

Wie ändern sich durch die Erregung des n. vagus die Arbeit und die innern Reize des Herzens?

Von

Dr. J. Coats.

Mit 4 Tafel und 9 Holzschnitten.

Das Herz mit seinen Muskeln, Nerven und Erregern stellt das einfachste Beispiel eines thierischen Motors dar; somit würde es sich vor Allen eignen zu der Untersuchung über die wesentlichsten Eigenschaften eines solchen, vorausgesetzt, dass man die Arbeit des Herzens genau zu messen vermöchte. Diese letztere Forderung erscheint aber erfüllbar, seit es möglich geworden, das isolirte mit röthlichem Serum gespeiste Froschherz bequem und anhaltend zum Versuche zu benutzen. Unter diesen Umständen entschloss ich mich leicht, den Vorschlägen des Herrn Prof. *Ludwig* zu folgen, die mich aufforderten, mit der von ihm angegebenen Methode eine Versuchsreihe über die Frage anzustellen, die in dem Titel dieser Abhandlung enthalten ist.

Die Vorbereitungen, welche am Frosch zur Anstellung der Versuche nothwendig sind kurz folgende: Mit einem Stift wird Hirn und Rückenmark durchbohrt, das Thier unterhalb der Leber durchschnitten, von der oberen Hälfte wird sorgfältig das Brustbein sammt den oberen Extremitäten entfernt, dieses jedoch mit der Vorsicht, auf einer Seite einen grossen Hautlappen zu erhalten, welcher als Decke für die Nerven und das Herz benutzt werden kann; das bloßgelegte Herz befreit man vom Herzbeutel, durchschneidet die kleine Brücke der Serosa, welche durch die Höhle des Letzteren hindurch geht, nachdem dieselbe vorerst mit einem feinen Faden umschnürt wurde. Auf den

ersten Blick mag es räthlicher erscheinen, den Herzbeutel uneröffnet zu lassen und damit dem Herzen seine schützende Decke zu lassen. Diese Vorsorge, so gerechtfertigt sie einerseits ist, bringt, wenn sie befolgt wird, leicht Störungen in den Versuch, durch Falten, welche den Uebergang der Flüssigkeit zu und von dem Herzen behindern; wird, um dieses zu beseitigen, der Herzbeutel eröffnet, dann muss auch das Herzende des kleinen Gefässes unterbunden werden, welches durch den oben erwähnten Fortsatz des Herzbeutels hindurch geht. Nach Eröffnung des Herzbeutels wird ein Zweig der Aortengabel unterbunden und in den zweiten eine Glascanüle durch den *bulbus aorta* hindurch bis zum Ventrikel hingeschoben und eingebunden; nun trennt man bis auf den Stamm der untern Hohlvene die Hängehänder der Leber ab, legt einen Faden um das Gefäss, eröffnet dieses letztere, führt eine möglich starke Glascanüle bis in den Vorhof ein und bindet dieselbe fest. Hierauf wird Leber und Lunge entfernt, der Magen etwa in seiner Mitte durchschnitten und alsdann eine starke an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre durch den Mund ein- und zum offenen Magen wieder ausgeführt; es ist zweckmässig, diese Röhre von einem so grossen Durchmesser zu nehmen, als es nur immer die Dimensionen der thierischen Theile erlauben, weil hierdurch der *vagus* auf seinem Verlauf von der Wirbelsäule bis zum Herzen möglichst entfaltet und das Herz vom Ursprung des Nerven möglichst entfernt wird. Das Präparat nimmt sich alsdann so aus, wie es in der beigegebenen Tafel dargestellt ist und es gelingt jetzt leicht, alle auf ihm verlaufenden Nervenstämme aufzufinden, insbesondere aber den des *n. vagus* zu isoliren; zu dem letzteren Ende ist es zweckmässig, alle übrigen Nerven auszuschälen und aus der Schlundwand, wo sie der Wirbelsäule zugekehrt ist, ein Fenster auszuschneiden, so dass der *n. vagus* unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Knochen von allen Weichtheilen befreit ist. Jenseits des Ortes, wo der Nerv sich mit der absteigenden *a. aorta* kreuzt, bleibt dagegen der Nerv am besten gänzlich unberührt, deshalb ist es auch zweckmässig, die Unterbindung der Jugularvenen zu unterlassen, die ohnedies mit Klappen versehen sind, welche den Austritt von Flüssigkeit aus den Vorhöfen verhindern.

Wenn das Präparat so weit gediehen ist, wird das aus dem Munde hervorstehende Ende des Glasrohrs in den Griff eines

Halters eingesetzt (s. die Tafel) und der Kautschuk *H*, in dem die Canüle der Hohlvene endet, durch ein kleines Glasröhrchen mit einem andern längern Kautschukrohr verbunden, welches in den kleinen Glasbehälter (*A*) ausläuft; dieser ist mit röthlichem Kaninchenserum gefüllt und trägt zur beliebigen Regelung des Abflusses an seiner untern Mündung eine Klemme oder einen Glashahn. Hierauf wird an die Aortencanüle das Manometer gefügt; das von mir benutzte besass die Dimensionen des von *Cyon* gebrauchten, von diesem unterschied es sich jedoch rücksichtlich seiner Construction. Die beiden senkrechten Schenkel dieses Manometers waren oben offen, aus der einen Oeffnung ragte wie immer das Ende des leichten auf dem Quecksilber ruhenden Schwimmers hervor, auf der Oeffnung des andern unmittelbar an den wagrechten grenzenden Schenkels steckte ein Kautschukröhrchen *F*, das mit einer Klemme zu verschliessen war.

Ist alles dieses vorbereitet, so kann die Verbindung zwischen dem etwas über das Herz erhobenen Serumbehälter *A* und dem Vorhofe hergestellt werden, in Folge dessen Serum in den Vorhof und von da in die Kammern übertritt, von wo es allmählig durch die Kammercontractionen selbst in das Manometer gelangt. Die Oeffnung des Manometers bei (*F*) blieb so lange unverschlossen bis alle Luft aus dem Präparate entfernt war. Wenn diess geschehen so wurde die Oeffnung geschlossen und der Versuch konnte seinen Anfang nehmen. Bevor ich jedoch den Schluss des Kautschuks bei (*F*) herstellte, nahm ich eine Abscisse, deren Höhe durch die Gleichgewichtslage des Schwimmers, Quecksilbers und Serums, soweit das Letztere im Manometer enthalten war, bestimmt wurde. Den Bemerkungen, welche *Cyon*¹⁾ in Betreff der Zuverlässigkeit gemacht hat, mit welcher der Schreibstift die selbstständigen Bewegungen des Herzens notirt, weiss ich nichts zuzufügen, wesshalb ich auf dieselben verweise.

Sollte der *n. vagus* gereizt werden, so schob ich zwei feine Platindrähtchen, die mittelst einer isolirenden Masse an einem starken Bleidraht befestigt waren, unter den einen der beiden Nerven. Rückwärts standen die Platindrähtchen mit den Enden der secundären Inductionsspirale eines gewöhnlichen Inductors

1) Diese Berichte 1866.

oder auch eines Röhrenkorffs von *Siemens* und *Halske* in Verbindung. Ausser der Unterbrechung, welche durch den Abstand der beiden Platindrähte gegeben war, bestand noch eine zweite, welche durch eine schlüsselartige Einrichtung überbrückt oder geöffnet werden konnte. Dieser Schlüssel trug ebenfalls einen Schreibstift, welcher unmittelbar unter den des Manometers an die Trommel gestellt wurde.

Zur Controle der Zeiten dienten die Marken, welche ein Sekundenpendel, oder auch unter Umständen eine Stimmgabel mit 28 Schwingungen in der Secunde auf die Trommel notirte. Der Stift dieses Pendels stand ebenfalls senkrecht unter dem des Manometers.

Die Trommel war mit herusstem Papier überzogen.

Aus der Vorbereitung des Versuches geht hervor, dass es Absicht ist die äussere Arbeit des Herzens durch den Hub des Quecksilbers zu messen, der im Manometer stattfindet; sie wird, wenn r der Radius des Manometerrohres, h die Höhe des Hubes, den der Herzschlag veranlasst, s das specifische Gewicht des Quecksilbers ist, gleich $\frac{\pi s r^2 h^2}{2}$ sein.

Obwohl nun der angestrebte Versuch in die Gattung derjenigen gehört, welche von *E. Weber* in die Wissenschaft eingeführt und von *Ad. Fick* ¹⁾ einer sorgfältigen Betrachtung unterworfen wurden, so stellen sich doch zwischen der Anordnung und der Absicht beider Versuchsreihen mannichfaltige Unterschiede heraus.

Zunächst ist das Ziel des Versuchs am Herzen und desjenigen am parallel faserigen Froschmuskel insofern verschieden, als hier die dem bekannten Reize angehörige Arbeit gesucht wird, am Herzen soll umgekehrt aus der gegebenen Arbeit auf die Grösse des Reizes geschlossen werden. Nach bekannten Erfahrungen ist dieses Letztere zulässig, weil die Arbeit, welche ein nach Dimensionen, Elasticität und Reizbarkeit unveränderlicher Muskel ausgiebt, abhängig ist von dem angehängten Gewicht, von der Dehnung des Muskels bei Beginn seiner Zusammenziehung und innerhalb gewisser Grenzen von der Stärke des Reizes.

In der Anordnung des Versuchs zeigen sich Verschiedenheiten, zunächst insofern, als das Gewicht nicht an den Muskel angehängt, sondern von der Herzwand umgriffen wird, dieser-

1) Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867.

halb kann es hier niemals zu einem Abheben des Gewichtes, beziehungsweise zu Wurfbewegungen kommen. — Unterschiede liegen ferner darin, dass sich im Gegensatz zu den gewöhnlichen Versuchen das vom Herzen gehobene Gewicht während der Zusammenziehung des erstern ändert. Auch durch die Muskelsubstanz ist der Versuch abweichend, indem die Zusammenziehung des Herzens sehr viel langsamer, und wegen der Anordnung der Muskelfäden mit grossen innern Widerständen vor sich geht, wesshalb die Beschleunigungen des Gewichtes, die bei den gewöhnlichen Zuckungsversuchen eine grosse Rolle spielen, von geringer Bedeutung sind.

Diesen Vortheilen verschiedener Art treten aber auch nun Schwierigkeiten gegenüber, deren bedenklichste darin besteht, dass die Längen der Muskelfasern nicht zu messen sind; aus diesem Grunde unterliegt der Herzversuch sehr grossen Beschränkungen. Für den vorliegenden Zweck dürften die Grenzen seiner Brauchbarkeit folgendermaassen zu bestimmen sein. Wenn die ruhende Herzwand, deren Ausdehnung f sei, von einem Reize E getroffen wird, so sucht sich die genannte Wand einer andern Ausdehnung f' zu nähern und sie erreicht dieselbe um so mehr, je geringer der Widerstand ist den sie beim Hingange von f zu f' findet. Ist nun wie in unserem Falle die Einrichtung getroffen, dass das bei der Verkleinerung des Herzens aus diesem ausgetriebene Volum einen Druck h erzeugt, so wird das Herz seine Contraction vollendet haben so wie das Product aus der Herzfläche f'' in den Druck h , also $f''h$ dem durch E angeregten Contractionsbestreben das Gleichgewicht hält. Da nun h in Anbetracht dass es in der Manometerröhre vom Radius r erzeugt wird offenbar $\frac{f-f''}{r^2}$ proportional ist, so wird auch E durch Function $\frac{(f-f'')}{r^2} f''$ auszudrücken sein; oder in Worten: es hängt der Werth h , welcher durch die Erregung E herbeigeführt wird, u. A. auch ab von der Ausdehnung f , welche das Herz besass als die Reizung eintraf, und demnächst auch von dem Radius r der Manometerröhre. In dem vorliegenden Versuch wird sich nun sowohl die ursprüngliche, wie wir voraussetzen elastische Spannung als auch die durch die Zusammenziehung erzeugte Spannung im Manometer ausdrücken. Bedeutet nun h (proportional f) die elastische und h' die durch die Contraction herbeigeführte Spannung, so ist aus

ben, der weniger arbeitende auch von einem schwächern Reize ausgelöst worden sei.

Diese durch die Erfahrung bestätigten Erwägungen gaben die Veranlassung zur Aufstellung des Serumgefässes *A* (s. die Tafel). Während jeder Versuchsreihe wurde der Inhalt desselben auf möglichst gleichem Niveau erhalten, nach jeder Versuchsreihe wurde der Zufluss aus *A* unterbrochen und die Klemme bei *F* eröffnet, so dass sich das Herz entleeren konnte; vor Beginn einer neuen Beobachtung ward das Herz mit frischem Serum durchgespült. Dann wurde die Klemme bei *F* geschlossen, die Verbindung mit *A* dauernd hergestellt und das Aufschreiben von Neuem begonnen. Das Herz wurde jedesmal soweit gefüllt, dass während der Systole noch eine merkliche Formänderung eintrat, dass dagegen nach Beendigung derselben in dem Herzen noch ein nicht unbeträchtlicher Serumtheil verblieb; unter diesen Umständen nehmen die Excursionen des Quecksilbers einen bedeutenden Umfang an und die von dem Herzen entwickelten Kräfte werden vollständig auf dasselbe übertragen, da zu allen Zeiten noch Serum vorhanden ist um in das Manometer übergeführt zu werden.

Bei der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln erhält man nun vom Froschherzen Schlagcurven, die an Regelmässigkeit nichts zu wünschen übrig lassen; jeder folgende Schlag erhebt sich von derselben Höhe über der Nulllinie wie der vorhergehende und jeder steigt genau in derselben Weise zu demselben Maximum und sinkt in gleicher Art wieder herab.

An einer Reihe von dieser Beschaffenheit wird man also leicht erkennen ob und nach welcher Richtung hin sich die Reize geändert haben, die zwei aufeinander folgende Schläge veranlassten.

Gründe, die im Verlaufe dieser Mittheilung hervortreten, machen es nun aber wünschenswerth auch noch unter weniger beschränkten Bedingungen aus dem Umfang der Zusammenziehung auf die Grösse des veranlassenden Reizes schliessen zu können. Unter bestimmten Umständen ereignet es sich nämlich, dass der Stand des Quecksilbers, der beim Wiederbeginn eines Schlages vorhanden, ein anderer ist, als er beim vorhergehenden oder folgenden Schlage gewesen und geworden. — Auch wenn die Menge des Serums, welche das Herz und das Manometer zugleich füllt, unverändert geblieben ist, kann sich die

Spannung des ruhenden Herzens ändern; namentlich geschieht dieses entweder wenn die Pausen zwischen je zwei Systolen ihre Dauer, oder wenn die Systolen selbst ihre Hubkraft ändern. Verlängerung der Pause und Minderung der Hubhöhe wirken hier im gleichen Sinne, denn beide erniedrigen den Stand des Quecksilbers zu Ende der Diastole. Um dem Leser ein Bild von der Erscheinung die sich hier darbietet zu gewähren, verweise ich ihn auf Fig. 2 u. 3 (S. 375).

Die Ursachen, wesshalb sich das Quecksilber in der Pause seiner Gleichgewichtslage nur allmählig nähert, kann bei dem geringen Widerstand in den Verbindungsstücken zwischen Manometer und Herz nur in den Widerständen des letztern gelegen sein; und diese selbst können nur ihre Erklärung finden in der geringen Geschwindigkeit mit welcher die Herzwand aus dem zusammengezogenen in den erschlafften Zustand übergeht. Wenn nun zwei Schläge beim Beginn ihres Auftretens das Quecksilber auf ungleicher Höhe finden, so entsteht die Frage, wie hoch würde, gleichen Reiz vorausgesetzt, jeder derselben das Quecksilber schliesslich heben. Eine aus Analogien mit andern Muskelversuchen geschöpfte Antwort lässt sich nicht geben. Zunächst wäre es nämlich möglich dass das Gewicht, welches bei kleinerem Druck auf der Herzfläche lastet, nicht wesentlich geringer ausfiele als bei grösserem, weil sich das Herz ausgedehnt haben muss um den Inhalt des Manometers aufzunehmen, somit könnten sich Druck und Herzfläche, die beiden Factoren der Herzlast, compensirt haben. Offenbar ist aber nun anderseits die Herzwand bei höherem Druck härter als bei niederem und es tritt somit der beim gewöhnlichen Muskelversuch nicht mögliche Fall ein, dass die Spannung des ruhenden Muskels grösser bei geringerer als bei stärkerer Dehnung ist. Die Analogie zwischen dem Herzen und dem Muskel könnte letztern Falls nur aufrecht erhalten werden, wenn man das Herz auch zu Ende der Pause als ein noch in schwacher Contraction befindliches ansehen wollte. Je nach der zu Grunde gelegten Annahme würde man also die oben gestellte Frage nach dem Hub bei gleichem Reize entweder dahin beantworten, dass das Herz zu Ende der Systole das Quecksilber immer auf gleiche Höhe bringe, weil dann dieselbe Endspannung der Faser, welcher der Reiz das Gleichgewicht zu halten vermöge, erreicht sei, oder man würde behaupten, das Herz hebe das Quecksilber um gleiche

Werthe, weil dann der Reiz jedesmal gleiche Arbeit geleistet habe; im erstern Fall würde also der Hub, den das Quecksilber erfahren, ungleich gross aber sein Abstand von der Gleichgewichtslage gleich hoch gewesen sein, im andern Fall würden umgekehrt die Hübe gleich gross aber die Abstände der höchsten Höhe von der Nulllinie ungleich geworden sein.

Wie die Schlüsse aus Analogie so versagen auch die welche man aus den Herzbewegungen selbst zu entnehmen sucht, insbesondere darum, weil wir kein anderes Kennzeichen für die Gleichheit der Reize besitzen, als die Leistung gleicher Arbeit von gleicher Anfangsdehnung. Immerhin scheint es aber zulässig anzunehmen, dass wenn bei geringen Unterschieden in der Anfangsdehnung sehr beträchtliche Unterschiede in der Arbeit sichtbar werden, dieses auf eine Verschiedenheit der Reize deute. Dieser Schluss findet darin eine Unterstützung, weil auch bei geringen Unterschieden der Gesamtfüllung die Arbeit sehr annähernd gleich zu sein pflegt. Beispiele hierfür werden im Verfolg dieser Mittheilung noch vorkommen.

Nach dieser Auseinandersetzung komme ich zur Darstellung der Ergebnisse meiner Versuchsreihen. In der ersten derselben ward vorzugsweise darüber Auskunft gesucht, ob durch eine Reizung des *n. vagus* die Summe der Herzarbeit vermindert oder nur anders auf die Zeit vertheilt sei. Niemanden wird es je zweifelhaft gewesen sein, dass während der bestehenden Erregung des *n. vagus* die Herzarbeit eine Verringerung erlitten habe; fraglich konnte es nur sein, ob unmittelbar auf den Moment, in welchem die Erregung des *n. vagus* verschwunden ist, eine Periode folge, in welcher der Arbeitsverlust wieder ausgeglichen wird der während der Vaguserregung entstanden war. Die Beobachtungen am Säugethier-Herzen sprechen nun auch scheinbar für eine solche Ausgleichung, denn in der Regel kehrt der Puls nach der langen durch den *n. vagus* bewirkten Pause in sehr kräftigen Schlägen wieder, die den tief abgesunkenen Blutdruck rasch wieder emporheben. Diese Erscheinung kann aber, wie schon *Donders* bemerkt, auch erklärt werden aus der reichlicheren Füllung des Herzens bez. der Brustvenen, welche in der langen Pause bewerkstelligt wurde. — In meinen Versuchen an Froschherzen, in welchen die Unterschiede der Füllung keine Rolle spielen können, zeigt sich nun nichts, was zu Gunsten einer späteren Ausgleichung spräche. Denn wenn die

Wirkungen des erregten *n. vagus* erloschen sind, so kehrt in weitaus den meisten Fällen der Schlag zu der Stärke und Häufigkeit zurück, welche er vor der Vagusreizung besessen hatte. Nur in einigen wenigen Fällen wurde die Quecksilbersäule nach erloschener Erregung des *n. vagus* etwas höher gehoben als dieses vor Eintritt derselben geschehen war. Doch war das Maass an Arbeit, welches hierdurch gewonnen wurde, nicht im Stande den Verlust zu decken, der während der Erregungsperiode entstanden war.

Kaum wird die Bemerkung nöthig sein, dass der Arbeitsverlust grösser wurde wenn die Reizung anhaltender und stärker gemacht worden war.

Die tabellarische Zusammenstellung einiger Versuche (siehe nächste Seite) wird die soeben hingestellten Sätze bestätigen. Zum Verständniss der Zahlen diene: In dem ersten Stabe stehen die Nummern der aufeinander folgenden Herzschläge; in dem zweiten die Zeit in Secunden in welcher der Herzschlag ablief, vom Beginn seiner Systole bis zum Beginn der Systole des nächsten Schlages; in dem dritten ist verzeichnet die Höhe in M. M., die das Quecksilber in seiner Ruhelage einnahm am Ende der Herzpause des vorhergehenden Schlages, mit andern Worten die Spannung, unter welcher sich die Herzwand befand als der Schlag begann; im vierten Stabe, unter Hubhöhe, steht der Stand des Quecksilbers in M. M., den es am Ende der Systole erreicht hatte, diese letztere Höhe ist von dem Ausgangspunkt der Bewegung an gemessen, mit andern Worten: die Zahl giebt an wie weit durch die Systole die Quecksilbersäule über den tiefsten Punkt in der vorhergehenden Herzpause gehoben wurde. Die fünfte Reihe enthält das Quadrat der vorhergehenden Zahl; sie giebt also das proportionale Maass der durch den Schlag geleisteten Arbeit. — Der Zeitpunkt der beginnenden Reizung ist durch †, der beendeten durch o bezeichnet.

Tabelle I.

No.	Schlagdauer in Sekunden	Ruhe- spannung	Hubhöhe des Schlags	Quadrat eines Hubes	Arbeit in glei- cher Zeit
4 bis 40	4.32 +	9.5	Mm. 34.2	4169	885
11	o 7.7	8.0	26.3	694	5899
12	3.3	0.0	26.3	694	19.4
13	2.0	0.3	29.9	894	= 308
14	1.6	4.7	29.3	858	
15	1.6	7.6	28.9	835	
16	1.5	8.5	30.1	906	
17	1.4	10.5	32.0	1024	
18	1.5	9.5	33.6	1128	18053
19	1.4	»	35.7	1274	19.7
20	1.3	»	36.1	1303	= 916
21	1.5	»	»	1303	
22	1.5	»	36.5	1332	
23	1.3	»	»	1332	
24	1.3	»	»	1332	
25	1.5	»	»	1332	
26	1.5	»	36.1	1303	
27	1.3	»	»	1303	
28	1.4	»	»	1303	
29	1.4	»	35.7	1274	
30	1.3	»	»	1274	
31	+ 1.5	»	35.5	1260	
32	1.7	»	31.9	1017	12460
33	1.6	5.7	30.4	924	29.7
34	o 1.8	4.7	26.6	707	= 419
35	6.6	3.8	25.6	655	
36	2.0	0.0	26.0	676	
37	1.5	?	?	?	
38	1.5	6.6	24.8	475	
39	1.5	8.5	22.8	519	
40	1.5	9.1	24.7	610	
41	1.5	9.3	27.2	739	
42	1.5	9.5	28.5	812	
43	1.3	»	30.4	924	
44	1.5	»	32.3	1043	
45	1.5	»	33.1	1095	
46	1.4	»	33.5	1122	
47	1.3	»	33.8	1142	
48	1.5	»	34.2	1169	4704
49	1.4	»	»	1169	5.8
50	1.4	»	34.4	1183	= 811
51	1.5	»	»	1183	

Die Betrachtung der Zahlen in der vorstehenden Zusammenstellung, durch welche die Arbeit des Herzens ausgedrückt wird (Stab 5 u. 6), lässt erkennen, dass während und unmittelbar nach der Reizung des *n. vagus* sowohl die in der Zeiteinheit als auch die vom einzelnen Schlage geleistete Arbeit bedeutend herabgesetzt ist. Auf die Periode, in welcher die Arbeit geringer als vor der Reizung war, folgt eine andere, in welcher sie grösser werden kann als sie vor der Reizung gewesen. Dieses findet sich in der vorstehenden Tabelle während der Zeit, in welcher die Schläge 18 bis 34 ausgeführt wurden. In diesem Zeitabschnitt steigt die von dem einzelnen Schlage ausgegebene Arbeit zunächst an und sinkt alsdann mit der wachsenden Schlagzahl wieder auf den Werth herab, welcher vor der Reizung vorhanden gewesen, dafür aber verlängern sich die Pausen, welche zwischen je 2 Schlägen auftreten. Dieser Combination kräftiger aber seltner Herzschläge ist es zuzuschreiben, dass auch in diesem Zeitraum die Herzarbeit in der Zeiteinheit nur um wenige Procente grösser wird als sie vor der Reizung gewesen ist, namentlich aber dass der Ueberschuss, der hier zu Tage tritt, durchaus nicht genügt um den Ausfall zu decken, welcher während und unmittelbar nach der Reizung entstanden war.

Die Erscheinungen, welche nach der zweiten beim Schlag 31 eintreffenden Reizung eintreten, zeigen wiederum einen um mehr als die Hälfte verminderten Werth der mittleren Arbeit, aber sie lassen das Ansteigen der Letzteren vermissen nachdem die Periode der Nachwirkung erloschen ist.

Mit diesem ausführlich dargelegten Befund stimmen nun zahlreiche Beobachtungen überein, die ich an verschiedenen Herzen im Verlauf von drei Sommermonaten ausgeführt habe. Zuweilen findet sich, nachdem die herabsetzende Wirkung der Vagusreizung erloschen, eine kurze Periode mit kräftigeren Herzschlägen. Häufiger noch fehlt diese Erscheinung, aber auch da wo sie auftrat genügte der Ueberschuss, den das Herz an Arbeit gab, niemals auch nur annähernd um den Verlust während der vorausgegangenen Erregungsperiode zu decken.

Obwohl die Erscheinung, dass sich zu einer gewissen Zeit nach beendigter Vagusreizung die Arbeit des einzelnen Schlages über das Maass erhöht, welches vor der Reizung bestanden hat, ernstlicher Weise wohl nicht dazu benutzt werden kann, um die Annahme zu stützen, dass die geringere Summe von Reizen,

welche während der Vaguserregung ausgegeben werden, sich ausgleiche durch das grössere Maass der später ausgegebenen, so verdient die genannte Thatsache doch die volle Beachtung. Irre ich nicht, so reiht sich dieselbe an die Beobachtungen an, welche Czermak und v. Piotrowsky¹⁾ am ausgeschnittenen Herzen vom Kaninchen gewonnen haben. An einer sehr umfangreichen Versuchsreihe gelangten sie zu Mittelwerthen, welche deutlich darauf hinweisen dass die Zahl der Schläge, welche das ausgeschnittene Herz des Thieres bis zum vollen Absterben ausführte, am grössten war, wenn die *n. vagi* unmittelbar vor dem Tod des Thiers gereizt waren, kleiner, wenn die genannten Nerven des Thieres nicht gereizt gewesen, und am kleinsten, wenn die *n. vagi* schon vor dem Tode des Thieres durchschnitten waren. Die Aehnlichkeit dessen, was ich am Froschherzen beobachtet habe mit den eben wiedergegebenen Thatsachen scheint mir einleuchtend und die Erklärung für dieselben glaube ich suchen zu müssen in der Erholung, welche die Nerven und Muskeln des Herzens während der absoluten und relativen Ruhe gewonnen haben, die durch den erregten *n. vagus* eingeleitet wurde. Jedenfalls genügt diese Annahme, um es begreiflich zu machen dass das Herz auch ohne eine Aenderung in den Reizen während einer kurzen Zeit nach dem Ablauf der Vaguserregung stärkere Schläge auszuführen vermochte.

Dieser Versuch, die Thatsachen zu deuten, reicht jedoch nicht vollständig aus, um den ganzen Kreis der secundären Vaguswirkung zu erklären. In dem Tab. I vorgelegten Vorgang werden die einzelnen Schläge nicht allein kräftiger, sondern sie folgen einander auch seltner, und was hier vorkommt, findet sich auch öfter in andern ähnlichen Fällen. Der Einfluss, der sich schon hierdurch auf die Auslösung der Reize darstellt, wird aber unter bestimmten Umständen noch viel augenfälliger. — Es giebt, wie bekannt, Zustände des Herzens, in welchen nicht alle Schläge von gleicher Dauer oder gleicher Kraft sind, namentlich aber kommt es öfter vor, dass diese Unregelmässigkeiten periodisch wiederkehren, so z. B. dass abwechselnd ein kurzer und schwacher Schlag und ein längerer und kräftigerer auftritt. Wenn an einem Herzen, das diese Art des Schlagens innehält, durch eine Reizung des *n. vagus* eine längere Pause

1) Wiener Sitzungsberichte 25. Bd. S. 434.

eingeleitet wird, so kehren, wie ich drei Mal gesehn, die Schläge nach der Pause als durchaus regelmässige zurück, dieses jedoch nur für kurze Zeit; denn schon nach wenigen Schlägen, welche einander gleich waren, stellt sich das Alterniren von einem kleinen und einem grossen wieder ein. Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass die Nachwirkung der Vaguserregung sich auch in dem Vorgang auspräge, welcher bei der Entstehung der Herzreizung betheiligt ist. Hierbei bleibt es jedoch unentschieden, ob die Ruhe für sich allein wirksam war oder ob man dem *n. vagus* einen unmittelbareren Antheil zuzuschreiben hat.

Die Zahlen 11 bis 17 und 32 bis 47 in der Tabelle p. 370 zeigen aber noch eine andere, soweit mir bekannt bisher nicht beachtete Erscheinung. Diese besteht wie man sieht darin, dass das Herz während der vorhandenen Vaguserregung nicht blos seltener sondern auch schwächer schlägt.

Aehnliches wie in dem vorliegenden Beispiel findet sich nun allerdings nicht immer, aber doch sehr häufig. Um nach dieser Richtung hin einen Ueberblick über das Ergebniss meiner Beobachtungen zu gewinnen, leite ich die nachstehenden Wirkungsformen aus ihnen ab:

a. In Folge der Reizung verlängert sich die Pause; während derselben sinkt der Quecksilberstand tiefer als er in der vorhergehenden kürzeren Diastole herabgestiegen war; kehrt der Schlag wieder, so erhebt sich das Quecksilber zu Ende der Systole genau auf den Stand, den es vor der Reizung erreicht hatte, und es folgen nun mit dem Unterschiede, dass noch einige Pausen länger als vorher sind, Schläge von genau derselben Art wie sie vor der Reizung waren. Eine Anschauung von diesem Vorkommen gewährt die in Holzschn. 2 gegebene Abbildung, welche wie die frühere von der durch das Herz selbst gelieferten Curve abgepausst ist. In diesen unter meinen Beobachtungen seltenern Fällen lässt sich also mindestens während der Erregung des *n. vagus* keine Verminderung der Reize nachweisen, welche den Herzschlag auslösen. Eher wäre an das Gegentheil zu denken; doch lässt sich auch hierüber keine Gewissheit erhalten.

b. Eine zweite viel häufigere Erscheinung bietet sich ähnlich dem in Fig. 3 vorgelegten Falle. Mit dem Eintritt der ersten längern Pause sinkt die Spannung des ruhenden Herzens ab und es erhebt sich der nächste Schlag nicht mehr so hoch wie der vorhergehende, wobei die Excursion gleich gross bleiben oder auch kleiner ausfallen kann. Wird dann in Folge der dauernden Reizung die Pause noch länger, so sinkt das Quecksilber dem Nullpunkt bis zum Erreichen desselben näher, und wenn jetzt ein Schlag erscheint, so ist sein Hub ein sehr viel schwächerer. Werden von da ab die Schläge wieder häufiger, so hebt sich sowohl die Excursion als auch der Druck in der Herzruhe und es nähert sich mit jedem folgenden Schlage die Excursion und der ruhende Druck den vor der Reizung vorhandenen, bis beide erreicht sind oder vorübergehend um ein Kleines überschritten werden.

Fig. 2.

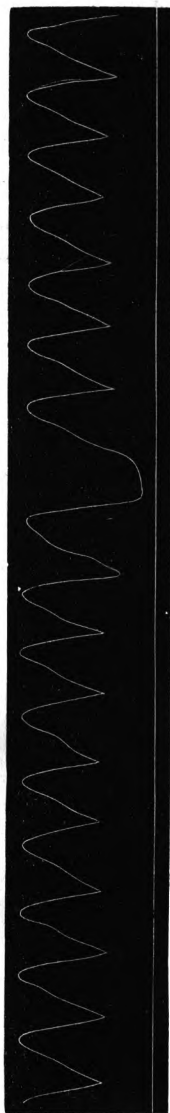
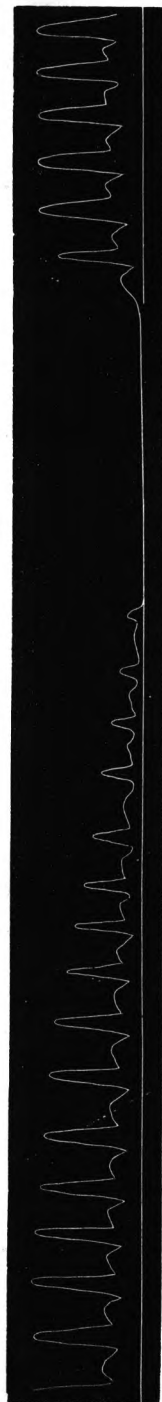


Fig. 3.

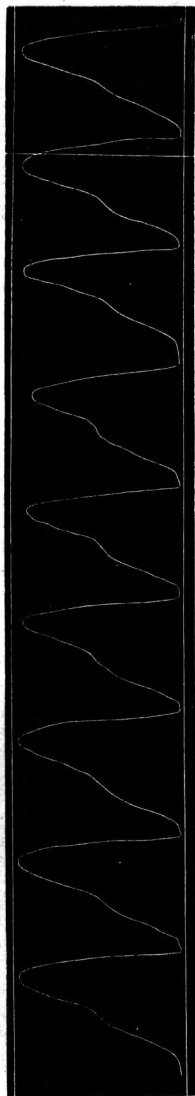


c. Nicht selten ereignet es sich auch, dass die erste Wirkung, welche die Vagusreizung hervorbringt, in einer Erniedrigung der Excursion besteht. Beispiele geben Fig. 4 u. 5. Bei dem verticalen Strich fiel die Reizung, eine schwache Tetanisierung, ein. Die untere Horizontallinie giebt die Gleichgewichtslage des Quecksilbers. Der obere horizontale Strich ist gezogen um die Höhen des Quecksilberstandes während der Systole besser vergleichen zu können. In solchen Fällen erhebt sich während der ersten Systole nach wirksam gewordener Vagus-erregung das Quecksilber weniger als es vorher geschah, trotzdem dass die vorhergehende Pause nicht länger und der Stand des Quecksilbers in der Herzruhe nicht niedriger war. In Folge dieses niedrigern Schlags und seiner meist längeren Pause wird nun der Stand der Ruhespannung am Ende der Diastole ein geringerer und dann der darauffolgende Schlag noch weniger kräftig. So wie das Absinken bei steigender, so erfolgt auch wieder das Anwachsen bei verschwindender Erregung des *n. vagus*, und hier kommt es ebenfalls öfter vor, dass die Ruhespannung nicht abweicht von der vor aller Erregung vorhanden gewesen, während doch die Hubhöhe der Systole eine geringere als vorher ist.

Fig. 4.



Fig. 5.



d. In andern aber seltenern Fällen kommt es endlich auch vor, dass bei fortgesetzter Vagusreizung die Pausen überhaupt nicht länger werden, während die Excursionen und der Druck des ruhenden Herzens niedriger werden. Beispiele geben hierfür Fig. 6 u. 7.

Zahlenbelege für das wesentlichste der eben gegebenen Mittheilungen sind in den Tabellen II und III, IV und V enthalten.

Fig. 6.

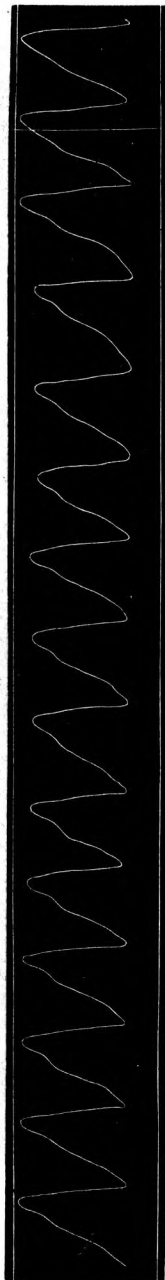


Fig. 7.

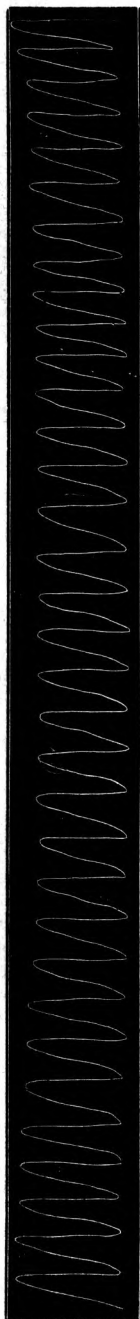


Tabelle II.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck der Herzruhe	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	—	—	—	—
2	1.6	4.7	23.0	529
3	1.4	4.5	22.8	519
4	1.5	4.7	»	519
5	1.3	4.7	22.7	515
6	1.4	4.5	22.5	506
7	† 1.4	4.7	22.3	497
8	1.7	4.7	21.3	453
9	○ 12.0	2.8	17.3	299
10	2.0	0.0	4.9	24
11	1.8	1.6	5.7	32
12	1.5	1.9	6.5	42
13	1.7	2.3	8.5	72
14	1.9	3.0	10.5	110
15	1.8	3.2	12.8	163
16	1.7	3.4	15.2	231
17	1.6	3.4	17.1	292
18	1.6	3.6	19.4	376
19	1.6	3.8	21.0	441
20	1.6	3.8	22.0	484
21	1.7	4.0	23.0	529
22	1.7	4.2	23.0	529
23	1.7	4.6	23.0	529
24	1.7	4.6	23.0	529
25	1.7	4.8	22.7	515
26	1.5	4.8	22.8	519
27	1.6	5.1	22.0	484
28	† 1.6	5.1	21.4	457
29	○ 9.4	5.1	19.0	361
30	1.8	0.0	4.2	17
31	1.7	1.2	5.7	32
32	1.6	1.9	7.6	57
33	1.7	2.5	9.5	90
34	1.8	2.5	12.4	153
35	1.8	2.3	15.2	231
36	1.8	2.3	17.1	292
37	1.8	2.7	19.0	361
38	1.5	2.8	20.0	400
39	1.6	2.8	21.0	441
40	1.8	3.0	21.0	441
41	1.7	3.2	21.2	449
42	1.6	3.8	21.0	441
43	1.7	4.0	21.0	441
44	1.7	4.0	21.0	441
45	1.5	4.0	21.0	441

Tabelle III.

No.	Schlagdauer in Secunden	Spannung des ruhenden Herzens	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
1	2.4	4.9	35.8	1284
2	4.6	2.3	36.0	1296
3	4.3	9.9	28.5	812
4	4.5	9.4	25.3	640
5	4.3	8.7	26.6	707
6	4.2	8.5	26.6	707
7	4.3	8.7	26.6	707
8	4.6	8.2	26.6	707
9	4.3	8.5	26.4	696
10	4.2	8.4	26.0	676
11	4.4 †	8.5	25.4	645
12	11.7 °	8.0	22.4	504
13	2.0	4.6	8.2	67
14	4.4	4.8	22.8	519
15	4.6	7.6	20.6	424
16	4.5	8.0	22.4	504
17	4.5	8.2	24.7	610
18	4.6	9.3	26.3	694
19	4.5	9.4	27.0	729
20	4.5	9.0	28.2	795
21	4.6	8.8	28.5	812
22	4.5	9.0	28.5	812
23	4.5	9.4	28.5	812
24	4.5	9.5	28.7	823
25	4.5	9.5	28.2	795
26	4.5 †	9.5	28.5	812
27	12.4 °	9.5	24.2	585
28	4.8	4.4	17.3	299
29	4.6	6.7	19.0	364
30	4.5	7.6	22.3	497
31	4.5	8.0	24.7	610
32	4.6	8.6	26.6	707
33	4.5	8.6	28.5	812
34	4.6	9.5	29.5	870
35	4.5	?	?	?
36	4.6	8.6	31.6	998
37	4.6	8.8	32.0	1024
38	4.5	9.0	32.8	1043
39	4.7	9.5	32.8	1075
40	4.4	9.5	32.3	1043

Tabelle IV.

No.	Schlagzeit in Secunden	Druck in der Pause.	Hubhöhe	Quadrat des Hubes
A. 1	1.5	11.4	22.5	506
2	1.4	»	22.5	506
3	1.4	»	22.5	506
4	1.5	12.0	22.8	519
5	1.5	12.0	22.8	519
6	1.4	12.0	22.8	519
7	1.5	11.4	22.8	519
8	1.5 †	9.5	22.8	519
9	1.6	11.4	23.8	566
10	1.7	9.5	19.4	376
11	1.5	9.9	16.2	262
12	1.5	9.9	16.1	259
13	1.7	10.1	16.1	259
14	1.6	9.5	16.7	278
15	1.5 o	9.5	17.1	292
16	1.7	9.9	17.1	292
17	1.6	10.3	17.5	306
18	1.6	11.1	17.5	306
19	1.4	11.3	19.4	376
20	1.6	11.4	20.0	400
21	1.6	11.4	21.2	449
22	1.4	11.4	21.6	466
23	1.4	11.6	22.2	492
24	1.7	11.4	22.6	510
25	1.5	11.4	22.6	510
26	1.4	11.4	»	510
27	1.5	11.4	»	510
28	1.4	11.4	22.8	519
29	1.6	11.4	»	519
30	1.4	11.4	»	519
B. 1	1.7	7.6	29.6	874
2	1.9	»	29.6	874
3	1.8	»	29.6	874
4	1.9	»	29.4	864
5	1.8	»	29.4	864
6	1.8 †	»	29.4	864
7	2.4	»	28.1	789
8	2.2	6.1	23.2	538
9	2.0	6.6	23.6	556
10	2.4 o	7.0	25.1	630
11	2.3	9.0	25.9	670
12	2.3	9.2	27.8	772
13	2.1	9.3	29.6	874
14	2.2	7.6	30.2	912
15	2.2	7.6	30.8	948
16	2.0	7.6	31.4	985
17	2.0	7.6	30.4	924
18	1.8	7.8	30.4	924
19	1.8	8.2	30.4	924
20	1.7	8.6	29.6	874

Tabelle V.

No.	Schlagdauer in Secunden	Druck in der Herzpause	Hubhöhe
1	1.0	5.7	27.0
2	1.3	»	»
3	1.3	»	»
4	1.4	»	»
5	1.1	»	»
6	1.1	6.1	»
7	1.1 †	5.7	28.3
8	1.1	6.1	25.7
9	1.1	5.7	29.3
10	1.3	5.3	24.1
11	1.2	5.1	24.1
12	1.5	5.1	24.1
13	1.3	4.9	23.7
14	1.3	4.9	24.7
15	1.0	4.7	23.3
16	1.3	4.4	23.5
17	1.4	4.6	23.5
18	1.6	4.7	23.3
19	1.4	4.6	23.3
20	1.3	4.7	23.1
21	1.9	4.6	»
22	1.3	4.7	»
23	1.3	4.6	»
24	1.3	3.8	»
25	1.4	4.2	23.0
26	1.1	4.6	»
27	1.4 °	4.2	»
28	1.4	4.2	»
29	1.3	4.0	»
30	1.3	4.4	23.3
31	1.3	5.2	23.7
32	1.3	»	25.0
33	1.3	»	26.0
34	1.3	»	»
35	1.4	»	»
36	1.1	»	26.8
37	1.1	»	27.2
38	1.4	»	27.2
39	1.3	»	27.2
40	1.2	»	27.8
41	1.4	»	27.8
42	1.3	»	27.8
43	1.3	»	27.8
44	1.4	»	28.1

Zu den beiden Zahlenbeispielen II u. III ist Folgendes zu bemerken. Sie sind demselben Herzen entnommen. Beide unterscheiden sich dadurch von einander, dass die ursprüngliche Füllung eine verschiedene war; aus dem in den Pausen vorhandenen Druck ist zu erkennen, dass die Füllung in II geringer war als in dem später entnommenen III. Dieser Unterschied drückt sich denn auch in den Excursionen aus, welche in II kleiner als in III sind. — In beiden Reihen ist zu beachten (siehe II 7 u. 8, 28 u. 29 und in III 11 u. 27), dass als die erste Folge der eingeleiteten Reizung, also noch vor der Verlängerung der Pause und dem Herabgehen des Drucks in der Herzruhe die Excursionen kleiner werden. — Ausserdem findet sich durchweg, wenn auch in ungleichem Maasse, das allmähliche Ansteigen der Excursion und des Drucks der Herzruhe nach der langen Pause, siehe II von 10 bis 20 und ferner vom 30. zu dem 45. Schlag und in III vom 13. zum 17. und vom 26. zum 31. Schlag. — In III kommt auch ohne Zuthun einer electricischen Vagusreizung 1. u. 2. die Erscheinung vor, dass nach längerer Pause mit tiefem Sinken der Spannung in der Herzruhe ein Schlag mit grösserer Excursion als später erscheint, wo die Pause kürzer und der Druck während der Herzruhe höher geworden war.

Die Tabelle IV namentlich aber V enthält genauere Angaben über die Erscheinung, welche oben unter *d* aufgeführt und durch die Holzschnitte 6 u. 7 versinnlicht ist; siehe von Schlag 7 bis zu 36.

Die vorstehenden Mittheilungen dürften keinen Zweifel darüber lassen, dass der erregte *n. vagus* die Arbeit des Herzens nicht bloss dadurch herabsetzt, dass er die Schläge seltener erscheinen lässt, sondern auch dadurch, dass er die Stärke des einzelnen Schlages vermindert. Aus der besonderen Art, unter der dieses Auftreten stattfindet, geht auch mit Sicherheit hervor, dass die Ursache für die Minderung der Herzarbeit in einer Herabsetzung der inneren Herzreize zu suchen sei. Denn welchen andern Erklärungsgrund für den Unterschied in der Arbeit

zweier Schläge könnte man vorführen, wenn beide bei gleicher Reizbarkeit des Herzens von gleicher Füllung und gleichem Härtegrad des Herzens ausgegangen sind.

Obwohl nun allerdings die letzteren Fälle die einzigen sind, aus denen mit Sicherheit auf eine Abstumpfung der inneren Herzreize durch den *n. vagus* geschlossen werden kann, so begründen zahlreiche andere mindestens eine grosse Wahrscheinlichkeit für das genannte Verhalten unseres Nerven. Hierher gehören Fälle wie diejenigen, von denen in Tabelle V und Fig. 7 ein Beispiel vorgelegt ist, denn in diesen kann das Sinken der Spannung des ruhenden Herzens, welches während der dauernden Vagusreizung eintritt, nur geschoben werden auf die schwächeren Excursionen die die Herzschläge ausführten, keineswegs aber würde ohne Weiteres der umgekehrte Zusammenhang zu statuiren sein. Nicht minder wahrscheinlich ist es auch, dass die in Tabelle II und III bez. in Fig. 3 vorgeführten Typen, in welchen nach einer längeren Pause die Schläge mit geringerer Kraft beginnen, von schwächeren Reizen angeregt waren. Wollte man die niedrigen Excursionen, die nach der längeren Pause auftreten, aus einer verminderten Spannung des Herzens in der Ruhe ableiten, so würde das auffallende Vorkommen unerklärt bleiben, welches sich bei einer Vergleichung gewisser Zahlen in Tabelle II und III herausstellt. Die Zahlen beider Tabellen sind von demselben Herzen geliefert worden, und die Vorrichtungen der Versuche unterschieden sich in beiden Beobachtungsreihen nur dadurch, dass in II die ursprüngliche Füllung geringer war als in III; in Folge hiervon war die Excursion des normal schlagenden Herzens in III um einige Millimeter höher als in II; als aber in III der *n. vagus* gereizt und hierdurch eine längere Pause erzielt wurde, sank auch in III die Spannung der Ruhe auf Werthe herab, wie sie in II vorkamen. Man hätte jetzt erwarten sollen, dass auch die Excursionen auf die normalen von II herabgegangen wären, vorausgesetzt, dass der innere Herzreiz nicht herabgesetzt worden wäre. Aus einer Betrachtung der Schläge 15, 16, 29 und 30 ergibt sich nun aber, dass jetzt die Excursionen noch kleiner als die normalen von II sind, trotzdem dass die Spannung in der Ruhe eine grössere war, als sie jemals in II vorkommt. Daraus scheint denn doch hervorzugehen, dass die Ursache der verminderten Excursionen in einem geringeren Reize, nicht aber in der ver-

minderten Spannung zu suchen sei. — Der Grund des verminderten Reizes kann beim Froschherzen, dessen Kammer keine Blutgefäße besitzt, auch nicht abgeleitet werden aus einer Störung der Ernährung, so dass nach alledem nichts übrig bleibt, als eine unmittelbare Wirkung des *n. vagus*. Da nun auch die Verlängerung der Pausen die Reizung des *n. vagus* überdauert, so verstösst es nicht gegen die Analogie anzunehmen, dass auch die Wirkung, welche der *n. vagus* auf die Schlagkraft des Herzens besitzt, allmählig verschwinde; hierfür treten denn auch ohne Weiteres die Fig. 6 u. 7 ein.

Schon oben wurde erwähnt, dass die Wirkung, welche der *n. vagus* auf die Kraft der Zusammenziehung übt, nicht jedesmal in die Erscheinung trete. Die nächste Aufgabe jedes weiteren Versuches würde demnach darin bestehen, zu ermitteln, unter welchen Umständen sie auftritt oder fehlt. Obwohl ich dieser Frage nachgegangen bin, so habe ich doch zu keiner Lösung derselben gelangen können, denn man wird es nicht für eine solche halten, wenn ich hervorhebe, dass die Individualität des Herzens hierbei eine wesentliche Rolle spielt; soviel steht nämlich fest, dass die den Reiz vermindernde Wirkung des *n. vagus* bei dem einen Herzen häufiger und stärker als bei dem andern auftritt. — Aus meinen Beobachtungen scheint ausserdem hervorzugehen, dass tetanische Reizungen sie leichter erzeugen, als ein einzelner Inductionsschlag, doch fehlt sie auch nach diesem nicht. Oefter ist es auch vorgekommen, dass in Folge der ersten Reizungen keine Verminderung der Excursionen, sondern nur eine Verlängerung der Pausen eintrat, während sie bei den späteren Erregungen desselben Nerven zum Vorschein kam. Hiernach könnte unsere Erscheinung mit der Ermüdung sei es des Nerven oder der reizenden Werkzeuge des Herzens in Verbindung gebracht werden.

Ein Herz, das von einer Vaguspause befallen ist, kann bekanntlich zu einem vollkommen normal ablaufenden Schläge geweckt werden, wenn ein beschränkter Theil seiner Oberfläche auch nur berührt wird; diese totale, vom Vorhof zur Kammer fortschreitende Bewegung, welche von einem engumgrenzten Reize ausgelöst war, hat man, so lange sie bekannt ist, als eine reflectorisch bedingte angesehen. — Unter dieser Voraussetzung würde es bemerkenswerth sein, wenn die Vagus-

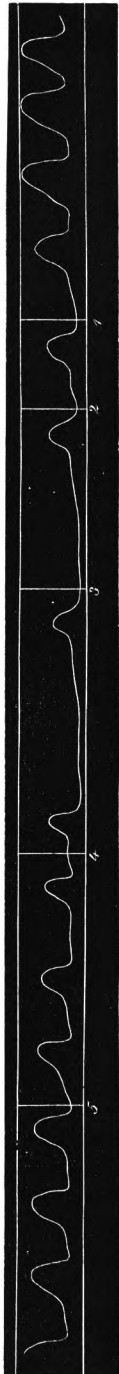
reizung gar keinen Einfluss auf die Art ihres Erscheinens übte. Ich war gerade im Begriff mir hierüber Aufschluss zu verschaffen, als mich unvorhergesehene Umstände nach Hause riefen; aus diesem Grunde kann ich nur die Beobachtungen vorlegen, welche an einem Herzen gewonnen sind; die Absicht, die ich hiermit verbinde, kann nur die sein, den Gegenstand weiterer Aufmerksamkeit zu empfehlen.

Der Versuchsplan bestand darin, das Herz bei bestehender oder abwesender Vagusreizung in einer beschränkten Stelle mit sehr annähernd gleichen Reizen zu treffen und die Arbeit der beiden unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Schläge zu vergleichen. Ich verkenne die grossen Schwierigkeiten nicht, welche sich der Ausführung meines Vorhabens entgegenstellen, und ich weiss dass die Anordnung meines Versuchs nicht fehlerfrei ist, dennoch scheint mir das gewonnene Resultat wegen seiner Deutlichkeit der Mittheilung werth. — Als Reizmittel benutzte ich einen Inductionsschlag, der dem durch das Serum weit ausgedehnten Ventrikel aus nahe zusammenstehenden Electroden zugeführt wurde. Der Schlag traf das Herz einerseits in verschiedenen Perioden der Vagusreizung (beginnender, voll ausgebildeter und verschwindender) und anderseits auch das nicht vom *n. vagus* angeregte Herz; hierbei fand sich nun, dass allerdings die Erregung des *n. vagus* von einem Einfluss auf die Grösse der Excursion, beziehungsweise auf das Maximum der vom Herzen erreichbaren Zusammenziehung war. Die Grösse derselben war nämlich so beschaffen, wie man sie unter den gegebenen Umständen auch ohne Hinzutreten eines äussern Reizes hätte erwarten sollen; bei wachsender Vaguserregung, die sich durch die lange Pause ausdrückte, erzielte die Erregung einen niedrigen Hub, bei wieder verschwindender dagegen einen beträchtlicheren; war durch eine sehr starke Vaguserregung eine sehr anhaltende Pause hervorgerufen, und wurde in derselben mehrmals hintereinander und zwar in secundenlangen Abständen das Herz gereizt, so waren alle Schläge gleich hoch, dabei aber so niedrig, wie sie beim Wiederbeginn nach einer langen Pause zu sein pflegen, mit einem Worte, die Reihe der Herzschläge machte rücksichtlich ihrer Grösse den Eindruck, als ob diese letztere vielmehr von dem Zustande abhängig sei, in welchem sie durch den *n. vagus* versetzt worden, als von dem Reize, der sie getroffen hatte.

Fig. 8.



Fig. 9.



Die Figuren 8 u. 9, welche, durch den Storchschnabel verkleinert, zwei Curvenstücke des Versuchs wiedergeben, sollen den Inhalt der eben gegebenen Mittheilung versinnlichen. — In beiden Fällen fand eine tetanische Reizung des *n. vagus* statt, in Fig. 8 eine kürzere, in Fig. 9 eine längere. Während der Zeit, in welcher die Curven aufgeschrieben wurden, ward die äussere Herzfläche wiederholt gereizt; die Zeitpunkte, an denen dieses geschah, sind durch je einen senkrechten Strich bezeichnet; die horizontalen Striche haben die schon früher erklärte Bedeutung.

In Fig. 8 beginnt die Vagusreizung mit dem Anfang der Curve; sie endet in einer nicht genau bekannten Zeit etwa in der Mitte derselben. — Die Reizung der Herzfläche ruft jedesmal eine Zusammenziehung des Herzens hervor; der maximale Hub, zu welchem das Quecksilber gebracht wird, ist in der Höhe der Vagusreizung am geringsten; von da ab nimmt er nach beiden Seiten zu. — Als die Vaguserregung verschwunden brachte der Reiz (4) eine das gewöhnliche Maass der Zusammenziehung noch übersteigende Zuckung hervor.

In Fig. 9 beginnt die Vagusreizung kurz nach dem Anfang der Curve; sie schliesst etwas

über der Mitte derselben, in Folge der langen Reizung verbleibt eine sehr andauernde Nachwirkung. — Diese Curve giebt in Folge der Reizung der äusseren Herzfläche dasselbe Bild wie die frühere; sie verdient insofern besondere Beachtung, als sie nachweist, dass nicht bloss der maximale Hub sondern auch die Excursion der Zuckung niedriger war, die während der Vaguserregung durch einen äusseren Reiz veranlasst wird, selbst wenn sie von der nämlichen Ruhespannung ausgeht wie die normalen vor der Vaguserregung (Reiz 4).

Sind die Zuckungen reflectorisch, und setzt der *n. vagus* die Fähigkeit des Herzens innere Reize zu entwickeln herab, so ist die vorliegende Erscheinungsreihe eine selbstverständliche.

Aus mehrfachen Gründen schien mir auch die Bestimmung der Zeit wünschenswerth, welche zwischen dem Eintreffen des electrischen Reizes und dem Erscheinen des Schlages verstrich, um dieses Intervall mit Genauigkeit bestimmen zu können benutzte ich als Zeitmaass die Schwingungen einer Stimmgabel von R. König, welche 28 ganze Vibrationen in der Secunde ausführte. Aus der Zusammenstellung der 40 Reizungen, die ich an dem Herzen ausführte, liess sich eine gewisse Regelmässigkeit nicht verkennen; es zeigte sich nämlich, dass 30 Mal, also in 75% aller Fälle, der Zeitraum der latenten Reizung zwischen 0.2 und 0.3 Secunde fiel, und dass keinmal der Schlag früher als 0.14 und keinmal später als 0.47 Secunde erschien. Dieses Verhalten unterstützt die Annahme, dass die unter den vorliegenden Umständen auftretenden Herzbewegungen reflectorisch ausgelöste seien. Nur hierdurch dürfte der selbst in seinen minimalen Werthen lange Zeitraum verständlich sein, welcher zwischen Zuckung und Reizung verfliesst, und durch die Annahme eines Reflexes dürften die bedeutenden Abweichungen erklärbar sein, welche die Zeiträume bei verschiedenen Reizen darbieten. Das Auftreten spontaner Reize, die sich mit den äusseren kreuzen können, sind bei Erklärungsversuchen zwar ebenfalls im Auge zu behalten, aber mit Hilfe derselben lässt sich, wie mir scheint, doch nur die Abkürzung nicht aber die Verlängerung der latenten Reizungszeit erklären. — Ausdrücklich muss ich noch hinzufügen, dass meine wenigen Beobachtungen keine Veranlassung zu der Annahme geben, der *n. vagus* verhalte sich ähnlich zu den Zeiten der latenten Reizung, wie wir dieses seit Türk und Setschenow von gewissen

Hirnthellen für die vom Rückenmark ausgelösten Reflexe wissen. Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, dass nicht sorgfältiger durchgebildete Versuche eine Analogie zwischen den Reflexen am Rückenmark und am Herzen herstellen könnten.

Da die Anordnung aller meiner Versuche Zeitbestimmungen mit sich brachte, so liessen sich ungesucht auch Erfahrungen über die latente Reizung des *n. vagus* sammeln. Zur Feststellung dieses Zeitwerthes habe ich ausserdem eine besondere Versuchsreihe ausgeführt.

Da die Wirkung des *n. vagus* nur erkannt werden kann aus der Veränderung, welche sie an dem Herzschlag hervorbringt, so wird es nur dann möglich sein über ihre Dauer eine genauere Aussage zu machen, wenn es gelingt, den Versuch der Art einzurichten, dass der erste Schlag, welcher nach der Reizung folgt, entweder schon hinausgeschoben oder an Stärke vermindert ist. Geschieht dieses nicht, verläuft der Schlag während dessen die Reizung stattfand normal zu Ende und erhebt sich der folgende zu der Höhe, welche vor der Reizung bestand, so wird die Bestimmung um nahezu den Zeitwerth eines ganzen Herzschlags unsicher; denn wenn, was nun der günstigste Fall, der auf die Reizung folgende Schlag eine längere Pause nach sich zieht, so ist es ganz willkürlich anzunehmen, dass die Reizung des *n. vagus* erst dann in Wirksamkeit getreten sei, nachdem die Pause diejenige Zeitdauer erreicht hat, welche ihr voraussichtlich zukommen würde, wenn überhaupt keine Erregung des *n. vagus* stattgefunden hätte. In der That giebt es kein Mittel, wodurch wir feststellen könnten, ob nicht der Vagusreiz schon in Wirksamkeit getreten ist unmittelbar nachdem der innere Herzreiz ausgelöst worden. Denn die Erscheinung, dass die Pause des betreffenden Schlags verlängert ist, beweist uns überhaupt nur, dass er in einer Zeit, welche kleiner als der zeitliche Ablauf eines normalen Herzschlages ist, eingetreten sei. Ausgehend von dieser Betrachtung, welche schon *Donders* seinen Bestimmungen zu Grunde gelegt hat, schien mir das Herz des Frosches vorzugsweise geeignet, um die Frage nach der Dauer der latenten Vagusreizung ins Klare zu bringen, und zwar darum, weil bei der gewöhnlichen Temperatur die Zeit, welche ein ganzer Herzschlag ausfüllt, 1.3 bis

1.6 Secunde zu dauern pflegt. Diese Periode würde nach den Erfahrungen von *Donders*, *Prahl* und *Czermak* hinreichend lang sein, um die Wirkung des *n. vagus* zur Entfaltung zu bringen, bevor der nächste auf ihren Eintritt noch unmittelbar nachfolgende Herzschlag ausgelöst ist.

Die Versuche, welche ich vorzugsweise zur Feststellung der latenten Reizung unternahm, habe ich ganz auf dieselbe Weise wie es *Donders* gethan in das Werk gesetzt. Als Reiz benutzte ich den Oeffnungs- oder den Schliessungsschlag eines grossen Inductors von *Siemens* und *Halske*. Dieser Apparat ward durch mehrere (2—3) Grovische Elemente gespeist; um die Stärke des Entladungsschlages abzustufen zu können, schaltete ich zu der primären Spirale eine Nebenschliessung ein und setzte in den Zweig, der durch die primäre Spirale des Inductors ging, eine Tangenten-Boussole. Allzu heftig darf man die Inductionsschläge nicht nehmen, weil sonst ein Uebertreten derselben auf das Herz nicht zu vermeiden ist, wie dieses ein stromprüfender auf das Herz gelegter Froschschenkel nachweist. Zur Markirung der Zeit diente die schon erwähnte Stimmgabel.

Bei der Anwendung dieser Einrichtung ist es mir nun auch sehr häufig gelungen, die Wirkung des Vagusreizes schon an dem nächsten auf ihn folgenden Schlage sichtbar zu machen, entweder dadurch, dass der nächstfolgende Schlag später auf den vorhergehenden erschien, als dieses ohne Vagusreizung an dem gebrauchten Herzen vorher und nachher geschah, oder auch dadurch, dass der nächste Schlag eine geringere Excursion als die vorhergehenden und nachfolgenden darbot. Als kürzesten Grenzfall der von mir beobachteten Zeiten stellte sich nun der folgende heraus: Die mittlere Schlagdauer betrug in der gewonnenen Curve 1.47 Secunde (von Beginn einer Systole bis zum Beginn der nächsten gerechnet). Auf einen solcher Schläge traf die Reizung ein, nachdem 1.33 Secunde seit seinem Beginn verflossen war, nachdem also in runder Zahl 0.9 Theile der ganzen Schlagzeit abgelaufen; in Folge dieses Reizes verlängerte sich der Schlag auf 1.53 Secunde und der darauffolgende erhob sich um 1.5 Millimeter weniger hoch als die vorhergehenden und folgenden. Aus dieser Beobachtung wird also zu schliessen sein, dass die Zeit der latenten Reizung nicht länger als 0.14 Secunde betragen habe, eine Zeit die sehr nahe mit der von *Donders* am Kaninchen zu 0.16 Secunde gefundenen überein-

stimmt. An diesen glücklichsten Fall reihen sich andere an, welche nahezu denselben Werth angeben.

Damit scheint mir nun allerdings der Beweis geliefert, dass es Umstände giebt, unter welchen sich in einer Zeit, die nicht länger als 0.14 Secunde dauert, der Reiz des *n. vagus* wirksam zeigen könne, aber es ist damit noch nicht erwiesen, dass der Reiz jedesmal in dieser Zeit seine Wirksamkeit entfaltet habe. Meine Versuchsreihen weisen nämlich auch andere zahlreiche Beispiele auf, wo der Reiz viel früher als die angegebene Zeit vor dem nächsten Schlage erschien, ohne dass dieser später aufgetreten wäre oder eine geringere Excursion des Quecksilbers veranlasst hätte, Fälle, in welchen entweder erst die nächste Pause verlängert oder die zweitnächste Excursion vermindert wurde. Hier konnte also die Zeit der latenten Reizung nicht weniger als eine Secunde betragen haben.

Auf Grund dieser Erfahrungen schliesse ich, dass die Zeitdauer der latenten Reizung eine von mehrfachen Bedingungen abhängige sei, deren gesetzliches Verhalten noch aufzudecken ist.

