

(Aus dem pharmakologischen Institut der Universität zu Moskau.)

Das Elektrokardiogramm und die pharmakologischen Mittel aus der Gruppe des Digitalins und des Digitoxins.

Von

Dr. med. **Wlad. Ph. Selenin** (Moskau).

(Mit 19 Textfiguren.)

Die elektrische Kurve des Herzens bleibt bislang trotz der zahlreichen auf diesem Gebiete ausgeführten Arbeiten nicht nur in ihren Einzelheiten, sondern sogar in ihren Hauptteilen, den Zacken *R* und *T*, unaufgeklärt. Für fest begründet ist eigentlich nur folgender, noch von Einthoven aufgestellter Satz anzusehen: die Zacke *P* bezieht sich auf die Vorhöfe, die Zacke *Q*, *R*, *S* und *T* auf die beiden Ventrikel.

Die Versuche einer unmittelbaren mechanischen Registrierung der Herztätigkeit gleichzeitig mit der Aufzeichnung des Elektrokardiogramms ergaben keine bestimmten erschöpfenden Resultate.

In dieser Schrift möchte ich in Kürze die Tatsachen darlegen, welche eine lange Reihe von Versuchen, die unter der Leitung des Herrn Prof. S. I. Tschirwinsky im Pharmakologischen Institut der Moskauer Universität von mir angestellt worden sind, mir geliefert haben. Als leitender Gedanke hatte dabei der Wunsch gedient, zur Aufschliessung des Verständnisses der elektrischen Vorgänge im Herzmuskel die schon gründlich erforschten pharmakologischen Agentien, und zwar diejenigen der Digitalin- und Digitoxingruppe, zu benutzen.

Ein genaues Studium zahlreicher, auf die verschiedenen Perioden der Einwirkung der genannten Mittel bezüglichlicher Elektrokardiogramme leitete mich vor allem zu dem Schlusse, dass die vorhandenen, von verschiedenen Autoren gegebenen Erklärungen und Deutungen für das Verständnis des pharmakologisch veränderten Mechanismus der Herztätigkeit wenig brauchbar sind. Die unserer Schrift bei-

gegebenen Schemata, die unsere Auslegung des Sinnes und der Bedeutung der einzelnen Zacken und Zickzacke des Elektrokardiogrammes veranschaulichen, dürften das Wesen der elektrischen Prozesse, welche unter den Bedingungen sowohl der normalen als der pathologischen (resp. veränderten) Arbeit des Zentralorgans des Kreislaufes statt haben, am vollständigsten und einfachsten erklären.

Alle Versuche wurden an Hunden angestellt, welche auf gewöhnlichen Operationstischen fixiert waren. Ösophago-anale Einschliessung des Tieres in die Kette des Einthoven'schen Galvanometers. Morphinumarkose. Die zu prüfenden Medikamente (Solut. Helleboreini, Strophantini, Convallamarini, Adonidini, Inf. fol. Digital.) wurden intravenös eingeführt. Zur Kontrollbeobachtung der Herz-tätigkeit war die Art. carotis sinistra mit einem Kymographion verbunden.

In Übereinstimmung mit der gewöhnlichen Vorstellung von der Pharmakodynamik der genannten Mittel unterscheiden wir ein therapeutisches und ein toxisches Stadium in ihrer Wirkung.

Therapeutisches Stadium.

Neben der Verlangsamung des Pulses und der Steigerung des arteriellen Druckes, welche vom Kymographion vermerkt werden, bietet das Elektrokardiogramm noch folgende Abweichungen von der Norm. Der Abschnitt vom Vorhofaufstieg bis zum terminalen (*T*) Herzkammeraufstieg (die Pause) ist verlängert, entsprechend den seltener gewordenen Herzkontraktionen; die Zacken *P* und *R* haben keine merkliche Veränderung erfahren; die Zacke *T* dagegen ist etwas vergrössert. Bei der fernerer Einwirkung des Mittels, wenn die Zahl der Herzschläge bis 25—16 in 1 Minute gesunken ist, tritt die Erscheinung der Querdissoziation ein: auf eine Herzkammergruppe (*Q*, *R*, *S*, *T*) kommen 2—5 Zacken *P*, wobei die Vorhöfe ihren anfänglichen Rhythmus beibehalten und nur die Herzkammern die verlangsamende Wirkung des Präparats erfahren haben. Siehe Fig. 1, 2, 3, 4¹⁾.

1) Hierin offenbart sich der unleugbare Vorteil der neuen Methode, welche die gleichzeitige Registration der Tätigkeit der Vorhöfe und der Herzkammern ermöglicht. In unseren Versuchen mit Digitoxin wurde die Erscheinung der Querdissoziation auf der elektrischen Kurve schon vermerkt, als der Blutdruck und die Zahl der Pulsschläge noch auf die Entwicklung des therapeutischen Effektes hinwiesen.

Es bot sich die Möglichkeit, die Vergrößerung der Zacke *T* durch die Steigerung der Energie der Herzkontraktionen, die für das therapeutische Stadium charakteristisch ist, zu erklären; allein, der Versuch, zu dessen Beschreibung ich übergehe, liess uns die Deutung dieser Erscheinung in der dissoziierten Arbeit der verschiedenen Höhlen des Herzens suchen.

Ein Hund von 13,6 kg Gewicht. Während der Aufsuchung der *Art. carotis sinistrae* zeigte sich beim Tiere eine rhythmische (klonische)

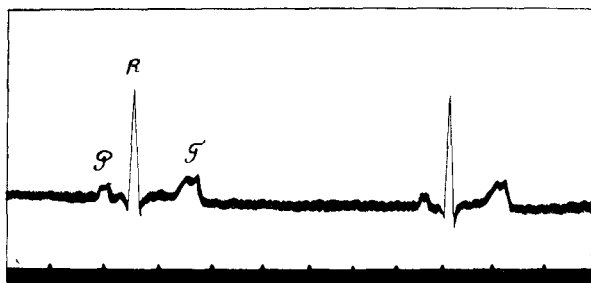


Fig. 1. Puls 78 pro 1 Minute. Norm. Der Hund 13,6 kg.

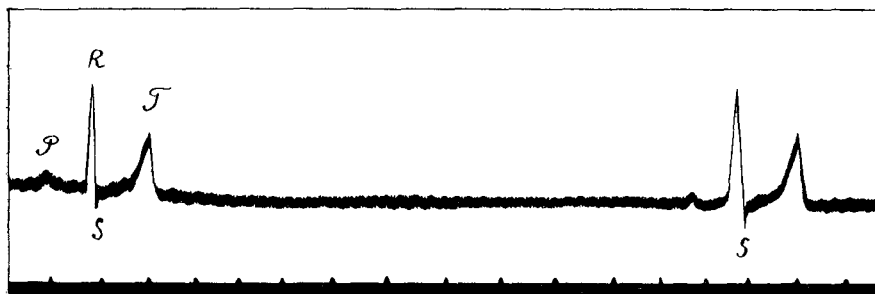


Fig. 2. 0,0039 g Digitoxini. Puls 24 pro 1 Minute.

Kontraktion der tiefer gelegenen Halsmuskeln. Als Resultat wurde ein wellenförmiges Elektrokardiogramm erhalten (zeitlich koinzidierten die Wellen vollkommen mit diesen Zuckungen im Halse). In dem Bestreben, eine typische Kurve zu erlangen, wurde das Tier einer tieferen Morphiumnarkose unterworfen und ihm zwischen zwei Ligaturen die vorderen Halsmuskeln durchschnitten, — die krampfhaften Zuckungen dauerten fort. Dann wurde das Tier tracheotomiert. Nach all diesen ziemlich bedeutenden Traumen, die überdies von Blutverlust (ca. 30 ccm) begleitet waren, hielt ich es überhaupt nicht für möglich, dass der Versuch eine physiologische Bedeutung haben könnte.

Nach der Einschliessung des Hundes in die Kette des Galvanometers gewährte ich solche Schwingungen der Saite, wie sie für das toxische Stadium der zu prüfenden Substanzen charakteristisch sind (siehe weiter unten). Es wurde beschlossen, diesen Zustand der höchsten Ermüdung des Herzens als Ausgangspunkt zu nehmen und zu suchen durch

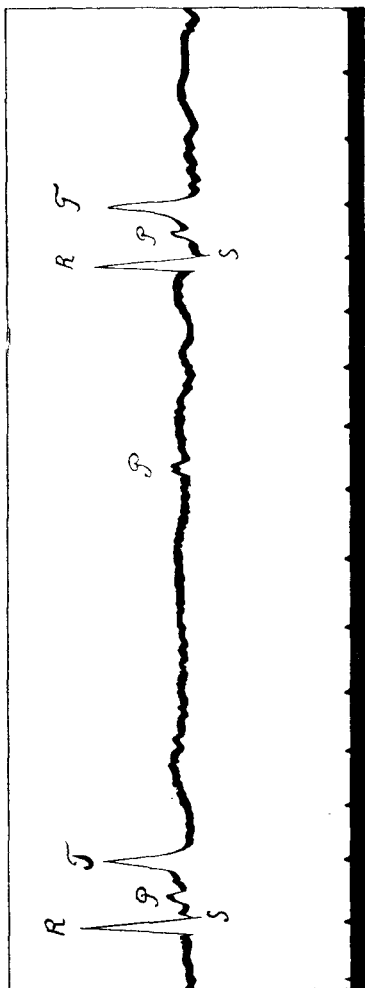


Fig. 3. Noch 0,0021 g Digitoxini. Puls 23 pro 1 Minute.

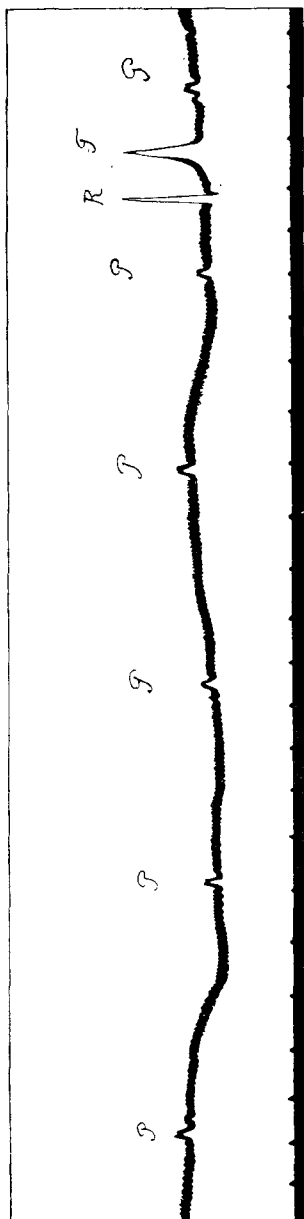


Fig. 4. Noch 0,0042 g Digitoxini, zusammen 0,01 g Digitoxini. Puls 18 pro 1 Minute.

Eingiessen von physiologischer Kochsalzlösung und Anwendung von Helleborein dasselbe wieder in den normalen Zustand zu versetzen

Fig. 5 in der Norm. Nur die Zacke *R* ist gut ausgeprägt, die anderen Aufstiege sind durch das wellenförmige Aussehen des ganzen Profils der Kurve und durch supplementäre Zickzacke maskiert.

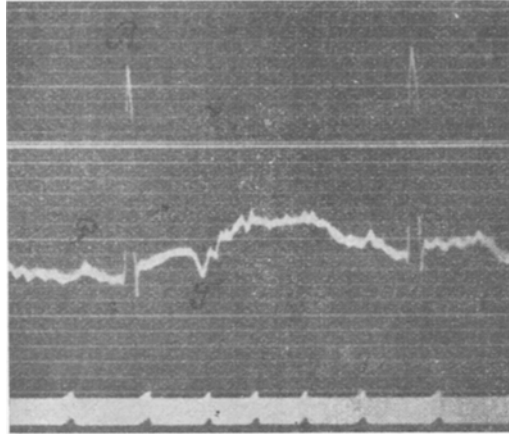


Fig. 5.

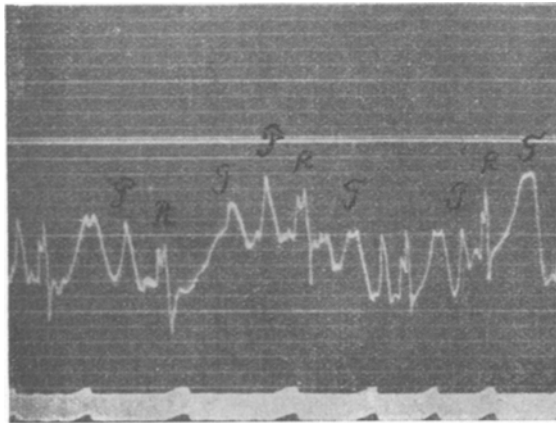


Fig. 6

Fig. 6 nach der Durchschneidung der Halsmuskeln und der Tracheotomie erhalten. Alle Zacken sind scharf ausgeprägt und deutlich zu unterscheiden, obgleich das Elektrokardiogramm seine Wellenförmigkeit bewahrt hat. Ausser der bedeutenden Vergrößerung des Vorhofaufstiegs unterscheidet sich die zweite Tafel von der ersten durch die Verkleinerung der Zacke *R* von 13 mm bis 4 mm, durch

die Vergrößerung der Zacke *S* von 1 mm bis auf 4 mm; die kaum sichtbare Zacke *T* auf der vorhergehenden Abbildung erreicht auf der nachfolgenden 4 mm.

In Anbetracht dessen, dass der einzige in das Experiment eingeführte Faktor die äusserste Erschöpfung des Tieres durch die verschiedenen Manipulationen und die lange Dauer des Versuchs war, musste nach einer Erklärung dieses so paradoxalen Parallelismus mit den pharmakologischen Agentien in der dissoziierten Arbeit der Herzkavitäten geforscht werden. Als unwiderleglichen Beweis dessen, dass das Herz in diesem Falle stark gelitten hatte, dienen: das

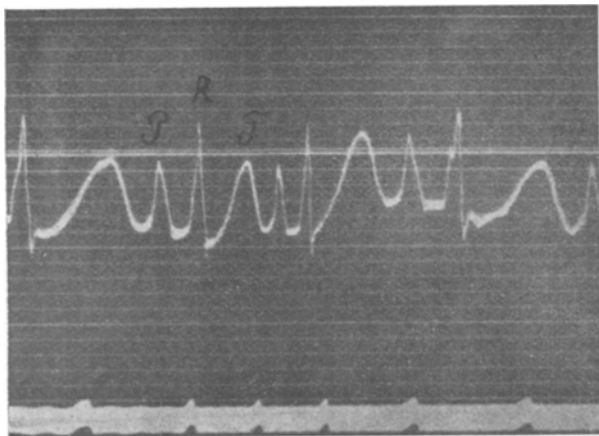


Fig. 7.

Fallen des Blutdrucks (um 48 %), die Beschleunigung des Pulses von 60 Schlägen bis auf 180 in 1 Minute, die Verkleinerung der Pulswelle von 13—15 mm bis 1—2 mm.

Fig. Nr. 7 bietet das Interesse, dass sie uns in den Kreis von Erscheinungen, die in das Bereich klinischer Beobachtungen gehören, eingeführt. Nach intravenöser Eingiessung von 100 ccm NaCl 0,9 % + 0,003 Helleborein stieg der Blutdruck um 18 %; der Puls wurde etwas verlangsamt, und das Elektrokardiogramm erhielt ein etwas anderes Aussehen, was offenbar der Entfaltung des therapeutischen Effekts des Helleboreins zuzuschreiben ist. Sowohl die Spaltung der Zacken *R* und *T* als die supplementären Zickzacke sind ganz verschwunden, und die Wellung des ganzen Profils ist weniger scharf ausgeprägt. Ausserdem hat die Zacke *R* auf Kosten der Zacke *S*,

welche kleiner geworden ist, sich vergrößert, hat aber seine frühere Grösse wie auf der ersten Abbildung nicht erreicht. Man erhält den Eindruck, dass das Herz mit grösserer Sicherheit, mit besserer Koordination der einzelnen Momente arbeitet.

Im toxischen Stadium,

wenn die Arbeit des Herzens sich durch ihre Regellosigkeit, ihre Koordinationsmängel besonders geltend macht, tritt die Bedeutung der Erscheinung, welche wir betrachten, besonders anschau-

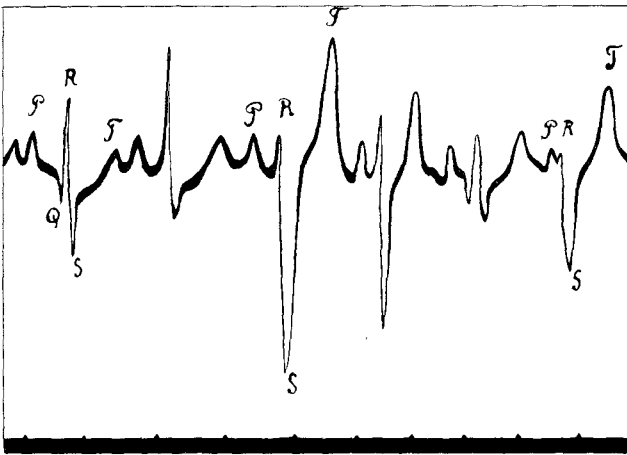


Fig. 8.

lich hervor. In der zahlreichen Serie der Elektrokardiogramme meiner Sammlung gilt als Regel folgendes Verhältnis der Zacken der Herzkammergruppe zueinander¹⁾. In dem Maasse, wie die Zacke *R*, immer kleiner werdend, bis zur Abszisse fällt, werden die Zacken *S* und *T* fortwährend grösser, die erste unterhalb, die zweite oberhalb der Abszisse. Als Endstadium dieser Evolution erscheint die von Kraus und Nikolai Extrasystole der linken Herzkammer benannte Kurve (Typus A: die erste Phasis ist negativ, die zweite positiv). Auf einigen Figuren sieht man Übergänge verschieden von der Norm zum beschriebenen Typus [Siehe Fig. 8 (Konvallamarin)]. In dem von den Klinizisten gesammelten Material

1) Das therapeutische Stadium ist infolge der unbedeutenden Veränderungen in der Höhe der Zacken zur Analyse wenig geeignet.

habe ich ebenfalls Angaben über die oben beschriebene wechselseitige Beziehung der Zacken gefunden. Als vorzügliches Beispiel kann eine Figur aus Dr. P. Usow's Arbeit¹⁾ (Moskau), in welcher eine atypische Gruppe in ein in jeder Hinsicht normales Elektrokardiogramm eingetröpfelt ist, angeführt werden.

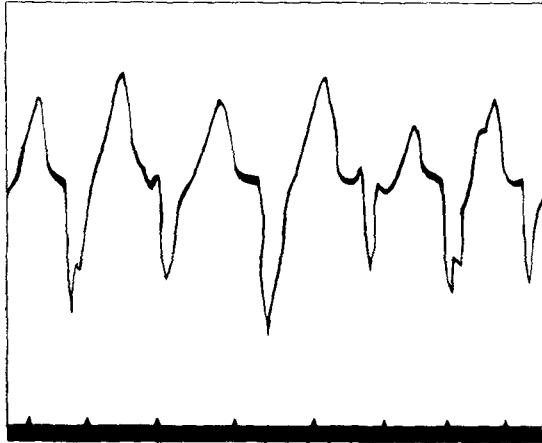


Fig. 9. Adonidinum.

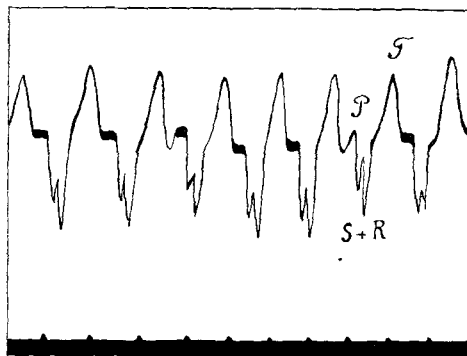


Fig. 10. Inf. Tol. Digitalis 20%.

Als zweite häufig angetroffene Erscheinung unter den klinischen Beobachtungen sowohl als in dem Stadium der toxischen Desorganisation der Herzstätigkeit in unseren Versuchen verdient die Spaltung der Zacken *R* und *T* Beachtung. Die Spaltung kann an beiden

1) P. Usow, Klinische Beobachtungen über das Elektrokardiogramm. „Der praktische Arzt“ 1910 Nr. 38—40. St. Petersburg.

Zacken zugleich oder auch nur an einer statthaben (siehe Fig. 6, 9, 10 und 11)¹⁾.

Ich kann hier wegen Mangel an Raum nicht die schon sehr zahlreichen Theorien über das Elektrokardiogramm betrachten, muss aber hervorheben, dass keine davon die von mir bemerkte Wechselbeziehung zwischen den Zacken *R*, *S* und *T* noch auch die Bedeutung der Spaltung dieser oder jener Zacke, die sich regelmässig auf einem längeren Abschnitt der Kurve wiederholt, zu erklären vermag.

Unsere Versuche mit dem ermüdeten Hundeherzen (Fig. 5, 6 und 7) und eine Reihe von Experimenten unter Anwendung der oben genannten Mittel boten uns einen festen Grund und Boden für die Ausarbeitung der Vorstellungen, welche ich mir gestatte, hier in Gestalt von auf

1) Als gewöhnliche Erscheinung, die im toxischen Stadium beobachtet wird, ist auch das Verschwinden der Zacke *P* anzusehen, welches offenbar von einer Parese der Vorhöfe abhängt, da bei der mechanischen Registrierung (der Haken war am rechten Herzohr-Vorhof befestigt) die Vorhofkurve keine normalen Aufstiege zeigte. (Siehe Fig. 12 [*A* = Vorhofsmechan.-Kurve].)

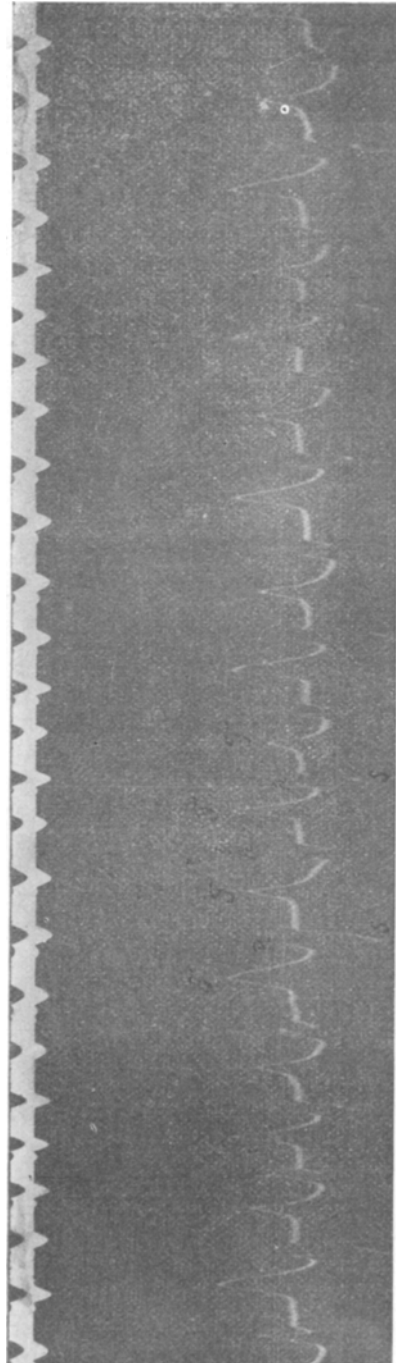


Fig. 11. Convallamarinum (von rechts nach links zu lesen).

Grund der Analyse des faktischen Materials zusammengestellten Schemata zu verallgemeinern.

Ehe ich an die Erklärung der verschiedenen Einzelheiten herantrete, muss ich mich bei den durch Nicolai und Rehfisch's¹⁾ Versuche festgestellten Grundtypen der anomalen Kurven aufhalten. Bei der Reizung des linken Ventrikels mit einem Induktionsstrom erhielten die Verfasser Kurven, bei denen die erste Phasis „negativ“, die zweite — „positiv“ war; bei der Reizung der rechten Herzkammer war das Gegenteil der Fall. Wertvoller sind Eppinger und Rotberger's²⁾ Versuche, da sie kein künstliches Reizmittel

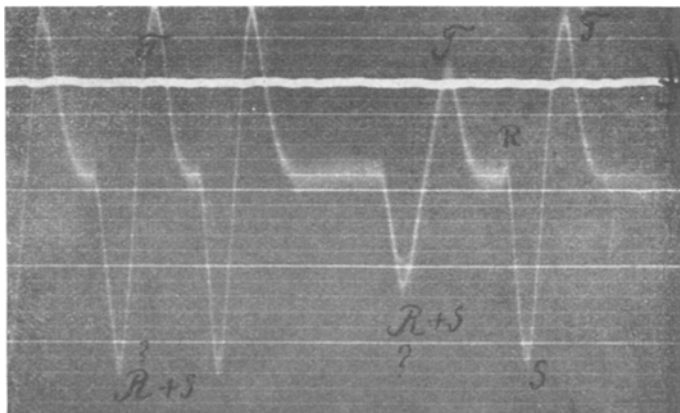


Fig. 12. Strophantinum. \mathcal{A} = mechanische Vorhofskurve.

eintrugen, sondern nur den Gang der elektrischen Welle unter dem Einfluss eines normalen Impulses modifizierten. Die Autoren durchschnitten bald den rechten Schenkel des atrioventrikulären His-Tawara'schen Reizleitungssystems (Ausschliessung des rechten Ventrikels), bald den linken Schenkel (Ausschliessung des linken Ventrikels); die erhaltenen Elektrokardiogramme entsprechen Nicolai und Rehfisch's Typen.

Ich möchte die Aufmerksamkeit auf einen Umstand lenken, der

1) Nicolai und Rehfisch, Über das Elektrokardiogramm des Hundeherzens bei Reizung des rechten und linken Ventrikels. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 22 Nr. 2.

2) Eppinger und Rothberger, Über die Folgen der Durchschneidung der Tawara'schen Schenkel des Reizleitungssystems. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 70 H. 1 und 2.

von Kraus und Nicolai¹⁾ beim Konstruieren der entsprechenden Schemata ausser acht gelassen wurde. In allen mir bekannten Fällen einer gut ausgeprägten anomalen Kurve hat das Elektrokardiogramm des „linken“ Typus fast gleichgrosse Zacken, während in einer Kurve vom „rechten“ Typus die erste (nach oben gerichtete) Zacke die zweite bedeutend überragt (Fig. 12, 13 und 18). Dieses wesentlich wichtige, obgleich vorderhand noch wenig aufgehellte Verhältnis hat mich veranlasst, das normale Elektrokardio-

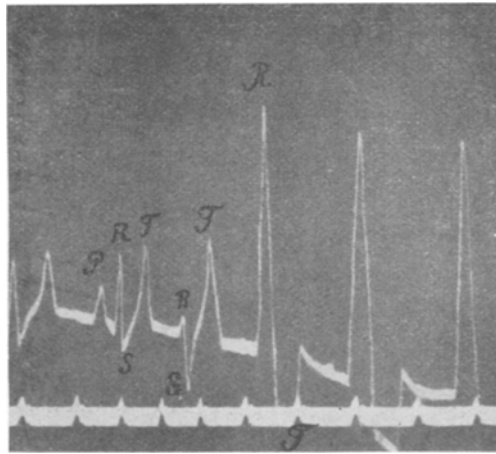


Fig. 13. „Delir. cordis.“ Inf. Fol. Digit. 10% (16 ccm).

gramm als das Resultat einer bestimmten Interferenz der elektrischen Wellen, die von dem rechten und linken Herzen ausgehen, anzusehen. Die zahlreichen Abweichungen von der Norm halte ich für den Ausdruck der durch irgendeine Ursache gestörten Interferenz.

Somit erscheint die Kurve des zweiphasischen Stroms als Grundelement. Der Sinn des Unterschieds der Typen wird leicht verständlich, wenn man sich die Entstehung dieser Kurve vergegenwärtigt. Der rechte und linke Ventrikel²⁾ entsprechen den Punkten

1) Kraus und Nicolai, Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen. Berlin 1910.

2) Infolge der schiefen Lage des Herzens sind diese Stellen bei der Ableitung der Ströme zum Galvanometer der Herzbasis und der Herzspitze gleichwertig (Nicolai).

A und *B*. Bei einer und derselben Einschliessung dieser Teile in die Kette des Elektrometers gewahrt man, dass, wenn der im Punkt *A* entstandene Reiz eine positive Welle gibt, welche in

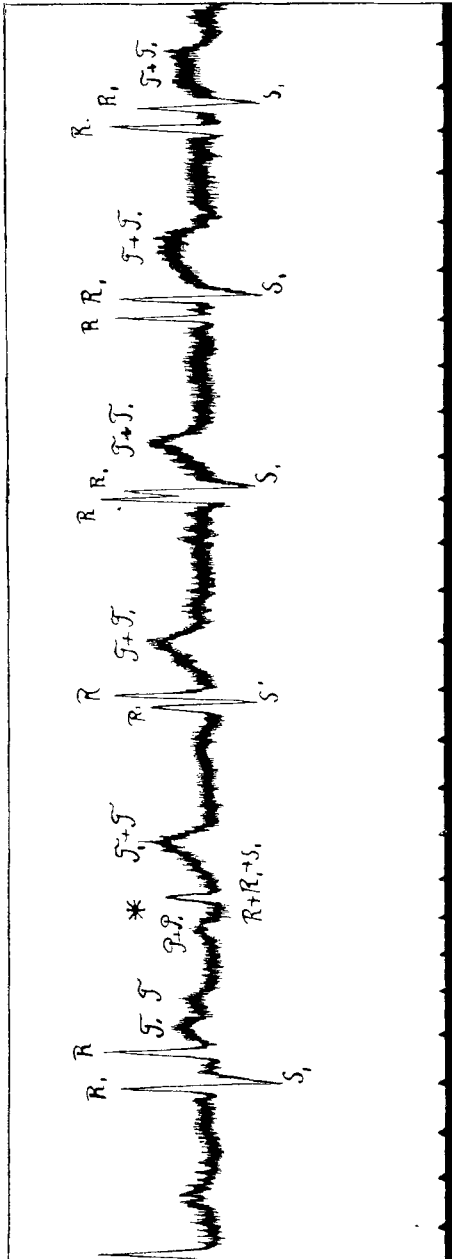


Fig. 14. (Siehe Erklärung auf S. 150.)

Punkt *B* eine negative Richtung annimmt, umgekehrt der in Punkt *B* entstandene Reiz die negative Schwingung der Saite des Galvanometers an der Entstehungsstelle und die positive, sobald er den Punkt *A* erreicht, bedingt.

Zur Veranschaulichung dessen, wie sich die verschiedenen Bedingungen, welche auf die Aufeinanderfolge und die Wechselbeziehung der elektrischen Vellen verändert wirken, in dem Elektrokardiogramm abspiegeln, können die kombinierten Elektrokardiogramme zweier Herzen dienen¹⁾. Man gewahrt hier die Erscheinungen einer positiven (Vergrößerung der Zacken) und einer negativen (Verkleinerung oder volles

1) Prof. A. Samojloff (Elektrokardiogramm-Studien) hat als erster auf die Möglichkeit einer Analogie zwischen der Kombination zweier Herzen und der zusammengesetzten Kurve der linken und rechten Herzhälfte hingewiesen.

Schwinden des Aufstiegs) Interferenz, sowie der „Spaltung“ der Zacke als Ausdruck einer unvollkommenen Koinzidenz der respektiven Phasen (Fig. 14 und 15, Fig. 16 — Schemata).

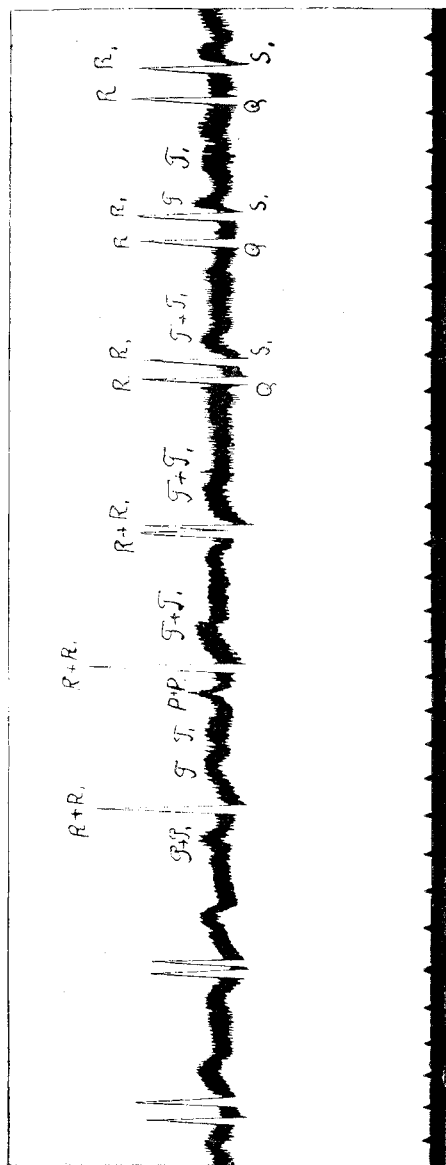


Fig. 15 a. (Siehe Erklärung auf S. 150.)

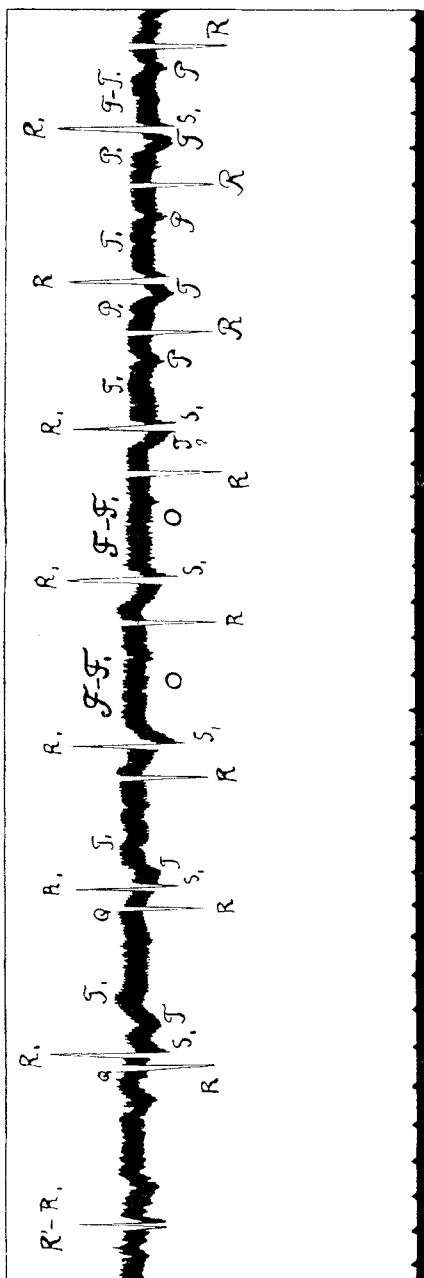


Fig. 15 b. (Siehe Erklärung auf S. 150.)

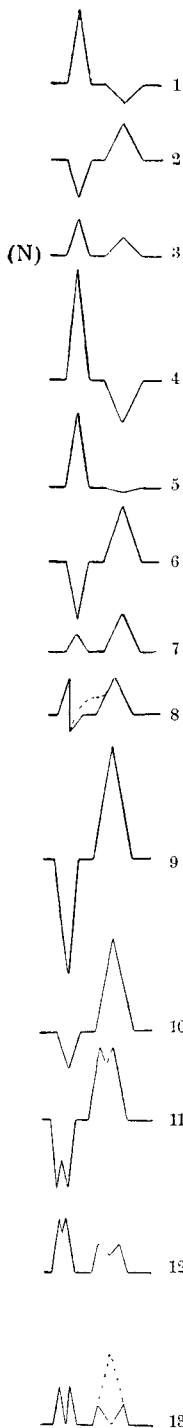


Fig. 16.

Fig. 14. Vereinigung der ungleichnamigen Hände (die Gesichter nach einer Seite hin gewandt).

Fig. 15 a. Vereinigung wie bei Fig. 14.

Fig. 15 b. Vereinigung der gleichnamigen Hände (die Gesichter nach den entgegengesetzten Seiten gewandt).

Zu kombinierten Kurven wurden Herzen gewählt, deren Elektrokardiogramme voneinander so verschieden sind, dass sie leicht in einer Abbildung erkannt werden können.

Ein und dasselbe Herz durch ein normales gegenseitiges Verhältnis der Zacken und ein ausgeprägtes Q charakterisiert, wurde in einem Fall in die Kette des Galvanometers mit einem Herzen eingeführt, dessen Kurve sich von der gewöhnlichen durch ein niedriges R und scharf ausgeprägte S und T unterschied, im zweiten Fall mit einem Herzen, dessen Kurve gleichsam das Spiegelbild von der ersten vorstellt; eine verhältnismässig grosse Vorhofzacke, ein hohes R und sehr niedriges T .

Auf Fig. 14 sind alle gleichnamigen Zacken nach einer Seite gerichtet und summieren sich bei der Koinzidenz (positive Interferenz der elektrischen Ströme).

Auf Fig. 14 tritt besonders deutlich die Summierung der Zacken T und T_1 zutage; was R und R_1 betrifft, so ist hier die Interferenz wegen der Zacke S' verändert.

Bei (*) hat die Zacke S' mit der Zacke R kongruiert — negative Interferenz — ist selbst verschwunden und hat um ihren Aufstieg die Zacke R verringert. Auf Fig. 15 a tritt in zwei benachbarten Gruppen sehr deutlich demonstrativ vollständige Kongruenz und Summierung der Zacken R und R_1 hervor.

Auf Fig. 15 b haben die gleichnamigen Zacken verschiedene Richtungen.

Hier ist eine gelungene Kongruenz der nach entgegengesetzten Seiten gerichteten T und T_1 (gerade Linie bei 0); die Zacken R und R_1 (die äusserste Gruppe links) haben fast ganz kongruiert und sind bedeutend kleiner geworden.

Fig. 16. 1) Der Reiz entsteht in der Gegend des rechten Ventrikels. — 2) Der Reiz entsteht in der Gegend des linken Ventrikels. — 3) (N) Normales (kombiniertes) Elektrokardiogramm (negative Interferenz der Ströme). — 4) Kurve 1 mit vergrösserten Zacken. — 5) Kurve 2 u. 4: Vorherrschen des rechten Typus (dynamische Dissoziation). — 6) Kurve 2 mit vergrösserten Zacken. — 7) Kurve 1 u. 6. Vorherrschen des linken Typus (dynamische Dissoziation). — 8) Dieselbe Kombination; eine häufig angetroffene Kurve; Vorherrschen des linken Typus und zeitliche Nichtkoinzidenz (dynamische und rhythmische Dissoziation). Zacke S , erste Phase des linken Typus; nach unten gerichteter Winkel (punktiert) — zweite Phase des rechten Typus. — 9) Bedeutende Vergrösserung der Zacken der Kurve 2. — 10) Kurve 1 u. 9: scharf ausgeprägtes Vorherrschen des linken Typus. — 11) Dasselbe beim Fortrücken des Schemas 9 um 1 mm nach links. Vorherrschen des linken Typus und Nichtkoinzidenz der Phasen des Stroms (dynamische und rhythmische Dissoziation). — 12) Kurve 1 u. 2 (2 ist um 1 mm nach links gerückt). Normaler Typus (N) des Elektrokardiogramms (gewöhnlicher Entstehungsort des Impulses) mit rhythmischer Dissoziation. — 13) Dasselbe, nur ist die erste Phase bis zur Abszisse gespalten; bei der Koinzidenz der zweiten Phasen (punktiert) wird die Kurve des Typus C von Nicolai (das Übergangsstadium zur vollen Längsdissoziation) erhalten (s. Fig. 11).

Im Einklang mit den gewöhnlichen Vorstellungen von der Entstehung und Verbreitung des Impulses kann das Elektrokardiogramm als Endresultat folgender Abwechslungen der Erscheinungen aufgefasst werden.

Der normal im Gebiet der Vorhöfe ausgearbeitete Impuls zur Kontraktion tritt durch die beiden Schenkel des His-Tawara-schen Reizleitungssystems (Bündels) in die Ventrikel ein, welche ihn durch eine harmonische Kontraktion auslösen. Die elektrischen Wellen (nach dem Typus eines zweiphasischen Stromes), die als Ausdruck der Tätigkeit der rechten und linken Herzhälfte erscheinen, treten in ganz bestimmte (negative) Interferenz miteinander und bedingen als Resultat der Wechselbeziehung kleinere¹⁾ und nach einer Seite hingerrichtete Schwingungen der Saite des Galvanometers (siehe Fig. 16, Schemata 1, 2 und 3.

Die Schemata wurden auf Grund von Elektrokardiogrammen von verschiedenen Herzen konstruiert. Sehr wertvoll wären Kurven vom linken und rechten Typus, welche neben dem normalen Elektrokardiogramm von einem und demselben Herzen unter nahezu gleichen Bedingungen seiner Tätigkeit erhalten werden würden. Dies würde uns das Mittel in die Hand geben, mit grösster Anschaulichkeit die Richtigkeit der von mir vorgeschlagenen Theorie der Bildung der Zacken zu prüfen. Der Versuch mit der Entblutung des Hundes bietet uns ein solches. In dem letzten Abschnitt des photographischen Bandes (der Blutdruck war bis Null gefallen) befindet sich mitten in der Reihe der Kurven vom linken Typus eine Zickzackgruppe vom rechten Typus. Die algebraische Summe der respektiven Zacken koinzidiert so genau mit dem normalen (kombinierten) Elektrokardiogramm, wie man es nur kaum hätte erwarten können.

Fig. 17 (normales Elektrokardiogramm).

Fig. 18 (nach dem Fall des Blutdrucks bis zur Abszisse auf dem Kymographion).

In der Tat: die Höhe der Zacken ist bei $X:R^1 = 5$ mm; $T^1 = 3$ mm; bei $y:R = 8$ mm; $T = 4$ mm., bei der normalen Interferenz der elektrischen Ströme muss die Zacke R (in der

1) Alle sogenannten „Extrasystolen“ geben in der Tat grössere Wellen als die normalen Herzkontraktionen.

„positiven“ Richtung) des kombinierten Elektrokardiogramms 3 mm, die „negative“ $T = 1$ mm hoch sein, was auch wirklich der Fall ist.

Theoretisch denkbare und in Wirklichkeit auch vorkommende Abweichungen von der Norm sind folgende. Nehmen wir an, dass

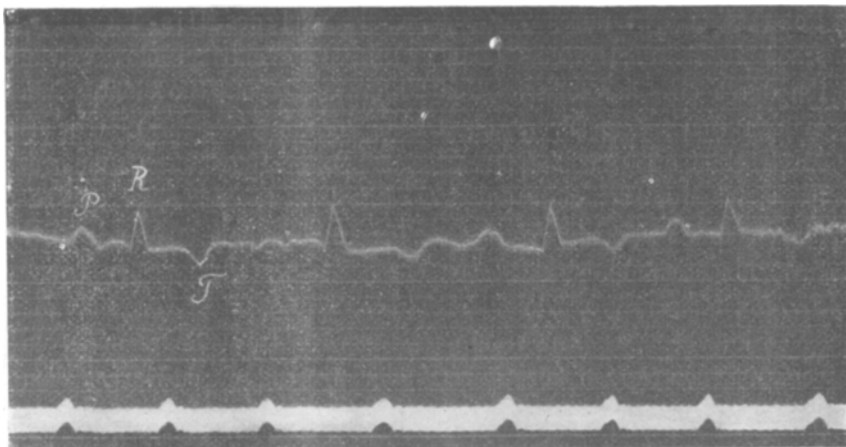


Fig. 17.

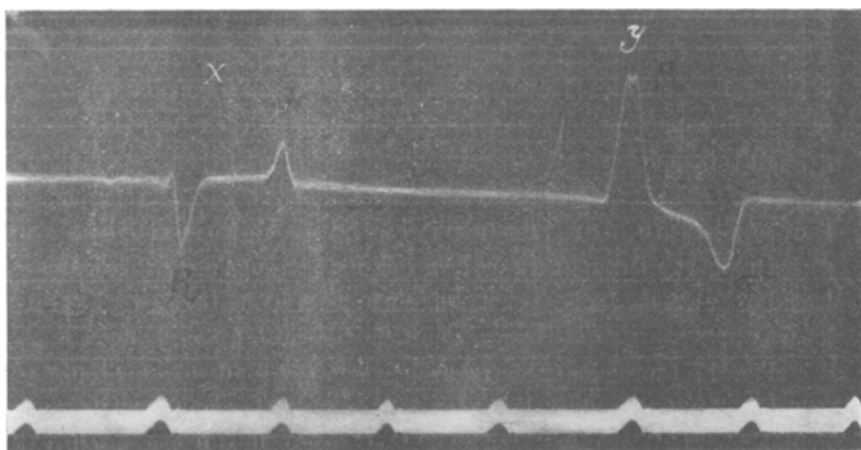


Fig. 18.

die eine Herzkammer, ohne ihren Kontraktionsrhythmus zu ändern, unter dem Einfluss irgendwelcher Ursache mehr elektrische (resp. muskuläre) Energie als in der Norm ausarbeitet, — in diesem Falle werden auch die Schwingungen der Saite (die Zacken der

elektrischen Kurve des entsprechenden Typus) natürlich grösser sein. Diese Erscheinung wird dynamische Längsdissoziation genannt; auf dem Elektrokardiogramm tritt sie als Vorherrschen des rechten oder linken Typus zutage (siehe Schemata 4, 5, 6, 7, 9, 10; Beispiel Fig. 12). Somit müssen die erstere grössere Zacke (*R*) und die zweite kleinere (*T*) die vorherrschende Tätigkeit des rechten Herzens anzeigen und umgekehrt die verhältnismässig kleine Zacke erste (oder die stärker ausgeprägte Zacke *S*, Schema 8) und die grössere zweite von der vorherrschenden Bedeutung des linken Herzens zeugen¹⁾.

Ferner, in den nicht selten beobachteten Fällen, wo die Veränderung nicht die Stärke, sondern den Rhythmus oder richtiger die Koordination der Kontraktionen beider Herzkammern betrifft, spricht man von einer rhythmischen Längsdissoziation, welche auf dem Elektrokardiogramm in Gestalt von Spaltung der Zacken *R* und *T* (zugleich oder vereinzelt) als Ausdruck einer unvollkommenen Koinzidenz der elektrischen Wellen der ersten und zweiten Phase erscheinen (Schemata 12 und 13; Beispiele: Fig. 6 und 11). Natürlich ist auch die Kombination einer dynamischen und rhythmischen Dissoziation möglich (Schema 11 und Fig. 10).

Das von Dr. med. Usow gesammelte klinische Material (siehe oben) hat ihn auf Grund physikalischer Symptome bei den Kranken (die Spaltung des zweiten Tons) ebenfalls zu der Anerkennung der Ansicht geleitet, dass die Spaltung der Zacke *R* der Ausdruck einer Längsdissoziation ist.

Es ist natürlich zu erwarten, dass eine jede Abweichung des Charakters der Herztätigkeit von der Norm ihren elektrischen

1) Der Umstand, dass der unpaarige Ventrikel des Frosches eine ebensolche elektrische Kurve wie die zwei Ventrikel der Warmblütler gibt, darf nicht als Einwurf gegen die von uns dargelegte Ansicht dienen, sondern muss nur zu einem weiteren und genaueren Studium dieser Erscheinung anspornen. Gibt doch ein noch einfacheres gebautes Muskelgebilde — der *M. gastrocnemius* des Frosches — nach A. Judin's Untersuchungen (Berichte des ersten Kongresses russischer Therapeuten. Moskau 1910) ebenfalls ein komplexes Elektromyogramm, welches anscheinlich noch zerlegt werden kann. Dafür redet die Veränderung verschiedener Teile desselben unter dem Einfluss künstlich erschaffener Bedingungen. Als elementare elektrische Kurve ist unzweifelhaft die Kurve des zweiphasischen Stromes, welche das Wesen des elektrischen Prozesses, die Entstehung und Vorbereitung der elektrischen Welle, veranschaulicht.

Äquivalenten haben muss, der somit eine wichtige diagnostische Bedeutung gewinnt, und dass, je komplizierter der Prozess ist, desto wunderlicher das Elektrokardiogramm ausfallen muss. Als Beispiel solcher komplizierter Bilder weisen wir auf Fig. 11, 13 und 19 hin. Das zweite ist dem Versuch mit Inf. Digit. im Stadium vollständiger Desorganisation der Herz-tätigkeit, „delirium cordis“, das erste und dritte einem Versuch mit Convallamarin (dieselbe Serie, wohin Fig. 8 gehört) entnommen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass wir hier¹⁾ die Anomalie der Herz-tätigkeit vor uns haben, die man „systolia alternans“ nennt.

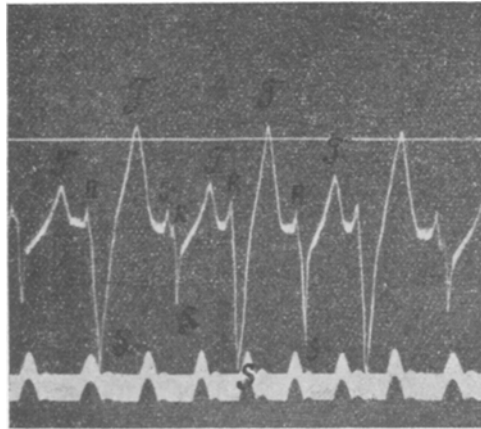


Fig. 19.

Versuchen wir nun, die uns bekannten Tatsachen aus dem Gebiet der Elektrokardiographie vom Standpunkt der von uns dargelegten Vorstellungen aus zu betrachten.

Vor allem verdient eine Beleuchtung die Erscheinung, welche wir in allen unseren Versuchen wiederfinden, nämlich die Vergrößerung der Zacke *T* im therapeutischen Stadium und die anomalen Kurven des linken Typus²⁾, die in der toxischen Periode stets erscheinen. Die Schemata 8 und 10 in Betracht ziehend, drängt sich uns der Schluss auf, dass wir es mit einer in verschiedenem Grade erhöhten Tätigkeit des linken Ventrikels zu tun haben oder mit

1) Convallamarinum (Fig. 11 und 19).

2) Diese letzten Bilder erhielten auch Rothberger und Winterberg bei der Anwendung von Substanzen der Digitalisgruppe.

anderen Worten: die Substanzen der Digitalin- und Digitoxingruppe üben eine elektive Wirkung gerade auf die linke Herzkammer aus. In der pharmakologischen Literatur finden wir in der Tat Hinweise darauf, dass die genannten Mittel die verschiedenen Teile des Herzens nicht in gleichem Maasse stimulieren. Ich führe in extenso die Tabellen von Oppenchowsky¹⁾ und Schatilow's²⁾ Versuche an.

Der normale Blutdruck der A. carotis 70 mm
verändert sich und wird nach

2 mg Digitalis . . .	80	„
3 „ „ . . .	100	„
5 „ „ . . .	130	„
7 „ „ . . .	10	„ (tödliche Dosis).

Der normale Blutdruck der Lungenarterien 15,0 mm
wird nach

2 mg Digitalis	17,5	„
3 „ „	20,0	„
5 „ „	21,6	„
7 „ „	23,0	„ (Schatilow).

Aus Oppenchowsky's Versuche mit dem herausgeschnittenen. nach der Einwirkung von Substanzen der Digitalin- und Digitoxin-
gruppe in physiologische Kochsalzlösung bei 37° gebrachten Herzen.

Normales Katzenherz:

Der rechte Ventrikel kontrahiert . .	7 Min.
„ linke „ „ . .	3 „

Katzenherz (nach Helleborein):

Der rechte Ventrikel kontrahiert . .	1 „
„ linke „ „ . .	8 „

1) Oppenchowsky, Über die Druckverhältnisse im kleinen Kreisläufe. Wiener Sitzungsber. Bd. 34. 1881. — Oppenchowsky, Das Verhalten des kleinen Kreislaufes gegenüber einigen pharmakologischen Agentien usw. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 16. 1889. — Oppenchowsky, Zur Frage über verschiedene Formen der funktionellen Dissoziationen des Herzens. Compt. rendus du XII^e Congrès Internat. de Médecine t. 3. 1897.

2) Schatilow, Zur Frage über die verschiedenen Arten der funktionellen Dissoziationen des Herzens. Russisches Arch. f. Pathol. usw. 1897 und Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 37. 1898.

Kaninchenherz (Kurare, künstliche Atmung):

Der rechte Ventrikel kontrahiert	. .	25 Min.
„ linke „ „	. .	10 „

Kaninchenherz (Digitalein):

Der rechte Ventrikel kontrahiert	. .	12 „
„ linke „ „	. .	25 „

Somit stehen die elektrokardiographischen Kurven in vollem Einklang mit den durch unmittelbare Beobachtungen über die Arbeit des Herzens unter den Bedingungen des pharmakologischen Experiments erhaltenen Tatsachen. Sehr interessant ist die Identität der Bilder aus dem therapeutischen Stadium der Wirkung von Substanzen der Digitalisgruppe mit den nach einer mässigen Muskelarbeit erhaltenen Elektrokardiogrammen¹⁾. In beiden Fällen findet offenbar eine mässige Stimulierung der Tätigkeit des linken Ventrikels statt, nämlich die Vergrösserung der Zacke *T*.

Wenn Nicolai und Rehfisch's Versuche auf Grund des Charakters des Elektrokardiogramms uns zur Bestimmung des Ortes, wo der Impuls zur Kontraktion entsteht, verhelfen, so stellen Rothberger und Winterberg's²⁾ Experimente mit erschöpfender Klarheit den Konnex zwischen dem Entstehungsort des Impulses und der Arbeit des gegebenen Teils des Herzens fest. Bei der Zuklemmung der *A. pulmonalis* erhielten letztgenannte Autoren immer anomale Kurven des rechten Typus, bei derjenigen der *Aorta* Elektrokardiogramme des linken. Dieser Umstand hat es mir möglich gemacht, in meinen Schematas nicht nur von dem Entstehungsort des Impulses, sondern auch von der vorherrschenden Rolle des einen oder des anderen Ventrikels zu reden.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. S. J. Tschirwinsky für die höchst liebenswürdige Überlassung der pharmakologischen Laboratorien und für die Anregung zu dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

1) Müller und Nicolai, Über den Einfluss der Arbeit auf das Elektrokardiogramm des Menschen. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 22 Nr. 2.

2) Rothberger und Winterberg, Über scheinbare Vaguslähmung (bei Muskarin, Physostigmin und andere Giften sowie bei intrakardialer Drucksteigerung). Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 132.
