Versuche über das Verhalten von Nervencentren gegen äussere Reize.

Von

Dr. **R. Marchand,**

Assistenten am physiolog. Institut zu Halle a. d. S.

Hierzu Tafel VII, VIII, IX, X.

Die Wirkung der direkten Reizung von Centralorganen ist bisher noch wenig untersucht worden. Man hat meist auf den vorhandenen Nervenbahnen den Centralorganen Erregungen zugeführt und die eintretenden Reflexe unter verschiedenen Bedingungen beobachtet, wenn man auch in vielen Fällen eine directe Reizung von Centralorganen auf chemischem oder electricischem Wege ausgeführt hat. Im letzteren Falle hatte man aber mehr im Auge, die Function einzelner Abschnitte der Centralorgane festzustellen, als die allgemeinen Eigenschaften derselben zu ermitteln.

Will man ein Nervencentrum in Verbindung mit einem Organ, aus dessen Zuständen man auf Eigenschaften des Nervencentrums schliessen kann, dem Versuch unterwerfen, so eignet sich unter allen Organen der Amphibien, welche Centra in sich enthalten, das Herz hierzu gewiss am meisten, da die in ihm gelegenen Centra äusseren Eingriffen gegenüber relativ leicht zugänglich sind. Es war daher meine Absicht, im Anschluss an die von Eckhard¹⁾ und H. Munk²⁾ gemachten Versuche einer direkten Reizung der Ventrikelganglien das Verhalten dieser und womöglich auch anderer Centralorgane unter dem Einfluss verschiedenartiger

1) Eckhard, Beiträge II, S. 144. III, S. 119.

2) H. Munk, Tagebl. der 36. Naturf.-Vers. zu Speyer, 1861 S. 46. Verh. d. physiol. Ges. z. Berlin, 25. II. 1876.

Reize, verschieden auch an Dauer und Intensität, näher zu untersuchen.

Ich möchte es hier besonders hervorheben, dass ich keineswegs glaube, etwas vollständiges oder fertiges über den Gegenstand zu bringen; ich wünsche vielmehr, dass die folgenden Beobachtungen nur als ein Versuch angesehen würden, der Lösung der bezeichneten Aufgabe näher zu kommen.

Es ist bekannt, dass der Ventrikel des Froschherzens, der durch einen Schnitt über der Grenze gegen die Atrien von diesen abgetrennt worden ist, ein in seinem Verhalten wesentlich verschiedenes Präparat darstellt von demjenigen, welches man erhält, wenn man von dem Ventrikel noch etwa das obere Drittel entfernt, der sogenannten „Herzspitze“. Es kann ferner kein Zweifel darüber sein, dass Unterschiede zwischen beiden Präparaten, wenn man zunächst vom Bulbus aorticus absieht, nur durch das Vorhandensein oder Fehlen der nahe der Grenze des Ventrikels gelegenen centralen Apparate, d. h. also der Ganglien nebst den dort befindlichen Nervenfasern, bedingt sein können, die, soweit bis jetzt bekannt, den einzigen wesentlichen morphologischen Bestandtheil darstellen, durch den sich beide Präparate von einander unterscheiden. Man wird demnach, wenn man gewisse Reize auf diese beiden Präparate einwirken lässt, aus dem Unterschiede in dem Verhalten derselben auf Eigenschaften der bezeichneten nervösen Bestandtheile Schlüsse machen können.

Es sollten nun in den folgenden Versuchen Reize auf die genannten Gebilde möglichst direkt einwirken. Es war daher nöthig, die Reize möglichst zu localisiren; namentlich war es in Versuchen, bei denen sehr grosse Intensitäten der (electrischen) Reize erforderlich waren, nothwendig, die Reize möglichst direkt die Gegend der Ganglien treffen zu lassen, um sie nicht abzuschwächen. Es konnte daher das zu den Versuchen dienende Präparat nur das aus dem Körper entfernte blutleere Herz sein, dagegen das mit Blut oder anderen Flüssigkeiten gefüllte, resp. mit einem künstlichen Kreislauf versehene Herz, welches über das Verhalten des Gesammtorgans unter verschiedenartigen Bedingungen so viele Aufschlüsse gegeben hat, hier nicht angewendet werden.

A. Versuche am Froschherzen.

I. Versuche mit mechanischer Reizung.

Das Ergebniss der Versuche über mechanische Reizung der an der Grenze des Ventrikels gegen die Atrien gelegenen Ganglien lautet dahin, dass man durch dieselbe Reihen von Pulsationen des Ventrikels erhält, die nach H. Munk's Angabe¹⁾ „in zunehmenden Intervallen“ erfolgen. Wie schon die direkte Beobachtung zeigt, noch besser aber durch Aufschreiben der so erhaltenen Pulse auf die rotirende Trommel mittelst des unten zu beschreibenden Apparates anschaulich gemacht werden kann, vergeht zwischen der ersten und zweiten Contraction meist eine merklich längere Zeit als zwischen den zunächst folgenden Contraktionen.

Entfernt man den oberen Theil des Ventrikels durch einen Schnitt, so kann man an dem nun von den Ganglien befreiten Präparat durch einmalige mechanische Reizung keine derartigen Reihen von Pulsationen mehr erhalten. Es antworteten diese Präparate auf die Reizung in meinen Versuchen stets nur mit einer Contraction.

Es war nach diesen Erfahrungen zu vermuthen, dass sich auch Reizen anderer Art gegenüber ähnliche Unterschiede zwischen den beiden Präparaten herausstellen würden. Ich ging daher zunächst zur Anwendung chemischer Reize über. Die Application derselben ist ihrer Natur nach eine dauernde, während der mechanische Reiz zunächst in einer sehr schnell vorübergehenden Einwirkung bestand.

II. Versuche mit chemischer Reizung.

Ich wählte von den zahlreichen Stoffen, die man hier auf ihre Wirkungsweise prüfen kann, einzelne Alkalien und Säuren aus. Von den ersteren habe ich Versuche mit Ammoniak und mit Kalihydrat, von den letzteren besonders mit Salzsäure angestellt.

Die zu diesen Versuchen angewendeten Präparate — es gilt dies auch für die unten folgenden Versuche mit Temperaturänderung und electrischer Reizung — wurden so hergestellt, dass an dem aus dem Frosch herausgenommenen Herzen der Ventrikel durch einen nahe über der Grenze desselben durch die Atrien ge-

1) S. H. Munk a. a. O.

führten Schnitt abgetrennt wurde. Bisweilen habe ich den Bulbus aorticus mittelst einer feinen Scheere aus dem Ventrikel herausgeschnitten und die Reste des Atrium sorgfältig zu entfernen gesucht, um ein Präparat zu erhalten, das möglichst aus dem Ventrikel allein bestand; indessen kann man doch kaum die Atrien und das Septum atriorum vollständig entfernen, ohne die Ventrikelganglien mechanisch zu verletzen. Auch bei der Entfernung des Bulbus kommt man denselben so nahe, dass man sie leicht mechanisch reizt. Derartige Präparate zeigen dann eine hervorragende Neigung zu scheinbar spontanen Pulsationen und lassen sich aus diesem Grunde weniger gut zu den Versuchen verwenden. Es kommen indessen auch Präparate vor, die, ohne dass eine derartige Verletzung vorgekommen wäre, in grösseren Zwischenräumen einzelne „spontane“ Pulse ausführen. Solche Präparate lassen sich meist trotzdem zu den Versuchen verwenden, da die durch die Reizungen hervorgerufenen Pulsationsphänomene so charakteristisch sind, dass sie durch einzelne vorausgegangene Spontanpulse nicht merklich getrübt werden. Die Präparate mit oder ohne Bulbus, mit oder ohne Reste der Atrien scheinen sich übrigens so gleichartig zu verhalten, dass ich von diesen ziemlich schwierigen Präparationen meist Abstand genommen habe.

Brachte ich das Präparat mit seiner oberen Fläche, also mit der Atrioventricularöffnung, über eine wässrige Lösung von Ammoniak, die fast concentrirt war, so traten schon bei einiger Entfernung von der Flüssigkeit Contractionen auf, die auch einige Zeit fort dauerten, wenn die Flüssigkeit weggenommen wurde. Dieselben Contractionen erhielt ich, wenn ich auf dieselbe Stelle ein wenig sehr verdünnte Ammoniak-Lösung brachte. Als Unterlage für das Präparat diente in diesem Falle ein Korkstück, in dessen oberer lackirter Fläche sich ein von zwei schiefen Wänden begrenzter Ausschnitt befand. Ich legte das Präparat so auf eine der schrägen Flächen, dass die Atrioventricularöffnung nach oben gerichtet war. Auf diese legte ich ein Bäschchen von Fliesspapier, wenige Millimeter lang und ein bis zwei Millimeter breit, das mit der zu untersuchenden Lösung getränkt war. Das Präparat wurde dann mit einer gläsernen Halbkugel bedeckt, die als feuchte Kammer diente.

Gleich nachdem das mit der verdünnten Ammoniak-Lösung getränkte Bäschchen auf die Atrioventricularöffnung gebracht

worden war, begannen heftige und schnelle Contractionen, die indessen bald aufhörten. Es zeigte sich, dass jetzt schon der obere Theil des Ventrikels starr geworden war. Dasselbe erfolgte auch sehr bald, wenn man ein Präparat mittelst einer durch seine äusserste Spitze gestossenen feinen Nadel aufhing und nun starke Ammoniaklösung unter die unten befindliche Atrioventricularöffnung brachte: Die anfangs deutlichen Contractionen wurden rasch fast unsichtbar klein und bald trat Starrwerden der Ventrikelmasse ein.

Beide Versuchsmethoden gaben mit der Herzspitze in 7 Versuchen mit 7 frischen Präparaten von z. Th. sehr erregbaren Fröschen, die Ende September eingefangen waren, übereinstimmend das Resultat, dass das Präparat sehr bald unerregbar und starr wurde, ohne dass Contractionen eingetreten wären. Auch eine sehr verdünnte Lösung von Ammoniak zeigte sich unwirksam.

Eine einprocentige Lösung von Kalium-Hydroxyd bewirkte, auf die Atrioventricularöffnung des Ventrikels gebracht, Reihen von Pulsationen, während die Herzspitze, deren Querschnitt in die Lösung getaucht wurde, in 5 Versuchen sich ruhig verhielt, in 8 Versuchen durch die Lösung zu einer bis vier Contractionen angeregt wurde. Die sämmtlichen hier verwendeten Präparate stammten von Fröschen, die im September eingefangen waren. Eine grössere Anzahl von Contractionen wurde von der Herzspitze nicht erhalten, wahrscheinlich weil der Querschnitt durch die stark alkalische Lösung zu schnell ertödtet wird. Legte man einen neuen Querschnitt an, so konnte man beim Eintauchen desselben abermals einzelne Contractionen beobachten. Im Ganzen wirkte die Lösung weniger verderblich als das Ammoniak.

Eine Lösung von 1 Vol. käuflicher reiner Salzsäure in 60 Vol. aq. destill. versetzte den Ventrikel, auf dessen Atrioventricularöffnung sie im Fliesspapierbüschchen gebracht wurde, in heftige Contractionen. Noch stärker wirkte eine Lösung von 1 Vol. Salzsäure auf 30 Vol. aq. destill. Die Contractionen dauerten stets längere Zeit fort. Dieselben Lösungen in derselben Weise auf den Querschnitt der Herzspitze gebracht, zeigten sich unwirksam; indessen habe ich beim Eintauchen des Querschnitts frischer Herzspitzen von sehr erregbaren Fröschen (vom September) in die Lösung von 1 Vol. : 30 Vol. in einem Falle 3, in einem anderen 2 Contractionen erhalten. Der Theil des Präparates, welcher mit

der Lösung in direkter Berührung gewesen war, wurde sehr bald starr.

Es geht aus allen den beschriebenen Versuchen hervor, dass mannichfache chemische Reize, auf die Ganglien des Ventrikels gebracht, Reihen von Pulsationen desselben hervorrufen, — besonders mache ich auf die Wirksamkeit des Ammoniaks aufmerksam, welches ja vom motorischen Nerven aus den Muskel nicht zur Zuckung bringt — während die Herzspitze sich durch die hier angewendeten starken chemischen Reize entweder gar nicht in Contraction versetzen liess oder doch nur eine oder einige wenige Zuckungen lieferte.

Anmerkung. Bei J. Schiffer, de gasorum quorundam in cordis actionem efficacitate, diss. inaug. Berlin 1863, finden sich einige von Rosenthal angestellte Versuche erwähnt, die mit den meinigen Aehnlichkeit haben. R. hatte gefunden, dass HCl und NaHO das „Herz ohne Sinus“ erregten, concentrirte Lösung von NaCl vom Querschnitt des Ventrikels allein Contractionen hervorriefen. Aether und Chloroform waren wirkungslos. Schiffer giebt an, dass das NaCl nicht erregend wirke, wenn der Querschnitt der Spitze zu nahe sei und fügt hinzu, dass das Herz ohne Sinus durch 2procentige NH_3 -Lösung erregt wird und dass diese Lösung auf den Ventrikelquerschnitt nicht wirkt. Ebenso verhalte sich eine Milchsäurelösung von 5 Tropfen auf 25 ccm aq. dest.

III. Versuche mit Temperaturänderung.

Ich fasse unter dieser Ueberschrift Versuche zusammen, bei denen die Wirkung einer allmäligen oder einer plötzlichen Aenderung der Temperatur des Präparates beobachtet wurde. Das Ventrikelpräparat wurde bei diesen Versuchen mit der der Atrioventriculargrenze benachbarten Parthie in ein Gefäss mit 0,75-procentiger NaCl-Lösung von bestimmter Temperatur eingetaucht. Von dem Einfluss der Kochsalzlösung selbst, die ja durchaus keine dem Herzpräparat gegenüber indifferente Flüssigkeit ist ¹⁾, wurde dabei zunächst abgesehen. Ich hätte Froschserum zu den Versuchen verwendet, wenn mir dasselbe in genügenden Mengen zu Gebote gestanden hätte. Indessen ist die Versuchsbedingung, welche durch die NaCl-Lösung eingeführt ist, constant, und wenn auch die Veränderungen, welche dieselbe hervorbringt, während der Versuche fortschreiten, so sind dieselben doch gegenüber den starken Einwirkungen von Seiten der Temperaturänderungen zu vernachlässigen,

1) S. Merunowicz, Arb. a. d. physiol. Inst. z. Leipzig 1875, S. 148.

was daraus hervorgeht, dass eine mehrmalige Wiederholung des Versuches fast dieselben Resultate ergab (s. u.).

Das Ventrikelpreparat — es bestand aus dem ganzen Ventrikel mit Bulbus, oder aus dem ersteren allein — war mittelst einer feinen Nadel, die die Spitze des Präparates durchbohrte, an einer geeigneten einfachen Vorrichtung aufgehängt, welche gestattete, das Präparat aus der Lösung herauszuheben und wieder ebenso tief als vorher, nämlich etwa 3—4 mm, in dieselbe einzutauchen. Das Schälchen, welches die Kochsalzlösung enthielt, stand auf einem Wasserbade. In der Lösung, ganz nahe dem Herzpräparat, befand sich das Quecksilbergefass eines feinen Thermometers, an dem die Temperatur der Lösung abgelesen werden konnte. Ein daneben stehendes Gefäss, welches 0,75-procentige Kochsalzlösung von Zimmertemperatur enthielt, wurde zur Wiederabkühlung des Präparates benutzt. Ich bezeichne das letztere Gefäss als „kaltes Bad“ im Gegensatz zum ersteren, dem „warmen Bade“. In das kalte Bad tauchte ebenfalls ein Thermometer ein. Das Präparat nahm, soweit es eintauchte, jedenfalls sehr bald die Temperatur der Flüssigkeit an.

Die Erscheinungen, welche man bei der Erwärmung erhält, sind verschieden, je nachdem das Präparat schon vor der Erwärmung pulsierte oder in Ruhe war, verschieden ferner, je nachdem die Erwärmung eine plötzliche oder eine allmälige war. Bestanden schon Contractionen, so zeigte es sich, dass diese bei der Erwärmung, mochte sie nun plötzlich oder allmählig geschehen, eine Beschleunigung erfuhren, die um so grösser wurde, je mehr die Temperatur anstieg. Bestanden keine Contractionen, so traten dieselben bei plötzlicher Steigerung der Temperatur um eine gewisse, individuell verschiedene Grösse auf; bei allmählicher Erwärmung war das Verhalten ein sehr verschiedenartiges: Einige Präparate starben bei einer gewissen Höhe der Temperatur ab, fast ohne dass überhaupt Pulsationen aufgetreten waren (s. Vers. I, 7), andere begannen zu pulsiren, wenn die Temperatursteigerung einen gewissen Grad erreicht hatte, und es trat bei weiterer Erwärmung eine fortdauernde Beschleunigung ein. Bei hohen Temperaturen (zwischen 35 und 42°) kamen die Präparate zum Stillstand¹⁾.

1) Vgl. E. Cyon, über den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. Berichte üb. d. Verh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. 1866. S. 258, 271.

Durch Abkühlung auf eine beträchtlich niedrigere Temperatur werden die Contractionen, wenn schon höhere Temperaturen eingewirkt hatten, meist zum Aufhören gebracht, während sie bei neuer Erwärmung wieder auftreten. Eine solche Beruhigung und Wiedererweckung der Pulsationen habe ich häufig beobachtet. Zuweilen kam es jedoch vor, dass die Präparate im kalten Bade fortpulsirten, namentlich wenn sie noch keinen sehr hohen Temperaturen ausgesetzt gewesen waren.

Man kann ferner eine andere Erscheinung an den Präparaten beobachten, die einer Ermüdung und Erholung ähnlich ist. Hat man nämlich das Präparat auf eine beträchtliche Temperatur, etwa 40° , erwärmt, so nehmen die Pulsationen, die Anfangs mit grosser Heftigkeit und äusserst rasch hintereinander erfolgten, allmählich ab, werden kleiner und langsamer und das Präparat kommt endlich zur Ruhe. Lässt man das Präparat bei derselben Temperatur in der Flüssigkeit hängen, so treten keine Contractionen wieder auf. Bringt man es jetzt in das kalte Bad, so stellen sich bisweilen schon von selbst hier wieder Pulsationen ein, immer treten dieselben jedoch auf, wenn man das Präparat nun von neuem erwärmt, falls dasselbe noch nicht durch allzustarke Erwärmung unregbar geworden war.

In Bezug auf die Thätigkeit, welche bei der Erwärmung eintritt, ist es die Frage, ob die constante höhere Temperatur den vollständigen Ventrikel zu Pulsationen veranlassen kann, oder ob es im wesentlichen nur die Aenderung der Temperatur ist, welche erregend wirkt. Die erste Frage lässt sich nach den widersprechenden Resultaten der Versuche mit allmählicher Erwärmung (s. z. B. Vers. 7 u. 9, neben 16 u. 19b) nicht entscheiden. Jedenfalls ist die Wirkung der allmählichen Erwärmung beim ruhenden Präparat nicht vorherzusagen. Starke und sehr plötzliche Steigerungen der Temperatur wirken dagegen sicher erregend auf das die Ganglien enthaltende Ventrikelpräparat, während an der Herzspitze weder durch allmähliche noch durch plötzliche Erwärmung sich jemals Contractionen erhalten liessen, trotzdem die Präparate eine unverminderte Erregbarkeit gegen mechanische Reize zeigten.

I. Versuche mit allmäliger Erwärmung.

7) 2. August 1877. Mittलगrosser Ventrikel. Steht still.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 40'	26° C.	} Präparat bleibt in Ruhe.
43'	30 "	
45,5'	36 "	
50'	42 "	
52'	45 "	
57'	49 "	
57,2'	50 "	

Das Präparat wird herausgehoben. Dabei beginnen einige leichte Contractionen. Die Oberfläche, soweit sie eingetaucht war, erscheint starr.

9) 30. Juli 1877. Ventrikel. Steht still.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
12 h 30'	28° C.	} Präparat bleibt in Ruhe
38'	33 "	
39,5'	36 "	
41,5'	40 "	
45'	45 "	
47'	48 "	4 Contractionen m. langen Pausen. Präparat heraus- gehoben. Nochmaliges Eintauchen unwirksam.

21) 22. Febr. 1878. Ventrikel. Bulbus fast ganz entfernt. Präparat steht still. Die Erwärmung hat nur ganz vereinzelt Contractionen zur Folge. Beginn derselben bei 30,2°.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 40'	20,8° C.	} Präparat bleibt in Ruhe
45'	21 "	
46'	21,7 "	
48'	23 "	
50,5'	25 "	
53,5'	28 "	
55,5'	30 "	
—	30,2 "	1 Contraction
—	30,4 "	1 C. 1).
56,5'	31 "	1 C.
57,5'	31,8 "	
59'	33 "	1 C.
59,2'	33,4 "	

1) C. = Contraction.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
12 h 0'	34 ° C.	1 C.
1'	35 "	
1,5'	35,5 "	1 C.
2'	36 "	
3'	36,3 "	1 C.
3,5'	37 "	1 C.
4,5'	38 "	} Ruhe.
6'	39 "	
8'	41 "	

16) 24. Jan. 1878. Mitteltrosser Ventrikel. Bulbus vollständig entfernt. Präp. steht still. Beginn von Contractionen bei 33°. Stillstand bei 41°. Wiederbeginn bei Abkühlung. Unerregbarkeit der Herzspitze.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
4 h 0'	16,8° C.	} Präparat ruht.
5'	16,8 "	
7'	21 "	
9'	25,6 "	
10'	28,5 "	
12'	33 "	Beginn einzelner Pulse. Dann Ruhe.
13'	36 "	Schnelle Pulsationen
13,5'	38 "	Dauern langsamer fort.
14,5'	41 "	Präp. steht still. Wird herausgenommen und in's kalte Bad getaucht.
Kaltes Bad	14 "	Einzelne Contractionen.
4 h 22'		Lebhafte Pulse mit Pausen.
55		Anhaltende Pulsation.

Abtragung des oberen Drittels vom Ventrikel. Präp. steht still. Ist mechanisch erregbar. Wird allmählich erwärmt.

4 h 58'	18 ° C.	} Präp. bleibt ruhig.
3 h 0'	24,5 "	
2'	35,5 "	
4'	40 "	

19 b) 26. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus nicht vollständig entfernt. Es ist mit demselben Präparat schon Versuch 19 a angestellt (s. u.) Präp. steht still. Beginn von Contractionen bei 15°. Stillstand bei 36°. Wiederbeginn bei Abkühlung nach längerer Pause. Contractionen alle drei Minuten gezählt.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 22'	12,7° C.	} Ruhe.
23'	12,8 "	

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
11 h 24'	13 ° C.	} Ruhe.
25'	13,5 "	
26'	14,4 "	
26,5'	15 "	
28'	16,6 "	Beginn der Contract. 8
29'	18 "	C. in 1/2 Min. halten an.
30'	19,5 "	12 C. in 1/2 Min.
31'	21 "	
32'	22,5 "	
33'	24,5 "	21 C. in 1/2 Min.
34'	26 "	
35'	28 "	
36'	30 "	23 C. in 1/2 Min. werden kleiner.
37'	31,5 "	
38'	33 "	
39'	34,5 "	Unregelmässige kleine Contractionen.
40'	36 "	Stillstand.
Präparat wird ins kalte Bad getaucht.		
1 h 15'	15,4 ° C.	Ruhe.
3	13,3 "	Präp. pulsirt.

20) 21. Februar 1878. Grosser Ventrikel ohne Bulbus. Beginn der Contractionen bei 20,6° C.

Zeit	Temp. der Lösung	Verhalten des Präparates
1 h 0'	19,8° C.	Ruhe.
1,5'	20,6 "	1 C.
	21 "	1 C.
2'	21,7 "	1 C.
	22 "	1 C.
3'	22,7 "	
	23,1 "	1 C.
	23,3 "	1 C.
	23,5 "	1 C. Werden häufiger.
4'	24 "	5 C. in je 1/2 Min.
5,5'	26 "	10 C. in 1/2 Min.
6'	27 "	
7'	28 "	13 C. in 1/2 Min.
9'	30 "	15 C. in 1/2 Min.
13'	34,5 "	Herz herausgehoben.

17) 25. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus vollständig entfernt. Auf die Präparation folgen einzelne Contractionen, die im kalten Bade fort-dauern. Zwischen 33 und 35° C. Stillstand. Wiederbeginn im kalten Bade.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
11 h 17'	K.B. ¹⁾	13,2° C.	Einzelne C.
18'	W. B.	16,5 „	9 C. in je 1 Min.
20'		18,5 „	8 C. in $\frac{1}{2}$ Min.
22'		22 „	9 C. „ $\frac{1}{2}$ „
24'		24,5 „	11 C. „ $\frac{1}{2}$ „
26'		27,5 „	15 C. „ $\frac{1}{2}$ „
28'		30,3 „	18 C. „ $\frac{1}{2}$ „
31'		32,7 „	22 C. „ $\frac{1}{2}$ „
		35 „	Stillstand nachdem die Contractionen immer schwächer geworden. Herz herausgehoben.
52'	K. B.	13,7 „	Ruhe Einzelne C. 5 in je $\frac{1}{2}$ Min.
12 h 30'			4 C. in $\frac{1}{2}$ Min.

18) 25. Januar 1878. Ventrikel ohne Bulbus. Stillstand bei 42°. Wiederbeginn bei Abkühlung.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 55'	K. B.	14 °C.	Einzelne C.
4 h 8'	W. B.	16 „	4 C. in $\frac{1}{2}$ Min.
10'		21,6 „	12 C. in $\frac{1}{2}$ Min.
12'		27 „	21 C. in $\frac{1}{2}$ Min.
14'		36 „	26 C. in $\frac{1}{2}$ Min.
15'		40 „	Schnelle kleine C.
		42 „	Stillstand.
	K. B.	13,8 „	4 C. in $\frac{1}{2}$ Min.

II. Versuche mit plötzlicher Erwärmung.

14) 23. Januar 1878. Grosser Ventrikel. Bulbus entfernt. Es folgen einige Contractionen. Dann steht das Präp. still. Beginn der Contractionen bei 29° C. (Differenz des W. B. gegen das K. B. = 13° C.) Es erfolgt bald wieder Stillstand, indem jedesmal die Contractionen nur kurze Zeit anhalten, wenn das Präp. ins W. B. gebracht wird, nachdem es wieder abgekühlt war.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 0'	K. B.	16° C.	} Präp. bleibt ruhig.
12'	W. B.	21 „	
14'	K. B.	16 „	
16'	W. B.	24 „	
17'	K. B.	16 „	

1) K. B. = Kaltes Bad. W. B. = Warmes Bad.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
3 h 20'	W. B.	26 ° C.	} Präp. bleibt ruhig.
21'	K. B.	16 "	
23'	W. B.	29 "	1 C. dann Ruhe.
25'	K. B.	16 "	Ruhe
27'	W. B.	32 "	9 C. in 1/2 Min. Dann Ruhe.
28'	K. B.	16 "	Ruhe.
30'	W. B.	34 "	10" Ruhe, dann 16 C. in 40" dann Ruhe.
32'	K. B.	16,7 "	Ruhe.
40'	W. B.	38 "	Gleich 57 C. in 1 Min., dann Ruhe.
47'	K. B.	16,5 "	Ruhe.
	W. B.	41 "	31 C. in 45" unregelmässig, verschieden gross und verschieden rasch. Dann Ruhe.
	K. B.	16,5 "	Ruhe.
51'	W. B.	41 "	29 Contr. in 40" dann Ruhe.
	K. B.	16,5 "	Ruhe.
53'	W. B.	42 "	Schnelle C. gleich nach dem Eintauchen.
	K. B.	16,5 "	Ruhe.
4 h 0'	Abtrennung des oberen Drittels vom Ventrikel. Herzspitze steht still. Ist mechanisch erregbar. Eingehängt ins:		
	K. B.	16,5 ° C.	} Ruhe.
	W. B.	41,5 "	

19a) 26. Januar 1878. Grosser Ventrikel ohne Bulbus, der indessen nicht ganz vollständig entfernt ist. Präp. steht still. Contractionen beginnen schon bei 14,5° (Diff. gegen das k. B. = 2,5°!)

Zeit	Bad.	Temp.	Verhalten des Präparats
10 h 0'	K. B.	11,5—12° C.	Ruhe.
20'	W. B.	14,5° C.	Gleich nach Eintauchen beginnen Contractionen 4 in je 1 Min.
	K. B.	12,2° "	Ruhe.
26'	W. B.	14,4° "	Nach 1 Min. 1 C. bei 14,8°. Dann je 2 C. in 1/2 Min.
37'	K. B.	12,5° "	Je 2 C. in 1 Min. allmählig beschleunigt auf je 5 C. in 1 Min.
40'		12,8° "	" 5 C. " 1 "
43'		13° "	" 6 C. " 1 "
49'		13,3° "	" 6 C. " 1 "
51'	W. B.	20,5° "	Gleich je 20 C. in 1 Min.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
10 h 52,5'	K. B.	13,5° C.	je 7 C. in 1 Min.
57'		13,5° "	" 6 C. " 1 "
11 h 11'		13,9° "	" 8 C. " 1 "
12'	W. B.	30° "	" 68 C. " 1 " anfangs schneller werdend; allmählich langsamer.
20'	K. B.	14,5° "	Ruhe.

15) 24. Januar 1878. Ventrikel (Bulbus vollständig entfernt). Steht still. Dann spontane Pulse. Stillstand bei anhaltender Erwärmung auf hohe Temperaturen. Wiederbeginn der Contractionen nach der Abkühlung. Un-erregbarkeit der Herzspitze.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
11 h 8'	K. B.	14,7° C.	Ruhe.
		15° "	C. beginnen, je 6 in 1 Min.
25'	W. B.	21° "	je 21 C. in 1 Min.
	K. B.	15,3° "	Ruhe. Dann einzelne C.
37'	W. B.	23° "	je 19 C. in 1 Min.
	K. B.	15,8° "	" 8 C. " 1 "
52'	W. B.	39,2° "	" 66 C. " 1 "
	K. B.	15,9° "	Ruhe.
57'	W. B.	37,2° "	Schnelle C. werden langsamer und schwächer.
		Temp. sinkt.	
12 h 0'		36,2° C.	Ruhe.
	K. B.	15,9° "	Ruhe.
6'	W. B.	34° "	1 Min. lang C., dann Ruhe.
	K. B.	15,9° "	Ruhe.
11'	W. B.	33° "	Contractionen. Bald Ruhe.

Oberes Drittel des Ventrikels abgetrennt; Herzspitze, mechanisch gut erregbar, eingetaucht.

20'	K. B.	15,9° C.	Ruhe.
	W. B.	34,5° C.	Ruhe.

24) 26. September 1878. Ventrikel mit Bulbus. Letzteres pulsirt spontan ohne den Ventrikel.

Stillstand bei anhaltender starker Erwärmung. Wiederauftreten der Ventrikelpulsationen nach Abkühlung.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
12 h 46'	K. B.	19,3° C.	Ruhe.
48'			Es beginnen C. je 5 in 1 Min.
51'	W. B.	41° "	Ganz rasche unregelmässige C.

Zeit	Bad	Temp.	Verhalten des Präparates
	K. B.	19,8° C.	Ruhe. Dann je 29 C. in 1 Min.
12 h 57'	W. B.	40,5° "	10 C. in 9". Dann Ruhe. Dann einige peristaltische C. Dann bleibende Ruhe.
59'	K. B.	20° "	Ruhe.
1 h 0'	W. B.	39,5° "	42 rasche C. Dann Ruhe.
2'	K. B.	20° "	Ruhe.
3'	W. B.	39,2° "	34 C. in 1/2 Min. Erst langsam, dann rasch, dann wieder langsam. Endlich Ruhe.

Mit ganz frischen Herzspitzen wurden mehrere Versuche mit plötzlicher Erwärmung angestellt. Einmal wurde eine solche mit dem Querschnitt in Wasser von 55° C. getaucht, ohne dass Contraction eintrat, zweimal wurden plötzliche Erwärmungen von 18° bis auf 40° vorgenommen durch Eintauchen in 0,75 procentige Na Cl-Lösung, ohne dass irgend welche Contraction zu bemerken war.

IV. Versuche mit electricischer Reizung.

Es ist bekannt, dass durch den constanten Strom eben sowohl der unverletzte Ventrikel als die Herzspitze in Reihen von Pulsationen versetzt werden können. Ich habe von dieser Reizungsart deshalb abgesehen und mich auf die Untersuchung der Wirkung einzelner Inductionsschläge beschränkt.

Ich ging bei der Anwendung dieser Reize von dem Gedanken aus, ob man nicht durch electricische Reize, die eine fast momentane Einwirkung darstellen, vielleicht ebenso eine Reihe von Pulsationen erhalten könne, wie es bei der Anwendung des einmaligen mechanischen Reizes geschieht. Ich verfuhr daher anfangs folgendermassen:

Ich legte ein Froschherz, welches durch Abtrennung des Sinus zum Stillstande gebracht worden war, so auf ein paar Electroden-drähte, dass die Atrioventriculargrenze gerade auf diesen ruhte. Die Drähte waren mit der secundären Spirale eines grösseren Schlitteninductoriums verbunden, durch dessen primäre Spirale der Strom zweier Daniell'scher Elemente geschickt werden konnte. Die Schliessung und Oeffnung des primären Kreises geschah mittelst

einer Pohl'schen Wippe. Es stellte sich heraus, dass von einem Rollenabstande von 130 mm an durch Oeffnung des Stromes mit Sicherheit eine Contraction ausgelöst wurde. Dasselbe trat bei allen Abständen zwischen 130 und 40 mm ein, bei einem Rollenabstand von 40 mm folgten jedoch mehrere Contractionen auf die Oeffnung des Stromes. Dasselbe geschah bei allen geringeren Abständen. Zugleich zeigte es sich, dass die Zahl der Contractionen zunahm mit abnehmendem Rollenabstande. Das Herz wurde nun so verschoben, dass die Atrien, dann so, dass der Ventrikel auf den Electroden lag. In beiden Fällen war bei allen Rollenabständen die Oeffnung des Stromes nur von einer Contraction gefolgt. Das durch Trennung des Ventrikels im oberen Drittel erhaltene, als „Herzspitze“ bekannte Präparat antwortete auf Reize von jeder Intensität nur mit einer Zuckung. Diesen Versuch wiederholte ich mehrmals mit demselben Erfolg.

Lag die Atrioventriculargrenze mit ihrer Mitte auf einer Electrode auf, die bis auf die Spitze isolirt war und wurde die andere Electrode auf die Mitte der Grenze mit der Hand vorsichtig aufgesetzt, so konnten bei grösseren Stromstärken Reihen von 30 und mehr Pulsationen erhalten werden; und an diesen zeigte sich schon, dass nach dem ersten Puls eine kurze Pause eintrat, dann die Pulse erst rasch, dann langsamer auf einander folgten, bis endlich wieder Ruhe eintrat. Im Ganzen ging aus diesen Versuchen hervor, dass die Eigenschaft, auf eine einmalige starke Reizung durch einen Inductionsschlag Reihen von Pulsen zu geben, wenn man vom Bulbus aorticus absieht, von dem Vorhandensein des oberen Abschnittes des Ventrikels und speziell namentlich der Umgebung der Atrioventricularöffnung, des Ortes also, wo die Ventrikelganglien liegen, abhängig war. Ich habe nun den Versuch gemacht, diese Erscheinung, die Aufschlüsse über die Eigenschaften der genannten Ganglien zu geben versprach, näher zu untersuchen und mich dabei folgender Methode bedient:

Meine Absicht war es erstens, die Reizung womöglich nicht auf ausserhalb des Ventrikels etwa gelegene erregbare nervöse Apparate auszudehnen, den Ventrikel also möglichst zu isoliren, zweitens aber dies Präparat durch einen Inductionsschlag von bestimmter und willkürlich veränderlicher Intensität zu reizen und festzustellen, welche Abhängigkeit zwischen Intensität des Reizes und Erregung der Ganglien bestände.

Das benutzte Präparat war ebenso wie in den schon beschrie-

benen Versuchen der Ventrikel des Froschherzens, der in manchen Fällen noch mit dem Bulbus in Verbindung war und bisweilen auch noch mit Resten der Atrien zusammenhing. Ob dies der Fall war, ist in den Versuchen angegeben. Die Reizungselektroden wurden stets so angebracht, dass möglichst dichte Ströme durch die Ventrikularganglien gehen mussten.

Dabei war jedoch zu berücksichtigen, dass man den Ganglien selbst nicht zu nahe kam, da man durch mechanische Reizung oder Läsion derselben das Resultat des Versuches vereitelt haben würde. Die Elektroden — es dienten zwei feine Stahlnadeln als solche — wurden daher etwa an der Grenze des oberen gegen das mittlere Drittel der Vorderfläche des Ventrikels eingestossen. Die feinen zuführenden Drähte waren an sie angelöthet. Fig. 1 Tafel VII giebt die Anordnung des Präparates, welches senkrecht an den Elektrodennadeln aufgehängt war — sie dienten also zugleich als Träger desselben — und an einem feinen Häkchen, das die Spitze des Präparates durchbohrte, mittelst eines dünnen Fadens den sehr leichten Hebel des noch zu beschreibenden Apparates trug. Es bezeichnet B den Bulbus aorticus, der hart am Ansatz der Aorten von diesen getrennt ist, V den Ventrikel, AVF deutet die Atrioventricularfurche mit Resten der Atrien an. G bezeichnet ungefähr die Stelle der Ventricularganglien, n_1 n_2 sind die Querschnitte der Elektrodennadeln. Man sieht, dass sie etwas mehr nach dem linken Rande des Präparates hin eingesenkt sind, entsprechend der Lage der Ganglien. h ist das Häkchen, welches am Faden den Hebel trägt. Wurde der Bulbus abgetrennt, so geschah dies durch einen in der Richtung xx geführten Schnitt. Das Präparat verträgt alle die Verletzungen, welche durch das Abtragen der Atrien resp. auch des Bulbus, das Einsenken der Nadeln und des Häkchens bedingt sind, ausgezeichnet, wenn sie mit Vorsicht und mit Hilfe einiger zweckmässigen Handgriffe ausgeführt werden und bleibt nun im gesättigt feuchten Raume viele Stunden lang erregbar. Sehr wesentlich für das Gelingen der Versuche ist die Berücksichtigung der Stromdichten in dem Präparat. Entfernt man sich mit den Elektroden zu weit von den Ganglien, so erhält man auch bei sehr starken Strömen nicht die gewünschten Resultate. Bei unserer Anordnung liegen die Linien stärkster Ströme unterhalb der bezeichneten Gegend. Indessen sind die die Ganglien durchfliessenden Ströme noch von ausreichender Stärke.

Anmerkung. Ich habe beiläufig einige Versuche an derartigen Präparaten über die Ausbreitung der Ströme in denselben angestellt. Behandelt man nämlich das Präparat mit sehr starken Oeffnungsinductionsschlägen, z. B. von 6 grossen Bunsen'schen Elementen und einem grösseren Inductionsapparat, so zeigt sich, dass diese das Präparat tödten, indem sie einen eigenthümlichen Zustand von Starre erzeugen. Der Ventrikel erscheint nun gleichsam auf's höchste contrahirt, fest und weisslich. Besonders stark ist die Veränderung in der Nähe der Elektroden, während die Spitze bisweilen erregbar bleibt. Bei genauerer Besichtigung findet sich in der Umgebung jeder Elektrode ein nahezu elliptisch begränzter, abgeflachter, etwas trichterförmig nach der Elektrode hin eingesunkener Hof von starr gewordener Muskelsubstanz. Die Grenzlinien dieser Höfe, deren Durchmesser wenige mm beträgt — ich habe sie in der Figur 1, Taf. VII durch punktirte Linien angedeutet, die Höfe selbst sind schraffirt — stellen offenbar die Durchschnittslinien iso-electrischer Flächen gegen die Oberfläche des Präparates dar. Sie bezeichnen die Linien derjenigen Dichten, die eben noch ausreichen, die Muskelsubstanz in den Zustand der Starre überzuführen.

Um die Contractionen des Präparates aufzuschreiben, diente mir ein besonderer sehr einfacher Apparat, dessen wesentliche Bestandtheile eine kleine feuchte Kammer, bestimmt das Präparat aufzunehmen, und ein Hebel sind, der durch das Präparat bewegt wird. Der Apparat ist in der unteren Hälfte der Fig. 2 Taf. VII etwas verkleinert abgebildet. Der ganze Apparat ruht auf 3 Stellschrauben. Eine feste Messingsäule sa_1 von 22 cm Höhe trägt an einer zweiten Messingsäule sa_2 , senkrecht verschiebbar, drehbar und durch eine Druckschraube festzustellen, den Hebel h , der überdiess mittelst einer Mikrometerschraube sr_2 in horizontaler Richtung bewegt und so an die rotirende Trommel angelegt werden kann. Der Hebel selbst besteht aus einem feinen Kupferdraht, der an seinem Ende, welches sehr dünn gehämmert und hier also leicht federnd biegsam ist, durch eine Schraube sr_1 festgeklemmt ist. Man erreicht so einen ganz unveränderlichen Befestigungspunkt neben einer sehr leichten Beweglichkeit. Meist wird es nöthig, ihn durch ein Papierreiterchen r zu belasten. Einige Centimeter von seinem Befestigungspunkt ist ein feiner Seidenfaden F durch ein Häkchen an ihm befestigt. Es ist derselbe, welcher das Präparat Pr mit dem Hebel verbindet. Ueber dem Hebel befindet sich an derselben Messingsäule, in senkrechter und horizontaler Richtung verschiebbar, die feuchte Kammer K , die allseitig geschlossen werden kann. Feuchte Kammer und Hebel lassen sich im Ganzen in senkrechter Richtung um eine Strecke von 30 cm verschieben, so dass man dem Hebel

dem rotirenden Cylinder gegenüber eine beliebige Höhe geben kann, ohne den ganzen Apparat aus seiner Lage zu bringen. Die Hinterwand der Kammer besteht aus einer Messingplatte; diese ist bedeckt von einer Hartgummiplatte, diese von einer Korkplatte. In die letztere werden die Elektrodennadeln eingesteckt, welche das Präparat tragen. Es wird so eine hinreichende Isolirung der Nadeln erreicht. Ein prismatisches Korkstückchen, durch das die Nadeln vor dem Einsenken in das Präparat gesteckt werden, hält sie in dem gehörigen Abstände von einander — etwa 5 mm — fest.

Um Inductionsschläge von bestimmter Intensität zu erhalten, mussten Schliessungsschläge verwendet werden. Es war nothwendig, dass die Schliessung stets gleichförmig vor sich ging und dies wurde erreicht durch einen Wagner'schen Hammer H, dessen horizontaler Arm, der durch einen starken rechtwinklig nach unten gebogenen Kupferdraht d mit Platinspitze verlängert worden war, in ein Näpfchen Hg mit chemisch reinem Quecksilber stets mit derselben Geschwindigkeit und zur selben Tiefe eintauchte, wenn der Elektromagnet den Anker anzog. Behufs der Reinhaltung des Quecksilbers wurde der Apparat mit einem Glaskästchen bedeckt. Es wurde erreicht, dass trotz des sehr starken Stromes, der von 6 grossen Bunsen'schen Elementen, hintereinander verbunden, KB, geliefert wurde, die Schliessung ganz ohne sichtbaren Funken zu Stande kam. Die Schliessung wurde bewirkt durch den Strom von 3 Daniell'schen Elementen KD, der mittelst einer Wippe W_2 durch den Electromagneten des Hammers geschickt werden konnte. Der zu schliessende Strom des primären Kreises gelangte von der Kette zu einer Wippe W_1 , von dieser durch den horizontalen Arm des Hammers in das Quecksilbernäpfchen, das mit dem einen Ende der primären Spirale S_1 in Verbindung stand. Von dem andern Ende der Spirale ging er zur Kette zurück. In den Kreis der secundären Spirale S_2 war ein Schlüssel Sch als Nebenschliessung eingeschaltet. Sollte nun der Schlag dem Präparate zugeführt werden, so wurde der letztgenannte Vorreiberschlüssel geöffnet, die Wippe im primären Kreise umgeworfen und durch Umwerfen der Wippe im Kreise des Elektromagneten bewirkt, dass der Anker angezogen und so der primäre Kreis geschlossen wurde. Hiermit erfolgte die Reizung. Es wurde gleich darauf der Schlüssel wieder geschlossen, die Wippe im primären Kreise zurückgelegt, (hier also kam die Oeffnung zu Stande) und endlich der Kreis

des Electromagneten wieder geöffnet. Der Kymographiontrommel wurde eine Umdrehungszeit von 3—4 Minuten ertheilt und zur genaueren Controlle unter der von dem Herzen gezeichneten Curve eine Zeitcurve mit Hülfe eines Wagner'schen Hammers aufgeschrieben, dessen Stromkreis durch ein Sekunden schlagendes Metronom alle 2 Secunden in bekannter Weise geschlossen wurde.

Das benutzte Schlitteninductorium war, mit den Drähten gefüllt, nach bekannter Methode mit Hülfe der Spiegeltangentenbussole graduirt worden. Wurde die Intensität des Inductionsstromes bei einem Rollenabstand von 0 mm = 100 gesetzt, so ergab sich für einen Abstand von

10 mm	Intensität	97,0
20 "	"	89,5
30 "	"	77,5
40 "	"	64,0
50 "	"	50,0
60 "	"	36,5
70 "	"	25,0
80 "	"	16,75 u. s. w.

Ich setzte nun Intensität 100,0 = 8; dann fand sich 50,0 = 4; 25,0 = 2. Es ergab sich also für Intensität (I) = 8 ein Rollenabstand von 0 mm, für I = 6 ein Rollenabstand von etwas mehr als 30 mm, für I = 4, 50 mm, für I = 2, 70 mm, für I = 1 etwa 86 mm. Diese Intensitäten wurden meistens so angewendet, dass ich von Intensität 1 bis 8 anstieg und wieder bis 1 zurückging, auch bisweilen öfters mit derselben Intensität reizte. Die absoluten Grössen der angewandten Intensitäten sind ziemlich bedeutend; sie verhalten sich zu den gewöhnlich zu Reizungen benutzten, d. h. wenn man ein Daniell mit der primären Spirale verbindet, für einen Rollenabstand von 86 mm, wie 1:7 etwa, so dass ich also zu der 56fachen Intensität gewöhnlich benutzter Schliessungsschläge ansteigen konnte.

Fasse ich nun das Resultat aller Versuche zusammen, so ist es folgendes: Auf eine einmalige Reizung durch einen Inductionsschlag von genügender Stärke, welcher die Gegend der Ventricularganglien trifft, erfolgen mehrere Contractionen des Ventrikels, die in ganz bestimmter Weise angeordnet sind.

Auf die erste Contraction folgt eine gewisse Pause: dann treten 1 bis mehrere Pulsationen auf, die bei schwächeren Reizen

sich in relativ grossen Zeitabständen befinden, bei stärkeren einander erst schneller, dann langsamer folgen und zwar anfangs um so rascher, je stärker der Reiz war. Diese Form der Pulsfolge ist um so ausgeprägter, je stärker die Reize waren, besonders deutlich ist sie bei starken Oeffnungsschlägen, die ich aus oben bezeichneten Gründen nicht benutzen konnte. Es muss übrigens hervorgehoben werden, dass bei Präparaten, die zu spontanen Pulsen neigen, nach dem Aufhören dieser gruppenartigen Pulsationen keineswegs völlige Ruhe eintritt, sondern, dass in grösseren Zwischenräumen oft noch einzelne Pulse auftreten. Indessen ist das Ende der durch den Reiz hervorgerufenen Pulsgruppe fast immer sehr deutlich markirt, indem nun eine viel längere Pause eintritt, als sie zwischen je zweien der letzten Pulse bestand. Oft fehlen übrigens nach der Beendigung der Pulsgruppe alle weiteren Pulsationen, wie z. B. in dem unten folgenden Versuchsbeispiel IX. Es wurden stets alle Pulse aufgeschrieben, die das Herz überhaupt in der Zeit vom Anfang bis zum Ende des Versuches ausführte, indem ich die Trommel continuirlich rotiren liess und nach jedem Umgange die senkrechte Verschiebung derselben ausführte. Ausser den genannten Eigenthümlichkeiten in der Form ihrer zeitlichen Folge zeigten die einzelnen Pulse fast immer eine deutliche Zunahme an Höhe innerhalb jeder Gruppe von Pulsen, sie stellten also eine sog. „Treppe“ dar. Besonders diejenigen Contractionen, welche sich sehr rasch folgen, also im Anfang der Gruppe nach sehr starken Reizen sind fast immer bedeutend niedriger als die auf sie folgenden langsameren. Bei den stärksten Reizen wird daher meist das treppenförmige Ansteigen der Contractionen am deutlichsten.

Werden die Versuche allzu oft wiederholt, so werden die Pulse schliesslich sehr klein und es findet wohl überhaupt keine mehrfache Pulsation mehr statt.

Die Zahl der Pulse und die Zeitdauer jeder Pulsgruppe nehmen zu mit wachsender Reizstärke, wie dies die nachfolgenden Tabellen ergeben. Trägt man die Zahl der Pulse und die Dauer jeder Pulsgruppe als Ordinaten auf die Abscisse der Reizstärken auf, so erhält man eine mit diesen ansteigende und wieder absinkende Curve. Einmal war dies Ansteigen sogar fast gleichmässig, so dass einem gleichen Reizzuwachs ein fast gleicher Zuwachs an Zeit und Zahl von Pulsen entsprach (S. Taf. IX, Vers. VII). Doch

kamen in anderen Versuchen erhebliche Abweichungen vor, wie dies die beigelegte Curventafel ergibt. Auf Tafel IX ist die Zeitdauer der Gruppen für jeden Versuch in dieser Weise construirt.

Die Curven, welche für die Pulszahlen erhalten werden, sind den hier gegebenen für jeden Versuch sehr ähnlich. Die Zahlen der Pulse sind für dieselben Versuche auf der unten folgenden Tabelle zusammengestellt.

Die absteigenden Aeste der Curven, welche den abnehmenden Reizstärken entsprechen, sind den aufsteigenden meist ziemlich symmetrisch, wenn auch erhebliche Abweichungen vorkommen. Besonders regelmässig sind z. B. die Curven V, VII und XXVI. Manche Curven zeigen noch eine theilweise Symmetrie, wie III und XI. In einzelnen Fällen zeigte sich ein derartiges Verhalten, dass bei zunehmender Reizstärke Pulsationsdauer (und Pulszahl) sank, wie bei II für Ri 1,2¹⁾, XXIV, 4,6 oder bei abnehmender Reizstärke beide anderen Grössen stiegen, wie bei XIX 8,7 und bei XIII 4,3. Bei XXII 8,7 sank die Pulszahl mit der Reizstärke, während die Zeit der Pulsation anstieg.

Will man ein genaues Bild des Verlaufes der Pulsation nach jedem einzelnen Reiz gewinnen, so kann man für kleine Zeitabschnitte die in dieselben fallende Anzahl von Pulsen als Ordinaten über der Abscisse der Zeiten construiren, wie dies auf Tafel VIII für 2 Gruppen geschehen ist, die bei den stärksten Reizen (Ri = 8, Vers. VII und VIII) erhalten wurden²⁾. Man sieht, dass bei einem gleich starken Reiz der Verlauf der Pulse bei Vers. VII ein dauernd verlangsamer war, während Vers. VIII eine erst etwas beschleunigte, dann verlangsamte Pulsfolge zeigt.

Als Beispiel für die Form der Pulsgruppen im Verlauf eines Versuchs gebe ich auf Tafel X Fig. I die Gruppen des Versuchs XIII vom 27. Juni 1878, die sich durch ihre Regelmässigkeit auszeichnen. Hier stiegen die Reize von 60 mm Rollenabstand (Ri = 3) durch Ri = 4, 6, 7, 8 an (s. Curve 1—5) und wieder durch Ri = 7, 6, 4 ab (s. die folgenden Curven). Bei der Wiederholung von Ri = 3 kam eine Störung vor; diese Curve fehlt deshalb. Die unter den Curven befindliche Zeitschreibung markirt je 2 Sekunden.

1) Mit Ri bezeichne ich die Reizintensität.

2) Die Ordinaten stellen hier die auf je 10'' fallende Zahl von Pulsen dar.

Nähere Betrachtung der Ergebnisse.

Der Grundversuch, von dem ich ausging, ist der, dass der ganze Ventrikel bei einer gewissen Reizstärke auf einmalige Reizung durch einen Inductionsschlag eine Reihe von Pulsen gibt, während von der Herzspitze stets nur eine Pulsation erhalten werden kann. Ohne weiter auf den Grund der „Rhythmik“ bei diesem Vorgange einzugehen, kann man im Allgemeinen aussagen, dass die Dauer der Erregung, welche durch den Reiz ausgelöst wurde, gemessen wird durch die Dauer der Thätigkeit des Ventrikels. Sie würde sich also erstrecken vom Reizmoment bis zum Beginn des letzten Pulses, welchen Zeitpunkt sie unter Umständen etwas überdauern mag. Es ergibt sich also, dass ein einmaliger sehr kurz dauernder Reiz von genügender Stärke eine dauernde Erregung bei diesem Präparat auslöst und dass die Dauer dieser Erregung für jedes Präparat eine bestimmte vielleicht sehr complicirte Funktion der Reizstärke darstellt. Denn an einen Reiz von bestimmter Stärke ist stets eine Erregung von fast ganz bestimmter Dauer geknüpft, wie besonders die Versuche mit mehrmals nach einander angewendeten gleichen Reizen beweisen (s. die Versuchsbeispiele). Die Dauer der Erregung wächst mit der Reizstärke (natürlich innerhalb der beobachteten Gränzen). Ueber die Intensität der Erregung in jedem Momente derselben lässt sich nur wenig aussagen. Einer grösseren Zahl von Pulsen in der Zeiteinheit entspricht sicher auch eine stärkere Erregung. Indessen ist es nicht bekannt, ob die mittlere Grösse der Erregung der Pulszahl in der Zeiteinheit proportional ist. Jedenfalls ist die mittlere Grösse der Erregung in der Zeiteinheit eine Funktion der Pulszahl während dieser Zeit, die sich in gleichem Sinne mit dieser ändert. Die Intensität der Erregung nimmt also im Ganzen während der Dauer derselben fortwährend ab. Liesse sich die Intensität der Erregung als Funktion der Pulszahl in der Zeiteinheit für jeden Punkt der Abscisse, welche die Dauer der Erregung darstellt, construiren, so würde sich eine Curve ergeben, die mit der Abscisse zusammen eine Fläche einschliesst, welche die Gesamtintensität der Erregung, nämlich das Integral aus allen Intensitäten der Erregung während der Dauer derselben, darstellen würde. Diese Gesamtintensität nimmt zu mit der Reizstärke.

Diese Betrachtung ergibt, dass man wohl über die Dauer,

nicht aber über die Gesammtintensität der Erregung etwas Genaueres aussagen kann.

Ob die Höhe der Pulse, die ja beim Herzen wesentlich durch den Zustand des Muskels bedingt zu sein scheint¹⁾, in Beziehung zu der Grösse der Erregung derjenigen Apparate steht, um die es sich hier handelt, ist unbekannt. Ich habe sie deshalb bei obiger Betrachtung nicht berücksichtigt. Dass die Höhen der Pulse im Verlauf einer jeden Gruppe anwachsen, ist schon oben bemerkt worden.

Es ist jetzt noch nöthig, die Eigenthümlichkeiten des Muskels, namentlich seinen Ermüdungszustand, sowie auch den Ermüdungszustand der in den Versuchen direkt erregten nervösen Apparate in Kürze zu berücksichtigen.

Werden die Versuche an ein und demselben Präparat allzulange fortgesetzt, oder werden allzustarke Reize angewendet, so tritt Ermüdung ein. Die Contractionen nehmen sehr bedeutend an Höhe ab; schliesslich tritt zuweilen völliger Stillstand des Ventrikels ein, während der über den Electrodenadeln gelegene Theil nebst Bulbus und Atrienresten, wo sie vorhanden sind, fort pulsirt. Es lässt dies darauf schliessen, dass der Ventrikel, soweit er die Last des Hebels zu tragen hatte, ermüdet ist, während die über dem Aufhängungspunkt gelegenen Herztheile, die keine Last zu heben hatten, noch functionsfähig sind. Diese Ermüdung des Muskels tritt erst sehr spät ein, so dass sie in Versuchen, die gleich nach der Präparation angestellt werden, noch unmerklich ist. Reizte ich das Präparat in der in den Versuchen angegebenen Weise mit den von 1 bis 8 ansteigenden Reizstärken, wobei dieselbe Pause von 1 bis 2 Minuten²⁾ zwischen jeder letzten Zuckung und folgenden Reizung lag, so war doch meist bei dem absteigenden Theil des Versuchs noch keine Ermüdung merklich; selbst wenn nun noch mehrmals nach einander mit der höchsten Reizstärke gereizt wurde, zeigte die Zahl der Pulse und die Dauer der Pulsgruppe keine merkliche Abnahme (s. die Versuchsbeispiele). Das nicht sehr erregbare Präparat von Versuch XVIII wurde 11 Mal mit höchster Intensität gereizt und doch war die Abnahme in der

1) S. Kronecker, Das charakterist. Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beitr. als Festgabe für C. Ludwig, S. CLXXIII.

2) Diese Pausen sind in den späteren Versuchen sehr regelmässig eingehalten.

Grösse der Erregung eine relativ geringe. Die Höhe der Pulse hatte in diesem Falle zwischen erster und letzter Reizung sogar eine Zunahme auf das Doppelte erfahren. Es geht hieraus hervor, dass man von der Ermüdung aller hier in Thätigkeit gesetzten Apparate nahezu absehen kann.

Veränderungen in der Erregbarkeit kommen allerdings vor. Bald steigt dieselbe, bald nimmt sie ab während des Versuches, wie man aus den Verschiedenheiten im aufsteigenden und absteigenden Theil der auf Tafel IX wiedergegebenen Curven schliessen kann und worauf schon oben hingewiesen wurde.

Es ist nöthig, jetzt noch auf eine Erscheinung einzugehen, die, obwohl sie bei jedem Versuche vorkommt, doch in ziemlich unregelmässiger Weise auftritt und wohl eine complicirte Ursache haben mag. Es ist die als „Latenzzeit“ zu bezeichnende Pause zwischen der ersten und zweiten auf die Reizung folgenden Contraction. Die erste Contraction, welche eintritt, ist jedenfalls eine Muskelcontraction durch direkte Reizung. Es folgt dies einfach daraus, dass schon viel schwächere Reize, als die hier angewendeten den Herzmuskel (die Herzspitze) direkt erregen. Diese Contraction tritt, wenn das Präparat noch Bulbus und Atrien enthielt, bei starken Reizen stets an allen Herzabschnitten gleichzeitig ein, während dann bald der eine, bald der andere Abschnitt mit den folgenden Pulsationen beginnt. Die auf die erste Contraction des Ventrikels folgende Pause ist von sehr verschiedener Dauer. Stets aber hält sie mehrere Secunden an. Ihre Länge wechselt innerhalb der in jedem Versuch vorkommenden Gruppen ziemlich regellos ab, ohne dass man also eine besondere Beziehung zur Stärke des Reizes, der Ermüdung des Präparats oder anderen Einflüssen herausfinden könnte. Ihre absolute Dauer betrug bei der grössten Reizintensität ($R_i = 8$) zwei bis fünf Secunden¹⁾. Ihre Dauer muss übrigens immer betrachtet werden im Vergleich zu der Zeit, die zwischen je zweien der nächstfolgenden Pulse vergeht. Denn dadurch tritt erst das Eigenthümliche der Erscheinung hervor.

Wenn z. B. in einem Versuche diese Latenzzeit 7 Secunden dauerte, so war dies nicht auffallend, da zwischen den überhaupt

1) Der eigentliche Werth der Latenzzeit, wie er hier angegeben ist, wird, wie die obige Erörterung es ergibt, dargestellt durch die Zeit der Pause zwischen der ersten und zweiten Contraction plus der Dauer der ersten Contraction, also durch die ganze Zeit vom Moment der Reizung bis zum Beginn

nur vorhandenen zwei folgenden Pulsen eine Pause von 6 Sekunden liegt. Wenn dagegen in Versuch 4 auf Tafel X Fig. 1 bei $R_i = 7$ zwischen erstem und zweitem Pulse eine Zeit von 3,5 Sekunden verfließt, während in den nächsten 3,5 Sekunden sich 3 Pulse folgen und nur sehr allmählich sich die Pulsation wieder verlangsamt, so dass erst nach 15 Pulsen das Intervall 3 Sekunden beträgt, so wird die Erscheinung sehr auffallend.

Bei einer Anzahl von Versuchen ist die Latenzzeit für die stärkeren Reize eine fast gleiche und namentlich in Versuchen, bei denen mehrmals derselbe stärkste Reiz angewendet wurde, bleibt sie nahezu gleich, wie Vers. V, IX und XVIII zeigen. Es scheint also doch, dass die Zeit der Latenz in einer bestimmten Abhängigkeit von der Reizstärke steht, die indessen vielleicht sehr complicirt ist. Ueber die Ursache der Latenz möchte ich nichts bestimmtes aussagen, obwohl ausser einer gewissen Muskeleermüdung, die den Muskel vielleicht ausser Stand setzt, gleich nach der Einwirkung des mächtigen Inductionsschlages wieder in Contraction zu gerathen, doch in den nervösen Apparaten, von welchen die nun folgende dauernde Erregung ausgeht, eine Ursache vorhanden sein muss, die das Durchbrechen der Erregung erst nach einer gewissen Pause gestattet. Hierfür sprechen die Versuche mit mechanischer Reizung, bei denen ebenfalls die Latenz beobachtet wird.

Es ist jetzt noch die Frage zu beantworten, welche Bestandtheile des Ventrikels es sind, an deren Vorhandensein die bisher beschriebenen Erscheinungen gebunden sind.

Die Versuche mit mechanischer Reizung haben gezeigt, dass an den Stellen, durch deren Reizung man die Pulsationsreihen erhält, nervöse Bestandtheile liegen, Ganglienzellen und Nervenfasern. Indessen möchte ich hier bemerken, dass man durch Stiche mit einer feinen Nadel oder durch Kneifen mit einer feinen Pincette vom ganzen Rande des Ostium atrioventriculare aus Reihen von Pulsen erhalten kann und dass es wohl noch zweifelhaft ist, ob an allen diesen Stellen Ganglienzellen liegen. Freilich wäre es möglich, dass durch Zerrung an diesen Stellen entfernter gelegene Ganglienzellen gereizt würden. Die andere Möglichkeit wäre die, dass direct hier nur Nervenfasern gereizt würden, die ihre Erregung auf Ganglienzellen übertragen. Den Nervenfasern allein ohne sonstige nervöse Apparate die Fähigkeit zuzuschreiben, durch eine einmalige mechanische Reizung in dauernde Erregung ver-

setzt zu werden, geht nicht an, da wir denselben nicht Eigenschaften beilegen dürfen, die wir an anderen Nervenfasern nicht kennen.

Die Versuche mit chemischer Reizung ergaben, dass durch gewisse starke Reize, Säuren wie Alkalien, die ihrer Natur nach dauernd wirken, eine lange anhaltende Erregung des ganzen Ventrikels erhalten wird im Gegensatz zu der fehlenden oder sehr kurzdauernden Wirkung auf die Herzspitze. Bei der Anwendung des Kalihydrats und der Salzsäure findet eine directe Erregung der vorhandenen Nervenfasern gewiss statt und wird von diesen durch Vermittlung centraler Elemente auf die Muskelfasern übertragen. Die Versuche mit Ammoniak sprechen hingegen gegen die Vermittlung durch die Nerven, da es nicht möglich ist, durch Behandlung mit Ammoniak wenigstens den motorischen Nerven in nachweisliche Erregung zu versetzen. Es scheint also bei diesen Reizen eine directe Einwirkung auf centrale Apparate zu bestehen.

(Beiläufig möchte ich hier erwähnen, dass man durch eine Milchsäurelösung von 2 bis 5 Procent, die man im Fliesspapierhäuschchen auf die Atrioventricularöffnung bringt, den Ventrikel ermüden kann. Es gelingt dann nicht mehr, durch starke Inductionsschläge Reihen von Pulsen zu erhalten, sondern das Präparat antwortet, so lange ein Theil des Muskels noch erregbar ist, auf dieselben nur mit einer Contraction. Durch 1 bis 5-procentige Lösung von kohlensaurem Natron gelang es in mehreren Versuchen diese Wirkung der Milchsäure wieder aufzuheben. Der Versuch enthält indessen nichts besonders charakteristisches, da man die Wirkung der Milchsäure auf den Muskel von der auf andere im Ventrikel gelegene Apparate nicht trennen kann.)

Die Versuche mit Temperaturänderungen zeigten die Unempfindlichkeit der Herzspitze gegenüber dieser Einwirkung, während der ganze Ventrikel bei plötzlichen stärkeren Temperaturänderungen stets in längere Zeit anhaltende Erregung versetzt wurde, die im allgemeinen um so stärker war, je grösser die Differenz der angewendeten Temperaturen. Bekanntlich kann man Nervenfasern durch plötzliche beträchtliche Erwärmung ebenfalls in anhaltende Erregung versetzen. Es ist also in unseren Versuchen mit Sicherheit nicht zu entscheiden, ob die Wirkung durch Nervenfasern vermittelt ist, oder nicht. Indessen spricht doch eine Beschleunigung der Contraktionen schon bei geringen Temperaturerhöhungen (resp. ein Auftreten derselben) wie in Versuch 19b,

20, 17, 18 bei allmäliger Erwärmung dagegen, dass die Wirkung der Erwärmung auf die centralen Apparate durch Nervenfasern vermittelt wird, sie deutet vielmehr auf eine directe Steigerung resp. ein Hervorrufen der Erregung in centralen Apparaten.

Die starken electricischen Reize, welche in den Versuchen angewendet wurden, versetzen den motorischen Nerven nur in vorübergehende Erregung. Sie geben nur eine äusserst heftige Zuckung des vom motorischen Nerven versorgten Muskels. In unseren Versuchen werden Nervenfasern und Ganglienzellen von diesen Reizen betroffen und man kann nur annehmen, dass die letzteren der Sitz der lange anhaltenden Erregung sind, sei es, dass der Reiz ihnen durch Nervenfasern zugeführt wird, sei es, dass er direct sie zu erregen vermag.

Wir können also den allgemeinen Satz aussprechen, dass es gelingt, durch mechanische, chemische, thermische und electricische Reize die im oberen Theil des Ventrikels gelegenen centralen Apparate zu erregen und dass ein momentaner mechanischer oder electricischer Reiz eine anhaltende Erregung derselben auslöst, deren Gesamtintensität (bei electricischen Reizen) mit der Stärke des Reizes wächst.

B. Versuche am Rückenmark.

Da ich besonders die durch electricische Reizung der im Ventrikel gelegenen Centralapparate erhaltenen Resultate an anderen Centralorganen controlliren wollte, stellte ich einige Versuche am Rückenmark von Fröschen an. Es stellte sich heraus, dass es in der That gelingt, durch einzelne sehr starke Schliessungs- und noch besser Oeffnungsschläge, die durch das Rückenmark in seiner Längsrichtung gesandt werden, einen heftigen Tetanus der vom Rückenmark aus innervirten Muskeln zu erhalten, der bis zu mehreren Minuten anhält. Die Erscheinung bietet einige Aehnlichkeit mit dem Tetanus, den man durch mechanische Zerstörung des Rückenmarks hervorrufen kann, indessen ist der Versuch insofern schlagender, als man ihn mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholen kann und die Dauer der Reizung ja weit kürzer ist, als bei mechanischer Zerstörung.

Ich stellte die Versuche meist an decapitirten und enthäuteten Fröschen an, deren Eingeweide zum grössten Theil entfernt waren. Die Präparate wurden so auf einem Brett befestigt, dass das Rückgrat, welches auf einem auf das Brett aufgekitteten Kork

festgesteckt wurde, etwas erhöht war. Die Vorderbeine und der oberste Abschnitt des Rückgrats wurden meist entfernt; das eine Bein im Oberschenkel abgeschnitten, das andere durch einen starken Faden, der dicht über dem Knie um den Oberschenkelknochen geführt wurde, fixirt und ausserdem über dem Fussgelenk an dem Brett befestigt. Der *M. gastrocnemius* wurde nun freipräparirt, in seine Achillessehne ein Häkchen eingehakt und nun das Brett horizontal so aufgestellt, dass der *Gastrocnemius* senkrecht herabhing. Derselbe bewegte bei seiner Contraction einen Hebel, der beliebig belastet werden konnte und auf einen rotirenden Cylinder schrieb. Die Nadelelectroden, welche dem Rückenmark den Schlag zuführten, waren so angeordnet, dass, wenn das rechte Bein benutzt wurde, die untere Nadel links neben dem Ende des Rückenmarks (neben dem Rückgrat), die obere zwischen zwei *Procc. transversi* rechts in beliebiger Höhe möglichst nahe dem Mark eingestossen wurde.

Die erhaltenen Curven zeigen oftmals ganz unregelmässige Zuckungen, die bis zum vollkommensten Tetanus verschmelzen können. Je stärker der Reiz und je frischer das Präparat war, um so vollkommener und anhaltender war auch der Tetanus. Häufig trat der Tetanus nicht gleich nach der Reizung in voller Stärke auf, sondern er entwickelte sich allmählig, indem zunächst einzelne Zuckungen erfolgten, diese sich immer mehr beschleunigten und endlich vollkommener Tetanus eintrat, der nun wohl eine Minute lang anhielt. In anderen Fällen war gleich anfangs Tetanus da, doch stieg derselbe noch mehr an, hielt sich einige Zeit auf der Höhe und sank allmählig wieder ab. Das Anwachsen des Tetanus pflegte besonders deutlich zu werden, wenn das Präparat anfang zu ermüden. Doch kam es auch bei ganz frischen Präparaten vor. Einen derartigen Fall zeigt Fig. 2 auf Tafel X.

Der Schlag wurde hier durch die untere Hälfte des Markes geschickt. Die Belastung des Hebels betrug 25 gr. Der Oeffnungsschlag wurde durch 6 Bunsen'sche Elemente und einen grösseren Inductionsapparat bei 0 mm Rollenabstand erzeugt. Der Versuch ist an einem im Juli eingefangenen Frosch angestellt. Die mit 1 bezeichnete Curve wurde erhalten um 11h 43', die zweite 11h 47', die dritte 11h 52'. Man sieht hier, wie das allmähliche Anwachsen von 1 bis 3 immer deutlicher wird, trotzdem die Dauer des Tetanus bei 3 wieder gewachsen war. Die Zeitschreibung markirte je 2 Sekunden.

Eine Latenzzeit, die die erste Zuckung (welche durch allgemeine Reizung des Präparates durch den sehr starken Schlag erfolgte) überdauert hätte, kam nicht bei diesem Tetanus vor; wenigstens schloss sich derselbe oft direkt an den Gipfel der ersten allgemeinen Zuckung an. Um das Vorhandensein einer derartigen längeren Latenz mit Sicherheit festzustellen, wurde eine besondere Einrichtung nöthig.

Da nämlich die Schwankungen im Strom der Elemente bei übereinandergeschobenen Rollen oft schon an sich ausreichten, bei anhaltender Schliessung des primären Kreises, sobald der in den sekundären Kreis als Nebenschliessung eingeschaltete Schlüssel geöffnet war, Tetanus hervorzurufen, so construirte ich einen Apparat, mit dessen Hülfe ich einen sehr rasch auf einander folgenden Schliessungs- und Oeffnungsschlag erhielt, wodurch also eine längere Schliessung des primären Kreises vermieden wurde. Ich benutzte dazu das Pendel eines Sekundenschlägers, welches bei jeder Schwingung 2 amalgamirte Kupferspitzen, die seitlich an der Pendelstange, leitend mit einander verbunden, angebracht waren, an der Stelle seiner grössten Geschwindigkeit in zwei Quecksilbernäpfchen eintauchen liess und so den primären Strom schloss und gleich wieder öffnete. Damit das Pendel jedesmal nur eine Schwingung ausführte, wurde eine federnde Hemmung angebracht, die dasselbe am Ende seiner Schwingung festhielt. Sollte gereizt werden, so wurde das Pendel mit einem Faden in einer bestimmten Ablenkung fixirt und dieser nun im geeigneten Moment mittelst einer einfachen Vorrichtung losgelassen. Mit Hülfe dieses Apparates gelang es, bei geringen Reizstärken eine Zuckungscurve zu erhalten, die nicht merklich länger war, als bei einer einfachen Reizung. Bei starken Reizen zeigte sich nun, dass sich die Curve des Tetanus oft ohne Pause an die erste Zuckung anschloss. Es war also keine längere Latenz vorhanden.

Ich glaube, dass man diesen Tetanus nur auf die eigentlich centralen Apparate des Rückenmarks beziehen kann, die ja hier direkt vom Inductionsschlag getroffen wurden. (Der motorische Nerv giebt, wie schon oben bemerkt, mit diesen Reizen nur eine einfache Zuckung.) Derselbe würde also gleichfalls einen Beweis dafür liefern, dass centrale Apparate durch einen einmaligen äusserst kurz dauernden Reiz von genügender Stärke in lange anhaltende Erregung versetzt werden können, die im allgemeinen mit der Reizstärke zunimmt.

Versuchsbeispiele.

Vers. V. 1. Juni 1878. Präparat: Ventrikel mit Bulbus. Sämmtliche Pulse werden aufgeschrieben. Temperatur 15° C.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer der Gruppe.	Pulszahl ¹⁾	Pulse zwischen den Gruppen	Latenz	Bemerkungen.
1	12 h 28'	1	0"	0	1 ²⁾		
2	31'	2	0"	0			
3	34'	4	9,5"	2		5"	Erste Contraction doppelt.
4	37'	6	23"	7		5"	
5	40'	6	24"	7		5"	
6	43'	8	35"	12	1	5"	
7	46'	6	22"	6	1	5"	
8	50'	4	12,5"	2	1	6"	
9	53'	2	0"	0			
10	56'	1	0"	0	1		
11	1 h 0'	8	39"	13		5'	
12	4'	8	35"	12	1	5"	
13	8'	8	34"	12	2	5"	
14	12'	8	34"	12	2	5"	
15	16'	8	39"	15		5"	

XVIII. 28. Juni 1878. Präparat: Ventrikel. Versuch über Ermüdung durch mehrfache stärkste Reizung.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer	Pulszahl.	Latenz.	Bemerkungen.
1	je ½ Min.	8	24"	6	3"	Zwischen 1 und 11 wird 9 Mal mit Ri = 8 gereizt. Pause zwischen letzter Contraction und neuer Reiz. je ½ Min.
11	Pause.	8	15"	5	3"	

Versuch IX. 6 Juni 1878. Ventrikel mit Bulbus und grösstem Theil des Atrium.

Nr.	Zeit	Ri	Dauer	Pulszahl.	Pulse zwischen den Gruppen	Latenz
1	12 h 47'	1	0"	0		
2	48'	2	0"	0		
3	49'	4	0"	0		
4	50'	6	15"	4		5"
5	51'	8	20"	7		4,6"
6	52,5'	6	16"	5		3,5"
7	54'	4	12"	2		6
8	55'	2	0"	0		
9	56'	1	0"	0		
10	57'	8	28"	9	1	4,5"
11	je 1 Min. Pause	8	23"	7		5"
12	zwischen	8	28"	8		5"
13	letzter Zuk-	8	23"	7		5,3"
14	kung und neuer Reiz.	8	26"	7		5,3"

1) Bei der Pulszahl ist der erste Puls nicht mitgezählt.

2) Diese Pulsation erfolgte zwischen Nr. 1 und 2 der Reizungen; ebenso

Pulszahl bei Versuch (excl. die erste Contraction)

Ri	II.	III.	V.	VII.	VIII.	IX.	XI.	XIII.	XIV.	XIX.	XXII.	XXIV.	XXVI.
1	11	0	0	0	2	0	0		0	0	1		0
2	4	0	0	1	3	0	0		2	0	0	1	1
3								1					
4	13	11	2	15	6	0	0	5	8	0	1	2	1
5										3			
6	24	9	7	28	15	4	9	14	14	5	7	1	4
7								18		7	11	5	
8	46	22	12	40	46	7	26	23	30	9	12	18	8
7								19		10	10	13	
6		8	6	24	38	5	11	14		7	4	4	3
5										5			
4		1	2	7	15	2	7	6	4	3	1	2	1
3								10					
2		1	0	1	5	0	0		0	2	0	0	0
1		1	0	1		0	0		0	3	0	0	0

Physiologisch-optische Beobachtungen.

Von

Dr. A. Kleiner.

Hierzu Tafel XI u. XII und 4 Holzschnitte.

I. Ueber Talbot's Gesetz.

1.

Der Effekt periodisch variirender Netzhautreizung wird nach dem Talbot-Plateau'schen Satz durch folgendes Gesetz bestimmt¹⁾:

„Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein continuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher

erfolgte eine Pulsation zwischen Nr. 6 u. 7, 7 u. 8, 8 u. 9 u. s. w. Diese Pulse sind von dem letzten Pulse der vorausgehenden Gruppe durch einen grösseren Zwischenraum getrennt. S. S. 331.

1) Nach Helmholtz' Formulirung, Ph. Opt. 339.