

## Ueber den Einfluss der Vagusreizung auf die Herzcontraction beim Frosche.

Von

Dr. Nuël aus Luxemburg.

Hierzu Taf. IV.

---

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu Utrecht).

Nächste Veranlassung zu diesen Untersuchungen war mir die freundliche Aufforderung des Herrn Prof. Donders, beim Frosche die lat. Periode der Vagusreizung zu bestimmen, insoweit diese Reizung Einfluss auf die Herzbewegung hat. Da indess bald gewisse neue Thatsachen sich herausstellten, so kam es, dass die meisten Punkte berührt wurden, auf die es bei Vagusreizung überhaupt ankommt, Punkte, die Prof. Donders, und unter seiner Leitung Dr. Prahl, durch eine so grosse Reihe von Untersuchungen bei verschiedenen Säugethieren beleuchtet haben.

Diese Gelegenheit ergreife ich auch, um meinen verehrten Lehrern, den Herren Professoren Donders und Engelmann, den schuldigen Dank abzustatten; auch mir liessen dieselben in der gewohnten Weise ihren Rath und thätige Hilfe in reichlichstem Maasse zukommen.

Versuchsmethode. Ein kleiner Hebel, der durch Vermittlung eines Korkansatzes auf dem Herzen ruht, registrirt auf dem Kymographion den Verlauf der Systolen. Bedient man sich zweier solcher Hebel, so kann man den einen auf die Kammer, den andern auf die Vorkammer legen, und so beide Systolen zu gleicher Zeit registriren <sup>1)</sup>. Zum Zeitmessen diente eine Stimmgabel, die 15 Schwingungen in der Secunde macht. Der Reizmoment wurde auf dem berussten Papier durch eine kleine Feder marquirt, die an den Unterbrecher des du Bois'schen Schlittenapparates angebracht war.

Das Froschpräparat wurde auf folgende Weise hergestellt. Das Rückenmark zerstört, die Extremitäten und Sternum entfernt, Herz vom Pericardium entblösst, der Vagus von der Stelle aus prä-

---

1) Der Hebel, der auf der Vorkammer ruhte, war  $13\frac{1}{2}$  Cm. lang, und so leicht, dass der Vorhof nur 2 Dgrm. zu heben hatte. Der Kammerhebel war  $14\frac{1}{2}$  Cm. lang; hier war das zu hebende Gewicht 5 Dgrm.

parirt, wo er aus dem Schädel hervortritt, dann durchgeschnitten und auf zwei Platinadrähte gelegt, die als Electroden fungirten.

Als Reiz benutzte ich kurzes Tetanisiren vermittels des du Bois'schen Schlittenapparates, der durch ein Grove'sches Element gespeist wurde.

Wiederholte Versuche, um mit einem einzigen Inductionsschlage zu reizen, misslangen vollkommen; Oeffnen und Schliessen des constanten Stromes ergaben kein besseres Resultat. Um mit einem Inductionsschlage einen merkbaren Effect zu erzielen, müssen Schläge von einer solchen Intensität angewandt werden, dass die Reizbarkeit des Nerven sehr bald erlischt, und auch unfehlbar unipolare Wirkungen auf den Rumpf des Thieres stattfinden. Im günstigsten Falle sind dennoch die Effecte so geringfügig, dass es eine missliche Sache wird, zu entscheiden, ob sie eine Folge der Reizung sind oder nicht. Unter normalen Verhältnissen nämlich kommen von einem Schlage zum andern Schwankungen bis zu  $\frac{2}{15}$  Sec. vor.

Wo es auf möglichst kurz andauernde Reize ankam, z. B. zur Beantwortung der Frage nach der Dauer der latenten Reizung wurde höchstens  $\frac{1}{8}$  Sec., gewöhnlich nur  $\frac{1}{10}$  Sec. lang tetanisirt.

Der Rollenabstand war immer der grösstmögliche, d. h. der, bei dem überhaupt noch eine Wirkung erzielt wurde. Er variierte zwischen den Grenzen, die absoluten Intensitäten von 100—150 entsprechen, wenn man die Intensität bei maximaler Annäherung der beiden Spiralen zu 1000 annimmt.

Ich versuchte auch, bei intacter Circulation den Versuch anzustellen. Allein bei allem Aufwande von Zeit und Mühe gelang es nur selten, wegen der im günstigsten Falle immer noch eingreifenden Mutilation (Blosslegen des Herzens und der Nerven), eine kleine Quantität Blut für kurze Zeit zu retten. Uebrigens dauerte an demselben Thiere der Versuch selten eine halbe Stunde, und sobald die Contraction Unregelmässigkeiten zeigte, wurde nach einem frischen Thiere gegriffen.

Sowohl *Rana temporaria* als *esculenta* wurden angewandt. Gilt es bloss den Einfluss der Vagusreizung auf die Dauer der Periode zu constatiren, so möchten erstere entschieden den Vorzug verdienen: sie sind reizbarer, und die Reizbarkeit erlischt nicht so leicht durch Erschöpfung als bei *Rana esculenta*. Ich sah mich jedoch bald genöthigt, ausschliesslich *Rana esculenta* anzuwenden, weil hier allein das Herz umfangreich genug ist, dass man leicht zwei Hebel

nebeneinander auf dasselbe legen, und so Vorhof und Kammer parallel auf ihr Verhalten nach Vagusreizung prüfen kann.

Hinsichtlich des Rhythmus der Herzbewegung möge Folgendes bemerkt sein. Bei grossen Winterfröschen der Gattung *temporaria* war die Dauer der Periode im Mittel zwei Secunden. Bei Beginn eines jeden Versuches fällt dieser Werth etwas geringer aus, und mag etwa 1.50 Sec. betragen.

Ich überzeugte mich wiederholt, dass im Anfange des Versuches der Rhythmus nicht bemerkenswerth durch die Präparation gestört wird. Während des Experimentirens aber wird die Periode beständig ausgedehnter. Bei vier Exemplaren von *Rana temporaria*, wo die genauere Bestimmung gemacht wurde, ging die Vorhofsystole der Kammersystole um 0.44 Sec. voraus. Den Curven nach zu urtheilen müsste eine kleine Pause des Herzens zwischen Vorhof- und Kammersystole bestehen, da der aufsteigende Schenkel der Vorhofcurve sich durch etwas weniger als 0.44 Sec. hinzieht.

Die Dauer der Kammersystole betrug in diesen vier Fällen 0.52 Sec.; also ist sie bedeutend länger als die der Vorkammersystole.

Bei *Rana esculenta* waren diese Werthe etwas höher.

Dann und wann stiess ich auf zwei Eigenthümlichkeiten des Herzrhythmus, die wohl der Mittheilung werth sind.

Erstens kann derselbe ein complicirter sein, indem auf eine stärkere Contraction zwei schwächere folgen, und dies bleibend der Fall ist. Derartiges wurde übrigens schon von anderen beobachtet. Minder bekannt mag es sein, dass zweitens der Rhythmus ein umgekehrter sein kann, wie ich es an drei Exemplaren gefunden. Die grosse Diastole folgte in diesen Fällen der Vorkammersystole, welche sich unmittelbar an die Kammersystole anschloss.

### Allgemeiner Effect der Vagusreizung auf die Herzbewegung.

In Bezug auf die Verlängerung der Pausen, die bei Säugethieren nach Vagusreizung eintritt, haben wir aus den Versuchen von Donders erfahren:

1. Hat der Reiz die Zeit, seine maximale Wirkung auf die erste Systole auszuüben, so ist die erste Pause stark verlängert, die zweite weniger, und es klingt diese Abänderung des Rhythmus während mehreren Systolen ganz ab.

2. Die hinausgeschobene Systole ist nicht in ihrer Excursion verändert, oder sie ist etwas vergrössert. Zum grössten Theile mag diese

Vergrößerung auf Rechnung der grösseren Blutfüllung des Herzens kommen.

Coats (Ber. der sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1869. p. 360) fand, dass beim Frosche nach Vagusreizung die in der Zeiteinheit und vom einzelnen Schlage geleistete Arbeit verringert ist. Er liess eine Flüssigkeitssäule in einer Manometerröhre durch die Herzcontraction heben und fand, dass nach der Reizung die Hubhöhe gleichbleiben, vermehrt oder auch vermindert sein könne. Letzteres war das gewöhnliche Vorkommen. Ausserdem fand Coats, dass manchmal der erste Effect der Vagusreizung eine Verminderung der Hubhöhe ist, während erst die zweite Systole hinausgeschoben ist. Endlich in seltenen Fällen sah er die Hubhöhe sinken, ohne dass die Pausen überhaupt verlängert waren. In dem letzten Falle sank der Blutdruck im Herzen während der Diastole, gleichwie in den anderen Fällen.

Ich gehe nun näher auf die Analyse meiner Versuche ein. Ich will gleich von vorne herein bemerken, dass die vorliegenden Curven nicht so ohne Weiteres mit denen von Coats vergleichbar sind. Coats' Curven geben ein getreues Bild der vom Herzen geleisteten Arbeit, was für die meinigen nur mit grossen Restrictionen der Fall ist. Letztere haben daher einen fühlbaren Nachtheil gegenüber jenen. Den Vortheil aber haben sie, dass sie einige Thatsachen ans Licht stellen, von welchen in Coats' Curven nichts zu bemerken sein kann.

Fig. 7, Tab. IV kann als Beispiel dienen für den parallelen Verlauf der beiden Contractionen, wie sie sich an demselben Herzen vermittels zweier Hebel registriren lassen. Bei normalem Verlaufe der Systolen kommen nicht unbeträchtliche Schwankungen in der Dauer der Perioden vor. Es können diese Schwankungen 0,1, ja bis 0,14 Sec. betragen, und zwar von einem Schlage zum andern, wie dies die Curve zeigt. In allen Curven bedeutet k die Kammercurve, V die Vorhofcurve, J die Linie, auf welcher die Reizmomente (x) aufgezeichnet sind, und M die Curve des Zeitmessers, der Stimmgabelschwingungen.

Reizt man nun den Nerv. vagus, so treten nach Verlauf einer kleinen Zeit zweierlei Erscheinungen an den Tag:

1. Die Pausen werden verlängert, und
2. die Höhe der Wellengipfel nimmt ab.

Die Verlängerung der Pausen erstreckt sich gleichmässig auf Kammer- und Vorkammercurve, für beide sind die correspondirenden Pausen zu gleicher Zeit und in gleichem Maasse verlängert.

In Fig. 1 sieht man gleich, dass mehrere auf den Reizmoment (x) folgende Pausen verlängert sind. Die erste ist es bei weitem am meisten, die folgenden immer weniger, bis der Rhythmus wieder der frühere geworden ist, oder, wie wir noch sehen werden, dauernd beschleunigt oder verlangsamt ist.

Wir wollen hier zwei Benennungen definiren, deren Gebrauch die Sprache vereinfachen wird. Unter »Intensität« der Pausenverlängerung soll der Grad dieser Verlängerung, und zwar besonders der am meisten beeinflussten Pausen, verstanden sein. »Extension« der Pausenverlängerung bezieht sich auf die mehr oder minder grosse Anzahl der durch einen Reiz verlängerten Pausen.

Wir werden sehen, dass beide, die Intensität und die Extension, nicht proportional wachsen und steigen, wie man dies von vorne herein erwarten könnte.

Im Allgemeinen sei noch in Bezug auf die Pausenverlängerung bemerkt, dass man gewöhnlich durch andauerndes Tetanisiren des N. vagus das Herz zum gänzlichen Stillstande in der Diastole bringen kann. Es kommen aber auch nicht selten Fälle vor, wo dies auf keine Weise gelingen will; eine geringere oder grössere Verlängerung der Pausen ist alles, was man erzielen kann. Ja es geschieht öfters, dass überhaupt keine Veränderung des Rhythmus herbeigeführt werden kann, während doch andere Wirkungen der Vagusreizung zum Vorschein kommen.

Die Excursionsverminderung der Wellengipfel fällt gleich auf dadurch, dass in Bezug auf dieselbe gar kein Parallelismus zwischen beiden Curven besteht. In Fig. 1 z. B. ist dieselbe sehr auffallend in der Vorhofcurve, während in der Kammercurve wohl nur der erste hinausgeschobene Gipfel niedriger ist, und dies auch nur in sehr geringem Maasse.

Die genauere Betrachtung zeigt nun Folgendes:

Die Kammersystole fällt nur dann schwächer aus, wenn dieselbe stark hinausgeschoben ist, oder vielmehr wenn die Pausenverlängerung eine intensive ist.

Wie schon oben kurz angedeutet wurde, ist Regel, dass wenn die Pausenverlängerung wenig intensiv ist, nicht eine halbe Secunde übersteigt, die hinausgeschobene Kammersystole gar nicht in ihrer Excursion geändert ist.

In Fig. 8 z. B. sind die zwei ersten Gipfel, die auf eine noch grössere Pausenverlängerung folgen, nicht nur nicht vermindert,

sondern sogar etwas grösser als vor der Reizung. Dieser Fall tritt nur äusserst selten auf. Die Regel ist: keine Veränderung bei schwacher Pausenverlängerung und Schwächung bei starker Pausenverlängerung.

Uebersteigt die Pausenverlängerung eine halbe Secunde, so ist eine minimale Verkleinerung des ersten hinausgeschobenen Wellengipfels die Regel. Dieser Fall ist z. B. in Fig. 1 eingetreten, wo die erste um 25 Schwingungen hinausgeschobene Systole etwa  $\frac{1}{4}$  Mm. niedriger ausgefallen ist, während von der zweiten ab ihre Gipfel ihre frühere Höhe wieder erreicht haben.

Ist die Periodenverlängerung noch grösser ausgefallen, so wird der erste Gipfel niedriger sein, der zweite ist auch vermindert, vielleicht auch der dritte. Je intensiver die Pausenverlängerung ist, desto mehr Systolen sind vermindert und desto grösser ist die Verminderung des einzelnen Gipfels, und zwar ist immer jeder einzelne höher als der vorhergehende. Es kehren also die Systolen in einem treppenförmigen Ansteigen wieder. Die Treppe ist um so ausgeprägter, je intensiver die Pausenverlängerung. Fig. 2 stellt eine solche Treppe dar, nach einer Periodenverlängerung von 4 Sec. Von der achten Systole ab haben die Wellen erst ihre ursprüngliche Höhe wieder erreicht. Eine so stark ausgesprochene Treppe beobachtet man in der Regel nur nach viel intensiveren Pausenverlängerungen, von etwa einer halben Minute. Es ist dies überhaupt eine der ausgeprägtesten Treppen, die ich beobachtet habe.

Auch hier werden wir die oben für die Pausenverlängerung eingeführte Terminologie gebrauchen; man versteht alsdann unter »Extension« der Excursionsverminderung die Anzahl der verminderten Wellengipfel, und unter »Intensität« den Grad dieser Verminderung.

Im Allgemeinen nun steigt die Extension der Excursionsverminderung mit deren Intensität, wie auch beide mit der Intensität der Pausenverlängerung steigen. Das letzte Verhältniss aber erhält sich nur bis zu einem gewissen Grade der Pausenverlängerung. Wie gesagt beobachtet man kaum eine prägnantere Treppe, als die in Fig. 2 Tab. IV dargestellte. Es kann nun die Pausenverlängerung bis zu Minuten anwachsen, ohne dass die Treppe weder in Bezug auf Intensität noch in Bezug auf Extension stärker entwickelt wäre.

Zu bemerken ist ferner, dass die Intensität der Excursionsverminderung kaum diejenige von Fig. 2 übersteigt, dass also in Folge

der Vagusreizung die Kammersystole kaum unter die Hälfte ihrer Höhe heruntersinkt.

Gehen wir nun über zur Excursionsverminderung der Vorhofsystole. Auf die Pausenverlängerung der Vorhofcurve brauchen wir nicht zurückzukommen; für sie gilt das oben von der Kammercurve Gesagte.

Wurden wir bei der Kammercurve zu dem Ausspruche gedrängt, dass nur dann die Wellengipfel niedriger ausfallen, wenn die Pausenverlängerung intensiv ist, so wird uns gleich ein anderes Verhalten bei der Vorhofcurve auffallen. Es dürfte hier kaum ein Reizversuch vorkommen, wo nicht die Excursion vermindert ist, vorausgesetzt, dass der applicirte Reiz stark genug ist, um überhaupt eine Wirkung hervorzubringen. Je nach der Stärke des angewandten Reizes sind »Extension« und »Intensität« dieser Verminderung grösser oder kleiner.

Registriert man zu gleicher Zeit Kammer- und Vorhofsystole, so wird man leicht Fälle finden, wo nach einer geringen Pausenverlängerung die Wellen der Kammercurve nicht geändert sind, während eine grössere Anzahl Wellen der Vorkammer niedriger sind (Fig. 8). Ist der Reiz etwas stärker und in Folge dessen die Periodenverlängerung grösser, so mögen 1 bis 2 Kammersystolen geschwächt sein, aber eine viel grössere Anzahl Vorkammersystolen. In Fig. 1 Tab. IV ist nur eine Kammersystole geschwächt, indessen die Excursion von sechs Vorhofsystolen geringer ausgefallen ist. Bei noch intensiverer Periodenverlängerung können ebenso viel Kammersystolen geschwächt sein, als Vorhofsystolen. Endlich trifft der beachtenswerthe Fall ein, dass eine noch nicht hinausgeschobene Systole geschwächt ist. Dieser Fall ist z. B. in Fig. 3 eingetreten. Hier ist die correspondirende Kammerwelle auf ihrer früheren Höhe geblieben. Fig. 4 Tab. IV, eine Vorhofwelle, zeigt dies in noch deutlicherer Weise.

Bei jedem Reizversuche, wo Periodenverlängerung eintrat, zeigte sich auch eine Schwächung der Vorhofsystole. Bei stärkeren Reizen, in Fig. 4 Tab. IV z. B., sinkt diese Systole auf ein Minimum herunter und deutet sich nur mehr durch eine kaum merkbare Einbiegung der Linie, die durch den Hebel beschrieben wird. Die correspondirenden Wellen der Kammercurve unterdessen erheben sich zu ihrer gewöhnlichen Höhe oder bleiben nur sehr wenig unter diesem Niveau.

Die Excursionsverminderung der Vorhofsystolen ist überhaupt viel regelmässiger in ihrem Auftreten als die Pausenverlängerung. In den oben berührten Fällen, wo stärkere Reize doch keine grössere Pausenverlängerung hervorbringen, hält die Excursionsverminderung gleichen Schritt mit der Intensität des Reizes.

Man erhält also Curven, wo bei schwacher Pausenverlängerung die Excursionsverminderung sehr ausgesprochen ist.

Endlich sind die Fälle nicht selten, wo, wie in Fig. 5 Tab. IV, die Excursion der Vorhofswellen herabgesetzt ist, ohne dass die Perioden verlängert wären und ohne dass die Kammercurve irgend eine Abänderung erlitten hätte.

Intensität und Extension der Excursionsverminderung wachsen ziemlich proportional miteinander.

Wir wollen nun näher auf die Eigenthümlichkeiten der zwei Erfolge der Vagusreizung, der Pausenverlängerung und der Excursionsverminderung eingehen, und zu diesem Zwecke den Verlauf der Vagusreizung in verschiedene Perioden eintheilen, wie dies auch für andere Nerven geschehen ist.

Die genauere Betrachtung der Curven zeigt, dass der Reizungszustand des N. vagus eine gewisse Zeit braucht, ehe derselbe durch seinen Einfluss auf die Herzcontraction manifest wird; dass er alsdann nicht plötzlich in seiner maximalen Intensität vorhanden ist, und dass er nur allmählich verschwindet. Dem entsprechend unterscheiden wir in dem Verlaufe dieses Reizungszustandes eine latente Periode, eine Periode der ansteigenden Energie, und eine Periode der absteigenden Energie. In einem besonderen Paragraphen werden die Nachwirkungen der Vagusreizung behandelt.

#### A. Latente Periode.

In diesem Archive veröffentlichte Donders das Resultat seiner Untersuchungen über die Dauer der latenten Vagusreizung beim Kaninchen, beim Hunde und beim Pferde. Er fand die latente Reizung ( $l$ ) immer kürzer als die Dauer  $P$  einer Herzperiode. Der Quotient  $\frac{l}{P}$  ist daher immer ein wahrer Bruch. Mit  $P$  steigt der Werth von  $l$  nicht nur von einer Thierspecies zur andern, sondern auch bei demselben Individuum, wenn während der Dauer des Versuches  $P$  grösser wird.  $P$  und  $l$  steigen aber nicht in einfach arithmetischer Proportion. In allen seinen Versuchen fand er, dass ungefähr die Gleichung  $l = 2\sqrt{P}$  ihre Richtigkeit hat.



Um so befremdender klangen daher die Angaben von Coats (loc. cit.). Einerseits fand er in einem Falle, dass die latente Periode höchstens 0,14 Sec. betrug, und andererseits, dass sie wenigstens eine Secunde lang war.

Von vorne herein wäre nichts gegen den einen oder den andern der zwei Werthe einzuwenden, nur bestände in dem einen Falle zwischen l und P ein anderes Verhältniss beim Frosche als bei Säugethieren. Auch bemerkt Donders, dass »für einen absoluten Verband zwischen l und P kein physiologischer Grund vorhanden sei«. Aber es muss von vorneherein Bedenken erregen, dass bei derselben Thierspecies ein physiologischer Werth so enormen Variationen unterworfen sein soll.

Zur Bestimmung der Dauer der latenten Reizung bediente ich mich der von Donders zu diesem Zwecke eingeführten Methode, die Maximal- und Minimalgrenzen aufzusuchen.

In folgenden drei Tabellen wurden die Zahlen durch Combination solcher Maxima und Minima gefunden, die schnell nach einander gewonnen wurden. Es war dies nöthig, weil während der Dauer eines Versuches der zu findende Werth stetig wächst. Auch durften die zu combinirenden Maxima und Minima zu je zweien nicht mehr als  $\frac{1}{4}$  Sec. von einander differiren, um keinen zu grossen Spielraum für den zu findenden Werth von l zu lassen.

Tabelle I.				Tabelle II.				Tabelle III.					
Rana tempo- raria.	P	l	$\frac{l}{P}$	Rana escu- lenta.	P	l	$\frac{l}{P}$	Rana escu- lenta.	P	l	$\frac{l}{P}$	l'	$\frac{l'}{P}$
1. a	1,22	0,84	0,63	1. a	1,77	1,12	0,63	1. a	1,47	1,07	0,73		
b	1,24	0,95	0,76	b	2,00	1,39	0,69	b	1,54			0,48	0,31
c	1,39	0,97	0,69	c	2,30	1,53	0,67	2. a	1,53			0,52	0,34
2. a	1,33	0,80	0,60	2.	2,00	1,33	0,67	b	1,67	0,78	0,47		
b	1,39	0,90	0,70	3.	2,17	1,42	0,65	3.	1,78			0,54	0,30
3. a	1,58	0,84	0,53	4.	2,17	1,42	0,65	4. a	1,70	1,05	0,62		
b	1,59	0,82	0,51	5.	2,20	1,54	0,66	b	1,88			0,42	0,22
4.	1,75	1,02	0,59	6.	2,27	1,75	0,79	5.	2,15			0,50	0,23
5.	1,76	0,72	0,41	7.	2,30	1,57	0,65	6. a	2,36			0,54	0,23
6. a	1,77	0,87	0,49	8.	2,44	1,71	0,72	b	2,56	1,01	0,41		
b	1,93	0,96	0,49	9.	2,46	1,58	0,65	7. a	2,61	1,45	0,56		
c	2,03	1,40	0,49	10.	2,52	1,73	0,68	b	2,61			0,46	0,18
7.	1,80	1,07	0,57	11.	2,60	1,43	0,55						
8.	1,93	0,83	0,43	12.	3,95	1,92	0,48						
9.	2,50	1,55	0,60										
10.	2,26	1,33	0,58										
11.	2,26	1,37	0,61										
12.	2,26	1,37	0,61										
13.	2,38	1,13	0,48										
im Mittel	1,81	0,99	0,58	im Mittel	2,37	1,52	0,65	im Mittel	2,00	1,07	0,56	0,49	0,26

Tabelle I wurde an 13 *Ranae temporariae* gewonnen; Tabelle II an 12 *Ranae esculentae*. Beide beziehen sich auf die latente Periode für die Pausenverlängerung (l). *Rana esculenta* hat bei einer längeren Herzperiode auch eine längere latente Reizung. Ja nach den vorliegenden Beobachtungen ist auch der relative Werth von l etwas grösser für *Rana esculenta* als für *Rana temporaria*.

Bei den 7 *Ranae esculentae* von Tabelle III wurde die latente Periode für die Excursionsverminderung (l') bestimmt. Mit Ausnahme von No. 3 und 5 konnte zu gleicher Zeit bei demselben Thiere die latente Periode für die Pausenverlängerung bestimmt werden.

Combiniren wir die Werthe von (l') in Tabelle II und III, so haben wir bei einer Periode von 2.27 Sec. für l einen Werth von 1.40 Sec.  $\frac{l}{p} = 0.61$ .

Anderseits gibt Tabelle III für l' einen Werth von 0.49 Sec. Das globale Resultat aller bei *Rana esculenta* gemachten Erfahrungen dürfte sich dahin zusammenfassen lassen, dass bei einer Herzperiode von  $2\frac{1}{4}$  Sec. l  $1\frac{1}{2}$  und l'  $\frac{1}{2}$  Sec. betragen.  $\frac{l}{p} = \frac{3}{4}$ ;  $\frac{l'}{p} = \frac{1}{4}$ .

Hieraus geht hervor, dass nach Einfall des Reizes die Excursionsverminderung viel früher zum Vorschein tritt, als die Periodenverlängerung; dass eine Systole geschwächt sein kann ohne hinausgeschoben zu sein. Der letztere Fall tritt dann ein, wenn der Reizmoment der Systole um einen Zeitraum vorausgeht, der zwischen l ( $1\frac{1}{2}$  Sec.) und l' ( $\frac{1}{2}$  Sec.) begriffen ist. Und wirklich hat man es beim Experimentiren bald in seiner Hand, diesen Fall nach Belieben eintreten zu lassen.

Von Wichtigkeit ist es zu wissen, ob denn nicht eine noch nicht hinausgeschobene Kammersystole, die nach Einfall des Reizes folgt, geschwächt sein könne. In sehr seltenen Fällen ist dies anscheinend der Fall, der Wellengipfel ist etwas kleiner. Aber diese Verkleinerung ist immer minimal, und nur andeutungsweise vorhanden. Bei einer Höhe der Wellengipfel von  $\frac{1}{2}$  Cm. etwa nur  $\frac{1}{5}$  Mm. Was den Grad derselben anbelangt, so kann sie durchaus nicht mit der analogen Schwächung der Vorkammersystole verglichen werden. Es stellte sich ferner heraus, dass es gar nicht gelingen will, dieselbe nach Belieben hervorzurufen, nämlich, wenn man den Reiz der Systole vorausschickt, um einen Zeitmoment, der etwas geringer ist als die latente Periode für die Pausenverlängerung.

In einem Falle konnte ich mich überzeugen, dass deren Zustandekommen an rein mechanische Bedingungen geknüpft war. Die Kammer nämlich war gleichsam von der Vorkammer suspendirt. Contrahirt sich nun die Vorkammer weniger stark, so ist die Kammer minder fest fixirt, und der Gipfel wird etwas niedriger ausfallen. Ich überzeugte mich hiervon, indem ich die Kammer auf eine Unterlage fester auflegte: die Schwächung blieb alsdann aus. Ich möchte jedoch nicht behaupten, dass dieselbe in jedem Falle einen solchen Grund hat.

Also, während beim Vorhofe die Bedingungen für das Zustandekommen der in Rede stehenden Schwächung vollständig bekannt sind, und dieselbe einen sehr hohen Grad erreichen kann, bemerkt man dieselbe an der Kammer nur sehr selten unter unbekannten Bedingungen, und dann auch nur andeutungsweise.

Wir glauben uns deshalb ermächtigt, von dieser Schwächung der Kammersystole ganz absehen zu dürfen.

In Bezug auf die Abweichungen von den Mittelwerthen für  $l$  und  $l'$  verdienen folgende Punkte bemerkt zu werden.

1. Die Reizbarkeit des Vagusapparates ist sehr verschieden bei verschiedenen Thieren. Nur zum Theile erklärt sich dieser Unterschied daraus, dass die einen Exemplare frisch, die andern ein bis drei Wochen gefangen waren. Bei minder reizbaren Thieren sind stärkere Reize nothwendig, um eine Wirkung hervorzubringen, und in diesen Fällen ist die latente Reizung immer grösser.

2. Während eines Versuches steigt der Werth von  $l$  in ansehnlichem Grade. Ich verweise nur auf No. 1, 2 und 3 in Tabelle I, und auf No. 7 in Tabelle II. Bemerkenswerth ist es sicher, dass in diesen Fällen der Quotient  $\frac{l}{P}$  keine bedeutenden Variationen erleidet; ja, in No. 5 Tab. I bleibt er genau derselbe in drei aufeinander folgenden Bestimmungen.

Unser erhaltener Mittelwerth für  $l$  ist daher höher, als er im intacten Thiere vorhanden ist. Bei *Rana temporaria* betrug  $l$  doch immer ungefähr eine Secunde, und bei *Rana esculenta* sank dieser Werth nur ein einziges Mal unter eine Secunde. (Tab. III No. 2 b.)

Die Dauer von  $l'$  ist viel constanter als die von  $l$ . Mit Sicherheit sah ich ihn nie an einem Thiere steigen, so lange der Herz-

rhythmus ungestört blieb. In einem Falle, wo nach längerem Experimentiren die Vorkammer nur mehr allein, aber doch regelmässig klopfte, konnten folgende Bestimmungen gemacht werden:

P	l	l'	$\frac{l}{P}$	$\frac{l'}{P}$
2,54	2,43	0,80	0,95	0,31

Absolut war l' zwar etwas gestiegen, aber doch nicht relativ, während l absolut und relativ stark gestiegen war, ja fast der ganzen Herzperiode gleich kam.

3. Es wurde immer der Einfall des Tetanisirens als Beginn der Reizung angenommen. Streng genommen ist dies jedoch nicht zulässig, da, wie schon bemerkt, der erste Inductionschlag keine Wirkung hervorbringt, wenigstens bei dem Rollenabstande, wo tetanisirt wurde.

In Folge dieses Umstandes würde also der Werth von l etwas zu hoch ausgefallen sein.

In entgegengesetztem Sinne, also compensirend, wirkt ein anderes Moment: Wie schon bemerkt, ist der Herzrhythmus an sich ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen. Es wurde daher nie eine Periodenverlängerung von  $\frac{1}{15}$  Sec. als von der Reizung abhängig aufgefasst.

## B. Ansteigende Energie.

Den Begriff der ansteigenden Energie für die Pausenverlängerung erläuterte Donders bei seinen Versuchen am Kaninchenherzen. Hier beträgt die Dauer der latenten Periode (l)  $\frac{1}{5}$  Sec. Reizt man also  $\frac{1}{5}$  Sec. vor Einfall einer Systole, so wird dieselbe hinausgeschoben sein, die zweite aber viel mehr. Fällt der Reiz etwas früher ein, so ist die erste Pause mehr, die zweite weniger verlängert. Geht der Reizmoment  $\frac{1}{5} + \frac{1}{12}$  Sec. der Systole voraus, so ist die Verlängerung der ersten Pause die grösste, die bei einer gegebenen Reizstärke zu erzielen ist. Je mehr die erste Pause verlängert ist, desto weniger ist es die zweite. Also der maximale Effect vertheilt sich auf zwei Herzperioden, oder beschränkt sich auf eine, je nach dem Einfallen des Reizes. Donders hat so die Dauer der ansteigenden Energie beim Kaninchen  $\frac{1}{12}$  Sec. lang gefunden. (Versl. d. allgem. Vergad. v. Geneesk. te Amsterdam, 11. Oct. 1871; p. 19). In andern Worten ausgedrückt: Seit Beginn der

manifesten Wirkung des Reizes muss  $\frac{1}{12}$  Sec. verfließen, ehe der Reizeffect sein Maximum erreicht hat.

In meinen Curven fand sich nun in seltenen Fällen, dass die erste auf den Reiz folgende Herzperiode 2 bis 3 Schwingungen der Stimmgabel, die zweite aber viel mehr verlängert war. In diesen Fällen war aber immer Möglichkeit vorhanden, dass die scheinbare Vertheilung des maximalen Effects auf die zwei Perioden daher rühre, dass eben der Reiz eine gewisse Zeit lang dauerte. Für den Beginn des Tetanisirens war vielleicht die Möglichkeit vorhanden, auf die nächste Systole zu wirken, nicht aber für den grössten Theil der Inductionsschläge.

Es geht hieraus hervor, dass jedenfalls die Dauer der ansteigenden Energie für die Pausenverlängerung sehr kurz ist, und nicht die Dauer des Tetanisirens, d. h.  $\frac{1}{8}$  Sec. übersteigt, sonst hätte dieselbe sich deutlich markiren müssen. Wir vermögen daher nur eine maximale Grenze von  $\frac{1}{8}$  Sec. für dieselbe anzugeben.

Dies zugegeben, d. h. dass die ansteigende Energie für die Periodenverlängerung nicht  $\frac{1}{8}$  Sec. übersteigt, so wird es bei einigem Nachdenken sehr wahrscheinlich, dass dieselbe sich kaum beim Tetanisiren herausstellen kann: der erste Inductionsschlag wird vielleicht keine Zeit haben, seine maximale Wirkung auf die erste Systole auszuüben, dieselbe aber dennoch ein wenig hinauschieben. Die derartig hinausgeschobene Systole wird alsdann von dem zweiten Inductionsschlage etwas mehr hinausgeschoben werden können, so dass der erste Inductionsschlag die Zeit hat, seinen maximalen Effect auf die Systole auszuüben.

Es wird dies noch deutlicher hervorgehen aus dem, was wir über die ansteigende Energie der Excursionsverminderung sagen werden; hier besteht ein analoges Verdecken der ansteigenden Energie durch die Pausenverlängerung.

Die genaue Dauer der ansteigenden Energie für die Periodenverlängerung könnte nur durch Reizversuche mit einzelnen Inductionsschlägen oder durch Oeffnen und Schliessen des constanten Stromes festgestellt werden.

Ganz anders verhält es sich mit der ansteigenden Energie für die Excursionsverminderung.

Zur Bestimmung dieser Dauer sind offenbar die Fälle die günstigsten, wo, wie in Fig. 5 Tab. IV nach Vagusreizung nur die Vorhofsysstole geschwächt ist, aber gar keine Periodenverlängerung ein-

tritt. In vier derartigen Fällen, wo die Reizversuche zahlreich genug gemacht werden konnten, zeigte es sich, dass nie die erste beeinflusste Systole am meisten geschwächt war; immer ist die zweite dies mehr als die erste. Von der zweiten ab erheben sich sodann die Wellengipfel treppenartig zu ihrem früheren Niveau wieder empor. In einigen Reizversuchen war sogar die dritte beeinflusste Systole am meisten geschwächt.

Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die ansteigende Energie für die Excursionsverminderung sicher eine ganze Herzperiode dauert, ja diese sogar etwas übersteigt.

In zwei Fällen, wo nahe aneinanderliegende Maximal- und Minimalwerthe erlangt werden konnten, betrug diese ansteigende Energie ziemlich genau eine ganze Periode. Wir wollen daher auch diesen Werth als definitiv annehmen.

In den Fällen aber, wo der Reiz mit der Excursionsverminderung zugleich eine Periodenverlängerung hervorbringt, liegen die Verhältnisse nicht so leicht vor.

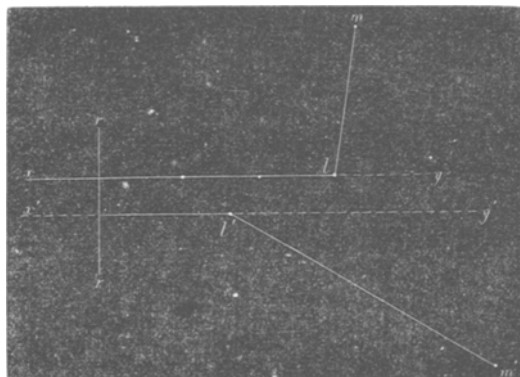
In der Vorhofcurve von Fig. 4 z. B. ist die erste, noch nicht hinausgeschobene Systole geschwächt, die zweite, stark hinausgeschobene aber noch vielmehr. Wäre die zweite Systole viel früher eingefallen, so wäre sie doch noch ad maximum vermindert gewesen. Endlich in Fig. 1 ist die erste beeinflusste Vorhofsystole auch am meisten geschwächt, aber offenbar aus dem Grunde, weil sie zwei Secunden hinausgeschoben ist.

Solche Fälle also, wo zu gleicher Zeit Periodenverlängerung eingetreten ist, können nicht zur Bestimmung der Dauer der ansteigenden Energie für die Excursionsverminderung dienen, und müssen wir uns hier an

Fig. A.

die Fälle halten, wo Excursions-Verminderung ohne Periodenverlängerung eingetreten ist.

Versuchen wir es, den Thatsachen eine graphische Darstellung zu geben, so würden sich folgende zwei Curven empfehlen. Tragen



wir auf die Linien  $x' y'$  als Abscissen die Zeit auf, so dass der Abstand von je zweien der feineren Verticalstriche eine Schwingung der Stimmgabel bedeutet, und nehmen wir als Ordinate eine willkürliche Grösse, welche die maximalen Grade der Excursionsverminderung und der Periodenverlängerung darstellen soll, so werden beide Curven die dargestellte Form annehmen. Fällt der Reiz in der Linie  $rr'$  ein, so beginnt die Excursionsverminderung schon bei  $l'$ , hat aber ihr Maximum erst bei  $m'$  erreicht, in dem Falle, wo die Herzperiode 35 Stimmgabelschwingungen dauert. Die Pausenverlängerung aber beginnt erst bei  $l$  und erreicht ihr Maximum sehr bald, etwa wie die steile Linie  $lm$  dies andeutet.

Also die Excursionsverminderung beginnt früher, erreicht aber später ihr Maximum als die Pausenverlängerung.

Man könnte demnach erwarten, dass in günstigen Fällen die erste hinausgeschobene Systole doch nicht die am meisten geschwächte sei.

Mit vollkommener Sicherheit habe ich diesen Fall nie eintreten sehen, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil eben die Pausenverlängerung dem Reize Zeit giebt, die Systole ad maximum zu schwächen.

### C. Absteigende Energie.

Es handelt sich hier darum zu sehen, wie sich der Herzrhythmus und die Excursion der Systolen verhalten, nachdem der Reizeffect sein Maximum erreicht hat.

Schwierig ist es auseinander zu halten, was mittelbarer und was unmittelbarer Effect der Vagusreizung ist. Für die Excursionsverminderung der Kammersystole werden wir unten sehen, dass aller Wahrscheinlichkeit nach dieselbe Folge ist einer Veränderung in der Reizbarkeit des Herzmuskels, die sich wegen der Pausenverlängerung entwickelt hat. Die Möglichkeit ist nicht zu leugnen, dass die eine oder die andere der Erscheinungen, die wir dem allmählich sich verlierenden Reizungszustande des Vagusapparates zur Last legen, einen analogen Grund hat.

Vorauß ist zu bemerken, dass den gemachten Erfahrungen gemäss der Reizeffect sich nicht für zwei aufeinander folgende Herzperioden auf derselben Höhe erhält. Für die Periodenverlängerung ist dies in sehr deutlicher Weise ausgesprochen. Wie schon oben bemerkt wurde, ist die zweite verlängerte Periode doch immer kürzer als die erste, mit der Restriction des in Bezug auf die

ansteigende Energie Gesagten. Für die Excursionsverminderung ist die Sache nicht so einleuchtend. Es trifft sich nämlich öfters, dass die zwei ersten Systolen gleich stark vermindert sind. Dies rührt aber daher, dass der Reiz noch nicht Zeit hatte, mit maximalem Effecte die erste Systole zu beeinflussen; reizt man nämlich noch etwas früher, so ist die erste beeinflusste Systole auch die kleinste, wohl gemerkt, im Falle die Pausen auch verlängert werden. Tritt keine Pausenverlängerung ein, so ist die zweite Systole die am meisten geschwächte; in seltenen Fällen die dritte erst.

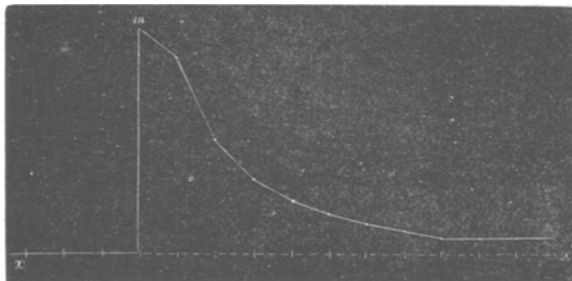
In Bezug auf die absteigende Energie ist zu bemerken, dass für die Periodenverlängerung die Verhältnisse sehr complicirt sind und sich auch nicht von einem Gesichtspunkte aus ergeben.

Fig. 1 Taf. IV giebt ein gewöhnliches Verhalten. Von der am meisten verlängerten Periode aus nimmt die Verlängerung allmählich ab. Der Rhythmus kann wieder derselbe werden wie vor der Reizung; dies ist eine Seltenheit, wenn die Verlängerung der ersten Pause eine halbe Secunde übersteigt, die Regel aber bei geringerer Intensität der Verlängerung. Bei einer Intensität der Verlängerung, die eine halbe Secunde übersteigt, bleibt der Rhythmus gewöhnlich dauernd verlangsamt (Fig. 1 Taf. IV) oder beschleunigt.

Die Anzahl Schläge, die erfolgt, ehe der Rhythmus ein bleibender wird, also die Extension der Periodenverlängerung, hängt in erster Linie von der Intensität der Reizung ab. Im Allgemeinen wächst die Extension der Verlängerung proportional mit der Intensität. Bei einer Verlängerung der ersten Periode von einigen Secunden aber ist dies nicht mehr der Fall. In Fig. 1 Tab. IV z. B. erstreckt sich die Pausenverlängerung über acht Perioden, während bei einer Verlängerung der ersten Pause von etwa einer halben Minute schon nach 4 oder 5 Schlägen ein bleibender Rhythmus wiedergekehrt wäre. Aber auch bei geringerer Intensität der Periodenverlängerung kommen Unregelmässigkeiten vor.

Eine graphische Darstellung vermag diese Variationen anschaulich zu machen. Fig. A z. B. stellt den Verlauf

Fig. B.





der Periodenverlängerung in Figur 1 Taf. IV dar. Tragen wir auf die Linie  $xx'$  die Herzperioden als Abscissen auf, so dass jede gröbere Abtheilung einer Periode entspricht, und nehmen wir als Ordinaten die Verlängerung der verschiedenen Perioden, jede feinere Abtheilung einer Stimmgabelschwankung entsprechend, so stellt die Curve  $xmx'$  den Verlauf des Verlängerungs - Processes dar und der Theil  $mx'$  die absteigende Energie desselben. Wie man sieht, bleibt hier der Rhythmus verlangsamt. Diese Verlangsamung ist oft

noch bedeutender, bis zu vier Schwingungen der Stimmgabel. Fig. B stellt eine analoge Curve dar. Hier war bei einer Periodendauer von 35 Schwingungen die Verlängerung der ersten Periode von 39 Schwingungen, und der Rhythmus kehrte nach 7 Systolen zu seinem früheren Tempo zurück. Oefters sinkt die Curve unter die Linie  $xx'$ , d. h. der Rhythmus wird beschleunigt. Im Allgemeinen aber fällt die Curve während der absteigenden Energie mit einer Neigung wie in den zwei gegebenen Beispielen. Es kommen häufig Ausnahmen vor, wie Curve C eine darstellt. Hier waren die normalen Perioden von 42 Schwingungen der Stimmgabel. Nach der Reizung des Vagus war die erste Periode um 59 Schwingungen verlängert, die zweite

Fig. C.

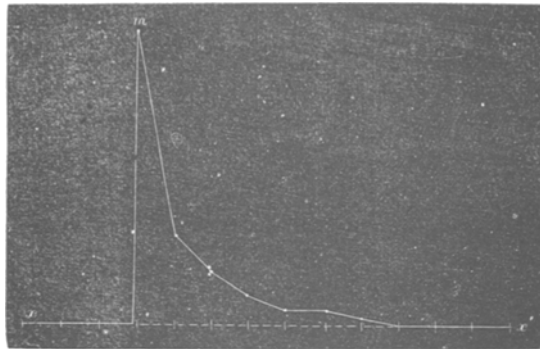
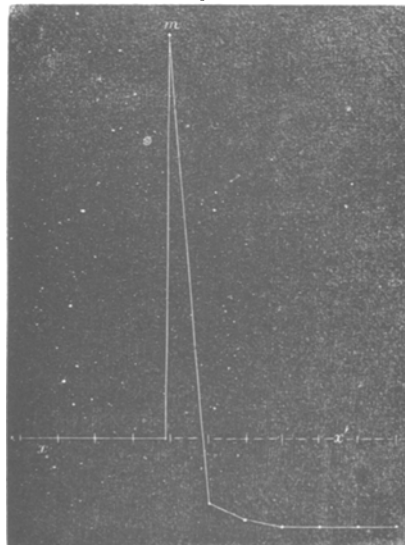


Fig. D.



war um 9 Schwingungen verkürzt, und schon von der vierten Systole ab ist der Rhythmus stetig geworden, und zwar beschleunigt.

Die absteigende Energie für die Excursionsverminderung der Vorhofsystolen ist viel constanter in ihrem Auftreten als diejenige der Periodenverlängerung. Von dem am meisten verminderten Wellengipfel ab steigen dieselben allmählich treppenartig zu ihrer ursprünglichen Höhe wieder empor. Hier gilt die allgemeine Regel, dass je grösser die Intensität der Excursionsverminderung, desto grösser auch deren Extension. Fig. 5 giebt ein Beispiel von dem Verlaufe der Excursionsverminderung. Neun Schläge etwa mögen geschwächt sein. In diesem Falle ist die Intensität der Wirkung keine maximale, denn der Gipfel kann bis zu einer kaum bemerkbaren Erhebung herabsinken, wie Fig. 4 Taf. IV ein Beispiel giebt. Solche Fälle fesseln auch schon die Aufmerksamkeit, wenn man das Herz einfach mit dem Auge betrachtet. Man merkt nämlich keine Veränderung der Kammercontraction, während der Vorhof durch eine kaum merkbare Zuckung bewegt wird. In Fig. 8 ist die Vorhofsystole etwas geschwächt, nicht aber die Kammersystole, sondern sogar verstärkt.

Allem Anscheine nach vertheilt sich diese Schwächung der Vorkammersystolen nicht auf eine gewisse Anzahl Herzperioden, sondern auf eine bestimmte absolute Zeit, deren Dauer von der Intensität des Reizungszustandes abhängt. In Fig. 5 z. B. erstreckt sich dieselbe auf 9 Systolen. Wäre aber zu gleicher Zeit Verlängerung der Perioden eingetreten, so wären weniger Systolen geschwächt, obwohl diese Schwächung dieselbe Zeit lang dauerte. In Fig. 4 z. B. ist die Schwächung intensiver, aber doch sind weniger Systolen geschwächt.

Wie schon gesagt, ist die Schwächung der Vorhofsystolen constanter in ihrem Auftreten als die Periodenverlängerung. So trifft es sich, dass bei starker Excursionsverminderung die Periodenverlängerung stark, mittelstark oder sehr klein ist. In mehreren Fällen sogar fehlt letztere gänzlich bei ausgesprochener Verminderung der Systolen.

Gewöhnlich überdauert die Pausenverlängerung die Excursionsverminderung.

#### D. Nachwirkung der Vagusreizung.

Unter Nachwirkung der Vagusreizung ist vor allem die Ermüdung, die Erschöpfung des Vagusapparates (Nervenfasern und Ganglienzellen) zu verstehen. Im weiteren Sinne gehören hieher auch

die Excursionsverminderung der Kammersystole, sowie die bleibende Veränderung des Herzrhythmus.

Von der Verminderung der Kammersystole werden wir im nächsten Abschnitte sprechen.

Die bleibende Abänderung des Rhythmus wurde mit der absteigenden Energie abgehandelt. Wir haben dort gesehen, dass bei einer mässigen Intensität der Periodenverlängerung der Rhythmus gewöhnlich wieder derselbe wird, dass aber bei intensiverer Periodenverlängerung der Rhythmus in der Regel für die Dauer abgeändert bleibt, und zwar kann er sowohl beschleunigt als verlangsamt sein.

Eine eigenthümliche Nachwirkung der Vaguserregung besteht in der lange andauernden Erschöpfung der hemmenden Fasern. Ein erneuter Reiz nämlich bringt unter sonst gleichen Bedingungen keine Wirkung hervor, wenn nicht eine ansehnliche Zeit seit der letzten Reizung verstrichen ist. Am ausgesprochensten findet man diese Nachwirkung bei *Rana esculenta*, wo sie sich in einer fühlbaren Weise geltend macht. Oft, wenn ein bleibender Rhythmus nach der Reizung wiedergekehrt ist, bringt ein erneuter Reiz nur dann einen ausgesprochenen Effect hervor, wenn man den Nerven  $\frac{1}{2}$  bis 1 Minute hat ausruhen lassen.

Ist diese Erscheinung allein der Erschöpfung zuzuschreiben, so ist dies gewiss ein auffallendes Factum.

Bei den Reizversuchen traten mehrere Erscheinungen an den Tag, die darauf hindeuten scheinen, dass in dem Stamme des N. vagus des Frosches Nervenfasern verlaufen, deren Reizung beschleunigend auf den Herzrhythmus wirkt.

Die älteren Anschauungen von Schiff und Moleschott über die beschleunigende Wirkung der Vaguserregung auf die Herzcontraction sind wohl jetzt gänzlich verlassen. Eine beschleunigende Wirkung ist aber in neuerer Zeit, freilich in abgesonderter Form, wieder aufgenommen worden. So glaubt Schmiedeberg (Berichte der Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1870 p. 130) nachgewiesen zu haben, dass im Stamme des N. vagus des Frosches neben den hemmenden Fasern auch beschleunigende verlaufen. Man müsste hier an Sympathicusfasern denken, die etwa an der Schädelbasis dem Vagus zuflössen.

Die Erscheinungen, von denen hier die Rede ist und die ich beim Frosche beobachtet habe, sind folgende:

1. Manchmal, nach fortgesetzten Versuchen an demselben

Thiere, bewirkt die Vagusreizung keine Verlangsamung, sondern eine Beschleunigung des Herzrhythmus.

2. Der Verlauf der Periodenverlängerung nach Vagusreizung bietet ein gar wechselvolles Bild dar. Bei gleich starken Reizen und anscheinend unter sonst gleichen Bedingungen erstreckt sich die Periodenverlängerung auf eine sehr verschiedene Anzahl von Perioden. Endlich, der Rhythmus kann dauernd beschleunigt oder aber verlangsamt bleiben.

3. In einigen Fällen traf die auf den Reiz folgende Systole früher ein als normal. In fünf Fällen, wo diese Beschleunigung zwei bis drei Schwankungen der Stimmgabel betrug, stellte es sich heraus, dass der Reizmoment der Systole nicht um die ganze Dauer von 1 vorausgegangen war.

Obwohl die Vorkommnisse sub 1 und 3 ziemlich selten sind und auch nicht nach Belieben hervorgerufen werden können, so müssen sie doch im Auge gehalten werden. Mit der Annahme beschleunigender Nervenfasern im Vagusstamme und mit Zuhilfenahme gewisser Voraussetzungen über die Art deren Thätigkeit wären nicht nur die sub 1 und 3 erwähnten Beobachtungen erklärt, sondern es wäre auch Aussicht vorhanden, eine Einsicht zu erlangen in den höchst unregelmässigen Verlauf der Periodenverlängerung. Dauert der Reizungszustand genannter Fasern länger als derjenige der hemmenden Fasern, so begreift es sich, dass die Verlangsamung des Rhythmus einer Beschleunigung Platz machen könne.

Ist die Möglichkeit vorhanden, dass beide Fasern einen verschiedenen Grad von Reizbarkeit haben, so erklärt sich auch der wechselvolle Effect der Vaguserregung auf den Rhythmus. Ihre Wirkungen können sich abschwächen oder selbst das Gleichgewicht halten.

Um die primäre Beschleunigung des Rhythmus zu erklären, dazu ist nur nöthig, dass die latente Reizung für die beschleunigenden Fasern eine kürzere sei, als für die hemmenden.

Wir haben also zwei specifisch verschiedene Erscheinungen kennen gelernt, die als primär und constant auftretende Wirkungen der Vagusreizung aufzufassen sind: nämlich die Periodenverlängerung und die Schwächung der Vorhofsystemen.

Aus dem genaueren Studium beider hat sich ergeben:

1. Die Schwächung der Systole als primäre Wirkung der Vaguserregung trifft nur den Vorhof (s. unten).

2. Die Dauer der latenten Periode ist viel kürzer für die Schwächung der Systole als für die Periodenverlängerung.

3. Ihre ansteigende Energie ist viel länger, denn sie erreicht ihre Akme noch bedeutend später als die Periodenverlängerung.

4. Die Schwächung der Systolen ist constanter in ihrem Auftreten überhaupt, sowie in Bezug auf Extension und Intensität. Sie kann sehr ausgesprochen sein bei geringer Periodenverlängerung, ja selbst bei vollständigem Fehlen der letzteren. Im Allgemeinen jedoch dauert sie nicht so lange als die Pausenverlängerung.

Es ist kaum einzusehen, inwiefern derartig specifisch verschiedene Effecte von der Reizung eines und desselben Nervelementes aufzufassen seien. Sie haben nur das Gemeinschaftliche, dass sie nach Reizung desselben Nervenstammes an demselben Organe zu Tage treten. Bedenken wir, dass gar kein Parallelismus zwischen denselben in irgend einer Phase besteht, ja dass der eine sehr ausgesprochen sein kann bei völligem Fehlen des andern, so werden wir unausbleiblich zu dem Ausspruche hingeletet, dass wir es hier mit zwei specifisch verschiedenen Wirkungen zu thun haben, die, nach ihrem Auftreten zu urtheilen, an verschiedene Nervelemente gebunden sind.

Wir haben auch gesehen, dass die Vagusreizung auf die Vorhofcontraction einen anderen Einfluss hat, als auf die Kammercontraction. Es stellte sich nämlich heraus, dass als constante und primäre Wirkung die Vorhofcontraction geschwächt ist, während die Kammercontraction nur dann geschwächt ist, wenn die Pausenverlängerung eine ansehnliche ist.

Man könnte nun in die Versuchung gerathen, auch hier eine Complication des Innervationsmechanismus zu Hilfe zu rufen, und supponiren, dass der Vagus die Kammer anders innervirt, als die Vorkammer.

Glücklicherweise aber geben mir die höchst wichtigen Untersuchungen von Bowditch (Berichte d. Sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften 1871 p. 652) das Mittel an die Hand, um alle in Bezug auf Contractionsschwächung gemachten Erfahrungen von einem anderen Gesichtspunkte aus zu erklären, freilich mit Zuhilfenahme einer Annahme, die für den Augenblick nur Hypothese sein kann, deren Richtigkeit aber leicht zu prüfen wäre.

Bowditch bestimmte den Effect, den ein gegebener Reiz auf das Muskelfleisch des Froschventrikels ausübt. Den abgeschnittenen

Ventrikel liess er eine Flüssigkeitssäule in einer Manometerröhre heben, und folgerte aus den Hubhöhen die Grösse des Reizeffectes auf den Muskel.

Von seinen Resultaten sind für uns wichtig die Folgenden:

1. Unter gleichen Bedingungen ist die Zuckungsintensität unabhängig von der Reizstärke: Entweder bewirkt ein Inductionsschlag eine Zuckung, oder er vermag dies nicht; und vermag er das erstere, so ruft er auch gleich die umfangreichste Zuckung hervor, welche der Inductionsstrom zur gegebenen Zeit auslösen kann.

2. Reizt man in rhythmischen Intervallen, und lässt man eine längere Pause eintreten, so kehren bei erneuter rhythmischer Reizung die Contractionen schwächer und in einem treppenartigen Ansteigen wieder, um dann, auf einer gewissen Höhe angelangt, stationär zu bleiben.

Nehmen wir nun an, dass die Reizbarkeit des Vorhofmuskels eine andere ist als die des Kammermuskels, dass nämlich beim Vorhof die Zuckungsintensität von der Reizstärke abhängt, so erhalten wir gleich einen befriedigenden Einblick in die gemachten Erfahrungen. Eine solche Annahme hat an sich nichts Ungereimtes: ich will nur an die spärlichen Nervenfassern des Ventrikelmuskels erinnern im Gegensatze zu dem Nervenreichthume des Vorhofmuskels.

In diesem Falle kann nach schwacher Vagusreizung der Bewegungsimpuls für beide Herztheile gleich sein, aber eine Schwächung der Contraction kann nur am Vorhofe auftreten, da die Zuckung des Ventrikels immer eine maximale ist. Freilich müsste man noch annehmen, dass unter normalen Verhältnissen der Bewegungsimpuls, der den Ventrikel trifft, grösser ist als zur Auslösung einer Zuckung absolut nöthig ist.

Die zweite von Bowditch ans Licht gestellte Thatsache ist völlig genügend, die Schwächung der Kammersystole nach längeren Pausen zu erklären. Ia es scheint uns sogar zwingend geboten zu sein, diese Erklärung anzunehmen, wenn wir uns erinnern, dass diese Schwächung nur dann zu Tage tritt, wenn die Periodenverlängerung ansehnlich ist, und die Zeitdauer erreicht, welche Bowditch als Intervalle zwischen seinen rhythmischen Reizungen verstreichen liess, um eine Treppe hervorzubringen.

Es wäre also nothwendig, auch den Vorhofmuskel nach der Bowditch'schen Methode auf seine Reizbarkeit zu prüfen. Es wäre dies ein Leichtes, seitdem wir durch die Untersuchungen von

Schmiedeberg (loc. cit.) in dem Muscarin ein Mittel besitzen, das den Herzmuskel gänzlich zum Stillstande bringt, ohne dessen Reizbarkeit zu vernichten.

Sollte die ausgesprochene Vermuthung sich nicht bestätigen, so wäre doch ein anderes, höchst wichtiges Factum zu Tage gefördert: dass nämlich der Vagus direct auf den Vorhofmuskel wirkt, und dessen Reizbarkeit herabsetzt.

---

Nachdem die erörterten Thatsachen beim Frosche festgestellt waren, lag natürlich die Frage sehr nahe, inwiefern dasselbe der Fall wäre bei Säugethieren.

Aus den Untersuchungen von Donders ist zur Genüge hervorgegangen, dass nach Vagusreizung der Herzstoss, der mit dem Cardiographen registrirt wird, nicht nur nicht geschwächt, sondern selbst in der Regel verstärkt ist. Diese Verstärkung glaubt Donders durch die stärkere Blutfülle des Herzens erklären zu müssen, und nicht durch einen stärkeren Bewegungsimpuls. In Uebereinstimmung hiermit fand er nun auch die secundäre Zuckung vom Herzen aus, wenn nach Vagusreizung die Pausen länger wurden, nicht verstärkt, sondern selbst etwas geschwächt, oder unverändert.

Ich stellte folgendes Experiment an:

Bei einem Kaninchen wurde die künstliche Respiration eingeleitet, dasselbe wurde dann turarisirt, der Thorax geöffnet und das Herz vom Pericardium entblöst.

Ein auf der Spitze der Kammer angelegtes Luftkissen diente zum Registriren der Kammercontraction, während ein auf den rechten Vorhof aufgelegter Hebel des letzteren Contraction auf dem Kymographen registrirte.

Fig. 6 Taf. IV gibt nun eine auf diese Weise erhaltene Curve. V ist die Ventrikelcurve, O die Vorhofcurve, und die Linie I bezeichnet die Reizmomente, (x) wo der Vagus durch kurzes Tetanisiren gereizt wurde<sup>1)</sup>.

Die Kammercurve zeigt nach der Reizung gar keine Abänderung in der Höhe der Wellengipfel, sondern nur die Verlängerung der Pausen.

---

1) Der Hebel musste hier länger und schwerer sein als für das Froschherz. Aus der verschiedenen Registrirungsweise erklärt es sich, dass die Vorhofcurve höhere Wellen zeigt als die Kammercurve.

Für die Vorhofcurve stehen die Sachen anders. Hier kehren nach jeder Pausenverlängerung die Gipfel mit einer viel geringeren Höhe zurück, und erreichen ihre frühere Excursion nur nach einem sehr ausgesprochenen treppenförmigen Ansteigen. Die Erscheinung ist sehr constant und fehlte nach keinem einzigen Reizversuche. Sie ist auch sehr deutlich, wenn ein erneuter Reiz einfällt, bevor noch die Gipfel zu ihrer früheren Excursion zurückgekehrt sind; ja schon nach zwei Schlägen ist sie unverkennbar.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass auch bei Säugthieren die Vagusreizung einen anderen Effect hat auf die Vorkammercontraction als auf die Kammercontraction. Beide Systolen werden gleichmässig hinausgeschoben, aber die Vorkammersystole ist zu gleicher Zeit, und zwar allein geschwächt. Also auch hier ist ein doppelter Effect der Vagusreizung auf die Herzcontraction zu constatiren: eine Pausenverlängerung und eine Schwächung der Vorkammercontraction.

Der wirkliche Umfang der Schwächung wird um so grösser sein, da hier in Folge der längeren Pause der Vorhof stärker mit Blut gefüllt ist, und in Folge dessen bei gleich starker Contraction die Welle höher ausfallen musste.

Die Schwächung der Vorhofcontraction wird eine primäre Wirkung der Vagusreizung sein, und nicht einer etwa in Folge der Pausenverlängerung eingetretenen Herabsetzung der Muskelreizbarkeit, denn sie ist sehr ausgesprochen, selbst wenn die Pausenverlängerung nicht bedeutend ist.

In Bezug auf die Kammercurve liessen sich wohl manche Bedenken hervorheben. Es wäre möglich, dass eine etwa eingetretene Schwächung der Contraction sich nicht ausprägte. Aber aus Donders Untersuchungen geht zur Evidenz hervor, dass die Wellengipfel der Kammercurve nicht kleiner werden nach Vagusreizung.

Der auf dem Vorhof liegende Hebel wurde nicht in Folge des Bluteintrittes gehoben, der sich übrigens in der Curve schön markirt, sondern durch die active Zusammenziehung des Vorhofes. Bei jeder Systole nämlich schnellt der Vorhof mit grosser Kraft nach vorne (an dem Versuchsthier nach oben), und hebt auf diese Weise den Hebel.

Zu bemerken ist noch, dass bei geringerer Wellenhöhe das Curvenniveau während der Diastole doch nicht heruntersinkt.



Die Schwächung der Contractionen scheint ungefähr so lange zu dauern, als die Pausenverlängerung.

Man könnte erwarten, dass eine noch nicht hinausgeschobene Vorhofsystole, die auf einen Reiz folgt, geschwächt sein könne. Ich habe diesen Fall nicht beobachten können.

Es wären überhaupt noch manche Punkte zu erörtern, die für den Frosch besprochen wurden. Meine Experimente jedoch sind nicht zahlreich genug, um die gewünschte Auskunft zu geben.

---

#### Erklärung der Tafel IV.

(Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 7 u. 8 sind von *Rana esculenta*; Fig. 6 vom Kaninchen.)

In allen 8 Figuren bedeutet K die Kammercurve, V die Vorkammercurve, I die Linie, auf welcher die Reizmomente x verzeichnet sind, endlich auf M ist die Zeitdauer vermerkt.

- Fig. 1. Kammer und Vorkammercurve nach Reizung des Vagus. Die Pausenverlängerung erstreckt sich durch 8 Herzperioden, und schliesslich bleibt der Rhythmus dauernd verlangsamt. Die erste hinausgeschobene Kammersystole ist allein geschwächt, aber so wenig, dass es der genauesten Messung bedarf, um die Schwächung nachzuweisen. Die Schwächung der Vorkammersystolen erstreckt sich auf 6 Systolen. Die Intensität der letzteren Schwächung ist jedoch nicht bedeutend. (Frosch.)
- Fig. 2. Eine Kammercurve, die nach dem Einfall des Reizes zwei Eigentümlichkeiten zeigt: erstens eine sehr ausgesprochene Treppe, wie man sie in der Regel nur nach einer Pausenverlängerung von einer halben Minute beobachtet; und zweitens eine Beschleunigung des Rhythmus von der zweiten Herzperiode ab, die auf den Reizmoment folgt. (Frosch.)
- Fig. 3. Kammer und Vorkammercurve. Nach Einfall des Reizes stellt sich eine kleine Pausenverlängerung ein. Die Excursion der Kammersystole ist nicht beeinträchtigt, wohl aber die der Vorkammersystole. Das Bemerkenswerthe ist hier, dass die erste auf den Reiz folgende Vorkammersystole, die noch nicht hinausgeschoben ist, doch schon geschwächt ist. (Frosch.)
- Fig. 4. Vorkammercurve, die noch deutlicher als die vorige den Fall zeigt, wo eine noch nicht hinausgeschobene Systole geschwächt ist. Die zweite Systole ist ad maximum geschwächt: sie deutet sich nur durch eine kaum merkbare Einbiegung der Linie an. (Frosch.)
- Fig. 5. Kammer und Vorkammercurve. Der Reiz bringt keine Abänderung im Rhythmus hervor, wohl aber eine extensive Schwächung der Vorkammersystole. (Frosch.)

- Fig. 6. Kammer- und Vorkammercurve vom Kaninchen, erstere durch Lufttransport, letztere durch einen Hebel registriert. Viermal ist gereizt worden. Nach dem Reize tritt eine Pausenverlängerung ein, die sich über mehrere Perioden hinzieht. Die Kammersystolen zeigen gar keine Aenderung, während die Vorkammersystole durch jeden Reiz geschwächt wird. Treppenförmiges Ansteigen der Vorkammerwellen nach jedem Reize.
- Fig. 7. Kammer- und Vorkammercurve; deren Verlauf ohne das gereizt wurde. Die Periodendauer ist bedeutenden Schwankungen unterworfen, bis zu zwei Schwingungen der Stimmgabel ( $\frac{2}{15}$  Sec.) von einem Schläge zum andern. (Frosch.)
- Fig. 8. Kammer- und Vorkammercurve. Nach Einfall des Reizes tritt eine mittelstarke Pausenverlängerung ein; die hinausgeschobenen Kambersystolen sind gar nicht geschwächt, sondern die zwei ersten sind sogar etwas stärker als vor der Reizung. Die zwei oder drei ersten hinausgeschobenen Vorkammersystolen sind, obschon nicht stark, doch sehr deutlich geschwächt.

---

### Schreiben von Professor I. Rosenthal in Erlangen an den Herausgeber.

---

Erlangen, den 2. März 1874.

Im neuesten Heft Ihres Archivs thut mir Herr Gruenhagen die Ehre an, gegen mich in ziemlich heftiger Weise zu Felde zu ziehen. Die »zwei electrophysiologischen Streitpunkte«, welche ihm dazu Veranlassung geben, betreffen erstens seine Theorie des Electrotonus, zweitens seine Theorie der secundären Zuckung. Was nun den ersten Punkt anlangt, so begreife ich nicht, wie Herr Gruenhagen dazu kommt, mich mit Herrn Hermann zu identificiren. Herr Gruenhagen sagt, Hermann's Theorie des Electrotonus sei im Wesentlichen mit der von ihm schon früher aufgestellten identisch, Hermann suche vergebens sie von der seinen zu trennen und ich (Rosenthal) »leiste ihm bei seinen Differenzirungsbestrebungen bereitwilligen Beistand«. Nun habe ich zwar niemals eine Ansicht über Hermann's Theorie des Electrotonus geäußert, weder eine zustimmende, noch eine abweichende. Ich habe einfach im Centralbl. f. d. med. Wiss. über Hermann's Arbeiten referirt und

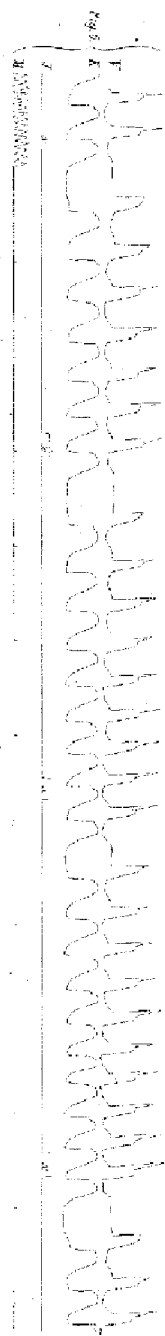
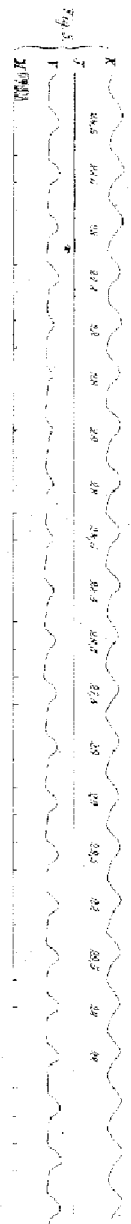
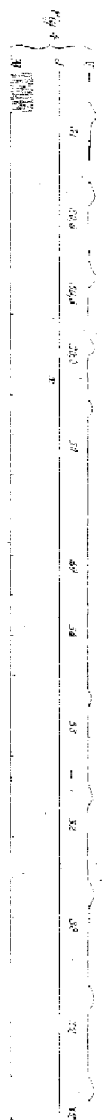
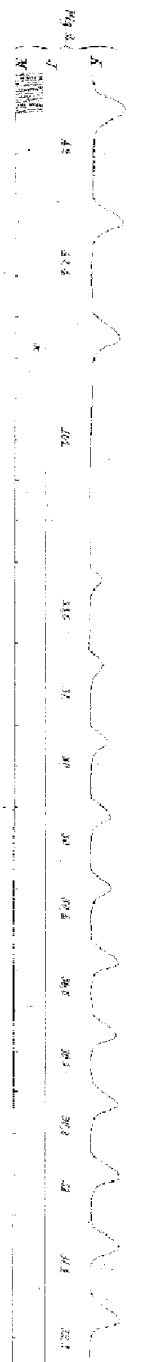


Fig. 7.

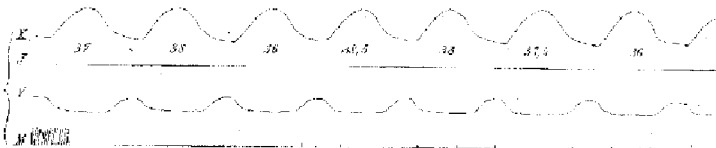


Fig. 8.

