleichwohl legte Waller durch seine Untersuchungen die Grundlage für die moderne Elektrokardiographie.

Willem Einthoven

Er wurde am 21.05.1860 als Sohn eines Militärarztes in Semarang auf Java geboren. Nach dem Tod des Vaters kehrte die Familie 1870 in die Niederlande zurück und Willem Einthoven begann nach vorausgegangener Gymnasialausbildung 1879 an der Universität Utrecht mit dem Studium der Medizin, wo er 1885 den Doktorgrad erwarb. Im selben Jahr erhielt er noch vor Ablegung des Staatsexamens eine Professorenstelle für Physiologie und Histologie in Leiden und arbeitete dort bis zu seinem Tod am 28.09.1927 [17].

Nachdem es schon Waller 1887 [18] gelungen war, das erste EKG von der Körperoberfläche des Menschen abzuleiten [11, 17], begann Einthoven 1895 [3] mit dem Lippmann-Kapillarelektrometer zu arbeiten. Unter Berücksichtigung physikalischer Faktoren korrigierte er 1895 das wenig differenzierte Kapillarelektrometerbild [11], und es kam zur Weiterentwicklung des Saitengalvanometers, dessen Entdeckung im Jahre 1897 auf C. Ader [1] zurückging.

1901 beschrieb Einthoven zum ersten Mal in einer Festschrift zum 70. Geburtstag des holländischen Gelehrten Bosscha sein weiterentwickeltes Galvanometer [17] und machte es 1903 in einer publizierten Arbeit „*Ein neues Galvanometer*“ [4] einer breiten Öffentlichkeit zugänglich. Während Einthoven bei seinen Untersuchungen mit dem Kapillarelektrometer ursprünglich jedem Elektrokardiogramm 4 Zacken (A, B, C, D) zugewiesen hatte, konnte er durch rechnerische Korrekturen und Auswertungen der Kapillarelektrometerkurven deren Zahl auf 5 erhöhen und führte dafür die noch heute verwendeten Bezeichnungen P, Q, R, S, T ein.

Obwohl die qualitative und quantitative Messung des Pulses als Anfang der Arrhythmiediagnostik verstanden werden kann, wurde die eigentliche Erfassung von Herzrhythmusstörungen erst durch die Elektrokardiographie des von Einthoven weiterentwickelten Saitengalvanometers eingeleitet. Das EKG wurde für den Ausbau der Lehre von den Rhythmus- bzw. Reizbildungs- und Erregungsleitungsstörungen im Herzen von höchster Bedeutung [17]. Die anfänglich weit verbreitete Skepsis gegenüber seiner Methode konnte Einthoven 1908 in seiner Publikation „*Weiteres über das Elektrokardiogramm*“ [5], in der er klinische Beispiele dokumentierte, beseitigen (vgl. Abb. 1).

1913 beschrieben Einthoven et al. [6, 7] die zum Einthoven-Dreieck als Berechnungsgrundlage des EKG führenden Erkenntnisse. Einthoven erhielt 1924 für die Entwicklung des Saitengalvanometers als Pionier der Elektrokardiographie den Nobelpreis für Medizin.

■ Die weitere Entwicklung

Die Geschichte des Reizbildungs- und Erregungsleitungssystems reicht bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Wissenschaftler mit ihren Entdeckungen chronologisch aufgeführt.

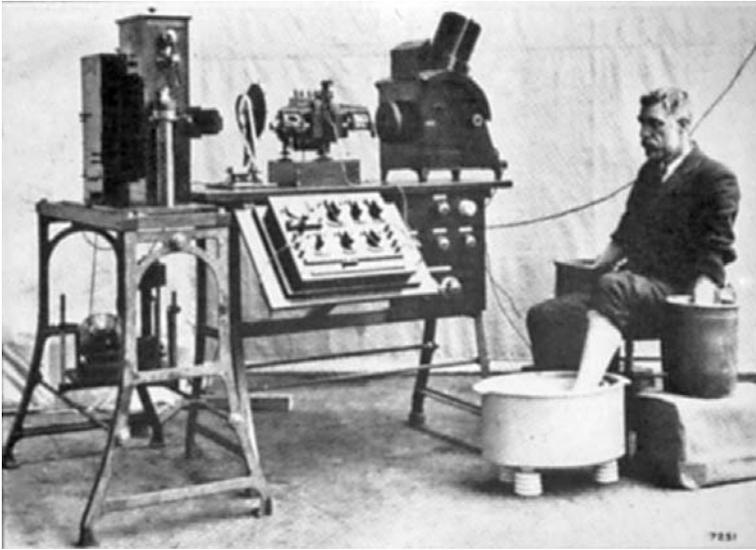


Abb. 1. Registrierung der drei Standardableitungen nach Einthoven am Patienten. EKG-Abnahme mit Hilfe von Trogelektroden (Kupferzylinder in leitender Lösung). Original Cambridge Electrocardiograph; gebaut für Sir Thomas Lewis (1912). Mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages, Heidelberg

Tabelle 1. Chronologische Übersicht der Entdeckung des Reizbildungs- und Erregungsleitungssystems

1845	J. E. Purkinje	Purkinje-Fasern
1876/93	G. Paladino, A. F. S. Kent	Kent-Paladino-Bündel
1893	W. His jun.	His-Bündel
1906	L. Aschoff, S. Tawara	AV-Knoten
1906/07	K. F. Wenckebach	Wenckebach-Bündel
1907	A. B. Keith, M. W. Flack	Sinusknoten
1916	J. G. Bachmann	Bachmann-Bündel
1932	I. Mahaim	Mahaim-Fasern
1961	T. N. James	James-Bündel

Der als Sohn eines Sanitätsrats am 10.01.1866 in Berlin geborene Ludwig Aschoff begann 1885 das Studium der Medizin an der Universität Bonn. Nach Studienaufenthalten in Straßburg und Würzburg kehrte er nach Bonn zurück und promovierte dort 1889. Seine vielfältigen Arbeiten, Veröffentlichungen und Vortragsreisen in die ganze Welt, u.a. nach Japan, wo er 1924 an den Universitäten und Akademien Vorträge über Pathologie hielt, machten ihn zu einem der bedeutendsten Pathologen seiner Zeit.

1904 entdeckte er die später nach ihm benannten rheumatischen Knötchen im Herzmuskel und beschrieb 1906 zusammen mit Tawara den Atrioventrikularknoten, der noch heute als Aschoff-Tawara- bzw. AV-Knoten bezeichnet wird.

■ Anwendungen in der Diagnostik

Die Elektrokardiographie, die die bei jeder Herzaktion entstehenden Potentialschwankungen als Funktion der Zeit wiedergibt, stellt auch heute die Basis der nichtinvasiven Diagnostik von Herzrhythmusstörungen dar. Die Entwicklung der elektrokardiographischen Registriertechnik ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Die invasive elektrophysiologische Diagnostik von Herzrhythmusstörungen mit Elektrodenkathetern basiert auf der Herzkathetertechnik, die mit dem historischen Selbstversuch von Werner Forßmann (1904–1979) ihren Anfang nahm [9]. Eine hervorragende Rolle spielt dabei das His-Bündel-EKG (HBE), bei dem mittels eines intrakardial eingeführten Elektrodenkatheters elektrische Potenziale vom His-Bündel abgeleitet werden. Bei dieser am häufigsten benutzten Ableitungstechnik zur Analyse der atrioventrikulären Überleitung, die zumeist mit atrialer Stimulation verbunden wird, wird ein Elektrodenkatheter über die rechte V. femoralis mit der Spitze bis in den rechten Ventrikel vorgeschoben und der Katheter so platziert, dass die Elektroden kurz unterhalb des septalen Segels der Trikuspidalklappe dem Ventrikelseptum im rechten Ventrikel anliegen.

1957 wurden erstmals elektrische Potenziale vom His-Bündel während einer Katheteruntersuchung bei einem Patienten mit Fallot-Tetralogie nachgewiesen [10, 16]. 1967 wurden elektrische Potenziale am His-Bündel nachgewiesen. Mit Einführung der His-Bündel-Elektrographie gelang es, eine zeitliche Beziehung zwischen dem His-Bündel-EKG und dem Oberflächen-EKG herzustellen.

Bei der programmierten elektrischen Stimulation, die erstmals 1967 von Durrer u. Ross [2] und später von Wellens [19] in die kardiologische Diag-

Tabelle 2. Chronologie der elektrokardiographischen Registriertechnik

1903	Extremitätenableitungen	W. Einthoven
1906	Ösophagus-EKG	M. Cremer
1933	Unipolare Brustwandableitungen	F.N. Wilson
1936	Vektorkardiographie	F. Schellong
1938	Kleines Herzdreieck	W. Nehb
1942	Unipolare verstärkte (augmentierte) Extremitätenableitungen	E. Goldberger
1956	Korrigiertes orthogonales Ableitungssystem	E. Frank
1960	Endokavitäre Katheterableitungen	G. Giraud, P. Puech
1969	His-Bündel-Elektrographie	B.J. Scherlag

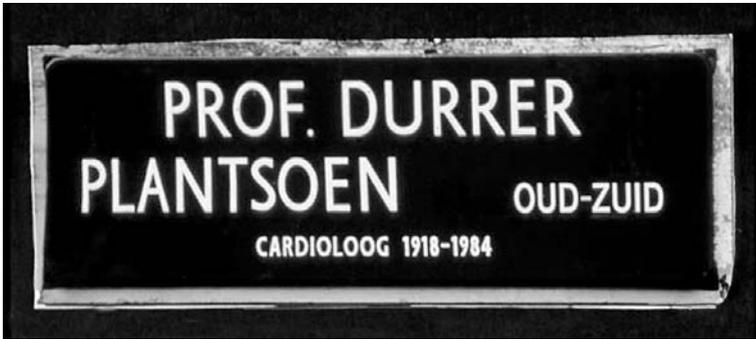


Abb. 2. Monument für Dirk Durrer in Anerkennung seiner außergewöhnlichen Leistungen, 1986 am Minervaplatz in Amsterdam errichtet, nahe seines Hauses in der Rubensstraat 27, Enthüllung des Monuments durch Prinzessin Juliana, die frühere Königin der Niederlande, am 28.05.1986; Monument gibt (wahrscheinlich) ein Modell zweier parallel verlaufender atrioventrikulärer Leitungsstrukturen wieder, das spezifische Leitungssystem und eine zusätzliche Leitungsbahn, die somit das Prinzip der Kreiserregung bildlich darstellen

nostik eingeführt wurde, kann durch eine zeitlich definierte intrakavitäre Elektrostimulation die Terminierung supraventrikulärer und ventrikulärer Tachykardien erreicht werden, wobei als Mechanismus dieses therapeutischen Effekts die Unterbrechung einer kreisenden Erregung angenommen wird (Abb. 2). Die elektrische Stimulation des Herzens stellt somit eine unerlässliche Ergänzung der His-Bündel-Elektrokardiographie bei elektrophysiologischen Untersuchungen des Herzens dar. Im einzelnen dient sie zur:

- Charakterisierung der elektrophysiologischen Eigenschaften des Sinusknotens, des Vorhofs, der AV-Überleitung sowie der Kammer;
- Induktion und Unterbrechung tachykarder Rhythmusstörungen;
- Analyse der Wirkung von Pharmaka, insbesondere Antiarrhythmika, auf die elektrophysiologischen Eigenschaften der verschiedenen Herzabschnitte.

■ Kreisende Erregung

Mayer [14] formulierte bereits 1906 anhand seiner Beobachtungen an ringförmigen Gewebestücken von Quallenkörpern und Taubenherzen erstmalig das Konzept der kreisenden Erregung. Er erkannte, dass als Voraussetzung einer Kreiserregung die Leitungszeit länger sein muss als die Refraktärzeit an einem beliebigen Ort im Leitungsweg und dass die Erregungsleitung unidirektional erfolgen muss. Mines [15] beschrieb 1913 Umkehrextrasystolen und stellte fest, dass durch einen zeitgerecht einfallenden Vorhof- oder Ventrikelstimulus eine Tachykardie unterbrochen werden kann. Eine Erregungsumkehr über den AV-Knoten war für ihn nur durch eine Aufnahme eines funktionellen Blocks eines Teils der Überleitungsfasern denkbar. Die atrioventrikuläre Leitung erfolgte nur über einen Teil der AV-Knoten-Fasern, die restlichen Fasern waren aufgrund der hohen Frequenzbelastung noch refraktär; nachdem die Erregungswelle jedoch die Kammern erreicht hatte, war ausreichend Zeit vergangen, die Fasern hatten ihre Wiedererregbarkeit zurückgewonnen und die ventrikuläre Erregungswelle konnte den Vorhof erneut erreichen. Unter Berücksichtigung der Beobachtungen von Mayer [14] und Mines [15] formulierten Wellens et al. [20] folgende Voraussetzungen für die Entstehung der kreisenden Erregung:

- unidirektionale Blockierung eines Impulses in einer oder in mehreren Herzregionen
- Erregungsfortleitung über eine alternative Leitungsbahn
- verzögerte Erregung distal der Blockierung
- Wiedererregung der proximal des Blocks gelegenen Bezirke

Geschichte der elektrischen Therapie

Die Anfänge der Elektrotherapie reichen bis in das 16. Jahrhundert zurück. Die Entwicklung bis zum 20. Jahrhundert ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3. Geschichte der Elektrotherapie vom 16. bis zum 20. Jahrhundert [12, 13]

1580	Mercuriale G (1530–1606): <i>Ubi pulsus sit rarus semper expectanda est syncope</i>
1717	Gerbezius M (1658–1718): <i>Constitutio Anni 1717 a.A.D. Marco Gerbezio Labaco 10. Decem. descripta. Miscellanea-Emphemerides Academiae Naturae Curiosorum. Cent. VII, VIII. 1718: in Appendice</i>
1761	Morgagni G.B. (1682–1771): <i>De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis</i>
1791	Galvani L (1737–1798): <i>De viribus electricitatis in motu musculari commentarius</i>
1800	Bichat MFX (1771–1802): <i>Recherches physiologiques sur la vie et la mort</i>
1804	Aldini G (1762–1834): <i>Essai theorique et experimental sur le galvanisme, avec une serie d'experiences faites en presence des commissaires de l'Institut National de France, et en divers amphitheatres de Londres</i>
1827/1846	Adams R (1791–1875), Stokes W (1804–1878): <i>Cases of diseases of the heart, accompanied with pathological observations: observations on some cases of permanently slow pulse</i>
1872	Duchenne de Boulogne GBA (1806–1875) <i>De l'electrisation localisee et de son application à la pathologie et à la therapeutique par courants induits et par courants galvaniques interrompus et continus</i>
1882	von Ziemssen H (1829–1902) <i>Studien über die Bewegungsvorgänge am menschlichen Herzen sowie über die mechanische und elektrische Erregbarkeit des Herzens und des Nervus phrenicus, angestellt an dem freiliegenden Herzen der Catharina Serafin</i>
1890	Huchard H: <i>La maladie de Adams-Stokes</i>
1932	Hyman AS: <i>Resuscitation of the stopped heart by intracardial therapy. II. Experimental use of an artificial pacemaker</i>
1952	Zoll PM: <i>Resuscitation of heart in ventricular standstill by external electrical stimulation</i>
1958	Elmqvist R, Senning A: <i>An implantable pacemaker for the heart</i>
1958	Furman S, Robinson G: <i>The use of an intracardiac pacemaker in the correction of total heart block</i>
1961	Bouvrain Y, Zacouto F: <i>L'entrainement électrosystolique du coeur</i>
1962	Lown B et al.: <i>New method for terminating cardiac arrhythmias</i>
1963	Nathan DA et al.: <i>An implantable synchronous pacemaker for the long-term correction of complete heart block</i>
1969	Berkovits BV et al.: <i>Bifocal demand pacing</i>
1969	Scherlag BJ et al.: <i>Catheter technique for recording His bundle activity in man</i>
1972	Wellens HJJ et al.: <i>Electrical stimulation of the heart in patients with ventricular tachycardia</i>
1975	Zipes DP et al.: <i>Termination of ventricular fibrillation in dogs by depolarizing a critical amount of myocardium</i>
1978	Josephson ME et al.: <i>Recurrent sustained ventricular tachycardia</i>
1978	Funke HD: <i>First dual-chamber pacemaker</i>
1980	Mirowski M et al.: <i>Termination of malignant ventricular arrhythmias with an implanted automatic defibrillation in human beings</i>