

SCHRIFTENREIHE
DER
ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE INNERE MEDIZIN
UND IHRE GRENZGEBIETE

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. DR. H. C. DR. H. C. THEODOR BRUGSCH

REDAKTIONSAUSSCHUSS

PROF. DR. J. BRUGSCH · PROF. DR. SCHENNETTEN
PROF. DR. HENNEMANN · PROF. DR. JÜRGENS · PROF. DR. TRAUTMANN
DOZ. DR. BILECKI · LEHRBEAUFTRAGTER DR. W. SCHULZ
DR. VOLKHEIMER

HEFT 9

CARDIOLOGIE V

REDAKTION: **PROF. DR. MED. SCHENNETTEN**

MIT 81 ABBILDUNGEN



19 58

VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

SCHRIFTENREIHE

DER

ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE INNERE MEDIZIN
UND IHRE GRENZGEBIETE

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. DR. H. C. DR. H. C. THEODOR BRUGSCH

REDAKTIONSAUSSCHUSS

PROF. DR. J. BRUGSCH · PROF. DR. SCHENNETTEN

PROF. DR. HENNEMANN · PROF. DR. JÜRGENS · PROF. DR. TRAUTMANN

DOZ. DR. BILECKI · LEHRBEAUFTRAGTER DR. W. SCHULZ

DR. VOLKHEIMER

HEFT 9

CARDIOLOGIE V

REDAKTION: PROF. DR. MED. SCHENNETTEN

MIT 81 ABBILDUNGEN



19 58

VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1958 by VEB Georg Thieme, Leipzig
Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 490/62/58
des Ministeriums für Kultur, HV Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik
Auftragsnummer des Verlages 62

Printed in Germany

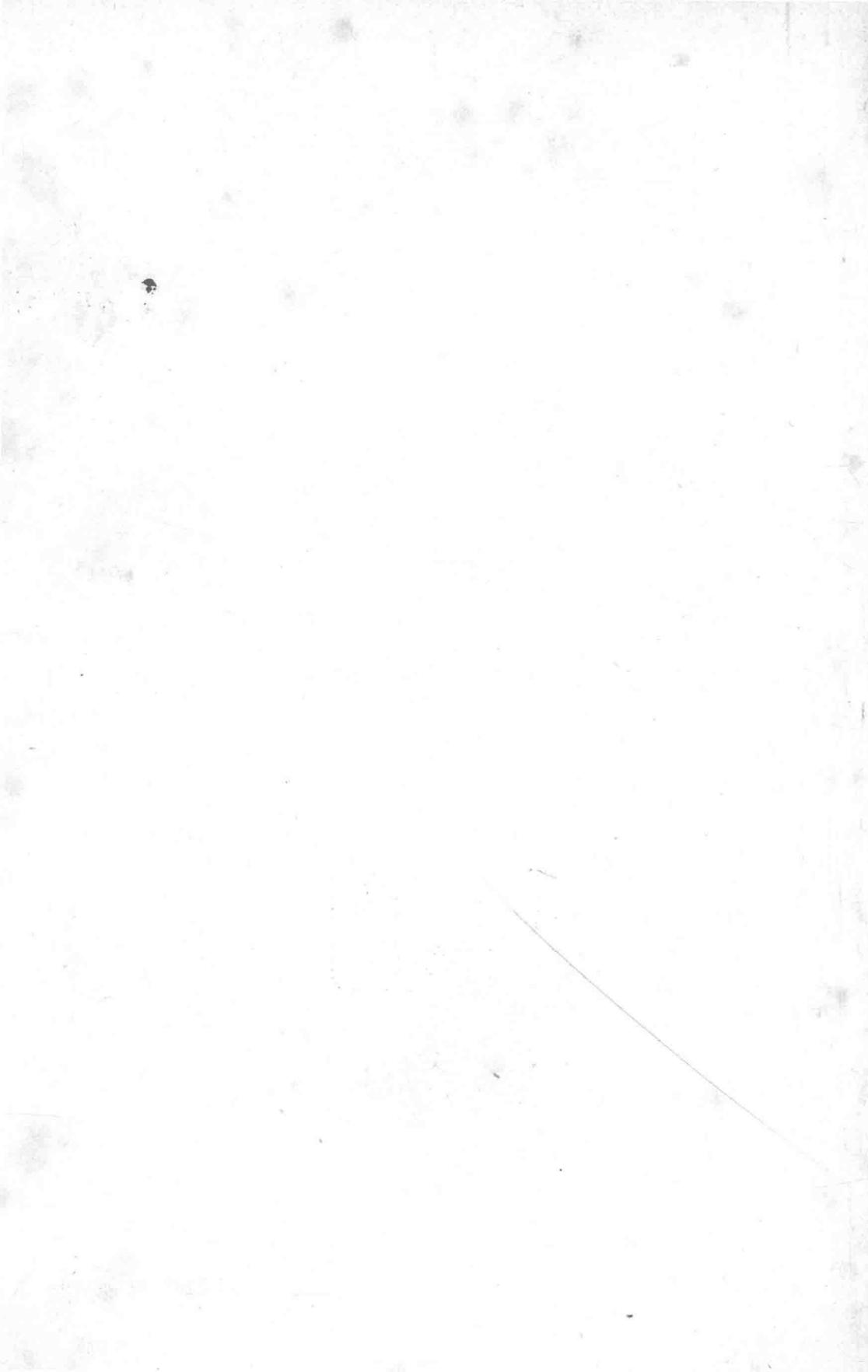


Satz und Druck: (III/18/203) VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig. Auftrag-Nr. 2733

INHALTSVERZEICHNIS

- Askansas Z. und M. Garber
Zur klinischen Anwendung der Stereokardiographie 7
Mit 12 Abbildungen
- Kenedi, I. und K. Rochlitz
Über den Wert der Speiseröhrenableitung für die Erkennung
atrialer Reizbildungs- und Leitungsstörungen 33
Mit 13 Abbildungen
- Schlomka, G.
Zur quantitativen Kennzeichnung der Anfangsgruppe des Elek-
trokardiogramms. II. Mitteilung 52
Mit 44 Abbildungen
- Schlomka, G. und H. Opitz
Zur quantitativen Kennzeichnung der Anfangsgruppe des Elek-
trokardiogramms. III. Mitteilung 106
Mit 12 Abbildungen

SCHRIFTENREIHE
DER ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE INNERE MEDIZIN
UND IHRE GRENZGEBIETE



SCHRIFTENREIHE
DER
ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE INNERE MEDIZIN
UND IHRE GRENZGEBIETE

HERAUSGEGEBEN VON

PROF. DR. DR. H. C. DR. H. C. THEODOR BRUGSCH

REDAKTIONSAUSSCHUSS

PROF. DR. J. BRUGSCH · PROF. DR. SCHENNETTEN
PROF. DR. HENNEMANN · PROF. DR. JÜRGENS · PROF. DR. TRAUTMANN
DOZ. DR. BILECKI · LEHRBEAUFTRAGTER DR. W. SCHULZ
DR. VOLKHEIMER

HEFT 9

CARDIOLOGIE V

REDAKTION: PROF. DR. MED. SCHENNETTEN

MIT 81 ABBILDUNGEN



VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1958 by VEB Georg Thieme, Leipzig
Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 490/62/58
des Ministeriums für Kultur, HV Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik
Auftragsnummer des Verlages 62

Printed in Germany



Satz und Druck: (III/18/203) VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig. Auftrag-Nr. 2733

INHALTSVERZEICHNIS

Askansas Z. und M. Garber	
Zur klinischen Anwendung der Stereokardiographie	7
Mit 12 Abbildungen	
Kenedi, I. und K. Rochlitz	
Über den Wert der Speiseröhrenableitung für die Erkennung atrialer Reizbildungs- und Leitungsstörungen	33
Mit 13 Abbildungen	
Schlomka, G.	
Zur quantitativen Kennzeichnung der Anfangsgruppe des Elek- trokardiogramms. II. Mitteilung	52
Mit 44 Abbildungen	
Schlomka, G. und H. Opitz	
Zur quantitativen Kennzeichnung der Anfangsgruppe des Elek- trokardiogramms. III. Mitteilung	106
Mit 12 Abbildungen	

Aus der IV. Klinik für Innere Krankheiten der Medizinischen Akademie Warszawa
(Leiter: Prof. Dr. med. Zdzislaw Askanas)

Zur klinischen Anwendung der Stereokardiographie

Von Z. Askanas und M. Garber

(unter technischer Mitarbeit von E. Łukasik und W. Wajszczuk)

Mit 12 Abbildungen

Geschichtlich betrachtet, muß man feststellen, daß die Entwicklung der Elektrokardiographie zwar der Vektorkardiographie die Wege geebnet, jedoch dafür ihren Fortschritt gehemmt hat. Für beide Methoden fanden sich mit der Konzeption des elektrischen Feldes (Waller 1889) gleiche Startmöglichkeiten. Indem Einthoven eine einfache, praktische Methode der klinischen Anwendung der Untersuchung der elektrischen Herz Tätigkeit angab, lenkte er die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler auf die Vertiefung und den Ausbau der elektrokardiographischen Methode und Apparatur, während die Vektorkardiographie sich erst auf Grund der Voraussetzungen der Elektrokardiographie zu bilden begann. Anscheinend wird jetzt die Vektorkardiographie, im Hinblick auf ihre neuen Errungenschaften, Einfluß auf Richtung und Bewertung der elektrokardiographischen Methoden gewinnen.

Das Elektrokardiogramm ist im Vektorkardiogramm enthalten: die Übertragung eines Stereokardiogramms auf eine Ebene ist ein Planigramm, die Übertragung auf eine Linie stellt sich als ein Elektrokardiogramm dar. Durch die Projektion eines Stereokardiogramms oder Planigramms auf die entsprechende Richtung der elektrokardiographischen Ableitungen kann man alle bekannten Elektrokardiogramme erhalten. Ebenso kann man umgekehrt, von zwei oder drei entsprechenden Elektrokardiogrammen ausgehend, das gesuchte flache oder räumliche Vektorkardiogramm reproduzieren.

Die Elektrokardiographie befaßt sich demnach mit der Untersuchung des Potentialwechsels eines elektrischen Feldes, der zwischen zwei Elektroden stattgefunden hat und in Form eines linearen Diagramms dargestellt wird. Die Vektorkardiographie untersucht hingegen den Wechsel des Spannungsabfalls zwischen drei oder vier Elektroden. Im ersten dieser beiden Fälle erhält man ein zweidimensionales Diagramm (flaches Vektorkardiogramm = Planigramm), im zweiten eine dreidimensionale Darstellung (räumliches Vektorkardiogramm = Stereokardiogramm).

Die Entwicklung der Vektorkardiographie weist nun zwei Hauptrichtungen auf: graphische und optische Registrierung der Vorgänge. Gestützt auf seine Beobachtungen des asynchronen Verhaltens der Spitzen der „R“-Zacken in

verschiedenen Ableitungen, begann Williams [51] im Jahre 1914 Vektorkardiogramme aus zwei Elektrokardiogrammen aufzuzeichnen. Im darauffolgenden Jahr bemühten sich Fahr und Weber [14], mit derselben Methode den Ort des elektrischen Erregungsbeginns festzustellen. Ein Jahr später, 1916, untersuchte Lewis das Verhalten gleichzeitiger Momentanpotentiale ebenfalls mit dem Ziele der vektoriellen Interpretation. Mann [32] schuf im Jahre 1920 ein zweidimensionales, frontales Vektorkardiogramm, das sich aus zwei Ableitungen des Elektrokardiogramms zusammensetzte. Burger [4] führte diese Methode im Jahre 1926 zur Begutachtung mancher pathologischer Elektrokardiogramme fort.

Bis zum Jahre 1929 betrafen alle Analysen nur Vektorkardiogramme der Frontalebene, während Savjaloff [41] das Vektorkardiogramm auch für die Transversalebene einführte und durch die Voraussetzung einer räumlichen Vektorlage als erster den Begriff der „stereometrischen Elektrokardiographie“ schuf.

Die Untersuchungen von Wilson [52] und seiner Schule (Hill, Johnston, Kossmann, MacLeod, Barker) bahnten gleichzeitig durch Anwendung von unipolaren und Brustwandableitungen den Weg, Vektorkardiogramme in verschiedenen Ebenen aufzunehmen.

Ein Wendepunkt in der zeichnerischen Reproduktion von Planigrammen stellte im Jahre 1951 die Einführung eines Gerätes von Shillingford und Bridgen [45] dar, mit welchem man vermittels automatischer Methoden Vektorkardiogramme für die Frontal-, Sagittal- und Horizontalebene aus entsprechenden Paaren von linearen Elektrokardiogrammen herstellen konnte. Dieser Apparat ist im Jahre 1954 von Witham und Hamilton [54] beschrieben worden.

In Polen konstruierte Kowarzyk [24, 25] in den Jahren 1953—1954 einen Zeichenapparat, mit dem man aus drei synchronisierten Elektrokardiogrammen ein „perspektivisches“ Vektorkardiogramm herstellen konnte.

Ein anderer Weg der technischen Lösung des Problems der Vektorkardiogramme war die Konstruktion selbst registrierender Geräte. Dieser Weg wurde im Jahre 1931 von Mann [33] vorgeschlagen, aber die praktische Verwirklichung erfolgte erst im Jahre 1936 durch Sulzer [47] unter Verwendung des Kathodenstrahloszillographen. In demselben Jahr berichtete Schellong [42] über die Registrierung von Vektorkardiogrammen mit Hilfe der Braunschen Röhre. Im Jahre 1937 bauten die Gebrüder Hollmann [18] einen Triographen, der mit einem Oszillographen und einer Zeitmarkierung versehen war. Mann [34] baute im Jahre 1938 einen Monokardiographen in Verwirklichung seiner Idee aus dem Jahre 1931, die das Prinzip des Spiegeloszillographen benutzte. Die Apparate von Bader aus dem Jahre 1937, von Kaiser und Unger (1939) waren nach demselben System gebaut; Minot verwendete im Jahre 1945 zwei auf zwei Achsen oszillierende Spiegel, die unter einem Winkel von 120° zueinander versetzt waren. Diese Apparate ergaben Planigramme, die durch Registrierung von Projektionen auf die Frontal- oder Horizontalebene entstanden.

Ein weiterer Schritt war die Einführung der synchronisierten Registrierung von zwei Planigrammen aus verschiedenen Ebenen. Den Anfang machten in der Schweiz im Jahre 1938 Sulzer und Duchosal [48] mit der Planographie, in Deutschland Schellong [43] mit der Vektordiographie.

Die Vektorkardiogramme wurden aus zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen, z. B. der Frontal- und der Sagittalebene, aufgenommen.

Sulzer und Duchosal [49] vervollkommneten im Laufe der Jahre in hervorragender Weise sowohl ihre Methode als auch die Apparatur, die bereits 1945 Aufzeichnungen mit der großen Empfindlichkeit von 100 mm/mV und einer Zeitmarkierung in der Größenordnung einer Mikrosekunde gestattete. Im Jahre 1951 führte Grishman [16] einen Oszillographen ein, durch welchen drei synchronisierte Planigramme in den Hauptebenen erzielt werden konnten. Da keine dieser Methoden die Möglichkeit einer direkten Beobachtung des Vektorkardiogramms bot, hingegen jede die Vorstellung der räumlichen Schleifen oder auch die Berechnung der Neigungswinkel zwischen den einzelnen räumlichen Ebenen erleichterte, haben sich die Forscher bemüht, die Lücke durch die Konstruktion vektorkardiographischer Modelle zu schließen: Schellong [42] im Jahre 1936, Sulzer und Duchosal [47, 48, 49] gleichzeitig und später Rochet und Vastesaegeer [39] im Jahre 1943. Duchosal als Vorkämpfer der Modellmethode betrachtet diese als die beste Darstellung der elektrischen Kräfte des Herzens. Abgesehen von der mühevollen Herstellung des Modells, die selbst bei den großen Fähigkeiten seines technischen Assistenten E. Gay viele Stunden dauerte, muß festgestellt werden, daß diese Modelle zwar großen didaktischen Wert besitzen, nicht aber die Forderung erfüllen, das Stereokardiogramm direkt betrachten zu können.

Ein sehr wertvoller Umstand ist die Bestimmung der räumlichen Lage des Vektors des elektrischen Feldes. Sehr scharfsinnig ist die Methode von Simonson [46], nach der der Neigungswinkel des Vektors der raschen und der langsamen Schleife in bezug auf die Horizontalebene und die Senkrechte sowie der Winkel zwischen den Vektoren der raschen und der langsamen Schleife festgestellt werden kann.

Kimura [23] vervollständigte die Methode von Simonson durch Berechnung der räumlichen Lage der Ebenen, die durch die Achse der Vektoren der raschen und langsamen Schleife hindurchgehen.

Little, Brody, Tachet [1, 31] veröffentlichten Angaben über die Berechnung der räumlichen Lage des mittleren Vektors mit Hilfe eines „Axostaten“ — eines elektrischen Apparates, der skalare Kardiogramme aus verschiedenen Richtungen aufzeichnet, die im Dreieck von Einthoven oder Burger interpoliert werden.

Wie schon oben erwähnt, stammt die Idee der Stereokardiographie von Savjaloff. Schellong bemühte sich, räumliche Darstellungen durch Aufzeichnungen von zwei Planigrammen — anfangs asynchron, später synchron — aus der Frontal- und aus einer in bezug auf diese um 15° geneigten Ebene zu erzielen. Vastesaegeer und Rochet [40] führten eine ähnliche Art der Darstellung ein, und zwar von zwei geneigten, sich in der Körperzentralachse schneidenden Ebenen, die ebenfalls einen Winkel von 15° miteinander bilden.

Diese durch das Stereoskop betrachteten planen Aufnahmen ergaben Tiefenwirkungen.

Eine andere Darstellungsweise, die den Eindruck einer wirklichen Tiefe hervorrief, war das Photographieren eines Drahtmodells mittels Stereoskopobjektiv (Conway, Cronvich, Burch [5], 1949). Von anderen Apparaten sind zu nennen: „Polycardiographie“ von Philips Metalix, „Cardiovektograph“ nach Milovanovich, Spiegelvektograph von George Petit sowie der Vektograph der Firma Buttington Electronic Cie. in Ohio, der gemäß der Meinung von Hellerstein [17] die besten Zeitmarkierungen ergibt (Dissector). Nach den Vektogrammen im American Heart Journal 1954 steht er jedoch dem Modell von Milovanovich und anderen Geräten nach. Abgesehen von den „stehenden“ Vektrokardiogrammen bedienen sich einige französische Autoren [9, 10, 12, 22] der „aufgelösten“ Vektographie („Vektroelektrokardiographie“), die sich gut zum Aufzeigen von Herzrhythmusstörungen eignet.

H. und Z. Kowarzyk und T. Kubisz konstruierten in den Jahren 1947 bis 1952 zwei Vektorkardiographenmodelle. Der erste ermöglichte die Darstellung eines Planigramms mit Zeitmarkierung und Bewegungsrichtung des Vektors in Form eines fallenden zugespitzten Tropfens. Der zweite Apparat, der gleichfalls mit Zeitmarkierung ausgestattet war, schuf den Eindruck eines räumlichen Bildes dank der Breitenmodulierung der Linie des Vektogramms. Laufberger konstruierte in der Tschechoslowakei in den Jahren 1952/1953 [19, 30] einen Spatiokardiographen, d. h. einen Apparat, der unter Verwendung eines hochfrequenten elektronischen Kommutators Stereokardiogramme lieferte. Durch diesen Umschalter werden an die vertikalen Platten einer Oszilloskopröhre die Potentialdifferenzen zweier nacheinander wechselnder Ableitungen angelegt, während die Horizontalplatten durch die Potentialdifferenz einer ständigen dritten Ableitung gesteuert werden.

In der Literatur wird ferner auf Geräte hingewiesen, welche die unmittelbare stereoskopische Betrachtung des Vektorkardiogramms ermöglichen, und zwar im Jahre 1950 bei Cronvich, Abildskov, Jackson und Burch [7, 8], im Jahre 1953 durch Schmidt und Levine [44].

Wir kennen diese Geräte nicht, aber selbst das neueste Modell aus dem Jahre 1953 von Milnor, Talbot, Newman [35] unter dem Namen „Panoramic Vectorcardiograph“ gibt kein unmittelbar räumliches Bild, sondern eine Projektion eines räumlichen Vektogramms auf eine der Ebenen, betrachtet als Planigramme.

Der polnische Stereokardiograph („räumlicher Vektorkardiograph“), welcher von Keller, Ekiel und Kwoczynski [26, 27, 28, 29] — zwei Ingenieuren und einem Arzt — konstruiert wurde, fußt auf ganz anderer Grundlage.

Auf dem Zweistrahlsozilloskopen erhält man zwei Planigramme, von denen das linke von einer beliebig gewählte Ebene, das zweite von einer um einen einstellbaren Winkel zu der vorgenannten Ebene geneigten Fläche herrührt ($+5^\circ$, $+10^\circ$, $+15^\circ$). Das rechte Planigramm entsteht durch elektronische Transformation der Momentanvektoren, die das linke Planigramm bilden unter Berücksichtigung der Spannungen der sagittalen Richtung. Die beiden

Planigramme betrachtet man durch ein Stereoskop, das — wie ein Feldstecher — eine optische Einstellvorrichtung besitzt. Gleichzeitig kann eine Bildaufnahme mit einer Kleinbildkamera von einer anderen Oszilloskoplampe erfolgen, die synchronisierte Bilder ergibt. Die die Bildwände der Zweistrahl-Oszilloskoplampen beleuchtenden Planigramme können von beliebigen Punkten aus betrachtet werden, wobei gewissermaßen um eine Kugel, in der sich das Stereokardiogramm des untersuchten Herzens befindet, eine „elek-

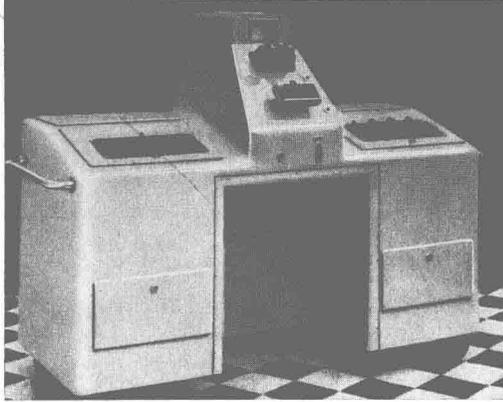


Abb. 1. Polnischer Stereokardiograph nach dem Entwurf und der Konstruktion von Keller, Ekiel und Kwoczyński

trische Rundreise“ durchgeführt wird (genaue Beschreibung siehe Seite 16). Diese Bewegung des Beobachters kann um die drei Hauptachsen (perpendikular, transversal und antero-posterior) mit Neigungsveränderungen um je 15° im Bereich von -45° bis $+45^\circ$ vorgenommen werden. Die Bewegung des Beobachters kann um eine oder gleichzeitig um zwei oder drei Achsen, bei verschiedenen Neigungswinkeln in bezug auf jede Achse, ausgeführt werden. Da diese Bewegung in einem Bereich von -45° bis zu $+45^\circ$, d. h. von 90° von jeder Ausgangslage aus gerechnet vor sich gehen kann, ist es möglich, durch entsprechende Benutzung der Reguliervorrichtungen die Beobachtungen im Bereich von 180° vorzunehmen.

Diese Wanderung rund um das elektrische Feld erfolgt mit Hilfe von Umschaltvorrichtungen und Drehknöpfen ohne Vertauschen der Elektroden.

Jede neue Lage der Reguliervorrichtungen entspricht einer Elektronentransformation, die nach dem Prinzip des Elektronengehirns wirkt und neue Spannungen in ähnlicher Weise erzeugt, wie sie durch Elektronenbündel der Oszillographenröhre entstünden, wenn die Elektroden entsprechend verschoben würden.

Der Apparat ist mit Zeitmarkierung von $1/50$ bis zu $1/200$ Sekunden sowie mit einer Vorrichtung zur Bestimmung des Drehungsverlaufes des Vektogramms versehen. Die Zeitmarkierung teilt die Schleifen in Teilstücke. Der Anfang des Teilabschnitts weist eine kugelförmige Aufhellung auf, wodurch

die Bewegungsrichtung von der Verdickung „Zündholzkopf“ zu der Verdünnung „Zündholzschaft“ verläuft.

Ein besonderer Selektor gestattet Teilstücke des Vektogramms auszuleuchten, z. B. nur die „T“-Schleife oder die „P“-Schleife, wobei durch die Regulierung der Empfindlichkeit im Bereich bis zu 50 mm/mV das betreffende Teilstück in merklicher Vergrößerung dargestellt wird. Der Selektor arbeitet selbsttätig, wobei er beide Oszilloskopröhren nur auf die Zeit des in Frage kommenden Vektorverlaufs einschaltet.

Eine dritte Oszilloskopröhre dient immer zur Beobachtung des linearen Elektrokardiogramms in einer Richtung, die von dem Observationspunkt abhängig ist.

Jeder der Lichtpunkte kann nach Belieben in bezug auf Helligkeit, Schärfe und Größe in Anpassung an die Empfindlichkeit des verwendeten photographischen Papiers geregelt werden.

Abgesehen von der Möglichkeit der stereoskopischen Betrachtung von zwei Planigrammen in zwei unter 5–15° zueinander geneigten Ebenen, können zwei Planigramme in senkrecht zueinander stehenden Ebenen untersucht werden. Auch in diesem Fall können die Planigramme von beliebigen Punkten innerhalb eines Bereichs von 90° betrachtet werden.

Filmaufnahmen können direkt durch ein besonderes Stereoskop untersucht werden, in dem der ganze Film gleichmäßig vorgeschoben werden kann (z. B. durch den Zeiss-Stereobeobachter).

Aus den oben erwähnten Ausführungen geht hervor, daß der polnische Stereokardiograph eine direkte Betrachtung der Vektorkardiogramme des elektrischen Feldes des Herzens von einem beliebigen Beobachtungspunkt ermöglicht. Auf diese Weise können selbst kleine Abweichungen des Verlaufs der Vektoren direkt beobachtet werden.

Die Art der Elektrodenbefestigung übt auf das erzielte Bild des Vektorkardiogramms einen entscheidenden Einfluß aus. Abgesehen von den Ableitungen von Savjaloff, Schellong und Mann, die nur mehr historische Bedeutung besitzen, werden jetzt meist die Ableitungen nach Duchosal und Sulzer [13], Grishman, Wilson und Johnston [16], Donzelot, Milovanovich und Kauffmann [17], bzw. modifiziert nach Jouve [21], und die Methoden nach Bürger und van Milaan [38] angewandt.

Die Anordnung von Duchosal und Sulzer fußt auf dem Orthogonalsystem. Diese Autoren gebrauchen drei bipolare Ableitungen. Die gemeinsame („0“) Elektrode befindet sich in Höhe L_2 auf der rechten Seite, in einer Entfernung von der Wirbelsäule, die einem Drittel des Querdurchmessers des Rumpfes gleichkommt. Die zweite Elektrode für die Transversalrichtung (p) befindet sich auf einer symmetrisch entsprechenden Stelle auf der linken Seite. Die Elektrode der Sagittalrichtung (q) ist im Projektionspunkt der gemeinsamen Elektrode an der Vorderseite des Rumpfes angebracht. Die Elektrode für die senkrechte Richtung (n) ist oberhalb des Schulterblattes senkrecht über der Nullelektrode angeordnet.

Diese Richtungen bezeichnen drei Achsen, die, wenn sie paarweise vereinigt werden, die Frontal-, Horizontal- und Sagittalebene bilden, welche ein Prisma darstellen.

Nach den Voraussetzungen von Duchosal wird die Schleife des Vektorkardiogramms vom negativen Ende des Vektors eingerahmt, wobei das positive Ende unbeweglich bleibt.

Die Anordnung von Grishman stützt sich auf das Würfelsystem. Die gemeinsame Elektrode befindet sich in Höhe L_2 innerhalb der rechten hinteren Axillarlinie.

Die Elektrode der Transversalrichtung ist symmetrisch dazu auf der linken Seite angeordnet. Im gleichen Abstand von der gemeinsamen Elektrode ist in senkrechter Richtung die obere Elektrode angebracht. Die Elektrode der Sagittalrichtung befindet sich in der Projektion der gemeinsamen Elektrode an der Vorderseite des Rumpfes. Die durch die Elektrodenrichtungen festgelegten Ebenen sollten einen Würfel bilden. Grishman ebenso auch die übrigen Forscher gehen von der Voraussetzung aus, daß die Schleife des Vektorkardiogramms das positive Ende des Vektors einrahmt, während das negative Ende feststeht.

Wilson, Johnston, Kossman haben die Pyramidenanordnung eingeführt. Sie bringen drei Elektroden wie bei den klassischen Extremitätenableitungen an, wobei eine vierte Elektrode im Punkte C_B auf der Höhe D_7 , gewöhnlich 3—4 cm unter dem linken Schulterblatt und etwa 3 cm links von der Mittellinie angesetzt wird. Den gemeinsamen Punkt der Anordnung bildet das „Central-Terminal“ von Wilson. Die Richtung der ersten klassischen Ableitung und die Fußelektrode bestimmen die Frontalebene. Die Sagittalebene wird durch die Elektroden im Punkte C_B zentral-terminal (C_T) und auf dem linken Fuß festgelegt, die Horizontalebene durch die Ableitung I und C_B bestimmt.

Donzelot, Milovanovich und Kauffmann bringen die Elektroden in den Punkten C_2 , C_6 und RLF an. Auf diese Weise wird die Horizontalebene über C_6 und Ableitung „I“ geführt. Die Frontalebene wird über die Fußelektrode und Ableitung „I“ und die Sagittalebene über C_2 „Central Terminal“ und Fußelektrode geleitet.

Jouve modifizierte diese Methoden in der Weise, daß die Horizontalebene nicht durch den Punkt C_6 , sondern durch den Punkt C_2 hindurchgeht.

Burger und van Milaan verwendeten eine andere Technik, die auf ganz verschiedenen Grundlagen aufgebaut ist. Diese Forscher brachten in das Innere eines plastischen Modells, das angenähert den Formen und den elektrischen Eigenschaften des menschlichen Körpers ähnelte, einen künstlichen Dipol ein. Mit Hilfe dieses Modells erhielten sie eine Reihe von Kennzahlen, die eine Feststellung der Momentanlage des Vektors ermöglichen. Der Wert dieser Kennzahlen ist von folgenden Faktoren abhängig: a) dem verwendeten Modell, b) dem Ort der Ableitungselektroden, c) der Potentialquelle. Für die direkte Aufnahme von Vektogrammen ist eine besondere Apparatur erforderlich. Mittelbar können diese durch Berechnung und graphische Konstruktion aufgezeichnet werden. Regnier und Taccardi [38] stellten fest, daß die von Burger und van Milaan erzielten Resultate wesentlich von den durch andere Methoden erhaltenen Bildern abweichen, insbesondere in der Horizontal- und Sagittalebene. Diese Unterschiede sind groß, und zwar insbesondere