

(Physiologisches Laboratorium in Leyden.)

Ueber
das normale menschliche Elektrokardiogramm
und über die capillar-elektrometrische Unter-
suchung einiger Herzkranken.

Von

W. Einthoven und **K. de Lint.**

(Hierzu Tafel II und III und 1 Textfigur.)

Um die Form des normalen menschlichen Elektrokardiogrammes kennen zu lernen, haben wir mittelst des Capillarelektrometers bei einer Anzahl von Personen in verschiedenen Umständen die elektromotorischen Bewegungen registrirt, welche in mehreren Körpertheilen im selben Rhythmus wie die Herzschläge constatirt werden können¹⁾. Manche Einzelheiten dieser Untersuchung findet man ausführlich an anderer Stelle beschrieben²⁾. Hier beschränken wir uns auf die Mittheilung und die Erklärung der Resultate, denen wir das Ergebniss der capillar-elektrometrischen Untersuchung einiger Herzkranken hinzufügen.

Man muss einen scharfen Unterschied machen zwischen den direct registrirten Elektrokardiogrammen und denjenigen, welche durch Construction erhalten sind. Von den ersteren sind ein Dutzend Beispiele gegeben in Tafel II, die eine photographische Reproduktion³⁾ in ungefähr 65 % der natürlichen Grösse der ursprünglichen Curven darstellt. Die Spitzen *A*, *C* und *D* weisen auf eine zeitweilige Negativität der

1) Siehe Aug. D. Waller, *Philosoph. transact. of the Royal Soc. of London* vol. 180 (1889) B, p. 169. — Bayliss and Starling, *Internat. Monatsschr. für Anat. und Physiol.* Bd. 9 S. 256, 1892. — W. T. de Vogel, *Inaug.-Dissert.* 1893. Leyden. — W. Einthoven, *Dieses Archiv* Bd. 60 S. 101, 1895. — Die beiden Letzteren auch in *Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leyden* R. 2 Dl. I und II.

2) K. de Lint, *Inaug.-Dissert.* Leyden 1896. — Auch in *Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leyden* R. 2 Dl. III.

3) Die Copien der ursprünglichen Negative, welche ungleich deutlicher und schärfer als die Tafel sind, werden wir gern auf Anfrage den Fachgenossen übersenden.

Herzbasis gegen die Herzspitze hin, während B und C_1 einen zeitweiligen Potentialunterschied in entgegengesetztem Sinne andeuten.

Auf Tafel III findet man die construirten Elektrokardiogramme, bei denen eine Ordinatlänge von 10 Millivolt einer Abscissenlänge von 1 Secunde gleichgemacht ist. Die Dimensionen für die Construction sind aus den direct registrierten Elektrokardiogrammen von Tafel II berechnet worden. Die zwölf Nummern von Tafel II entsprechen den zwölf Figuren von Tafel III. Nur diese construirten Curven sind der genaue Ausdruck der Schwankungen des Potentialunterschiedes. In jedem construirten Elektrokardiogramm unterscheiden wir fünf Spitzen (siehe Tafel III Fig. 1), von denen P , R und T eine Negativität der Herzbasis gegen die Herzspitze und Q und S eine Negativität der Herzspitze gegen die Basis angeben.

Wir stellen uns die Frage, welche Unterschiede das normale Elektrokardiogramm in der Höhe, der Schärfe und der Dauer dieser Spitzen zeigen kann.

Es wurden 17 Personen in möglichst gleichen Umständen untersucht. Jede von ihnen sass während des Registrirens ruhig auf einem Stuhle und liess die beiden Arme schlaff am Körper herunterhängen. Jede Hand war bis über den Puls in eine grosse, mit einer 1%igen Kochsalzlösung gefüllte Thonzelle getaucht, die selbst in einem gläsernen Cylinder stand. Letzterer war mit einer gesättigten Lösung von Sulfas zinzcus gefüllt, worin sich ein Blatt aus amalgamirtem Zink befand, das mit einem der Pole des Capillar-Elektrometers leitend verbunden war. Die Messungsergebnisse ¹⁾ sind in den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Das in der dritten Spalte nebenstehender Tabelle 1 erwähnte Alter ist für viele der untersuchten Personen, welche hierüber nicht speciell befragt worden sind, geschätzt. Diese Schätzung kann selbstverständlich nur ungenau sein, aber eine grosse Genauigkeit scheint hier ganz und gar überflüssig zu sein, weil wir bei unseren Messungen keine Beziehung zwischen dem Alter und der Form des Elektrokardiogrammes haben entdecken können.

Wir sehen, dass die grösste Spitze R , welche eine Negativität der Herzbasis gegen die Herzspitze andeutet, bei den 17 unter-

1) Unter die oben erwähnten Messungsergebnisse sind nicht die zwölf Elektrokardiogramme von Tafel II aufgenommen, weil diese nicht bei Stromableitung von den beiden Händen erhalten sind.

Tabelle 1.

Name	Geschlecht	Alter	Nummer der Platte	Die Werthe der verschiedenen Spitzen, ausgedrückt in Millivolt				
				<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>
		Jahr		Die Herzspitze ist positiv	Die Herzspitze ist negativ	Die Herzspitze ist positiv	Die Herzspitze ist negativ	Die Herzspitze ist positiv
v. d. W. . .	m.	53	213	0,31	—0,48	1,46	—0,26	0,33
Bm.	"	20	216	0,21	—0,17	0,83	—0,81	0,36
d. Gr. . . .	"	23	298	0,13	—0,30	0,86	—0,45	0,44
d. Jg. . . .	"	22	300	0,07	—0,06	0,45	—0,44	0,21
Wr.	"	22	302	0,07	—0,13	0,66	—0,45	0,22
Fs.	"	22	303	0,13	—0,14	1,28	—0,78	0,42
v. d. L. . .	"	24	304	0,07	—0,11	1,00	—0,23	0,15
L. N. F. . .	"	23	305	0,13	—0,17	0,95	—0,30	0,41
J. L.	"	22	308	0,13	—0,22	0,92	—0,34	0,38
A. Ws. . . .	"	50	309	0,09	—0,12	0,76	—0,13	0,25
Kg.	"	25	310	0,11	—0,14	1,11	—0,26	0,34
P. L.	"	22	312	0,12	—0,22	1,09	—0,41	0,38
W. E.	"	35	316	0,075	—0,12	0,75	—0,19	0,20
M. A. J. G.	"	32	317	0,11	—0,17	0,86	—0,09	0,53
J. E.	"	33	325	0,13	—0,145	1,08	—0,54	0,33
R. Ws. . . .	"	9	332	0,13	—0,60	1,13	—0,18	0,39
W. Ws. . . .	"	4	333	0,12	—0,33	1,10	—0,39	0,34
Durchschnittlich:				0,125	—0,21	0,96	—0,37	0,33

Tabelle 2.

Name	Nummer der Platte	Dauer der verschiedenen Theile, ausgedrückt in Sekunden						
		<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	Erster Theil (bis zum Anfang von <i>R</i>)	Zweiter Theil (bis zum Ende von <i>T</i>)
		v. d. W. . .	213	0,04	0,035	0,02	0,10	0,125
Bm.	216	0,04	0,025	0,03	0,08	0,125	0,11	0,30
d. Gr. . . .	298	0,04	0,03	0,03	0,075	0,12	0,11	0,31
d. Jg. . . .	300	0,04	0,02	0,03	0,08	0,12	0,13	0,31
Wr.	302	0,04	0,02	0,02	0,06	0,12	0,12	0,31
Fs.	303	0,05	0,04	0,03	0,06	0,16	0,16	0,32
v. d. L. . .	304	0,03	0,03	0,03	0,08	0,12	0,12	0,30
L. N. F. . .	305	0,04	0,03	0,02	0,075	0,16	0,11	0,31
J. L.	308	0,04	0,02	0,02	0,08	0,16	0,12	0,34
A. Ws. . . .	309	0,04	0,03	0,02	0,055	0,12	0,16	0,32
Kg.	310	0,04	0,03	0,02	0,08	0,14	0,12	0,32
P. L.	312	0,045	0,04	0,02	0,09	0,16	0,13	0,35
W. E.	316	0,04	0,04	0,03	0,075	0,12	0,13	0,33
M. A. J. G.	317	0,04	0,02	0,03	0,08	0,16	0,12	0,36
J. E.	325	0,04	0,04	0,02	0,085	0,14	0,13	0,30
R. Ws. . . .	332	0,04	0,02	0,02	0,075	0,16	0,16	0,31
W. Ws. . . .	333	0,04	0,02	0,02	0,08	0,14	0,14	0,30
Durchschnittlich:		0,04	0,03	0,02	0,08	0,13	0,12	0,32

suchten Individuen zwischen einem Betrag von 0,45 bis 1,46 Millivolt schwankt und durchschnittlich 0,96 Millivolt beträgt. Die

andern Spitzen sind kleiner und zeigen, in absolutem Maasse ausgedrückt, weniger Unterschied.

P schwankt zwischen 0,07 und 0,31 und beträgt durchschnittlich 0,125 Millivolt;

Q schwankt zwischen $-0,06$ und $-0,60$ und beträgt durchschnittlich $-0,21$ Millivolt;

S schwankt zwischen $-0,09$ und $-0,81$ und beträgt durchschnittlich $-0,37$ Millivolt;

T schwankt zwischen 0,15 und 0,53 und beträgt durchschnittlich 0,33 Millivolt.

Achten wir, statt auf die absoluten, auf die relativen Unterschiede, so ist *R* die constanteste Spitze; darauf folgt *T* und dann kommen *P*, *Q* und *S*, wie aus der folgenden Tabelle, in welcher der grösste und der kleinste Betrag jeder Spitze in Procenten des Durchschnittswerthes angegeben werden, ersichtlich ist.

Tabelle 3.

	Grösster Betrag in Procenten des Durch- schnittswerthes	Kleinster Betrag in Procenten des Durch- schnittswerthes
<i>P</i>	248,00	56,00
<i>Q</i>	228,57	28,57
<i>R</i>	152,08	46,87
<i>S</i>	218,91	24,32
<i>T</i>	160,60	45,45

Da also *R* nicht allein die höchste, sondern auch die constanteste Spitze ist, darf sie als die wichtigste angesehen werden.

Die Form der Spitze wird, ausser durch ihre Höhe, auch noch durch ihre Dauer bestimmt. Die Dauer von

P schwankt zwischen 0,045 und 0,03 Sec. und beträgt durchschnittlich 0,04 Sec.;

Q schwankt zwischen 0,02 und 0,04 Sec. und beträgt durchschnittlich 0,03 Sec.;

R schwankt zwischen 0,02 und 0,03 Sec. und beträgt durchschnittlich 0,02 Sec.;

S schwankt zwischen 0,055 und 0,10 Sec. und beträgt durchschnittlich 0,08 Sec.;

T schwankt zwischen 0,12 und 0,16 Sec. und beträgt durchschnittlich 0,13 Sec.

Hieraus sehen wir, dass Q und R von kürzerer Dauer, also schärfer, P , S und T von längerer Dauer, also stumpfer sind.

Der Einfluss der Frequenz des Herzschlages auf die Form des Elektrokardiogrammes.

Es wurde ein Elektrokardiogramm registriert von einer Person, welche längere Zeit geruht hatte. Sie musste darauf schwere Gewichte heben, schnell laufen, schnell und wiederholt Treppen steigen, — welche letztere Bewegung die grösste Wirkung hatte — und unmittelbar darauf wieder dieselbe Haltung annehmen, in der sie sich befand beim Schreiben des Elektrokardiogrammes vor der Ausführung der Körperbewegung. Nun wurde wieder ein Elektrokardiogramm registriert.

Um die Unterschiede zwischen den Curven so deutlich wie möglich in's Auge springen zu lassen, legten wir die Elektroden an diejenigen Stellen des Körpers an, welche die grössten Schwankungen des Potentialunterschiedes zeigen. Wie noch eingehender dargelegt werden wird, müssen als solche betrachtet werden auf der einen Seite die Brustwand nahe bei dem Apex cordis, auf der anderen Seite die rechte Schulter oder der rechte Arm. Die zu untersuchende Person tauchte den rechten Arm in die mit Kochsalzlösung gefüllte Thonzelle der oben erwähnten unpolarisirbaren Elektrode. Als zweite Elektrode wurde zuerst eine mit Zinksulfatlösung gefüllte Thonzelle gebraucht, deren Boden mit Sämschleder bedeckt war. Letzteres war in einer Kochsalzlösung getränkt worden, während ein Stab aus amalgamirtem Zink in die Zinksulfatlösung getaucht und mit einem von den Polen des Capillar-Elektrometers leitend verbunden war. Diese Vorrichtung hatte den grossen Uebelstand, dass kleine Verschiebungen an der Brustwand Schwankungen im Potentialunterschiede zur Folge hatten, womit die rhythmischen Wellen des Elektrokardiogrammes complicirt wurden. Namentlich wenn die Person, welche untersucht wurde, starke Körperbewegung verrichtet hatte und demzufolge tief und frequent athmete, zeigten sich rhythmische Schwankungen des Elektrokardiogrammes. Diese hatten dieselben Frequenzen wie die Athembewegungen und mussten durch letztere verursacht sein.

Wir halfen obenerwähntem Uebelstande dadurch gründlich ab, dass wir von der folgenden Vorrichtung Gebrauch machten. Ein

gläserner Trichter, dessen Rand mit einem Kautschukring umgeben war, wurde mit einer 1%igen Kochsalzlösung gefüllt und gegen die Regio cordis gehalten. Der Trichterrand hatte einen Durchmesser von 9,5 cm. Mittelst des Kautschukrings war es möglich, den Trichter, ohne Schmerz zu verursachen, fest gegen die Brustwand zu drücken und eine wasserdichte Verbindung zu erhalten. Eine gleichfalls mit einer Kochsalzlösung gefüllte, 85 cm lange, 13 mm weite Kautschukröhre verband den Hals des Trichters mit der Thonzelle einer unpolarisierbaren Elektrode, welche, um unnöthige Druckunterschiede zu vermeiden, auf ungefähr dieselbe Höhe wie der gläserne Trichter gestellt wurde. Um die Füllung des Trichters zu erleichtern, war in demselben eine Seitenöffnung angebracht worden, welche mit einem Korke geschlossen werden konnte. Man konnte den Trichter bewegen, die Kochsalzlösung schütteln und verschieben, ohne dass dadurch merkliche elektromotorische Kräfte erweckt wurden; auch hatten unter diesen Umständen die tiefsten Athmungen keinen Einfluss mehr auf die Form des Elektrokardiogrammes.

Während des Photographirens war der gläserne Trichter mit einem Bande um die Brust befestigt.

Die registrirten Curven.

Wir verfügen über 51 photographische Platten mit Elektrokardiogrammen, welche genommen worden sind, um den Einfluss erhöhter Pulsfrequenz zu untersuchen. Von diesen sind 12 zum Theil auf Tafel II abgebildet. Die Figuren 1, 3, 5, 7, 9 und 11 sind Elektrokardiogramme von 6 verschiedenen Personen, welche untersucht wurden, bevor sie Körperbewegung verrichtet hatten; die Figuren 2, 4, 6, 8, 10 und 12 sind Elektrokardiogramme derselben 6 Personen nach der Körperbewegung.

Es ist leicht, einen regelmässig vorkommenden Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Gruppe zu constatiren, und zwar in dem Theil der Curve, welcher zwischen den Spitzen *C* und *D* liegt. Ohne Ausnahme wird hier, bei *C*₁, die Herzbasis, wo sie negativ gegen die Spitze war, weniger negativ oder sogar positiv (siehe die Figuren 1 und 2, 5 und 6, 7 und 8, 11 und 12), und wo sie schon positiv war, stärker positiv (siehe die Figuren 3 und 4, 9 und 10).

Bei grosser Pulsfrequenz scheinen die Elektrokardiogramme in einander zu laufen (siehe Fig. 10). Dies gilt aber nur von den

direct registrirten Curven; die methodische Construction kann lehren, dass die Schwankungen im Potentialunterschiede nahezu vollständig von einander getrennt bleiben.

Ferner sehen wir, dass bei einigen Personen die Spitze *D* bei Körperbewegung an Grösse zunimmt (siehe z. B. Tafel II, Fig. 5 und 6), dagegen bei andern abnimmt (siehe z. B. Fig. 7 und 8, 9 und 10, 11 und 12). Die übrigen 39 nicht abgebildeten Tafeln stimmen mit den abgebildeten im Wesentlichen überein.

Die construirten Elektrokardiogramme.

In untenstehender Tabelle stellen wir die Ergebnisse der Messung von 20 Elektrokardiogrammen zusammen. Sie stimmt in der Form mit der ersten Tabelle überein, nur sind Geschlecht und Alter nicht angegeben. Statt dessen wird angedeutet, wie gross die Frequenz des Herzschlages war und ob das Elektrokardiogramm vor oder nach der Körperbewegung genommen worden ist. Zudem ist noch in den letzten drei Spalten die Dauer des ersten Theiles, des zweiten Theiles und des ganzen Elektrokardiogrammes angegeben.

Tabelle 4.

Name	Zahl der Herzschläge per Minute	Vor der Körperbew. = <i>v</i> ; danach = <i>n</i>	Nummer der Platte	Die Werthe der verschiedenen Spitzen, ausgedrückt in Millivolt					Dauer in Secunden des		
				<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	ersten Theiles (bis zum Anfang von <i>R</i>)	zweiten Theiles (bis zum Ende von <i>T</i>)	Ganzen
d. Lt. . .	62	<i>v</i>	238	0,30	— 0,23	1,60	— 1,40	0,65	0,13	0,34	0,47
d. Lt. . .	83	<i>n</i>	240	0,25	— 0,23	2,00	— 1,70	0,74	0,13	0,33	0,46
d. Lt. . .	67	<i>v</i>	232	0,19	— 0,08	1,77	— 0,53	0,48	0,13	0,32	0,45
d. Lt. . .	114	<i>n</i>	234	0,11	— 0,24	1,71	— 1,04	0,88	0,13	0,30	0,43
Bl. . . .	98	<i>v</i>	250	0,23	— 0,58	2,04	— 0,71	0,68	0,14	0,32	0,46
Bl. . . .	104	<i>n</i>	252	0,24	— 0,61	2,73	— 1,17	1,04	0,14	0,32	0,46
Bl. . . .	104	<i>n</i>	253	0,19	— 0,66	2,66	— 0,96	0,82	0,14	0,28	0,42
Bm. . . .	90,5	<i>v</i>	255	0,29	— 0,405	2,03	— 1,69	1,03	0,15	0,31	0,46
Bm. . . .	95	<i>n</i>	256	0,23	— 0,50	1,60	— 2,47	1,27	0,15	0,31	0,46
Gn. . . .	85	<i>v</i>	261	0,12	— 0,16	1,16	— 0,57	0,73	0,12	0,29	0,41
Gn. . . .	104	<i>n</i>	264	0	— 0,33	1,07	— 0,86	1,04	0,12	0,28	0,40
Vs. . . .	67	<i>v</i>	270	0,12	— 0,42	3,55	— 0,35	0,94	0,12	0,34	0,46
Vs. . . .	67	<i>v</i>	271	0,11	— 0,36	2,51	— 0,52	0,97	0,11	0,36	0,47
Vs. . . .	102	<i>n</i>	272	0,08	— 0,43	3,11	— 0,81	0,80	0,13	0,29	0,42
Vs. . . .	102	<i>n</i>	273	0,11	— 0,47	3,24	— 0,67	0,71	0,13	0,31	0,44
Bs. . . .	90,5	<i>v</i>	238	0,14	— 0,14	2,00	— 1,33	1,22	0,14	0,32	0,46
Bs. . . .	106	<i>n</i>	239	0,13	— 0,30	2,10	— 1,70	0,80	0,14	0,29	0,43
v. d. W.	67	<i>v</i>	292	0,21	— 0,33	1,90	— 0,45	0,53	0,15	0,30	0,45
v. d. W.	67	<i>v</i>	293	0,22	— 0,34	1,85	— 0,46	0,67	0,14	0,32	0,46
v. d. W.	88	<i>n</i>	294	0,14	— 0,50	1,80	— 0,91	0,36	0,14	0,32	0,46

Vorstehende Tabelle gibt Anlass zu verschiedenen Bemerkungen, welche man aber leichter verstehen kann, wenn wir die erhaltenen Ziffern auf andere Weise gruppieren.

In der folgenden Tabelle 5 haben wir nur die Unterschiede in den Werthen der Spitzen und in der Dauer des Elektrokardiogrammes angegeben. In der zweiten Spalte findet man die Nummern der Platten: die Paare, welche durch Klammern verbunden sind, haben dazu gegliedert, Durchschnittswerthe zu berechnen, welche letzteren in die Tabelle aufgenommen worden sind. In den Spalten 4 bis 8 sind die in Millivolt ausgedrückten Höhenunterschiede der Spitzen angegeben. Wenn nach der Körperbewegung die Höhe zugenommen hat, wird der Unterschied positiv, wenn die Höhe abgenommen hat, negativ genannt, während unter Höhe der Abstand bis zur Abscissenachse verstanden wird, gleichgültig, ob die Spitze über oder unter der Achse liegt. Dagegen nennen wir den Unterschied in Dauer positiv, wenn durch die Körperbewegung die Dauer abgenommen, negativ, wenn sie zugenommen hat (siehe die Spalten 9, 10 und 11). Die Bedeutung der übrigen Spalten ist in der Tabelle selbst schon angegeben und bedarf hier keiner weiteren Erklärung.

Wir lernen aus der Tabelle, dass die Spitzen R und T bei beschleunigter Herzthätigkeit bald vergrößert, bald verkleinert werden. Berechnet man den Durchschnittsbetrag der Veränderung, so zeigt sich, dass R vergrößert wird mit einem Betrag von durchschnittlich 0,10 Millivolt und dass T vergrößert wird mit einem Betrag von durchschnittlich 0,16 Millivolt.

Die Spitzen P , Q und S werden auf constante Weise verändert: ohne Ausnahme wird P stets verkleinert und werden Q und S stets vergrößert.

Die Verkleinerung von P beträgt maximal 0,12, durchschn. 0,05 Milliv.

„	Vergrößerung	„	Q	„	„	0,17,	„	0,11	„
„	„	„	S	„	„	0,78,	„	0,41	„

Die Vergrößerung von S erreicht den höchsten Betrag und muss als die wichtigste Veränderung bezeichnet werden, welche durch eine beschleunigte Herzthätigkeit in der Form des Elektrokardiogrammes hervorgerufen wird. Dies konnte schon bei der Betrachtung der direct registrirten Curven vor der Messung vermuthet werden.

Aus Tabelle 5 ist nicht zur Genüge ersichtlich, ob überhaupt Beziehung besteht zwischen dem Betrag der Frequenzveränderung

Tabelle 5.

Name	Nummern der Platten	Unterschied in Frequenz des Herzschlages	Unterschied in Höhe der verschiedenen Spitzen, ausgedrückt in Millivolt					Unterschied in Dauer, ausgedrückt in Sekunden		
			P	Q	R	S	T	Erster Theil	Zweiter Theil	Das Ganze
d. Lt.	238 und 240	83 — 62 = 21	— 0,05	0	0,40	0,30	0,09	0	0,01	0,01
d. Lt.	282 " 284	114 — 67 = 47	— 0,08	0,14	— 0,06	0,51	0,40	0	0,02	0,02
Bl.	250 " {252}	104 — 98 = 6	— 0,015	0,055	0,655	0,355	0,25	0	0,02	0,02
Bm.	255 " 256	95 — 90 = 5	— 0,01	0,095	— 0,43	0,78	0,24	0	0	0
Gn.	261 " 264	104 — 85 = 19	— 0,12	0,17	— 0,09	0,29	0,31	0	0,01	0,01
Vs.	{270} " {272}	102 — 67 = 35	— 0,02	0,06	0,145	0,305	— 0,2	— 0,015	0,05	0,035
" {271} " {273}										
Ibs.	288 " 289	106 — 90,5 = 15,5	— 0,01	0,16	0,1	0,32	0,42	0	0,03	0,03
v. d. W.	{292} " 294	88 — 67 = 21	— 0,075	0,165	0,075	0,455	— 0,265	0,005	— 0,01	— 0,005

Tabelle 6.

Name	Rechtsseitige Lage = r, linksseitige Lage = l	Nummer der Platte	Die Werthe der verschiedenen Spitzen, ausgedrückt in Millivolt						
			P	Q	R	S	T		
d. Lt.	{ r } { l }	224 225	0,17 0	— 0,32 0	1,21 0,655	— 0,50 — 0,655	0,41 0,37		
v. d. W.	{ r } { l }	226 227	0,18 0,15	— 0,44 — 0,26	1,25 1,06	— 0,17 — 0,34	0,41 0,33		
Bm.	{ r } { l }	230 231	0,15 0	— 0,21 0	0,79 0,74	— 0,46 — 0,76	0,32 0,29		

und dem Betrag der Veränderung der verschiedenen Spitzen. Man würde diesen Punkt nur dann mit einiger Genauigkeit beurtheilen können, wenn man über eine grössere Anzahl von Wahrnehmungen zu verfügen und die Elektrokardiogramme einiger Personen ausgemessen hätte, welche jede für sich bei einer Anzahl verschiedener Pulsfrequenzen untersucht worden wären. In unserer Tabelle verkehrt nur d. Lt. in diesem Falle, und bei ihm sehen wir die Vermuthung bestätigt, dass bei stärkerer Zunahme der Frequenz die Zunahme der regelmässig sich verändernden Spitzen *P*, *Q* und *S* auch vergrössert wird.

Unsere Bemerkungen über die Veränderung in der Dauer der beiden Theile des Elektrokardiogrammes können kurz sein. Die Tabelle zeigt deutlich, dass der erste Theil fast immer unverändert bleibt, der zweite Theil dagegen bei gesteigerter Herzfrequenz fast immer verkürzt wird. All' diese Ergebnisse sind in Uebereinstimmung mit dem, was uns auf Tafel III durch die Constructionen veranschaulicht wird.

Der Einfluss der Körperhaltung.

Um den Einfluss der Körperhaltung auf die Form des Elektrokardiogrammes zu untersuchen, leiteten wir den Strom von den beiden Armen einer Person ab, die sich erst auf die linke, danach auf die rechte Seite gelegt hatte.

Drei Personen unterwarfen sich einer Untersuchung und lieferten jede zwei Reihen von Elektrokardiogrammen.

Die direct registrirten Curven zeigten schon gleich einen deutlichen Einfluss der Körperhaltung. Bei der Lage auf der linken Seite sind die Spitzen *A* und *B* viel kleiner als bei der Lage auf der rechten Seite, ja, sie verschwinden beinahe ganz, während der Theil der Curve zwischen *C* und *D*, der oberhalb der Abscissenachse gelegen ist, sich senkt.

Die Resultate der Messungen und der methodischen Constructionen findet man in den beiden untenstehenden Tabellen, die, was ihre Einrichtung betrifft, völlig mit den beiden vorigen übereinstimmen, zusammengestellt. Sie bedürfen kaum einer weiteren Erklärung.

Nur sei bei Tabelle 7 erwähnt, dass wir die Untersuchung stets mit der rechtsseitigen Lage der Person anfangen. Wenn eine Spitze bei der Wälzung der Person auf die linke Seite an Höhe zu-

nimmt, nennen wir den Unterschied positiv, wenn sie abnimmt, negativ.

Tabelle 7.

Name	Nummern der Platten	Unterschied in Höhe der Spitzen, ausgedrückt in Millivolt				
		<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>
d. Lt. . .	224 und 225	—0,17	—0,32	—0,555	0,155	—0,04
v. d. W. . .	226 „ 227	—0,03	—0,18	—0,19	0,17	—0,08
Bm. . . .	230 „ 231	—0,15	—0,21	—0,05	0,30	—0,03

Wir sehen, dass die Messungsergebnisse die Vermuthung, welche durch die directe Betrachtung der registrirten Curven erweckt wurde, vollkommen bestätigen.

Die Spitzen *P* und *Q* des construirten Elektrokardiogrammes verschwinden beinahe ganz, wenn die in Untersuchung befindliche Person auf der linken Seite liegt, während die Spitze *S* an Grösse zunimmt. Die zwei Spitzen *R* und *T* werden verkleinert, aber verhältnissmässig viel weniger als *P* und *Q*.

Die Dauer des Elektrokardiogrammes wird durch einen Lagewechsel von der rechten auf die linke Seite nicht verändert.

Der Einfluss der Stellen, von denen der elektrische Strom abgeleitet wird.

Waller¹⁾ unterscheidet günstige Combinationen von Körpertheilen, zwischen denen die rhythmischen Schwankungen im Potentialunterschiede gross und ungünstige Combinationen, bei denen die Schwankungen klein sind. Wir haben versucht, die Grösse dieser Schwankungen in Maass und Zahl auszudrücken. Dazu leiteten wir den Strom bei einigen Personen von sehr verschiedenen Stellen des Körpers ab. Die Elektroden waren stets nach dem Princip von E. du Bois-Reymond eingerichtet und hatten die verschiedenen Formen, wie diese auf den vorigen Seiten beschrieben worden sind²⁾.

Die 23 Platten mit Reihen von Elektrokardiogrammen, welche uns zur Verfügung stehen, bestätigen im Wesentlichen Waller's Wahrnehmungen.

1) Aug. D. Waller, a. a. O.

2) Bei Ableitung von dem Munde wurde das mit einer Kochsalzlösung getränkte Ende der Elektrode direct in den Mund genommen.

Wie er müssen wir im Allgemeinen zu den günstigen Combinationen rechnen: rechte Hand, rechte Scapula, Stirn und Mund auf einer Seite gegenüber dem Apex cordis, der linken Hand, dem linken Fuss, dem rechten Fuss auf der anderen Seite, während durch jedes Paar Stellen, welche wir zur selben Seite gerechnet haben, eine weniger günstige Combination gebildet wird.

Die direct registrirten Curven geben schon deutlich an, dass von den verschiedenen Combinationen, welche wir in Anwendung brachten, die der Herzspitze mit dem rechten Arme oder dem rechten Schulterblatte die günstigste und die der beiden Füße die ungünstigste ist.

Ferner stellt es sich heraus, dass alle Spitzen ungefähr gleichmässig grösser oder kleiner werden, sodass die Form des registrirten Elektrokardiogrammes im grossen Ganzen ungefähr dieselbe bleibt. Die Unterschiede, welche sich hierbei noch zeigen, betreffen im Wesentlichen die weniger constanten Spitzen *A* und *B* und die inconstante Spitze *C*₁, welche letztere sich in den Elektrokardiogrammen von zwei der drei untersuchten Personen, jedesmal wenn der Strom von einem Paar der günstigsten Stellen abgeleitet wird, deutlich zeigt.

Tabelle 8.

Name	Nummer der Platte	Combination	Die Werthe der verschiedenen Spitzen, ausgedrückt in Millivolt				
			<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>
d. Lt. . .	238	rechte Hand — Herzspitze	0,30	— 0,23	1,75	— 1,09	0,65
d. Lt. . .	232	rechte Scapula — Herzspitze	0,11	— 0,10	0,90	— 0,42	0,42
d. Lt. . .	322	rechte Hand — linker Fuss	0,15	— 0,09	0,92	— 0,39	0,26
d. Lt. . .	324	rechte Hand — rechter Fuss	0,13	— 0,12	0,87	— 0,34	0,23
d. Lt. . .	336	linke Hand — Stirn	0,11	— 0,07	0,87	— 0,21	0,34
d. Lt. . .	337	linker Fuss — Stirn	0,11	— 0,06	0,88	— 0,21	0,27
d. Lt. . .	338	linker Fuss — Mund	0,13	— 0,05	0,83	— 0,17	0,26
d. Lt. . .	320	linke Hand — rechter Fuss	0,14	— 0,23	0,82	— 0,39	0,14
d. Lt. . .	323	linke Hand — linker Fuss	0,09	— 0,15	0,79	— 0,29	0,14
d. Lt. . .	321	rechte Hand — linker Fuss	0	0	0,17	— 0,11	0,09
d. Lt. . .	335	Stirn — rechte Hand	0	0	0,19	— 0,22	0,07
v. d. W. .	292	rechte Hand — Herzspitze	0,21	— 0,33	1,90	— 0,45	0,58
v. d. W. .	219	rechte Scapula — Herzspitze	0,30	— 0,50	1,90	— 1,20	0,55
v. d. W. .	217	rechte Hand — linker Fuss	0,27	— 0,59	1,20	— 0,29	0,36
v. d. W. .	295	rechte Hand — linke Hand	0,15	— 0,71	1,51	— 0,42	0,29
v. d. W. .	297	linke Hand — Herzspitze	0,10	— 0,30	1,10	— 0,14	0,29
Bm. . . .	255	rechte Hand — Herzspitze	0,29	— 0,405	2,03	— 1,69	1,03
Bm. . . .	220	rechte Scapula — Herzspitze	0,28	— 0,35	1,50	— 2,38	0,58
Bm. . . .	236	rechte Hand — linke Hand	0,25	— 0,15	1,02	— 0,64	0,44
Bm. . . .	218	rechte Hand — linker Fuss	0,35	— 0,40	1,50	— 1,04	0,43

In nebenstehender Tabelle sind die Ergebnisse der Messungen von 20 Elektrokardiogrammen zusammengestellt. Die Zahlen bestätigen die Bemerkungen, welche wir oben schon bei der Beschreibung der registrirten Curven machten.

Die günstigste Combination ist also die der Herzspitze mit dem rechten Arme, Nr. 238, 292, 255, oder die der Herzspitze mit der rechten Scapula, Nr. 232, 219, 220.

Die ungünstigste ist die der beiden Füße, Nr. 321.

Ferner zeigt die Tabelle deutlich, dass die Spitzen *R* und *T* ihr Verhältniss zu einander besser bewahren als die weniger constanten Spitzen *P*, *Q* und *S*.

Allgemeine Betrachtungen.

Die Erklärung und die Bedeutung des Elektrokardiogramms.

Die Kenntniss des Zeitpunktes, in dem die rhythmische Schwankung des Potentialunterschiedes anfängt, und des Zeitpunktes, in dem dieselbe endet, ist von grosser Bedeutung für die Erklärung des Elektrokardiogramms. Wir haben desshalb einige Zeitmessungen vorgenommen und das Elektrokardiogramm mit dem gewöhnlichen Kardiogramm verglichen.

Von einer Person, B.m., wird auf die gewöhnliche Weise ein Elektrokardiogramm geschrieben durch Stromableitung von der Regio cordis nahe beim Apex und von dem rechten Arme. Zu gleicher Zeit wird sein Ictus cordis registriert.

Dazu wird ein Luftkissen gegen den Thorax gehalten, an der Stelle, wo der Ictus cordis am besten zu fühlen ist, während eine Kautschukröhre die Bewegungen des Luftkissens nach einer Registrirtrommel fortpflanzt. Der Hebel dieser letzteren befindet sich dicht vor der Spalte, auf welche das Bild der Haarröhre des Capillarelektrometers projicirt ist, und schreibt eine schwarze Schattenlinie auf die empfindliche Platte.

Wenn wir den Zeitpunkt, in dem das gewöhnliche Kardiogramm anfängt, vergleichen mit dem Anfang der Spitze *R* im Elektrokardiogramm, so sehen wir, dass dieser stets früher erscheint als jener. Der Unterschied betrug bei zehn verschiedenen Messungen durchschnittlich 0.0502 Secunden (*A*). Dieser Betrag kann den gesuchten Unterschied nicht genau angeben, weil der Lufttransport des Herzstosses nach der Registrirtrommel eine grössere Ver-

zögerung erleidet als der elektrische Transport von den Elektroden nach dem Capillar-Elektrometer. Der Unterschied in der Verzögerung muss gesondert gemessen werden. Wir befestigten dazu auf die Kautschukmembran des Luftkissens einen kupfernen Knopf und schlossen, indem wir mit einem Metallstift gegen den Knopf drückten, plötzlich eine Kette, in der sich ein Daniell-Element befand. Auf diese Weise wurde ein Strom — dessen Stärke mittelst eines Nebenschlusses in einem Widerstandskasten zweckmässig gewählt worden war — durch den Capillar-Elektrometer geleitet.

Der Druck gegen das Luftkissen wurde durch dieselbe Kautschukröhre, welche beim Registriren des Ictus cordis gebraucht worden war, nach der Registrirtrommel fortgepflanzt. Es zeigte sich, dass der Hebel dieser letzteren erst einige Zeit nach dem Quecksilberfaden des Capillar-Elektrometers sich zu bewegen anfangt.

Der Zeitunterschied betrug in sechs verschiedenen Fällen durchschnittlich 0,0203 Secunden (*B*).

Der wirkliche Zeitunterschied zwischen dem Anfang der Spitze *R* und dem Anfang des Ictus cordis beträgt also

$$A - B = 0,0299 \text{ Secunden.}$$

Wie muss dieser Zeitunterschied erklärt werden, und zu welchen Schlüssen kann er uns führen?

An erster Stelle wird durch unsere Zeitmessungen der Ausspruch Waller's bestätigt, dass die rhythmischen Schwankungen im Potentialunterschied, welche das Elektrokardiogramm bilden, nicht durch den arteriellen Puls verursacht werden. Letzterer kommt erst viel später in den verschiedenen Körpertheilen an. So kommt z. B. der Carotispuls bei derselben Person Bm. 0,124 Secunden nach dem gewöhnlichen Kardiogramm ¹⁾, also 0,154 Secunden nach dem Elektrokardiogramm. Ferner können wir wahrscheinlich die Vorkammersystole als die Ursache des ersten Theiles des Elektrokardiogrammes — die Spitzen *P* und *Q* — betrachten, während die Kammersystole dem zweiten, aus den Spitzen *R*, *S* und *T* bestehenden Theile entspricht. Zwar fängt das Elektrokardiogramm noch ungefähr 0,03 Secunden vor dem Anfang des Ictus cordis an, aber es ist leicht zu begreifen, dass die Contraction des Kammermuskels erst bis zu einem gewissen Grade vorgeschritten sein muss, bevor der Herzstoss sich als solcher geltend macht, während doch die ersten Spuren von

1) Siehe „Die Registrirung der Herztöne“. Dieses Arch. 1894 Bd. 57 S. 617.

Contraction schon unmittelbar elektromotorische Kräfte hervorrufen, welche im Elektrokardiogramm zum Ausdruck kommen.

Wir stellen uns bei dieser Erklärung auf den Standpunkt jener Physiologen, welche keinen Unterschied im latenten Stadium zwischen den elektrischen Erscheinungen und dem Contractionsvorgang eines Muskels annehmen, wollen aber nicht unterlassen, zu erwähnen, dass man, auch wenn man einen anderen Standpunkt einnimmt, dennoch dieselbe Erklärung beibehalten kann. Man hat dann den Zeitunterschied von 0,03 Secunden entweder ganz oder zum Theil als den Unterschied im obenerwähnten latenten Stadium aufzufassen.

Die Dauer der zwei Theile des Elektrokardiogrammes ist in guter Uebereinstimmung mit der von uns gegebenen Erklärung, 0,13 Secunden für die Vorkammer- und 0,32 Secunden für die Kammersystole. Marey¹⁾ gibt für die Vorkammersystole des Pferdes 0,17, für die Kammersystole 0,45 Secunden an. Diese Zeiten sind von uns aus den von ihm publicirten Curven berechnet worden; sie sind ein wenig länger als dieselben Stadien des menschlichen Herzschlages.

Für die Kammersystole fand

Volkman²⁾ bei einer Pulsfrequenz von 84 Schlägen per Min.
0,375 Sec.;

Donders³⁾ bei einer Pulsfrequenz von 74—94 Schlägen per Min.
0,327—0,301 Sec.;

Landois bei einer Pulsfrequenz von 55—65 Schlägen per Min.
0,327—0,300 Sec.;

Edgren bei einer Pulsfrequenz von 70 Schlägen per Min. 0,379
Sec.;

Thurston bei einer Pulsfrequenz von 47—128 Schlägen per
Min. 0,347—0,256 Sec.;

Einthoven und Geluk⁴⁾ bei einer Pulsfrequenz von 70 bis
85 Schlägen per Min. 0,346—0,312 Sec.

1) Marey, La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies 1881 p. 96.

2) Die Angaben von Volkman, Landois, Edgren und Thurston sind nach Tigerstedt angeführt. Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufes S. 127 ff. 1893.

3) F. C. Donders, De rhythmus der hartstonen. Nederl. Arch. v. Genees. en Natuurk. 1866 Dl. 2 p. 139.

4) Die Registrirung der Herztöne, a. a. O.

Bei erhöhter Pulsfrequenz fanden wir die Dauer des ersten Theiles des Elektrokardiogrammes, welcher der Vorkammersystole entspricht, nahezu unverändert, die Dauer des zweiten Theiles, welcher der Kammersystole entspricht, ein wenig verkürzt.

Gehen wir jetzt über zur Erklärung der verschiedenen Spitzen, jede für sich. Im Allgemeinen können wir unsere Betrachtungen auf die Anwesenheit einer Contractionswelle basiren, welche von der Herzbasis nach der Herzspitze fortschreitet. Eine derartige Welle muss erst in den Vorkammern vorhanden sein, um sich dann in den Kammern zu zeigen. Schon die Vorkammerwelle an und für sich verursacht eine fortschreitende Negativität, welche von der Herzbasis (*P*) ausgeht und nach der Spitze (*Q*) gerichtet ist. Darauf kommt die Welle in die Kammern und fängt nach Bayliss und Starling¹⁾ auch hier bei der Basis an, schreitet nach der Spitze fort, hat aber in der Basis selbst eine so lange Dauer, dass sie da noch vorhanden ist, wenn sie in der Spitze schon zu bestehen aufgehört hat. So werden die Spitzen *R* und *T* gebildet. Die Spitze *S* verdient noch eine eingehendere Besprechung. Sie lässt sich vielleicht aus dem Unterschied erklären, der zwischen der rechten und der viel kräftigeren, den eigentlichen Apex bildenden linken Kammer besteht. Werden die beiden Herzhälften gleichmässig in ihrer Function verändert, so wird das Elektrokardiogramm auch in all' seinen Theilen gleichmässig verändert werden; wenn aber die Thätigkeit des linken Herzmuskels durch irgend eine Ursache mehr als die des rechten erhöht wird, so müssen einige Spitzen des Elektrokardiogrammes mehr als andere vergrössert werden. Wir haben alle Ursache, zu erwarten, dass bei grösserer Pulsfrequenz in Folge von Körperbewegung die Contractions der linken Kammer am meisten an Kraft zugenommen haben, und hiermit in Uebereinstimmung sehen wir bei grösserer Pulsfrequenz die Spitze *S* regelmässig grösser werden, und zwar mehr zunehmen als die anderen Spitzen des Elektrokardiogrammes.

Auch die Veränderung der Körperhaltung lehrt von dieser Spitze etwas Besonderes. Legt man sich wagerecht hin und wälzt man sich von der rechten Seite auf die linke, so werden bei Stromableitung von den beiden Händen alle Spitzen des Elektrokardiogrammes — zumal die Spitzen *P* und *Q* — kleiner, mit Ausnahme der Spitze *S*.

1) A. a. O.

Dies lässt sich erklären, indem man annimmt, dass das Herz im Thorax eine kleine Drehung erleidet, sodass der Einfluss des Potentials des linken Herzens auf die linke Körperhälfte vergrössert wird.

Einfluss der Stellen, von denen der Strom abgeleitet wird, und das Erkennen der Lageabweichungen des Herzens.

Schon Waller bemerkte, dass man mittelst des Elektrokardiogrammes in einem bestimmten Falle im Stande sei, eine Lageabweichung des Herzens kennen zu lernen. Denn beim Situs inversus viscerum sind im Gegensatz zur normalen Erscheinung die Schwankungen im Potentialunterschiede gross, wenn der Strom von dem Munde und dem rechten Arme, klein, wenn derselbe von dem Munde und dem linken Arme abgeleitet wird.

Dies ist in Uebereinstimmung mit der Theorie, dass der ganze Körper bei jedem Herzschlage durch eine Fläche, welche senkrecht durch die Mitte der Herzachse geht, in zwei Theile getheilt wird. Der eine Theil, in dem die Spitze des Herzens gelegen ist, nimmt den Potential dieser Spitze, der andere den Potential der Basis des Herzens an. Aus derselben Theorie leiten wir ab, dass auch kleine Lageabweichungen, ja sogar die normalen Unterschiede in der Lage des Herzens mittelst des Elektrokardiogrammes entdeckt werden können.

Vergleichen wir einige in Tabelle 8 näher beschriebene Elektrokardiogramme, welche bei Stromableitung von verschiedenen Körpertheilen registriert worden sind; z. B. das bei Ableitung vom Apex cordis und der rechten Scapula erhaltene Elektrokardiogramm von v. d. W. mit dem vorigen, wobei die Stromableitung vom Apex cordis und der rechten Hand stattgefunden hat.

Die wichtigste Spitze *R* ist bei beiden Combinationen gleich gross, 1,9 Millivolt. Dagegen verhält sich die Sache bei d. Lt. anders. Bei der Combination: Herzspitze und rechte Hand ist die Spitze *R* des Elektrokardiogrammes beinahe zwei Mal so gross, 1,75 Millivolt, als bei der Combination: Herzspitze und rechtes Schulterblatt. Wir können hieraus wohl schliessen, dass bei v. d. W. die Herzachse mehr von hinten nach vorn gerichtet ist als bei d. Lt.

Vergleichen wir v. d. W. mit Bm., so sehen wir, dass bei jenem eine stärkere Schwankung im Potentialunterschied erfolgt, wenn der

Strom von den beiden Händen abgeleitet wird, als wenn die Elektroden an die rechte Hand und an einen der Füße angelegt werden.

Bei B m ist es gerade umgekehrt, und die Unterschiede zwischen diesen beiden Personen sind in dieser Hinsicht auffallend gross. Sie können, unseres Erachtens, wohl nicht anders erklärt werden, als indem wir annehmen, dass bei B m die Herzachse mehr von oben nach unten und weniger von rechts nach links gerichtet ist als bei v. d. W.

Es hat sich herausgestellt, dass die allgemeine Form des Elektrokardiogramms sehr constant ist, und es leidet keinen Zweifel, dass wir in ihr ein sehr schätzenswerthes Mittel zur Beurtheilung der Herzthätigkeit besitzen. Weder verschiedene Pulsfrequenzen, noch Unterschied in Haltung, noch Unterschied im Anlegen der Elektroden führt irgend eine principielle Veränderung in derselben herbei.

Wohl kann man von günstigen und ungünstigen Combinationen sprechen, allein auch bei den ungünstigsten Combinationen zeigt es sich, dass das Elektrokardiogramm, obgleich die Schwankungen im Potentialunterschied bedeutend verkleinert sind, ungefähr dieselbe typische Form besitzt wie bei den günstigsten Combinationen, während auch die Elektrokardiogramme aller von uns untersuchten Personen, 17 an der Zahl, im Wesentlichen mit einander übereinstimmen. Pathologische Fälle dagegen weisen deutliche Abweichungen auf.

Zwei kranke Herzen.

Durch die Freundlichkeit des Herrn Professors Rosenstein wurde uns die Gelegenheit gegeben, ein Paar Herzkranker mit dem Capillar-elektrometer zu untersuchen. Die Krankheitsdiagnose beider Patienten, R. und v. H., war „Aorteninsufficienz“. Der erstere Patient, R., hatte eine bedeutende Hypertrophie des linken Herzens. Sowohl bei der Herzspitze wie im zweiten Intercostalraum rechts und links wurden Geräusche statt der normalen systolischen und diastolischen Töne gehört. Der zweite Patient, v. H., hatte eine geringe linke Herzhypertrophie. An die Stelle der systolischen Töne waren Geräusche getreten, während die diastolischen Töne schwach waren und im zweiten rechten Intercostalraum ein deutliches diastolisches Geräusch hörbar war.

Wir haben von beiden Kranken sowohl die Elektrokardiogramme wie die Herztöne und -geräusche registriert. Die ersteren wurden

erhalten durch Stromableitung von den beiden Händen und können also unmittelbar mit den normalen Elektrokardiogrammen der Tabellen 1 und 2 verglichen werden.

In der untenstehenden Tabelle 9 sind die Werthe der verschiedenen Spitzen in Millivolts wiedergegeben.

Tabelle 9.

Bezeichnung der Spitzen	Patient R.	Patient v. H.
<i>P</i>	0,1 Millivolt	0,2 Millivolt
<i>Q</i>	− 0,2 "	− 0,1 "
<i>R</i>	1,4 "	1,5 "
<i>S</i>	− 0,35 "	− 0,35 "
<i>T</i>	0,05 "	− 0,3 "
<i>R</i> (Dauer):	0,04 Sekunden	0,045 Sekunden

Es zeigt sich, dass die Höhe der Spitzen *P*, *Q*, *R* und *S* bei den beiden Patienten innerhalb der Grenzwerte fällt, welche die Untersuchung von 17 normalen Herzen ergeben hat. Dahingegen ist die Dauer der Spitze *R* verlängert und zeigt die Höhe der Spitze *T* eine bedeutende Abweichung. Während diese letztere bei den 17 normalen Elektrokardiogrammen zwischen + 0,15 und + 0,53 Millivolt abwechselt, ist sie beim Patienten R. so klein, dass sie innerhalb der durch die Wahrnehmungsfehler bedingten Grenze fällt; bei v. H. hat sie sogar eine entgegengesetzte Richtung. Wie die Verringerung und Umkehrung der Spitze *T* zu erklären seien und ob diese Abweichungen die Natur der Herzkrankheit „Aorteninsuffizienz“ kennzeichnen, kann erst nach ausführlicheren Untersuchungen entschieden werden.

Wir haben wohl Grund, zu erwarten, dass die Grenzen, zwischen welchen die Dimensionen des normalen Elektrokardiogrammes variiren, nicht zu sehr von den in den Tabellen I und II verzeichneten abweichen.

Von den vielen von uns registrirten, scheinbar normalen Elektrokardiogrammen zeigte nur ein einziges eine bedeutende Abweichung, was unmittelbar zur Vermuthung, dass wir es hier mit einer abnormalen Herzwirkung zu thun hatten, Anlass gab. Die Vermuthung wurde durch die später angestellte Auscultation bestätigt; der Capillar-Elektrometer hatte also zur Entdeckung der Abnormität geführt. Zu unserem Bedauern fehlte uns die Gelegenheit zu einer ausführlichen Untersuchung.

Die Photogramme der Herztöne beider Patienten zeigten das Vorhandensein von Geräuschen deutlich. Ausserdem blieb aber ein kräftiger erster Ton sichtbar, welcher sowohl an der Herzspitze wie im zweiten Intercostalraum vorhanden war, während er doch bei der Auscultation nicht bemerkt wurde. Den zweiten Ton konnte man nicht oder kaum im Geräusche erkennen.

Werthvoller als die Untersuchung der Form der registrierten Töne erscheint uns die Messung des Zeitunterschiedes zu sein zwischen dem Anfange des ersten Tones und dem Anfange des Carotispulses.

Beim Patienten R. betrug dieser Zeitunterschied:

- zwischen dem Anfange des 1. Spitzentones und dem Anfange des Carotispulses im Mittel 0,0671 Sec.;
- zwischen dem Anfange des 1. Pulmonaltones und dem Anfange des Carotispulses im Mittel 0,0670 Sec.;
- zwischen dem Anfange des 1. Aortentones und dem Anfange des Carotispulses im Mittel 0,0765 Sec.

Beim Patienten v. H. betrug die bezüglichen Werthe:

0,0592 Sec.

0,0673 „

0,0597 „

Bei obenstehenden Messungen ist der Verzögerung Rechnung getragen, welche der Transport des Pulses nach dem Marey'schen Tambour hin erleidet.

Der Zeitunterschied zwischen dem Auftreten der ersten Töne an der Herzspitze und im zweiten Intercostalraum ist gering und kann ausser Betracht gelassen werden. Er beträgt kaum mehr als die bei einigen Messungsreihen erhaltene mittlere Abweichung des Mittelwerthes. Das durch diese mittlere Abweichung erreichte Maximum war 0,008 Secunden.

In untenstehender Figur 1 ist das Zeitintervall zwischen dem Anfange der verschiedenen Herztöne bei einem gesunden Individuum und bei den zwei Patienten graphisch verzeichnet.

S ist die Zeitlinie, *B* bezieht sich auf die Herztöne eines gesunden Individuums, *R* und *v. H* auf diejenigen des untersuchten Kranken. *s* bedeutet den Anfang des Spitzentones, *a* denjenigen der Arterientöne und *c* den Anfang des Carotispulses.

Die drei Linien *B*, *R* und *v. H* sind so unter einander gesetzt, dass der Anfang des Carotispulses für alle in denselben Zeitpunkt fällt.

Wir sehen, dass der Spitzenton beim gesunden Individuum *B* einen Zeitunterschied von 0,061 Secunden mit den Arterientönen zeigt, während sie beim Patienten *R* sowohl wie bei *v. H* zusammenfallen.

In einer früheren Abhandlung über die Registrirung der Herztöne¹⁾ wurde die Kammerystole in zwei Perioden eingetheilt. Die erstere Periode fängt mit dem ersten Spitzenton an und endet mit dem Beginn des ersten Arterientones. Während dieser Periode bleibt das Ostium Aortae geschlossen. Die zweite Periode fängt mit der

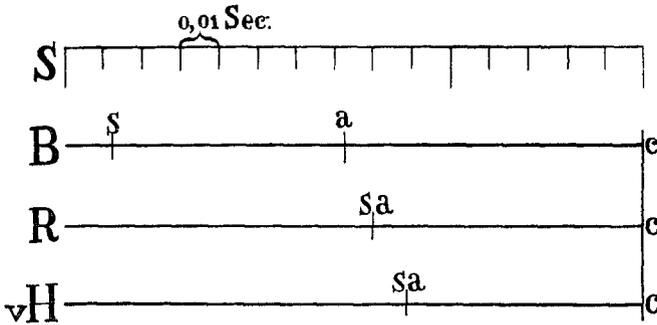


Fig. 1.

Oeffnung des Ostium Aortae und der Austreibung des Blutes aus den Kammern an. Wenn die Aortenklappen insufficient sind, kann diese Eintheilung in zwei Perioden nicht mehr durchgeführt werden. Das Ostium Aortae bleibt fortwährend geöffnet, so dass das Blut schon beim Anfange der Kammerystole nach den Arterien getrieben und der erste Aortenton zur selben Zeit wie der erste Spitzenton gehört wird. Diese Erklärung liegt so auf der Hand, dass man beim Zusammenfallen vom ersten Spitzenton mit dem ersten Aortenton mit grosser Wahrscheinlichkeit das Vorhandensein von Aorteninsufficienz anzunehmen berechtigt ist.

Der Kürze wegen nannten wir oben immer den ersten Ton im zweiten linken Intercostralraum ersten Pulmonalton, aber das starke systolische Geräusch macht es unmöglich, an der erwähnten Stelle

1) A. a. O.

einen reinen ersten Pulmonalton zu hören. Man darf also aus dem Zusammenfall des ersten Spitztones und des ersten Tones im zweiten linken Intercostalraum nicht auf das Vorhandensein einer Pulmonalinsuffizienz schliessen.

Bei den beiden kranken Herzen ist der Abstand zwischen dem ersten Aortenton und dem Carotispuls ungefähr ebenso gross wie beim normalen Herzen; der Spitzenton hat sich also in dem kranken Herzen dem Carotispuls angenähert. Auch dieses letztere lässt sich aus dem Wegfall der ersten Periode der Kammersystole ohne Weiteres erklären.

Erklärung der Tafeln.

Tafel II. Photographische Reproduction in ungefähr 65% der natürlichen Grösse einer Anzahl von Elektrokardiogrammen, die alle mit Hilfe der Capillare *G. 116* registriert worden sind. Die Copien der ursprünglichen Negative, welche ungleich deutlicher und schärfer als die Tafel sind, werden wir gern auf Anfrage den Fachgenossen übersenden. Das Bild der Capillarröhre wurde bei 800facher Vergrösserung projectirt, während die empfindliche Platte sich mit einer Geschwindigkeit von 25 mm in der Secunde fortbewegte.

Unter den Elektrokardiogrammen sind die Stimmgabelspitzen sichtbar; die Stimmgabel machte 50 ganze Schwingungen in der Secunde.

Der Schwefelsäurepol des Capillar-Elektrometers war mit der Brustwand in der Gegend des Apex cordis verbunden und der Quecksilberpol mit dem rechten Arme. Die zwölf Elektrokardiogramme gehören sechs verschiedenen Personen an, welche alle erst im Ruhezustand — siehe die ungeraden Nummern — und dann unmittelbar nach der Verrichtung kräftiger Körperbewegung — siehe die geraden Nummern — untersucht wurden. Die zu jeder der untersuchten Personen gehörenden Photogramme sind mit aufeinander folgenden Ziffern numerirt. Für nähere Auskunft sehe man den Text.

Tafel III. Construirte Elektrokardiogramme, bei denen eine Ordinatlänge von 10 Millivolt einer Abscissenlänge von 1 Secunde gleichgemacht ist. Die Dimensionen für die Construction sind nach den direct registrierten Elektrokardiogrammen von Tafel II berechnet. Die zwölf Nummern von Tafel II entsprechen den zwölf Figuren von Tafel III.
