

DIE INNERVATION
DER
KREISLAUFSORGANE

VON

PROF. DR. H. AUBERT IN ROSTOCK.

DIE INNERVATION

DER

KREISLAUFORGANE

VON

Prof. Dr. H. ALBERT in Rostock.

EINLEITUNG.

Die Bewegung des Blutes ist in erster Linie bedingt durch die Bewegungen des Herzens, welche in ganz bestimmter Ordnung erfolgen müssen, um den Eintritt des Blutes in die Herzhöhlen und seinen Austritt aus denselben in regelmässiger Folge geschehen zu lassen. Die Regulirung dieser Bewegungen erfordert ein Centralorgan, welches den Wechsel der Erschlaffung und der Contraction der Herzmuskulatur beherrscht und eine bestimmte Aufeinanderfolge der Muskelthätigkeit für die einzelnen Abtheilungen des Herzens und für jede einzelne Muskelfaser des Herzens bewirkt. Ein derartiges Centralorgan muss nach den jetzigen Anschauungen aus Nervenfasern und Ganglien bestehen. Da diese regelmässige Aufeinanderfolge der Herzbewegungen, welche als Systole (Contraction) und Diastole (Erschlaffung) bezeichnet werden, auch an dem von dem übrigen Körper getrennten, isolirten Herzen stattfindet, so muss das regulirende Nervencentrum in dem Herzen selbst gelegen sein: es wird als intercardiales Nervencentrum des Herzens bezeichnet.

Da aber die Bewegungen des Herzens durch psychische Thätigkeiten, durch die Athmung, durch verschiedene Empfindungen, überhaupt durch Erregungen vieler Theile des Nervensystems beeinflusst werden, so muss das intercardiale Nervencentrum auch mit anderen Theilen des Nervensystems in Verbindung stehen. Die Nerven, welche diese Verbindung vermitteln, bezeichnet man als extracardiale Herznerven, und da sie wesentlich nur die Frequenz der Herzcontractionen beeinflussen, als Hemmungsnerven und als Beschleunigungsnerven. Die extracardialen Herznerven erhalten ihre Erregung von einem in dem verlängerten Marke gelegenen Centralorgane, welches extracardiales Herznervencentrum heisst, auch regulatorisches Herzcentrum oder Hemmungscentrum des Herzens genannt wird.

In zweiter Linie ist die Bewegung des Blutes abhängig von der Weite der Blutgefässe, beziehungsweise von dem Grade der Spannung ihrer Wandungen. Je enger die Gefässe werden, um so grösser muss der Widerstand sein, welcher sich dem Fliessen des Blutes entgegenstellt und umgekehrt; je nachdem also die Muskeln in den Blut-

gefässwandungen contrahirt oder erschlafft sind, muss in der Zeiteinheit eine kleinere oder grössere Menge Blut durch die Gefässe strömen. Befindet sich eine Arterie in dem Zustande der Contraction, so wird zu dem von ihr versorgten Gefässbezirke weniger Blut strömen, als wenn die Wandungen derselben erschlafft, und damit dehnbarer sind: im letzteren Falle muss die Füllung der Gefässe mit Blut stärker sein und das Organ blutreicher und röther erscheinen als im ersteren Falle, und es muss die Menge des Blutes, welches durch die Vene des Organes abfliesst oder aus der angeschnittenen Vene ausfliesst, eine grössere sein. Da mit der Erweiterung der Blutgefässe die Widerstände gegen die Strömung abnehmen, so muss damit auch der Druck des Blutes in dem gesammten Gefässgebiete vermindert werden — und umgekehrt bei Verengerung der Blutgefässe der Gesamtblutdruck zunehmen.

Der Contractionszustand der Muskeln in den Gefässwandungen wird beherrscht von den Gefässnerven oder vasomotorischen Nerven: er kann in einem ganz beschränkten Bezirke des Körpers in höherem oder geringerem Grade vorhanden sein, oder sich auf einen grossen Bezirk, vielleicht auf die Arterien des gesammten Körpers erstrecken. Nerven, durch deren Reizung eine Contraction der Gefässmuskeln herbeigeführt wird, nennt man daher gefässverengende oder auch pressorische Nerven; Nerven, deren Reizung eine Erschlaffung der Gefässmuskeln bewirkt, gefässerweiternde oder depressorische Nerven. Die Erfahrung, dass psychische Einflüsse, Reizung sensibler Nerven, Empfindungen eine Veränderung in dem Contractionszustande der Gefässe hervorbringen, dass also unter gewöhnlichen Verhältnissen ein gewisser mittlerer Contractionszustand der Blutgefässe vorhanden sein muss, erfordert die Annahme eines gemeinsamen Organes, von welchem die Erregung der Gefässnerven regulirt und beherrscht wird: dieses regulatorische Organ wird Gefässnervencentrum oder vasomotorisches Centrum genannt. Insofern es Erregungen sensibler und anderer Nerven auf Gefässnerven überträgt, ist es ein reflectorisches, insofern es einen fortdauernden Einfluss auf den Erregungszustand der Gefässnerven ausübt, ist es ein tonisches Centrum.

Die Nerven, welche die Herzthätigkeit beherrschen und die vasomotorischen Nerven sind unabhängig von einander — beiderlei Nerven können unter Umständen in gleichem Sinne auf den Blutdruck einwirken, aber die Wege, auf welchen sie wirken, und die Mechanismen, durch welche sie gelegentlich in gleichem Sinne wirken, sind durchaus verschieden.

ERSTE ABTHEILUNG.

DIE INNERVATION DES HERZENS.

Ein Pumpwerk, welches von den ersten Anfängen bis zum Ende des Lebens in wesentlich gleicher Weise eine an Masse und Beschaffenheit wenig veränderliche Flüssigkeit in Bewegung erhalten muss, wenn nicht das Leben bedroht werden soll, bedarf eines in der Hauptsache selbstständigen und unabhängigen Regulators. Dieser Anforderung an das Herz wird Genüge geleistet 1. durch den Rhythmus abwechselnder Contraction und Erschlaffung der Herzmuskulatur, 2. durch die jedesmal kurze Dauer der Contraction aller Herzmuskeln, nach deren Beendigung die ganze Muskulatur erschlafft und für eine neue Contraction disponibel wird, 3. durch die jedesmal ad maximum erfolgende Contraction und Erschlaffung der Muskulatur.

Der Regulator für diese Bewegungen befindet sich im Herzen selbst und wirkt unabhängig von dem ganzen übrigen Organismus, nämlich an dem ausgeschnittenen und möglichst blutleeren Herzen — in wie weit sich an seiner Zusammensetzung Nerven und Ganglien, in wie weit sich die Muskeln selbst daran betheiligen, lässt sich nicht sicher begrenzen und wird später zu besprechen sein auf Grund anatomischer und physiologischer Untersuchungen.

ERSTES CAPITEL.

Die intracardialen Nervencentra.

Die an den Herzen aller Thiere beobachtete Erscheinung, dass das ausgeschnittene möglichst blutleere Herz seine rhythmischen Bewegungen eine Zeit lang fortsetzt, dass directe Reizung seiner Oberflächen Contractionen der ganzen Herzmuskulatur hervorruft, fordern die Annahme, dass innerhalb des Herzens automatische oder reflec-

torische Nervenapparate gelegen sind, welche bestimmend und regulirend auf die Thätigkeit der Herzmuskulatur einwirken. Diese Annahme stützt sich ferner auf die Beobachtung, dass Verletzung oder Zerstörung gewisser Theile des Herzens ein vollständiges Aufhören oder eine längere Unterbrechung der rhythmischen Herzpulsationen zur Folge hat, dass andere Eingriffe eine Beschleunigung der Schlagfolge veranlassen, dass Reizung extracardialer, zum Herzen gehender Nervenstümpfe nicht die Wirkung einer Contraction der Muskeln des Herzens, wie bei den motorischen Nerven des übrigen Körpers hat, sondern vielmehr die Wirkung des Aufhörens der Herzpulsationen während der Reizung, oder die Wirkung einer Beschleunigung der Schlagfolge. — Da sich nun in den Herzen aller Thiere Nervenfasern und Ganglien nachweisen lassen, so sieht man diese als die intercardialen Nervencentren an, welche die Bewegungen des Herzens reguliren.

I. Anatomische Data.

Die anatomischen Befunde von intercardialen Nervenelementen genügen bis jetzt nicht zur Erklärung der physiologischen Erscheinungen, da weder in allen Herzstücken, welche reflectorisch erregbar sind, Ganglien nachgewiesen werden können, noch ein Zusammenhang der Ganglien mit den Muskeln durch Nervenfasern nachgewiesen ist. Allerdings sind aber Ganglien und Nervenfasern an einzelnen Stellen des Herzens sowohl bei Warmblütern als bei Kaltblütern vorhanden und bei den Fröschen sind es ganz bestimmte Haufen von Ganglien, welche an bestimmten Stellen des Herzens constant gefunden werden, namentlich da, wo die Vagusäste auf die Scheidewand des Vorhofes gehen und an der Grenze von Vorhof und Kammer, also an Stellen von ganz besonderer physiologischer Dignität.

Bei Warmblütern finden sich Ganglien an den vom Plexus cardiacus abgehenden Nervenfäden, welche theils in die Scheidewand der Ventrikel, theils an der Oberfläche des Herzens unter dem Pericardium sich verbreiten.

Die erste Beobachtung über die Verbreitung der Nerven im Säugethierherzen und das Vorkommen von Ganglienhaufen wurde von REMAK am Kalbsherzen gemacht¹, dann gab ROBERT LEE² detaillirtere Abbil-

¹ REMAK, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1844. S. 463. — Man vergleiche dazu aber die Bemerkungen von DOGIEL im Arch. f. mikroskop. Anat. XIV. S. 470. 1877.

² ROBERT LEE, Philos. Transact. I. p. 43, 47. 1849.

dungen von dem Verlaufe der Herznerven im Septum und an der Oberfläche des Herzens einer jungen Kuh (heifer) mit eingelagerten Ganglien. Diese Untersuchungen bestätigten CLOETTA¹ und SCHWEIGGER-SEIDEL², und SCHKLAREWSKY³ erweiterte dieselben an verschiedenen Säugethieren und fand bei Vögeln eine im Ganzen ähnliche Anordnung. Nach SCHKLAREWSKY bilden die durch Nervenfaserverstränge zu Ketten verbundenen Herzganglien geschlossene Ringe, deren einer in dem Umfange der Vorhofsscheidewand, deren zweiter in der Atrioventriculargränze verläuft; von ihnen gehen geflechtartig dünnere Zweige mit kleinen Ganglien in die Muskulatur, ansehnlichere Zweige steigen an der Wand der Ventrikel herab; bei Vögeln liegt ein mit blossem Auge erkennbares Ganglion hinten am Conflux der beiden Ganglienringe, bei Säugern war ein Analogon zu demselben nicht zu finden. Nach DOGIEL⁴ liegen die Herzganglien an den Einmündungsstellen der grossen Venen in das Herz und an der Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel. — In der Kammerwand von Säugethieren konnte SCHWEIGGER-SEIDEL zahlreiche Nervenfasern mit Kernanschwellungen (Endigung?) nachweisen.

Zu dem Herzen des Frosches gehen nur Aeste des N. vagus und zwar von jedem der beiderseitigen Vagi ein Ast; diese beiden Aeste gehen mit den Jugularvenen bis in den Vereinigungswinkel derselben, wo sie zu einem Plexus und Ganglion, dem Vorhofsganglion zusammentreten, dessen Zellen eine makroskopische Anschwellung bilden. Von hier aus verlaufen sie getrennt auf der Scheidewand des Vorhofes als hinterer und vorderer Scheidewandnerv. Der Faseraustausch in dem Plexus ist derartig, dass die beiden im Septum verlaufenden Nerven aus beiden Rami cardiaci Fasern beziehen, meistens aber der hintere Scheidewandnerv mehr von dem linken, der vordere mehr von dem rechten Herznervenaste versorgt wird. Die beiden Scheidewandnerven sind mit Ganglien durchsetzt, welche bald vereinzelt liegen, bald kleinere oder grössere Gruppen bilden mit dazwischen liegenden ganglienlosen Parthieen. An der Atrioventricularklappe bildet jeder der beiden Scheidewandnerven eine durch Einlagerung zahlreicher Ganglienzellen entstehende Anschwellung, die Atrioventricularganglien oder Kammerganglien. — Von den Scheidewandnerven gehen Zweige nach der Wand der Vorhöfe ab, welche vielfach mit einander anastomosirend einen Nervenplexus bilden und sich dann weiter auf der Vorhofswand verästeln. Von den Kammerganglien dringen Fasern in die Substanz des Ventrikels

1 CLOETTA, Verhandl. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg III. S. 64. 1852.

2 SCHWEIGGER-SEIDEL, Das Herz, in Stricker's Handb. d. Lehre v. d. Geweben 1871. S. 185.

3 SCHKLAREWSKY, Göttinger Nachrichten 1872. S. 426.

4 DOGIEL, Arch. f. mikroskop. Anat. XIV. S. 470. 1877. Taf. 23.

ein, lassen sich aber nur eine kurze Strecke weit verfolgen, so dass sich in dem bei weitem grössten Theile des Ventrikels weder Nervenfasern, noch Ganglien nachweisen lassen. Die Verbindung der Nerven mit den Muskeln scheint für die Vorhofsmuskeln derart zu sein, dass am Ende der Nervenfaser ein dreiwinkliger Kern auftritt, von welchem feine Fäden in das Innere des Muskelbündels eindringen.

Eine eingehende Untersuchung der intracardialen Nervenengebilde beim Frosche wurde zuerst von LUDWIG¹, bald darauf von BIDDER & ROSENBERGER² angestellt. LEO GERLACH³ beschrieb dann die Nervenplexus der Scheidewandnerven in dem Vorhofe. Bezüglich des Verhaltens der Nervenfasern zu den Ganglien glaubte BIDDER⁴ beweisen zu können, dass alle in das Herz eintretenden Nervenfasern sich zunächst in die Ganglien begeben und von diesen abgehende Fasern die Muskeln innerviren. — Das Vorkommen von Nerven und Ganglien in der Muskelmasse des Ventrikels in so grosser Ausbreitung, dass sie in noch so kleinen vorher pulsirenden Präparaten nicht fehlten, hat nur FRIEDLÄNDER⁵ behauptet. Für das Gegentheil sprechen die Beobachtungen von BIDDER, SCHWEIGGER-SEIDEL, ENGELMANN⁶, LEO GERLACH, welcher letztere einen dem Vorhofnervenplexus ähnlichen Plexus auch im Ventrikel vermuthet, aber wegen der Dicke des Ventrikels den Nachweis eines solchen für sehr schwierig hält, und DOGIEL. — Ueber die letzten Endigungen der Nerven in den Herzmuskeln verweisen wir auf die Arbeiten von SCHWEIGGER-SEIDEL, LANGERHANS⁷ und LEO GERLACH.

Bei diesem Resultate der anatomischen Untersuchung über die Nerven des Herzens wird die Annahme nothwendig, dass die Muskelfäden oder Muskelzellen des Herzens zugleich die Funktion von Nervenfasern übernehmen, indem sie die von nervösen Gebilden ausgehende und durch Reizung hervorgerufene Erregung zu den benachbarten Zellen fortleiten. Das von dem der Skeletmuskeln sehr bedeutend verschiedene anatomische Verhalten der Herzmuskeln würde die Annahme unterstützen, dass auch die Funktionen der Herzmuskulatur andere seien, als die der übrigen quergestreiften Muskeln. Wir werden diese Frage wieder aufnehmen, nachdem wir die physiologischen Beobachtungen, welche zu derselben veranlasst haben, besprochen haben werden.

1 LUDWIG, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848. S. 139.

2 BIDDER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. S. 163 und ROSENBERGER, De centris motuum cordis disquisitiones anatomico-pathologicae. Inaug.-Diss. Dorpat 1850.

3 LEO GERLACH, Arch. f. pathol. Anat. LXVI. S. 187. 1876.

4 BIDDER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. S. 1.

5 FRIEDLÄNDER, Unters. a. d. physiol. Labor. in Würzburg II. S. 159. 1867.

6 ENGELMANN, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 465. 1875.

7 LANGERHANS, Arch. f. pathol. Anat. LVIII. S. 65. 1873.

II. Die rhythmischen Bewegungen des Herzens.

Das Herz zeigt einen fortwährenden Wechsel von Contraction (Systole) und Erschlaffung (Diastole). Die Contraction beginnt, wie schon HARVEY¹ beobachtete, an den Venen, schreitet zu den Vorhöfen und dann zu den Kammern fort. Die Contraction ist immer eine maximale, indem, soweit man es beobachten kann, der Vorhof bezw. die Kammer bei ihrer Systole alles in ihr enthaltene Blut her austreibt, also blutleer wird; die Verkürzung der Muskeln ist, unabhängig von der Menge des Vorhof- oder Kammerinhaltes, immer so stark, dass die Höhle derselben leer wird, womit das Maximum erreicht ist — sie betrifft ferner die sämtlichen Muskeln eines Herzabschnittes und ist also auch total; endlich findet die Contraction aller Fasern des Ventrikels gleichzeitig statt, oder innerhalb einer so minimalen Zeit, dass diese Zeit unmessbar klein für die jetzigen Hilfsmittel ist. Auch die Dauer einer Systole an einem Abschnitte oder einer einzelnen Stelle des Herzens ist sehr kurz — es ist daher wahrscheinlich, dass die Systole als eine einfache Zuckung, nicht als eine aus Zuckungen zusammengesetzte Contraction aufzufassen ist. Dagegen vergeht von der Contraction der Vorhöfe bis zur Contraction der Kammern eine messbare Zeit.

Der systolischen Zusammenziehung der Herzmuskeln folgt sofort die diastolische Erschlaffung, welche nur wenig mehr Zeit erfordert, als die Verkürzung. An sie schliesst sich ein mehr oder weniger langes Verharren in Erschlaffung, die Herzpause, früher Perisystole genannt².

Dass bei dem blosgelagten oder ausgeschnittenen Herzen die Systole an den in die Vorhöfe eintretenden Venen beginnt, dann die Vorhöfe und zuletzt die Kammern sich contrahiren, ist in alter und neuer Zeit beobachtet worden an den Herzen von Warmblütern und Kaltblütern³. An absterbenden Herzen werden allerdings die Bewegungen unregelmässig⁴. Beim Frosche folgt der Zusammenziehung der Hohlvenen erst die der Venensinus, darauf die des Vorhofes, dann die des Ventrikels, endlich die des Bulbus.

Die häufig erwähnte Annahme, dass die Systole eine maximale Contraction sei, auf welche man geführt wurde durch das völlige Erblassen

1 HARVEY, Exercitationes anatomicae de motu cordis et sanguinis circulatione p. 38. Rotterdam 1660.

2 RIOLANI, Encheiridium anatomicum 1649. p. 219.

3 Vgl. z. B. HALLER, Elementa physiologiae I. p. 399. 1757 und DONDERS, Physiologie des Menschen 1856. S. 25.

4 VOLKMANN, Die Haemodynamik S. 387. 1850.

des Vorhofes bei verschiedenen Thieren und des Ventrikels beim Frosche, durch die grosse Härte des systolischen Ventrikels, hat eine exacte Bestätigung gefunden durch die Versuche von BOWDITCH und seiner Nachfolger in LUDWIG'S Laboratorium¹. BOWDITCH fand, wenn er den für sich bewegungslosen Froschventrikel durch Inductionsströme von minimaler Stärke bis zu erheblicher Stärke reizte, dass die Zuckung entweder maximal war oder gar nicht stattfand, dass sie keineswegs mit der Intensität des Stromes an Umfang zunahm; die Zuckungsgrösse ändert sich allerdings mit der Leistungsfähigkeit der Herzmuskulatur, aber jeder Strom löst nur die durch die Umstände gegebene umfangsreichste Zuckung oder gar keine Zuckung aus. Die Formveränderung und die gleichmässige Härte des Herzens in der Systole fordern ferner die Annahme, dass sich gleichzeitig sämmtliche Fasern des Vorhofes oder des Ventrikels zusammenziehen.

Die Frage, ob der Ventrikel von der Basis nach der Spitze hin sich zusammenzieht, oder ob die gesammte Muskulatur des Ventrikels sich gleichzeitig zusammenzieht, ist seit langer Zeit ventilirt worden²; die Versuche, welche in neuester Zeit darüber von MARCHAND³ angestellt worden sind, ergeben, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Contractionswelle grösser als 100 Mm. in 1 Sekunde sein muss, alle Fasern also fast gleichzeitig die Contraction beginnen.

An die Untersuchung über die Dauer einer Systole schliesst sich die wichtige Frage, ob die Systole eine einfache Zuckung oder eine Contraction sei? Die Dauer einer Systole ist beim Menschen von LANDOIS⁴ für den Vorhof zu 0,17 Sekunde, für den Ventrikel zu 0,26'' bestimmt worden, wenn 60 Pulsationen in der Minute waren. MAREY⁵ hatte für die Vorhofscontraction ungefähr 0,1'', für die Ventrikelcontraction (von Anfang bis zum Ende der Systole) 0,4'' gefunden. Für das Froschherz beträgt nach MARCHAND die Curve für die Ventrikelcontraction vom Beginn der Zusammenziehung bis zur Erschlaffung 2—3 Sekunden, wovon die kleinere Zeithälfte auf das Ansteigen der Curve bis zum Gipfel fällt, es würde also für die Contraction bis zum Maximum etwa 1 Sekunde zu rechnen sein. Dass diese Zeit durch die Temperatur des Ventrikels sehr bedeutend verändert wird, hat schon CYON⁶ ermittelt; er giebt aber keine Zahlen an. — Immerhin ist die Dauer einer systolischen Muskelzusammenziehung erheblich (10 mal) länger als die Dauer einer Skelettmuskulzuckung, wenn der Nerv electricisch gereizt wird.

Bei der anatomischen Verschiedenheit des Herzmuskels von den Skelettmuskeln kann aber die längere Dauer nicht beweisend dafür sein, dass die Systole nicht als eine einfache Zuckung anzusehen sei. MAREY⁷ fasst

1 BOWDITCH, Leipziger Berichte 1871. S. 652. — LUIGI LUCIANI, Ebenda 1873. S. 11.

2 KÜRSCHNER, Art. „Herzthätigkeit“ in Wagner's Handwörterb. d. Physiol. II. S. 35. 1844.

3 MARCHAND, Arch f. d. ges. Physiol. XV. S. 511. 1877.

4 LANDOIS, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1866. S. 177 und Die Lehre vom Arterienpuls 1872. S. 307.

5 MAREY, Circulation du sang 1863. p. 72.

6 CYON, Leipziger Berichte 1866. S. 256.

7 MAREY, Journ. d'anat. et de physiol. 1866. p. 403.

die Systole trotzdem als eine einfache Muskelzuckung auf, weil die Form der Herzcurve und der Muskelzuckungcurve dieselben wesentlichen Eigenenthümlichkeiten des Ansteigens, des Gipfels, des Abfallens darbieten. Wie zuerst KÖLLIKER & H. MÜLLER¹, später MAREY nachwiesen, findet an dem an das Herz angelegten Ischiadicus des stromprüfenden Froschschenkels nur eine einfache secundäre Zuckung, keine tetanische Contraction statt. CYON macht geltend, dass ein momentaner electricischer Reiz eine ebenso beschaffene Systole hervorruft, wie die durch den normalen inneren Reiz hervorgerufene, wenn das Herz sich in gewöhnlicher Temperatur befindet, dass dagegen dauernde Reizung eines in der Wärme stillstehenden Froschherzens einen Tetanus hervorbringt. Auch MARCHAND schliesst auf Grund seiner Versuche, in denen er die electromotorischen Schwankungen des Herzens während der Systole benutzte, um den Verlauf der Contractions-welle zu ermitteln, dass die Systole eine einfache, aber allerdings sehr verlängerte Zuckung ist, sich der Bewegungsart der glatten Muskeln annähernd.

Wenn also die Systole eine einfache Zuckung der Herzmuskeln ist, so erhebt sich die Frage, ob es beim Herzen einen den Skelettmuskeln analogen Tetanus giebt? und weiter, unter welcher Form wir einen Herztetanus zu erwarten haben? Versteht man mit WEBER, DUBOIS-REYMOND, HELMHOLTZ unter Tetanus eine dauernde Contraction des Muskels, welche sich aus einer Reihe so schnell auf einander folgender einfacher Zuckungen zusammensetzt, dass jede vorhergehende beim Eintritt der folgenden noch nicht erheblich nachgelassen hat², so muss das Herz eine dauernde Zusammenziehung, welche sich aus discontinuirlichen Systolen zusammengesetzt ergibt, zeigen.

Es sind verschiedene Erscheinungen am Herzen, namentlich am Herzen des Frosches als Herztetanus angesprochen worden: eine partielle andauernde Zusammenziehung wurde bei Reizung des Froschherzens mit starken electromagnetischen Wechselströmen in der nächsten Umgebung der Electroden schon von EDUARD WEBER³ bemerkt und dasselbe sahen auch LUDWIG & HOFFA⁴, aber diese Forscher heben hervor, dass auch durch die kräftigsten electricischen Reize das Herz nicht in allgemeinen Tetanus gesetzt werden könne, dass vielmehr nur ein Wirrwarr von raschen, unregelmässigen Bewegungen mit gleichzeitiger Vergrösserung und starker Füllung des Herzens mit Blut eintrete. Wenn HEIDENHAIN⁵ diese Bewegungen „als einen tumultuarischen Tetanus“ bezeichnet, so ist damit durchaus kein wirklicher Tetanus nachgewiesen, wie GOLTZ⁶ an-

1 KÖLLIKER & MÜLLER, Würzburger Verhandl. VI. S. 528. 1856.

2 HELMHOLTZ, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1850. S. 276.

3 Ed. WEBER, Art. „Muskelbewegung“ in Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. 2. S. 36. 1846.

4 LUDWIG & HOFFA, Ztschr. f. rat. Med. IX. S. 107. 1850.

5 HEIDENHAIN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1858. S. 479.

6 GOLTZ, Arch. f. pathol. Anat. XXIII. S. 493. 1861.

nimmt, und wenn HEIDENHAIN „in manchen Fällen den Ventrikel in eine vollkommen stetige, tonische Contraction gerathen sah“, so steht diese Angabe bis jetzt völlig isolirt. — GOLTZ hat durch plötzliche starke Füllung des Ventrikels mit Blut eine längere Zeit dauernde Systole des Froschventrikels erzeugt, welche er als abhängig von den venösen Apparaten des Herzens ansieht — er lässt nämlich das Blut in eine in die Aorta eingebundene Glasröhre fließen, und wenn der grösste Theil des Blutes in die Röhre geflossen ist, so treibt er durch starkes Blasen in die Röhre, den Widerstand der Klappen überwindend, alles Blut in den Ventrikel, welcher nun stark ausgedehnt wird; der übermässig ausgedehnte Ventrikel zieht sich kräftig zusammen und bleibt zusammengezogen, während Vorhof und Sinus weiter pulsiren. Nachgewiesen hat GOLTZ einen wirklichen Tetanus nicht, und es muss wohl als wahrscheinlich angesehen werden, dass es sich hier um eine protrahirte Zuckung der Muskeln, hervorgebracht durch starke Zerrung derselben handelt. Nach MAREY¹ dauert auch die einfache Zuckung eines gezerzten Skelettmuskels viel länger als die des normalen und andererseits kann man durch Drücken und Kneifen einer Stelle des Ventrikels gleichfalls eine dauernde, örtliche Contraction bewirken, wie GOLTZ selbst anführt. Endlich spricht der von GOLTZ angegebene Umstand, dass, wenn der Ventrikel wieder zu pulsiren beginnt, derselbe auch während der Diastole tonisch zusammengezogen bleibt und nur wenig Blut in seine Höhle lässt, für eine Affection der Muskelsubstanz des Herzens.

Seitdem LUDWIG einen Apparat construirt hat, mittelst dessen der Druck, welchen das Froschherz auf seinen Inhalt bei Ausschluss der Blutcirculation ausübt, aufgezeichnet wird — gewöhnlich als „Froschmanometer“ bezeichnet (s. Fig. 1 und die Beschreibung dazu S. 359) — ist von CYON und von LUIGI LUCIANI ein Tetanus des Herzens statuirt worden. — CYON² brachte das mit dem Manometer in Verbindung stehende Herz aus einer Umgebung von 0° plötzlich in eine Umgebung von 40° und sah das Herz eine Reihe von so rasch aufeinanderfolgenden Schlägen ausführen, dass es schliesslich in einen Tetanus verfiel, welcher höchstens 15 bis 30 Sekunden andauerte. CYON denkt sich diesen Tetanus dadurch zu Stande kommend, dass der jedesmal folgende Reiz früher erscheint bevor die dem vorhergehenden Reize entsprechende Zuckung abgelaufen ist. Bei allmählicher Erwärmung des Herzens auf 40° kommt dieser Tetanus nicht zu Stande. Die Excursionen der Herzschläge sind aber bei dieser Temperatur und überhaupt bei Temperaturen über 30° sehr niedrig. So hatte z. B. ein Herz bei 19° 40 Pulsationen in 1 Minute und eine Excursionshöhe von 4 Mm., nach allmählicher Erwärmung bis 34° aber 130 Pulsationen pro 1 Min. mit einer Excursion von 0,5 Mm. — An mehreren Stellen seiner Arbeit spricht sich CYON über diesen Tetanus der Art aus, dass man zweifelhaft wird, ob es sich hier um einen allgemeinen Tetanus des Ventrikels oder um das unregelmässige Wogen, welches schon WEBER beobachtet hatte, handelt: „bei einer der Grenzwärme nahen Temperatur sieht man das Herz noch in lebhaften

1 MAREY, Du mouvement dans les fonctions de la vie 1868. p. 363.

2 CYON, Leipziger Berichte 1866. S. 256.

Contractionen begriffen, trotzdem aber treibt es keine Spur seines Inhalts in das Manometer hinein. Eine genauere Beachtung der Herzcontraction lässt alsbald erkennen, dass diese Erscheinung in einer peristaltischen Zusammenziehung des Muskelfleisches begründet sei, die von der Vorhofsgrenze gegen die Spitze fortschreitet.“ Und bei Besprechung des Versuches von SCHELSKE¹, welcher bei Reizung des Vagus an dem erwärmten Herzen den Ventrikel in wogender Zusammenziehung (Tetanus mit Intermissionen) begriffen sah, bemerkt CYON, es sei dabei wohl nicht der Vagus allein, sondern das Herz selbst electricisch gereizt worden, so dass dieser Versuch nur eine Wiederholung des WEBER'schen und HOFFA-LUDWIG'schen Versuches zu sein scheint. HOFFMANN² fand Stillstand des Herzens bei höherer Temperatur, aber die von SCHELSKE angegebene Folge der Tetanisirung des Vagus nicht constant.

Endlich hat LUCIANI³ mit dem inzwischen weiter ausgebildeten und vervollkommeneten LUDWIG'schen Apparate einen Tetanus oder tetanischen Anfall des Froschherzens zu beobachten geglaubt; indess KRONECKER und STIRLING⁴ haben es wahrscheinlicher gemacht, dass es sich dabei um ein durch die Versuchsanordnung bedingtes Artefact handelt. LUCIANI fand nämlich, dass, wenn man an dem auf die Canüle des Apparates aufgebundenen, mit Kaninchenserum gefüllten Froschherzen eine neue Ligatur um dessen Vorhöfe legt, eine sofortige Erhebung des Schwimmers eintritt, welcher nun anfangs sehr frequente und kleine Pulse verzeichnet, welche unter Absinken des Druckes allmählich seltner und grösser werden. LUCIANI beobachtete auch, dass dieser Tetanus schwindet, sobald die Unterbindung gelöst wird. KRONECKER erklärt das Ansteigen der Manometerflüssigkeit durch ein Uebertreten des Herzinhaltes aus dem durch die Ligatur verkleinerten Herzraume in das Manometer, aus welchem die Flüssigkeit nicht sogleich entweichen kann — wird letzteres durch eine Abänderung der Vorrichtung ermöglicht, so sinkt der Druck sofort auf die ursprüngliche Höhe. Die vermehrte Frequenz der Pulsationen würde aus der veränderten Füllung des Herzens zu erklären sein — sie erhält sich nach Lösung der Umschnürung einige Zeit.

Ein den Skelettmuskeln analoger Tetanus des Herzens, welcher gleichzeitig das Gesamtorgan erfasst, wie es doch beim Skelettmuskel der Fall ist, scheint also bis jetzt nicht beobachtet zu sein.

Die Zeit, welche vom Beginne der Zusammenziehung des Vorhofes bis zu der des Ventrikels vergeht, ist von MAREY⁵ zu beinahe 0,2 Sek. für das Herz des Pferdes bestimmt worden. MAREY erhielt diese Bestimmung, indem er einen Kautschukballon in den rechten Ventrikel, einen zweiten in den Vorhof mittelst einer Röhre durch die Jugularvene

1 SCHELSKE, Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit durch die Wärme. Heidelberg 1860.

2 HOFFMANN, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des N. vagus bei Fischen. Giessen 1860.

3 LUIGI LUCIANI, Leipziger Berichte 1873. S. 1.

4 KRONECKER (und STIRLING), Beiträge zur Anatomie und Physiologie, als Festgabe CARL LUDWIG. 1874. S. CLXXIII.

5 MAREY, Physiologie médicale de la circulation du sang 1863. p. 70. Fig. 8.

einführte; jeder der beiden Ballons communicirte mittelst einer Kautschukröhre mit einem MAREY'schen registrirenden Fühlhebel, welcher die von dem Vorhofs- und von dem Ventrikel auf die in ihnen enthaltenen Ballons ausgeübten Drucke der Intensität und der Zeit nach aufzeichnet. Beim Froschherzen dürfte nach den Untersuchungen von MARCHAND¹ die Zeit zwischen Vorhofs- und Ventrikelcontraction 0,38 — 0,6 Sek. betragen. MARCHAND bestimmte an Froschherzen, welche aus Vorhof und Kammer bestanden, am Sinus abgeschnitten waren, und daher keine spontanen Bewegungen machen, die Zeit, welche vergeht von dem Momente der Reizung des Ventrikels bis zur Contraction desselben und die Zeit zwischen der Reizung des Vorhofes bis zur Contraction des Ventrikels, also die Dauer der Uebertragung des Erregungsvorganges vom Vorhof auf den Ventrikel. Will man daraus auf die Zeit zwischen Vorhofscontraction und Ventrikelcontraction schliessen, so muss man die Hypothese zu Hülfe nehmen, dass die Latenzdauer der Ventrikelcontraction derjenigen der Vorhofscontraction gleich gross ist. — Die Anordnung der Versuche ist folgende: das durch Thonbäusche in seiner Lage fixirte Herz liegt mit einer bestimmten Stelle des Ventrikels auf dem einen Electrodenpaar und mit dem Vorhofs- nahe der Atrioventrikulargrenze auf einem zweiten Electrodenpaare; genau über dem ersten Electrodenpaare trägt der Ventrikel den kürzeren Arm eines sehr leichten Hebels, dessen längerer Arm die Bewegungen an einem rotirenden Cylinder aufzeichnet. Durch die Electrodenpaare kann der erregende Inductionsschlag mittelst einer Wippe abwechselnd gesandt werden.

Die Fortpflanzung der Erregung vom Vorhof zum Ventrikel bedarf also nach MARCHAND's Beobachtungen einer sehr langen Zeit, einer viel längeren Zeit als die Muskelleitung in Anspruch nehmen kann. Nach den Bestimmungen ENGELMANN's² beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Herzmuskel wahrscheinlich viel mehr, aber gewiss nicht weniger als 20 Mm. in 1 Sek., was MARCHAND aus eigenen Versuchen gleichfalls schliesst — durch Muskelleitung würde aber in MARCHAND's Versuchen höchstens 0,1 Sek. verbraucht worden sein — an eine Leitung durch Nervenfasern kann überhaupt nicht gedacht werden und sie würde unzweifelhaft noch viel schneller gehen: es bleibt also nur die Annahme übrig, dass der Weg der Erregung von dem Vorhofs- zur Kammer durch die gangliösen Apparate an der Atrioventrikulargrenze führt. Diese Annahme ist schon von H. MUNK³ gemacht worden, indem er am sinuslosen Froschherzen die Reihenfolge der Bewegungen sich umkehren sah, wenn der Bulbus gereizt wurde, während bei Reizung der Vorhofsganglien der gewöhnliche Ablauf der Herzperiode erfolgte. — Die willkürliche Bestimmung von Punkten am Herzen, von denen die Contractions ihren Anfang nehmen sollen, ist in grosser Ausdehnung von PANUM⁴ ausgeführt worden. ECKHARD⁵ hat nach

1 MARCHAND, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 137. 1878.

2 ENGELMANN, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 465. 1875 und Onderzoekingen te Utrecht III. 3. p. 79. 1875.

3 H. MUNK, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. S. 569.

4 PANUM, Bibliothek for Laeger X. p. 46. 1858. Auszug in Schmidt's Jahrbüchern C. S. 148.

5 ECKHARD, Beiträge zur Anatomie und Physiologie VII. S. 191. 1873.

Exstirpation der Atrioventrikularganglien ein Stillstehen des Ventrikels bis zu 10 Minuten, MARCHAND aber ein Stillstehen während vieler Stunden bei Fortdauer der Pulsationen von Atrien und Sinus und erhaltener Reizbarkeit des Ventrikels beobachtet. Diese Versuche würden bestätigend für die obige Annahme eintreten.

Die Dauer der Diastole beträgt nach LANDOIS beim Menschen etwa 0,2 Sec., beim Pferde nach der von MAREY erhaltenen Curve wenig mehr als 0,1 Sec., sie entspricht wahrscheinlich der Dauer der Ausdehnung der erschlaffenden Muskelfasern, was auch aus MARCHAND's Versuchen am Froschherzen hervorzugehen scheint, welcher die Gestalt der Curve eines Herzschlages ähnlich der Curve einer Muskelzuckung fand. Eine Einwirkung von Nerven findet hier also wohl nicht statt.

Von der eigentlichen Diastole ist aber zu unterscheiden die Ruhezeit des erschlafften Herzens, die sogenannte Herzpause. Von ihrer Dauer ist die Frequenz der Herzpulsationen bedingt und sie ist gleich diesen vielen Schwankungen unterworfen und von den Einflüssen der intracardialen und extracardialen Nerven abhängig. Die Dauer der Herzpause beim normalen Menschen beträgt nach LANDOIS 0,4 Sec. bei 60 Pulsen in der Minute, nach MAREY's Curve vom Pferde 0,6 Sec., wenn die ganze Herzrevolution 1,2 Sec. ausmacht.

In wie weit die Dauer der Herzpause von den Nerven des Herzens, in wie weit sie von anderen Einflüssen beherrscht wird, ist im folgenden Abschnitt erörtert.

III. Bedingungen für die rhythmischen Bewegungen des Herzens.

Das aus dem Körper ausgeschnittene Herz setzt seine rhythmischen Bewegungen eine Zeit lang fort, dann werden seine Bewegungen unregelmässig, indem die Vorhöfe öfter pulsiren, als die Ventrikel, darauf pulsiren einige Zeit die Vorhöfe allein und endlich hören die Bewegungen ganz auf, können auch durch äussere Reize nicht mehr hervorgerufen werden.

Für das ausgeschnittene Herz des Kaninchens fanden CZERMAK und PIOTROWSKY¹ die Dauer der Bewegungen sehr verschieden: von 60 Herzen ergab sich die geringste Dauer zu 3 Min. 15 Sec., die längste zu 36 Minuten, das Mittel aus allen 60 Versuchen zu 11 Min. 46 Sec., und es betrug die Zahl der Pulsationen des ausgeschnittenen Herzens 86 bis 700. Bei einem grossen weiblichen Kaninchen schlugen die Ventrikel noch 9 Min. 30 Sec., die Vorhöfe über 1 Stunde und 18 Min. Die Ursache dieser grossen Differenzen ist unbekannt. PANUM² beobachtete noch 15 Stunden nach dem Tode eines Kaninchens rhythmische Contractionen

1 CZERMAK & v. PIOTROWSKY, Sitzungsber. d. Wiener Acad. XXV. S. 431. 1857.

2 PANUM, Bibliothek for Laeger X. p. 46. 1858. Auszug in Schmidt's Jahrbüchern C. S. 148.

am rechten Vorhofs. — Für das Froschherz giebt BUDGE¹ an, dass bei einer Temperatur von 12—14° C. dasselbe 0,5—23 Stunden geschlagen habe und die Reizbarkeit desselben etwas früher erloschen sei als die der Nn. ischiadici desselben Thieres. VALENTIN² giebt die Zeit, während welcher ein herausgeschnittenes Froschherz schlägt, auf im Maximum beinahe 2½ Tage (52 Stunden) an. Auch ich habe bei 13° C. Pulsationen über 48 Stunden lang beobachtet.

Beim Froschherzen sind eine Anzahl von Bedingungen ermittelt worden, welche die Dauer der Schlagfähigkeit des Herzens bestimmen. Sie beziehen sich theils auf das ganze Herz, theils auf einzelne Herzabschnitte nach Trennung des Zusammenhanges derselben. Da unter den anzugebenden Bedingungen nicht nur die Dauer der Schlagfähigkeit, sondern auch die Schlagfolge und die Qualität der Pulsationen geändert wird, so werden alle diese Veränderungen zu besprechen sein.

1. Die Einwirkung von Gasarten

auf das Herz ist bestimmend sowohl für die Dauer der Schlagfähigkeit und Reizbarkeit des Herzens, als auch für die Frequenz und Intensität seiner Pulsationen.

Bei starker Luftverdünnung, unter dem Recipienten der Luftpumpe, hören die Pulsationen des Herzens nach etwa einer Stunde auf und das Herz verliert seine Reizbarkeit gegen mechanische und electriche Reize. Nach Zutritt von Luft beginnen die Pulsationen bald wieder. Aehnlich verhält sich ein Herz, welches auf andere Weise der Luft beraubt ist. Wesentlichen Einfluss auf die Dauer der Bewegungen hat der Sauerstoff der Luft, während Kohlensäure die Dauer vermindert. Mangel an Sauerstoff macht also das Herz scheidt.

Die Zeit, während welcher das Herz des Frosches im luftverdünnten Raume noch schlägt, wird von TIEDEMANN³ zu etwa 30 Sec., von CASTELL⁴ auf etwa eben so viele Minuten angegeben. Die Differenz rührt, wie BERNSTEIN⁵ wahrscheinlich gemacht hat, davon her, dass in TIEDEMANN'S Versuchen das Herz in Folge der Luftänderung rasch austrocknete. BERNSTEIN fand, dass unter dieser Bedingung ein Froschherz allerdings sehr bald zu pulsiren aufhört, dass es aber bei einer Temperatur von 22 bis 24° ungefähr eine Stunde lang pulsirt.

1 BUDGE, Art. „Sympathischer Nerv mit besonderer Rücksicht auf die Herzbewegung“ in Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. 1. S. 438. 1846.

2 VALENTIN, Lehrbuch der Physiologie des Menschen II^b. S. 613. 1848.

3 TIEDEMANN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. S. 490. Dasselbst ist auch die ältere Literatur (CALDANI, WERNLEIN, FONTANA) angegeben,

4 CASTELL, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. S. 226.

5 J. BERNSTEIN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. S. 527.

Dass das freihängende Herz in gewöhnlicher Luft 3—4 mal länger pulsirt, als das auf einer Glasplatte liegende, hat schon ALEXANDER VON HUMBOLDT¹ beobachtet — die Wirkung des Luftmangels wird auf das frei hängende Herz eine umfassendere sein. Die grossen Differenzen, welche GAULE² im Verhalten der Herzen von in der Kälte gegen in der Wärme aufbewahrte Frösche fand, dürften sich auch für das Verhalten im luftverdünnten Raume geltend machen. — Brachte CASTELL das Herz in luftfreies Wasser, so hörten die Pulsationen nach 20 Min. auf, begannen aber nach Herausnahme aus demselben nach 15 Min. wieder und dauerten über 2 Stunden. — Dagegen beobachtete GOLTZ³ noch längere Zeit Pulsationen an Froschherzen, welche er unter Oel gebracht hatte; nur wenn das Herz unter Oel durch besondere Eingriffe zum Stillstand in Diastole gebracht worden war, blieb es pulslos bis zum Tode.

Dass der Sauerstoff der Luft es ist, welcher die Dauer der Herzbewegungen verlängert, hat schon VON HUMBOLDT aus seinen Versuchen geschlossen. CASTELL fand unter gleichen Versuchsbedingungen, dass ein Froschherz in reinem Sauerstoffgase 12 Stunden mit erhöhter Lebhaftigkeit pulsirt, in Stickstoff nur 1 Stunde, in Wasserstoff 1 Stunde 25 Min. In Kohlensäure stand aber das Herz nach 10 Min. still, in Stüccoxydalgas nach 5—6 Min., in Kohlenoxydgas nach 40 Min., in Chlorgas nach 2 Min., und kam auch, wenn es nachher wieder in gewöhnliche Luft gebracht wurde, nach Einwirkung der drei letzten Gasarten nicht wieder in Thätigkeit. — In exacter Weise hat CYON⁴ die Abhängigkeit der Herzbewegung von der Anwesenheit des Sauerstoffs am Froschherzen mittelst des Froschmanometers nachgewiesen, indem er O-haltiges Serum einfüllte und dasselbe mit Serum vertauschte, welches mit Kohlensäure gesättigt war: nur bei Anwesenheit von Sauerstoff waren regelmässige Pulsationen zu beobachten, während sie bei Einführung von mit Kohlensäure gesättigtem Serum aufhörten.

Es geht aus diesen Versuchen nicht hervor, ob der Scheintod des Herzens, welcher bei Sauerstoffmangel und noch schneller durch Kohlensäure eintritt, von den Nerven des Herzens oder von den Muskeln desselben ausgeht, doch ist wahrscheinlich das letztere der Fall, da die Pulsationen keineswegs plötzlich bei voller Intensität der Contractionen aufhören, sondern die Zusammenziehungen allmählich bis zur Unmerklichkeit schwächer werden.

2. Die Einwirkung von Flüssigkeiten.

Nach den Vorstellungen, welche sich HALLER⁵ von der rhythmischen Bewegung des Herzens gebildet hatte, sollte das venöse Blut

1 A. VON HUMBOLDT, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern II. S. 273. 1797.

2 GAULE, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. S. 291.

3 GOLTZ, Arch. f. pathol. Anat. XXIII. S. 493. 1862.

4 CYON, Compt. rend. I. p. 1049. 1867.

5 HALLER, Elementa physiologiae I. p. 493. 1757; causa, quae cor in motum ciet, omnino sanguis venosus est.

der Reiz sein, welcher die Contraction der Herzmuskulatur auslöste und indem die Contraction das Blut aus dem Herzen entfernte, der Reiz aufhören und das Herz erschaffen. Diese Vorstellung ist völlig unhaltbar, da das ganze blutleere Herz seine rhythmischen Bewegungen fortsetzt, und ausserdem das mit gewissen Flüssigkeiten gefüllte Herz dieselben bald austreibt, bald nicht. Das Blut und die andern Flüssigkeiten, in welchen das Herz schlägt, können nicht die Ursache der rhythmischen Bewegungen sein, sondern nur die Bedingung für die Erhaltung der Contractilität und Reizbarkeit der Muskeln und für die Erzeugung der inneren Herzreize, welche in gewisser Beziehung zu den Nervelementen im Herzen stehen. Es kann nämlich ein Froschherz, oder ein Theil eines Froschherzens seine vollständige Bewegungsfähigkeit und Reizbarkeit haben, ohne dass eine Bewegung ausgelöst wird: das Herz contrahirt sich also nur, wenn ein äusserer Reiz, z. B. ein Inductionsschlag, dasselbe trifft, ohne denselben verharret es in diastolischer Ruhe. Eine Substanz, welche der das Herz füllenden Flüssigkeit hinzugesetzt wird, z. B. Delphinin, bewirkt aber die Wiederkehr der rhythmischen Pulsationen. In einem andern Falle kann ein Herz sich in seiner Fähigkeit zu Pulsationen erschöpfen, indem die Contractionen immer schwächer werden und endlich ganz aufhören: durch Zusatz einer Eiweisslösung tritt aber wieder eine energische Pulsation des erschöpft gewesenen Herzens ein. In beiden Fällen ist die eingeführte Substanz nicht die Ursache der rhythmischen Thätigkeit, sondern nur eine Bedingung für das Hervortreten einer im Herzen vorhandenen Mechanik, welche latent geworden war.

Das Blut, wie es im Körper circulirt, enthält offenbar sämtliche Stoffe, welche für die Contractilität, Irritabilität und Rhythmicität des ganzen Herzens erfordert werden. Eingriffe in die Mechanik oder in den Mechanismus des Herzens können, ohne Veränderungen in der Beschaffenheit des Blutes zu setzen, den Rhythmus latent werden lassen — andererseits können Substanzen, welche dem durch solche Eingriffe in seiner Rhythmicität gestörten Herzen oder Herztheile zugeführt werden, die Rhythmicität wieder hervorbringen — endlich kann an einem der Rhythmicität trotz Eingriffen in den Zusammenhang seiner Theile und Wegschaffung des Blutes nicht beraubten Herzen durch Zuführung von Blut oder andern Flüssigkeiten die Pulsation des Herzens in allen Beziehungen längere Zeit erhalten bleiben, oder in der einen oder andern Beziehung verändert werden.

Die Einwirkung von Flüssigkeiten auf ein seiner rhythmischen Thätigkeit beraubtes, sowie auf ein rhythmisch fort pulsirendes Stück des Frosch-

herzens ist von LUDWIG und seinen Schülern¹ mittelst des Froschherzmanometers untersucht worden. Dasselbe ist in Fig. 1 dargestellt und besteht aus folgenden Theilen:

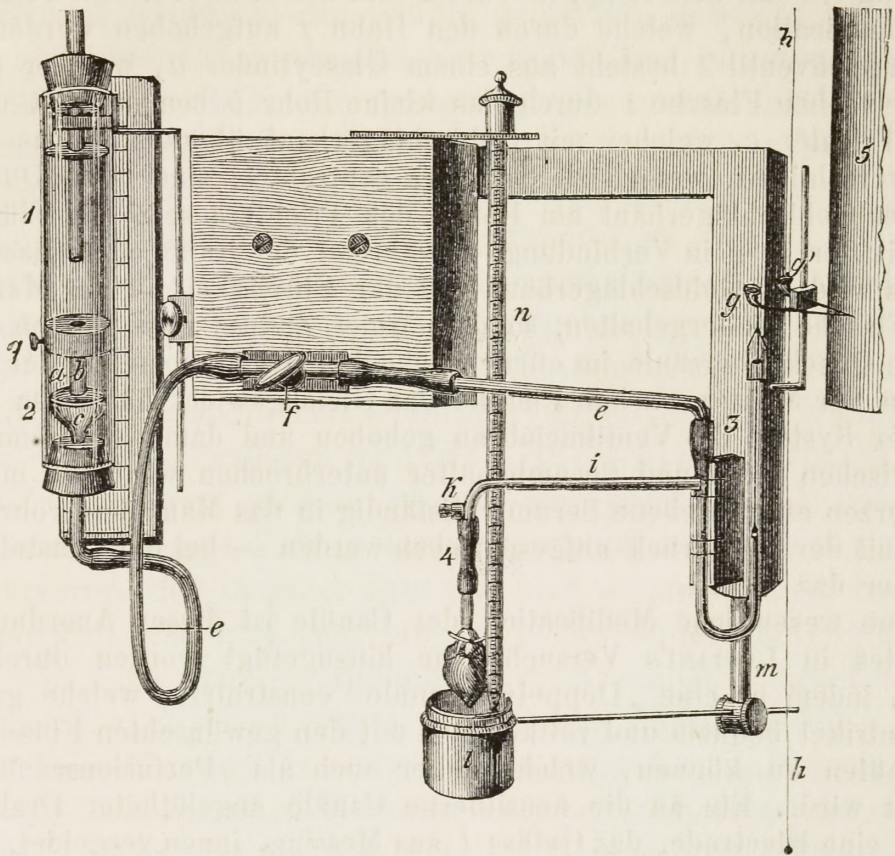


Fig. 1.

1. einer Canüle, auf welche das Froschherz aufgebunden wird; 2. ein mit der Canüle in Verbindung stehendes registrirendes Manometer; 3. ein Klappenventil, welches einerseits mit dem Manometer, andererseits mit einer MARIOTTE'schen Flasche, in welcher sich die anzuwendende Flüssigkeit befindet, communicirt.

Die Canüle ist durch die Hohlvene bis in den Ventrikel geschoben und die Herzwand an dem Sinus oder weiter abwärts nach dem Ventrikel hin auf die Canüle festgebunden, die Aorta ist unterbunden. Die Herzcanüle steht mit dem Manometer mittelst des gebogenen Rohres *i* in Verbindung, so dass der Gehalt des Ventrikels bei der Systole in das Manometer gepresst wird, dessen Stand der Schreibapparat *gg'* auf die rotirende Trommel des Kymographions 5 registriert. Der Stöpsel bei *k* dient dazu, die eine Electrode einzuführen, wenn man das Herz electricisch reizen will. Das Herz wird in das mit Serum gefüllte Gefäß *l* gesenkt, welches mittelst des Führungsstabes *m* so verstellbar werden kann, dass

1 E. CYON, Ber. d. Leipziger Acad. 1866. S. 256. — COATS, Ebenda 1869. S. 360. — BOWDITCH, Ebenda 1871. S. 653. — LUIGI LUCIANI, Ebenda 1872. S. 113. — ROSSBACH, Ebenda 1874. S. 193. — MERUNOWICZ, Ebenda 1875. S. 252. — KRONECKER, Beitr. z. Anat. u. Physiol. Festgabe für C. LUDWIG. 1874. S. 173. — GAULE, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. S. 291. — STIÉNON, Ebenda S. 263.

das Herz von der Flüssigkeit bedeckt und vor der umgebenden Luft geschützt ist. In dieses Gefäß kann die zweite Electrode eingelassen werden. Das Manometer und zugleich die Herzhöhle steht durch die Röhrenleitung *efc* mit dem Klappenventil 2 und der MARIOTTE'schen Flasche 1 in Communication, welche durch den Hahn *f* aufgehoben werden kann. Das Klappenventil 2 besteht aus einem Glascylinder *a*, welcher mit der MARIOTTE'schen Flasche 1 durch das kleine Rohr *b* communicirt und aus einem Trichter *c*, welcher mit Goldschlägerhaut überspannt das Rohr *b* unten verschliesst, wenn sich das Herz contrahirt; eine feine Durchbohrung der Goldschlägerhaut am Rande des Trichters setzt die Flüssigkeit in *a* mit der in *c* in Verbindung — während der Ruhe oder Diastole des Herzens wird die Goldschlägerhaut von der Flüssigkeit in der MARIOTTE'schen Flasche niedergehalten, so dass freier Zufluss zum Herzen besteht und die Quecksilbersäule im offenen Schenkel des Manometers der Serumsäule in der MARIOTTE'schen Flasche das Gleichgewicht hält. Da bei Beginn der Systole die Ventilmembran gehoben und damit die Communication zwischen Herz und Serumbehälter unterbrochen wird, so muss das vom Herzen ausgetriebene Serum vollständig in das Manometerrohr treten, und somit der Herzdruck aufgeschrieben werden — bei der Diastole öffnet sich aber das Ventil.

Eine wesentliche Modification der Canüle ist dieser Anordnung des Apparates in LUCIANI's Versuchsreihe hinzugefügt worden durch KRONECKER, indem er eine „Doppelwegcanüle“ construirte, welche gestattet, den Ventrikel bequem und vollkommen mit den gewünschten Flüssigkeiten durchspülen zu können, welche daher auch als „Perfusionscanüle“ bezeichnet wird. Ein an die neusilberne Canüle angelötheter Draht dient als die eine Electrode, das Gefäß *l* aus Messing, innen vergoldet, als die andere Electrode der Inductionsströme, welche auf das Herz einwirken sollen.

Der Apparat ermöglicht nun eine Untersuchung der Herzbewegungen in vielen Beziehungen, von denen wir hervorheben: 1. eine Bestimmung der Energie, mit welcher das Herz sich zusammenzieht, gemessen an der Menge der Flüssigkeit, welche in das Manometer getrieben wird, 2. eine Veränderung des Druckes, unter welchem das Herz arbeitet, 3. den Einfluss der Abbindung von Herztheilen in verschiedener Höhe über der Herzspitze, 4. den Einfluss der Flüssigkeiten, welche das Herz umgeben und füllen und den Einfluss, welcher eine Veränderung derselben bewirkt, 5. die Bestimmung der Zeitfolge und des Verlaufes der Contractions, 6. den Einfluss der Temperatur, 7. den Einfluss der electricen Reizung.

Die LUDWIG'sche Anordnung der Versuche macht es nun möglich, die Einwirkung von Flüssigkeiten in Bezug 1. auf die Contractilität des Herzens, oder den Umfang der Zusammenziehung, 2. auf die Reizbarkeit und auf Entwicklung der inneren Reize zur Contraction, 3. auf die Periodicität zu untersuchen.

Es sind zweierlei Herzpräparate zu unterscheiden, welche zu die-

sen Untersuchungen benutzt worden sind, und welche sich wesentlich in Bezug auf die Anwesenheit von Herzganglien und die, so viel man sehen kann, vollständige Abwesenheit derselben unterscheiden. Das eine Präparat ist so auf die Canüle gebunden, dass die Ligatur um die Vorhöfe oder auch um den Venensinus fest zusammengeschnürt ist, jedenfalls also die Kammerganglien, oder sowohl die Vorhofs- als die Kammerganglien intact in dem Präparate enthalten sind. Dieses von LUCIANI, ROSSBACH u. A. angewendete Präparat wird kurzweg das „Herz“ genannt. Das andere Präparat ist so auf die Canüle gebunden, dass die Ligatur um die Herzkammer einige Millimeter unterhalb der Atrioventricularfurche festgebunden und alle darüberliegenden Theile des Herzens weggeschnitten sind, die Kammerganglien also weggeschafft sind — dieses von BOWDITCH, MERUNOWICZ u. A. verwendete Präparat wird die „Herzspitze“ genannt.

Beide Präparate bleiben, worauf wir später (III, 3) näher eingehen werden, einige Zeit in Diastole ruhend — beide aber fangen nach kürzerer oder längerer Pause wieder an zu pulsiren, und zwar die Herzspitze erst nach sehr langer (10 bis 90 Minuten) Pause, das Herz schon nach wenigen Minuten. Wir betrachten zunächst das Verhalten der Herzspitze gegen verschiedene Flüssigkeiten.

Wird die Herzspitze mit 0,6 procentiger Kochsalzlösung gefüllt und in ein Bad derselben Flüssigkeit eingetaucht, so nehmen die Zusammenziehungen des Herzens bald an Umfang ab, und auch nach wiederholter Erneuerung der Kochsalzlösung tritt endlich ein Zustand der Erschöpfung ein, in welchem gar keine Spur von Contraction mehr beobachtet werden kann, und in welchem auch electricische oder mechanische Reizung keine Contraction mehr auslöst. Diese Wirkung einprocentiger Kochsalzlösung hat schon VULPIAN¹ beobachtet. Ist die Herzspitze in diesen Scheintod durch Kochsalzlösung versetzt, so kann sie durch eine grosse Anzahl von Lösungen, welche einen der Bestandtheile des Blutes enthalten, wieder zu Pulsationen und zwar zum Theil zu sehr kräftigen und häufigen Pulsationen gebracht werden, so z. B. bei Zusatz von 1—10 % Blut zu der Kochsalzlösung (KRONECKER-MERUNOWICZ). Die Zeit, welche eine Herzspitze ohne Pulsationen zubringt — die „Stille“ von MERUNOWICZ genannt, kann aber sehr lang sein: so dauerte sie für eine Herzspitze in derselben Kochsalzlösung 90 Minuten, nach Ersetzen der Kochsalzlösung durch centrifugirtes Kaninchenserum weitere 42 Minuten, fing dann an, umfängliche Pulsationen in ungleichen Intervallen zu machen, blieb dann

1 VULPIAN, Gaz. méd. de Paris. 1859. Nr. 25.

viele Minuten in Diastole, zog sich aber auf Berührung seiner Oberfläche zusammen — nach Einführung eines mit etwas Delphinin vermischten Serums begannen die selbstständigen Pulsationen innerhalb einer Minute wieder und dauerten etwa 100 Sekunden, dann hörten sie 30 Minuten lang auf, begannen sogleich nach Zusatz von mit Blut gemischter Kochsalzlösung. BOWDITCH hatte schon beobachtet, dass eine in Serum bewegungslos verharrende Herzspitze bei Delphininzusatz spontane Pulsationen von erheblichem Umfange macht. In gleichem Sinne wirkt, wie SCHTSCHEPOTJEW¹ fand, das Chinin, und nach v. BASCH² auch das mit Muscarin zusammen injicirte Atropin.

Wenn man mit KRONECKER auf Grund der an der Herzspitze gemachten Beobachtungen zu dem Resultate kommt, „dass der Grund, weshalb die Herzspitze in verschiedenem Umfange zuckt, in den veränderlichen Eigenschaften ihrer Muskulatur zu suchen ist“, so wird man ausserdem der Herzspitze die Fähigkeit zuschreiben müssen, die für die Systole erforderlichen Reize selbst zu entwickeln. Die Zeit, welche für die Entwicklung des inneren Reizes erfordert wird, ist nach der Zusammensetzung der Flüssigkeit sehr verschieden und offenbar von derselben abhängig, ob aber die gelösten Stoffe einen directen Einfluss auf die Umsetzungen im Muskel haben, welche schliesslich zu einer Zusammenziehung führen, oder ob irgendwelche Organe (nervöser Natur) in der Herzspitze vorhanden sind, welche durch die flüssigen Stoffe so erregt werden, dass sie in den Muskeln eine Zusammenziehung auslösen, ist für jetzt nicht zu entscheiden. Wenn die Herzspitze wirklich nerven- und ganglienlos ist, so muss die erstere Alternative Geltung haben und der Herzmuskulatur eine Fähigkeit zugeschrieben werden, welche wir uns gewöhnt haben, den Ganglien als Monopol zu vindiciren: die Fähigkeit, automatischer Erreger für die eigene Zusammenziehung zu sein.

Die Untersuchungen, welche mit dem im Bereiche des Vorhofes auf die Cantile aufgebundenen Herzen, in welchem also jedenfalls die Kammerganglien intact sind, angestellt wurden, haben gegen 0,6 procentige Kochsalzlösungen dasselbe Verhalten, wie die Herzspitze, nämlich eine vollständige Erschöpfung bei längerer Durchspülung und eine Wiederkehr spontaner Pulsationen bei Anwendung eiweisshaltiger Flüssigkeiten ergeben. Ausser bluthaltiger Kochsalzlösung wirken auf das Herz regenerirend centrifugirtes Kaninchen-serum, Lösung der Asche des Serums, Zusatz einer sehr geringen Menge kohlen-sauren Natrons (KRONECKER-MERUNOWICZ und STIÉNON), oder einer noch geringeren Menge (0,005 %) kaustischen Natrons (GAULE), endlich einer geringen Menge von Pepton zu der 0,6 procentigen Kochsalzlösung (GAULE).

1 SCHTSCHEPOTJEW, Arch. f. d. ges. Physiol. XIX. S. 53. 1878.

2 VON BASCH, Ber. d. Wiener Acad. LXXIX. (3) 1879. Sep.-Abdr.

Das Herz zeigt aber gegen diese Lösungen ein anderes Verhalten als die Herzspitze in Bezug auf die Periodicität der Pulsationen, d. h. auf die Periodicität der Entwicklung der inneren Herzreize. LUCIANI hat nämlich entdeckt, dass ein mit centrifugirtem Serum gefülltes Herz Gruppen von Pulsationen producirt, zwischen welche sich lange diastolische Pausen einschoben. In Figur 2 ist eine Darstellung dieser „periodischen Function“ des Herzens nach LUCIANI gegeben.

Diese periodischen Gruppen, welche, wie wir sehen werden, manche Veränderungen zeigen, treten aber nur bei Füllung des Herzens mit reinem, blutkörperchenfreiem Serum auf — sie erscheinen nicht und machen regelmässigen Pulsationen Platz, wenn defibrinirtes Blut oder rothes Serum angewendet, bezw. das reine Serum durch rothes (hämoglobinhaltiges) Serum oder defibrinirtes Blut ersetzt wird, ebenso wenn das Serum durch 0,6 procentige Kochsalzlösung ersetzt wird (ROSSBACH). Andererseits tritt nach ROSSBACH die Gruppenbildung auf, wenn das Blut durch längeres Verweilen im Herzen dunkel geworden ist, also seines Sauerstoffes beraubt ist, und die Pausen werden immer länger, die Zahl der Schläge, welche eine Gruppe bilden, immer geringer, je länger das dunkle Blut im Herzen weilt — die Gruppenbildung tritt ferner auf, wenn dem hellrothen Blute eine schwache Veratrinnlösung zugeführt wird. Wie LUCIANI beobachtete, werden durch Erneuerung des Serums die Pulse innerhalb der Gruppen einer Periode zahlreicher und häufiger, die Pulsexcursionen höher und die Pausen der Perioden kürzer. — Dass die periodische Function nicht auf eine Wirkung des Serums auf die Muskulatur des Herzens, etwa eine zeitweise Ermüdung derselben bezogen werden kann, ist wohl zweifellos, auf welche Nerven aber und auf welchem Wege die erwähnten Substanzen einwirken, ist ganz unklar.

3. Reizung und Trennung einzelner Herztheile.

Wird die Stelle des Froschherzens zwischen Venensinus und Vorhof mit einem Faden fest umschnürt, oder diese Stelle durchschnitten, so steht das Herz eine Zeit lang in Diastole still, während Venen und der zurückgebliebene Sinusrest weiter pulsiren. Wird die Oberfläche

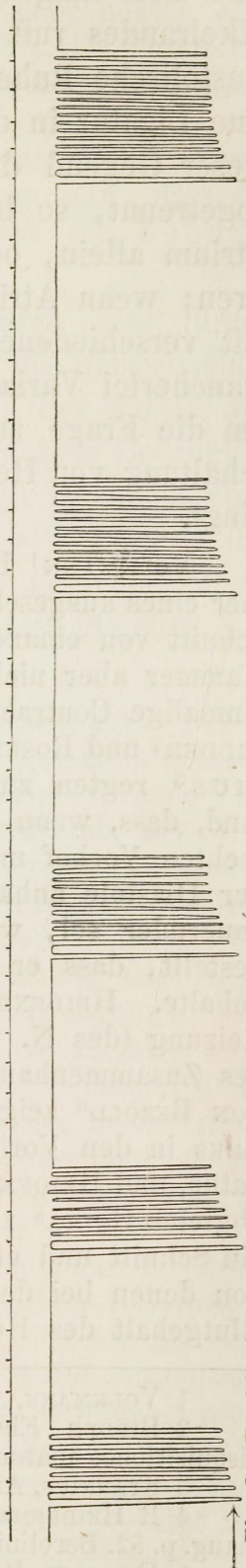


Fig. 2. Fünf Perioden von Pulsationen mit dazwischen liegenden Pausen. Die Punkte auf der Abscisse bezeichnen Abstände von 10 Sec.

des Herzens berührt, so erfolgt eine Systole sämtlicher Abschnitte des Herzens, dann tritt wieder die diastolische Ruhe ein, welche eine Zeit lang anhält. Ein Einstich in der Mitte des oberen Ventrikelrandes ruft eine Reihe von Pulsationen hervor, welchen die diastolische Ruhe folgt. Wird an dem sinuslosen ruhenden Herzen eine Ligatur in der Atrioventriculargrenze fest umgeschnürt, oder in dieser Gegend durch einen Schnitt der Ventrikel von dem Atrium abgetrennt, so beginnen entweder Atrium und Ventrikel, oder das Atrium allein, oder der Ventrikel allein wieder rhythmisch zu pulsiren; wenn Atrium und Ventrikel pulsiren, dann bewegen sie sich mit verschiedener Frequenz. Der Erfolg dieser Eingriffe ist aber mancherlei Variationen unterworfen, welche näher zu erörtern sind, um die Frage zu beantworten, in wie weit die Reizung oder Ausschaltung von Herzganglien die Erscheinung des Herzstillstandes bedingt.

VOLKMANN¹ beobachtete zuerst, dass, nachdem er Vorhöfe und Kammer eines ausgeschnittenen, lebhaft pulsirenden Froschherzens durch einen Schnitt von einander getrennt hatte, die Vorhöfe weiter pulsirten, die Kammer aber nicht; auf eine leise Berührung der Kammer erfolgte eine einmalige Contraction derselben. Diese Beobachtung wurde später von BIDDER² und ROSENBERGER bestätigt, aber erst die Versuche von STANNIUS³ regten zu zahlreichen weiteren Untersuchungen an. STANNIUS fand, dass, wenn genau diejenige Stelle, wo der Hohlvenensinus in den rechten Vorhof mündet, unterbunden wird, das ganze Herz im Zustande der Diastole anhaltend stille stehe. Dass der Stillstand indess kein andauernder sei, wurde demnächst von VOLKMANN und HEIDENHAIN⁴ festgestellt, dass er vielmehr eine verschieden lange Zeit, $1\frac{3}{4}$ —25 Min. anhalte. HEIDENHAIN glaubte ferner die Wirkung der Ligatur als eine Reizung (des N. vagus) auffassen zu müssen, nicht als eine Trennung des Zusammenhanges von Sinus und Vorhof. Obgleich ECKHARD⁵ und VON BEZOLD⁶ zeigten, dass ein Schnitt an der Stelle, wo der Hohlvenensinus in den Vorhof übergeht, ebenso wirkt, wie die STANNIUS'sche Ligatur, und HEIDENHAIN⁷ selbst die Unhaltbarkeit seiner Annahme erkannte, obgleich GOLTZ⁸ zeigte, dass die Ligatur wesentlich trennend wirke, wie ein Schnitt und etwaige Differenzen zwischen den Resultaten beim Schnitt von denen bei der Ligatur nur auf Nebenumständen (dem verschiedenen Blutgehalt des Herzens und der Einwirkung der atmosphärischen Luft)

1 VOLKMANN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1844. S. 419.

2 BIDDER, Ebenda. 1852. S. 163. (Cf. ROSENBERGER, De centris motuum cordis disquisitiones anatomico-physiologicae. Dorpat 1850.)

3 STANNIUS, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. S. 85.

4 R. HEIDENHAIN, Disquisitiones de nervis organisve centralibus cordis etc. Diss. inaug. p. 52. Berolini 1854.

5 ECKHARD, Beitr. z. Anat. u. Physiol. I. S. 147. 1858.

6 VON BEZOLD, Arch. f. pathol. Anat. XIV. S. 282. 1858.

7 R. HEIDENHAIN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1858. S. 479.

8 GOLTZ, Arch. f. pathol. Anat. XXI. S. 191. 1861.

beruht, — so ist doch wieder von LUCIANI¹ die Meinung begründet worden, dass die Ligatur der Vorhöfe nicht nur ein Trennungsmittel, sondern auch geeignet sei, die geschnürten Theile zu reizen. Indess der „tetanische Anfall“ LUCIANI's, welcher nach Anlegung einer neuen Ligatur auftritt und mit der Lösung derselben sofort aufhört, ist, wie KRONECKER² nachgewiesen hat, in der Einrichtung des Apparates begründet und tritt, wie LUCIANI selbst angiebt, bei Erneuerung des Serums ein, wenn der traumatische Einfluss der Ligatur vorübergegangen ist. Somit würde nach dem jetzigen Stande der Frage anzunehmen sein, dass die STANNIUS'sche Ligatur wesentlich trennend, wie ein Schnitt wirkt.

Eine von dem Orte, wo der Vorhof unterbunden oder durchschnitten wird, abhängige Verschiedenheit der Dauer des diastolischen Stillstandes ist nicht mit Sicherheit nachweisbar, da der Erfolg der Trennung offenbar noch anderen bisher nicht klargelegten Bedingungen unterworfen ist. Glaubt man genau dieselbe Stelle zwischen Ventricularfurche und Sinusgrenze getroffen zu haben, so tritt doch nach sehr verschieden langer Pause die Pulsation wieder auf, und offenbar verschiedene Stellen der Trennung geben ein fast gleiches Resultat.

ECKHARD³ fand im Widerspruch mit HEIDENHAIN die längste Dauer der Ruhe bei möglichst nahe der Atrioventriculargrenze gelegtem Schnitt. Der Erfolg kann, wie ECKHARD fand, in folgender Weise variiren: Es folgt sofort Stillstand, es folgen 1—7 Schläge, dann Stillstand, der Stillstand dauert 1 Minute bis 1 Stunde, oder endlich es erfolgt überhaupt kein Stillstand, sondern nur eine Verminderung der Frequenz. Nicht selten ist es mir begegnet, dass nach der Ligatur sofort Stillstand erfolgte, nach Berührung der Herzoberfläche an der Herzspitze aber nicht eine einzelne Pulsation, sondern ein minutenlanges Weiterpulsiren eintrat. Bei Durchschneidung des Froschherzens unter Oel fand GOLTZ meist bleibenden Stillstand des Herzens — im Gegensatze dazu LUCIANI, ROSSBACH, MERUNOWICZ, GAULE niemals dauernden Stillstand bei Beobachtung des mit dem Vorhofs auf die Canüle des LUDWIG'schen Froschmanometers aufgebundenen Herzens, sondern Weiterpulsiren oder die erwähnten periodischen Pausen LUCIANI's, und dauernden Stillstand nur nach Anlegung der Ligatur um den Ventrikel unterhalb der Atrioventricularfurche (BOWDITCH'sche Herzspitze). Aber auch bei dem BOWDITCH'schen Herzpräparate kann, wie oben besprochen wurde, die ins Herz gebrachte Flüssigkeit Wiederbeginn der Pulsationen bewirken. Auch auf die periodische Gruppenbildung ist nach LUCIANI's Beobachtungen der Ort der Unterbindung nicht von wesentlichem Einflusse, nur ganz im Allgemeinen scheinen die Gruppen länger, die Pausen desto kürzer zu werden, je höher über der Atrioventricularfurche die Ligatur angelegt wird — erst mit

1 L. LUCIANI, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1873. S. 11.

2 KRONECKER, Beitr. z. Anat. u. Physiol. als Festgabe für C. LUDWIG. 1874. S. 173.

3 ECKHARD, Beitr. z. Anat. u. Physiol. II. S. 125. 1860.

der Unterbindung unterhalb des Sulcus hört die periodische Thätigkeit des Herzens auf.

Der zweite Theil des STANNIUS'schen Versuches besteht in der Umlegung einer zweiten Ligatur, nachdem das Herz zum Stillstande gebracht ist, um die Grenze zwischen Kammer und Vorhöfen, worauf sich der Ventrikel wieder rhythmisch lange Zeit hindurch zusammenzieht, während die Vorhöfe in Ruhe verharren, oder einzelne seltene Contractionen zeigen. Ferner beobachtete schon STANNIUS, dass Reizung der Grenze zwischen Ventrikel und Vorhöfen 8 – 10 mal auf einander folgende rhythmische Contractionen von Ventrikel und Vorhöfen nach sich zieht.

Dieser letztere Versuch ist von MUNK¹ dahin modificirt worden, dass er eine Nadel in die Atrioventriculargrenze des stillstehenden Herzens einsticht, und so die Kammerganglien reizt, dass er die Vorhofsganglien an der Scheidewand und Bulbusganglien (?) in der unteren Hälfte des Bulbus reizt, worauf dann jedesmal eine ganze Reihe von Pulsationen folgt. Nach MUNK ändert sich damit die Reihenfolge, in welcher die Herztheile pulsiren. Es folgen bei Reizung der Ventrikelganglien: Ventrikel, Vorhöfe, Bulbus — bei Reizung der Vorhofsganglien: Vorhöfe, Ventrikel, Bulbus, — bei Reizung der Bulbusganglien: Bulbus, Ventrikel, Vorhöfe. — Dass nach Reizung des Bulbus durch einen Nadelstich Reihen von Pulsationen, in welchen der Ventrikel auf den Bulbus folgt, ausgelöst werden, hat auch MARCHAND² beobachtet. (Bulbusganglien sind bis jetzt anatomisch nicht bekannt.) Schon STANNIUS sah, dass bisweilen bei Reizung des Ventrikels die Contraction des Ventrikels und des Bulbus derjenigen der Vorhöfe vorangeht, so wie dass eine Berührung des Vorhofes leichter Contractionen auslöst, als eine Berührung des Ventrikels.

Bei der von LUDWIG und seinen Schülern angewendeten Beobachtungsmethode, bei welcher das Herz möglichst empfindlich gegen die Eindrücke der Ligatur gemacht wird, zeigte sich aber, abweichend von den früheren Beobachtungen, dass die Umlegung einer neuen Ligatur eine sehr grosse Frequenz der Pulsationen zur Folge hat, welche LUCIANI als tetanischen Anfall bezeichnet. Sehen wir von der durch die Versuchsanordnung erzeugten Erhebung der Curve ab, so bleibt immer noch eine grosse Frequenzzunahme übrig, welche auch nach Lösung der fest zugezogenen Schlinge bestehen bleibt und dann allmählich abnimmt. Vielleicht ist die Frequenzzunahme als ein Analogon der STANNIUS'schen zweiten Ligaturwirkung aufzufassen, indess sind gerade über die Frequenzzunahme keine ausführlichen Mittheilungen von LUCIANI gemacht worden.

Da nach der Entdeckung von BOWDITCH der unterhalb des Atrioventricularsulcus umschnürte Ventrikel bei Füllung mit centrifugirtem Kaninchenserum sehr lange Zeit in diastolischer Ruhe verharret, so ist

1 H. MUNK, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. S. 569; Verh. d. Berliner physiol. Ges. 1876. 25. Febr.

2 MARCHAND, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 151. 1878.

dieses Präparat von BOWDITCH und KRONECKER zur Untersuchung der Wirkung electricischer Reize benutzt worden. Es ergiebt sich aus diesen Untersuchungen, dass Oeffnungsinductionsschläge von bestimmter Intensität eine unfehlbare, maximale Contraction des Ventrikels hervorbringen, dass schwächere Reize gar keine Wirkung haben, stärkere Reize keinen anderen Erfolg, als die schwächsten wirksamen Reize erzeugen: minimale Reize sind daher, wie KRONECKER es ausdrückt, zugleich maximale. Die Grenze der wirksamen minimalen Schläge ist aber verschieden: die Erregbarkeit des Herzens wird durch seine Bewegung selbst gesteigert, denn bei einem ruhenden Herzen ist eine grössere Stromintensität (200 Stromeinheiten) erforderlich, als bei einem Herzen, welches eben pulsirt hat (es genügen dann 20 Stromeinheiten). — Die Erregbarkeit des Herzens wird durch Erwärmung bis auf etwa 25° C. gesteigert, durch Abkühlung im Allgemeinen vermindert — die Erregbarkeit des Herzens bedarf aber einer gewissen Zeit, um sich zu entwickeln (um pulsbereit zu werden): Je kühler das Herz wird, um so geringer ist seine Frequenz; nun fand KRONECKER, dass verhältnissmässig schwache Reize unfehlbare Zusammenziehungen auslösen, wenn die Reizungen in Zeitintervallen erfolgen, welche grösser sind als die dem jeweiligen Beweglichkeitszustande entsprechenden Pulsperioden, dass dieselben aber effectlos sind, wenn sie das Herz vor Beendigung seiner Pulsperiode treffen; starke Reize bringen aber jederzeit die isolirte Herzkammer zur Contraction. Die Resultate von KRONECKER sind kürzlich durch Versuche von VON BASCH¹ indirect bestätigt worden, indem derselbe nachwies, dass die Erhaltung einer niederen Pulsfrequenz durch einzelne zeitlich distante Reize grössere Stromstärken erfordert, als die Erhaltung einer mindestens eben so grossen Pulsfrequenz durch rasch aufeinanderfolgende Reize, — dass also die Reize vom Herzen summirt werden. — Ausserdem zeigen sich individuelle Erregbarkeiten bei den verschiedenen Herzen. — ECKHARD hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass der Ventrikel nach Entfernung der Atrioventricularganglien in rhythmische Contractionen verfällt, wenn er von constanten Strömen durchflossen wird und postulirt für diese Erscheinung „neue Centralorgane“ oder eine andere „Ursache ihrer Vermittelung“. Diese Beobachtung hat NAWROCKI² im wesentlichen bestätigt, obgleich er den Ventrikel nach Entfernung der Atrioventricularganglien nicht für ganglienlos gelten lassen will, — nachgewiesen hat NAWROCKI die postulirten Ganglien aber nicht.

Ausser der vollkommenen Trennung von Herztheilen durch Ligatur oder Schnitt sind auch Versuche mit unvollkommener Trennung von Herztheilen angestellt worden. STANNIUS beobachtete, dass, wenn die Vorhöfe an der Furche durch einen unvollständigen Querschnitt unvollkommen von dem Ventrikel getrennt, also noch durch eine Brücke mit ihm in Verbindung erhalten werden, sowohl Vorhöfe als Ventrikel noch längere Zeit hindurch rhythmische Contractionen machen. ENGEL-

1 VON BASCH, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIX. (3) 1879. Sep.-Abdr.

2 NAWROCKI, Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. I. S. 110. 1861.

MANN¹ zerschneidet die Herzkammer eines eben getödteten Frosches in zwei oder mehr, jedesmal nur durch eine ganz schmale Brücke von Muskelsubstanz noch zusammenhängende Stückchen, und fand, 1. dass sich nach einiger Zeit auf Reizung irgend eines dieser Stückchen nach einander auch die andern contrahiren; 2. dass wenn ein Stück der Kammer noch mit dem pulsirenden Vorhofs zusammenhängt, sich nach jeder Vorhofssystole zuerst dieses Stück, darnach das hieran grenzende u. s. f. zusammenzieht bis zur Spitze hin; 3. dass, wenn keine spontanen Bewegungen vorhanden sind, die Contraction von demjenigen Stücke, welches zuerst gereizt wird, auf alle andern nach einander fortschreitet; 4. dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung etwa 30 Mm. pro 1 Secunde beträgt, unter normalen Bedingungen aber wohl viel grösser ist.

Nachdem von der Wirkung starker Inductionswechselströme auf das Herz unter 2. Erwähnung geschehen, würde in Bezug auf mechanische Reizung des Herzens noch der Angabe PAGLIANY's² zu gedenken ein, dass nur Reizung der häutigen Oberfläche des Herzens, nicht Reizung des entblössten Muskelgewebes eine Contraction an dem unter der Furche abgeschnittenen Ventrikel bewirke. Dieser Angabe widerspricht ENGELMANN nach beiden Richtungen, indem er durch heftiges Kneipen des Ekto-kards keine Zusammenziehung an frischen, sehr empfindlichen Ventrikeln erhalten habe — andererseits eine Reizung entblösster Muskeln ohne Endokard wohl überhaupt nicht ausführbar sei.

Alle diese Versuche sind meistens am Froschherzen gemacht worden, indess haben verschiedene Forscher, z. B. ECKHARD, KRONECKER auch das Schildkrötenherz benutzt. VON WITTICH³ hat auch an Herzen junger Eulen und junger Säugethiere seine Versuche angestellt; es haben sich indess bei diesen Thieren keine nennenswerthen Differenzen von den Beobachtungen am Froschherzen gezeigt.

Die hier besprochenen Trennungen des Zusammenhanges der Herztheile sind seit VOLKMANN und STANNIUS in Beziehung zu den Ganglien des Herzens gebracht worden, welche als die Centralorgane für die Bewegungen des Herzens angesehen werden. Dieser Annahme liegt die Vorstellung zu Grunde, dass die Herzmuskeln zu den Herznerven sich ebenso verhalten, wie die Skeletmuskeln zu dem Rückenmark und Gehirn, dass also die Herzganglien bestimmend sind für Erschlaffung und Contraction der Herzmuskeln, dass Reize auf Nervenfasern wirken, welche die Erregung zu den Ganglien fortleiten und von diesen die Erregung durch Nerven zu den Muskeln fortpflanzen. Die anatomischen Befunde der Herznerven entsprechen dieser

1 ENGELMANN, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 465. 1875.

2 PAGLIANI, Molesch. Unters. XI. S. 358. 1876.

3 VON WITTICH, Königsberger med. Jahrb. I. S. 15. 1859.

Vorstellung nicht: abgeschnittene Stücke des Ventrikels, in welchen keine Spur von Nerven oder Ganglien nachgewiesen werden kann, contrahiren sich auf mechanische oder electriche Reizung — der 2 Mm. unter dem Sulcus umschnürte Ventrikel (die BOWDITCH'sche Herzspitze), in welchem Ganglien nicht nachweisbar sind, kann vollständig rhythmische Pulsationen ausführen und contrahirt sich ebenso, wie ein mit dem übrigen Herzen in Verbindung gelassener Ventrikel auf electriche und mechanische Reize.

Der Vorstellung, dass der Bewegungs- und Innervationsmechanismus des Herzens dem des Körpers analog sei, findet ferner keine Stütze in dem anatomischen Bau der Herzmuskeln, keine Stütze in dem Verhalten des Herzens gegen tetanisirende Wechselströme, keine Stütze in den zeitlichen Verhältnissen der Muskelzusammenziehung, keine Stütze in der stets maximalen Contraction der Herzmuskeln.

Es erhebt sich also die Frage: ist die Vertheilung der Functionen zwischen Muskeln und Nerven des Herzens eine andere, als bei denen des Körpers?

In Bezug auf die Leitung der Erregung (zunächst im Ventrikel) muss, wie ENGELMANN nachweist, die Annahme gemacht werden, dass die Erregung direct von Zelle zu Zelle im Muskel fortschreitet, der Muskel also die sonst den Nerven zugetheilte Leitung der Erregung übernimmt. Ein irgendwo auf eine Stelle der Muskelsubstanz wirkender Reiz würde dann auf alle Muskelzellen fortgepflanzt werden — womit die stets maximale Contraction der Kammer erklärlich wird. Der Herzmuskel muss ferner direct erregbar, irritabel, sein. — Unter diesen Annahmen würden sich die durch Reizung nervenloser Herzstücke hervorgebrachten totalen Contractionen erklären. Als Reflexbewegungen in der gebräuchlichen Bedeutung des Wortes wird man diese auf Reizung erfolgenden Contractionen nicht ansprechen dürfen, da ein Reflex nicht vorhanden ist, wenn man darunter nicht das verstehen will, was sonst als „Auslösung“ der Bewegung bezeichnet wird. Die durch die Muskelzellen fortgeleitete Erregung würde die Contraction der Muskeln auslösen, und die Contraction nach Ablauf des Latenzstadiums perfect werden.

Bezüglich der Rhythmicität der Herzcontractionen müssen wir annehmen, dass dieselbe ohne Ganglien in der BOWDITCH'schen Herzspitze zu Stande kommen kann, wie aus ECKHARD's, sowie aus BOWDITCH's und MERUNOVICZ' Versuchen hervorgeht. Aus den Untersuchungen von KRONECKER über die electriche Reizung der Herzspitze gewinnen wir einen Anhaltspunkt, wie wir uns das Zustandekommen einer Rhythmicität ohne Nervencentrum würden zu denken haben. Nach KRONECKER wirken minimale Reize nur in gewissen, durch Temperatur, Ernährung u. s. w. ge-

setzten Zwischenzeiten unfehlbar; es bedarf also einer gewissen Zeit bis die höchste Erregbarkeit der Muskulatur sich entwickelt; bevor dieser Zeitpunkt erreicht ist, sind nur starke Reize unfehlbar. Andererseits nimmt, wenn die Herzspitze in Ruhe verharret hat, die Erregbarkeit ab. Die Curve der Erregbarkeit erreicht also in einem bestimmten Zeitpunkte nach einer Pulsation ihren Gipfel und sinkt dann wieder ab. Neben dieser Erregbarkeitscurve und unabhängig von ihr verläuft aber, wie aus LUCIANI'S, ROSSEBACH'S, MERUNOWICZ'S, GAULE'S, HILDEBRAND'S und VON BASCH'S Versuchen hervorgeht, eine Curve der Entwicklung der inneren Herzreize, welche bei vorhandenen Ganglien auf diese einwirken: treffen die Gipfel beider Curven zusammen, so erfolgt auch bei nicht vorhandenen Ganglien eine Contraction, da ja die Muskeln direct reizbar sind. Damit würde auch die periodische Function LUCIANI'S ihre Erklärung finden, indem bei einer gewissen Höhe der Curve für die inneren Herzreize der genügende Reiz für die Auslösung einer Pulsation des in Ruhe befindlichen Muskels erreicht würde, mit dem Absinken der Reizcurve aber die Erregbarkeitscurve in Folge der Pulsationen anstiege, sodass der geringere Reiz zur Auslösung einer neuen Pulsation genügte, dies auch bei weiterem Abfall der Reizcurve noch der Fall wäre, bis endlich bei weiterem Sinken der Reizcurve dieselbe nicht mehr genügte und dann die Pause erfolgte, während welcher die Reizcurve wieder anstiege. LUCIANI'S „Krisis“ würde diese Vorstellung unterstützen.

In BOWDITCH'S Untersuchungen wäre das Delphinin eine Substanz, welche die Entwicklung der inneren Herzreize begünstigte oder die Erregbarkeit vermehrte, bei MERUNOWICZ'S Untersuchungen würde das Blut oder der Sauerstoff des Blutes diese Wirkung haben.

Es würde dann die an sich sehr wahrscheinliche Annahme zu machen sein, dass ein stärkerer Reiz erforderlich ist, um die Muskeln direct zu erregen, als er zur Erregung von Nerven oder Ganglien nothwendig ist, um die unter Umständen sehr lange Ruhe der BOWDITCH'Schen Herzspitze zu erklären gegenüber der leichteren Auslösung von Pulsationen in dem LUCIANI'Schen Präparate.

Mit dieser Auffassung sind die Versuche im Einklange, welche von BERNSTEIN¹ und von BOWDITCH² angestellt worden sind, in denen der Ventrikel des aus der Brust hervorgezogenen Forschherzens ein Stück unterhalb der Atrioventricularfurche mittelst einer Klemme stark zusammengedrückt und dann wieder in die Brusthöhle zurückgebracht wird: der Erfolg ist in den meisten Fällen, dass der unterhalb der Klemmstelle gelegene Theil des Ventrikels sich an dem überlebenden Frosche nicht mehr zusammenzieht, ausser wenn er direct mechanisch oder electricisch gereizt wird. Die Frösche können mit einem so zur Passivität gebrachten Ventrikel wochenlang leben. Hier ist also das normale Blut kein unfehlbarer, sondern überhaupt ein ungenügender Reiz für die Herzspitze. BOWDITCH hat nun in einigen Fällen gefunden, dass die Ven-

1 J. BERNSTEIN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 385.

2 BOWDITCH, Journ. of physiol. I. p. 104. 1878.

trikelspitze spontan weiter schlug, dass aber diese spontanen, rhythmischen Bewegungen aufhörten, wenn eine über der gequetschten Linie gelegene Zone geklemmt wurde, und er schliesst daraus, dass in der Herzspitze sich kein motorischer Apparat befindet, sondern dass der Wiederbeginn der Pulsationen abhängig ist von den in der Ventrikelspitze gelegenen Apparaten, deren Verbindung mit dem Ventrikel erst durch die zweite, der Basis nähere Abklemmung aufgehoben werde. — Auch die von HILDEBRAND¹ an nicht ausgeschnittenen Herzen von Aalen und Kaninchen, so wie die von von BASCH² am abgeklemmten Herzen des Frosches ohne Einführung einer dem Herzen fremden Flüssigkeit führen zu dem Resultate, dass Reize, welche für das sinuslose Herz (den „Herzstumpf“) sich als ausreichende erweisen, der Herzspitze gegenüber sich als unzulängliche zeigen.

Unbedingt nothwendig für das Zustandekommen rhythmischer Herzpulsationen sind die Ganglien und Nerven des Herzens nicht, aber sie sind erstens leichter erregbar, und damit würde eine grössere Garantie für die regelmässige Thätigkeit des Herzens gegeben sein; sie sind ferner nothwendig, um die Leitung von der Erregung des Sinus auf die des Vorhofes, von dieser auf die des Ventrikels zu besorgen; drittens würde die langsame Leitung durch die Ganglien, welche MARCHAND fand, bewirken, dass der Ventrikel erst zur Pulsation angeregt wird, wenn der Vorhof seine Pulsation beinahe beendet hat, was für die regelmässige Fortschaffung des Blutes von der grössten Wichtigkeit ist.

Die Hypothesen, welche über die Function der Herzganglien aufgestellt sind, nehmen keine Rücksicht auf die Pulsation ganglienloser Herzstücke und sind für die Beobachtungen der LUDWIG'schen Schule völlig unbefriedigend. STANNIUS wies nur auf die Wahrscheinlichkeit zweier nervöser Centralorgane hin, von denen das eine die Contractionen zu hemmen, das andere zu fördern scheine, eine Annahme, welche später von BEZOLD weiter ausführte und FRIEDLÄNDER³ aufrecht zu erhalten suchte; BIDDER erklärte die Ganglien im Septum für rhythmische oder automatische, die in der Atrioventricularklappe für reflectorische, eine Annahme, welche von ECKHARD und HEIDENHAIN widerlegt wurde. GOLTZ trat gleichfalls gegen die BIDDER'sche Hypothese auf, indem er alle Ganglien des Herzens als reflectorische ansieht und den Reiz, welcher dieselben erregt, in dem in das Herz einströmenden Blute findet.

4. Die Einflüsse der Temperatur.

Sowohl die Frequenz der Herzpulsationen, als auch die Grösse der Bewegung, die Dauer der Systole und Diastole, die Reizbarkeit des Herzens sind abhängig von der Temperatur.

1 HILDEBRAND, Nordisk. med. Ark. IX; Jahresber. d. Anat. u. Physiol. VI. (3) 1877. S. 51.

2 VON BASCH, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIX. (3) 1879. Sep.-Abdr.

3 FRIEDLÄNDER, Unters. a. d. physiol. Lab. in Würzburg. 1867. II. Heft. S. 165.

Die Frequenz der Pulsationen nimmt ab bei allmählicher Verminderung der Temperatur und nimmt zu bei Steigerung der Temperatur bis etwa 30° C. beim Froschherzen, darüber hinaus findet meist eine Abnahme der Frequenz statt. Auch bei der von LUCIANI beobachteten periodischen Function des Froschherzens fand derselbe eine Zunahme der Frequenz in den Gruppen und eine Abnahme der Dauer der Pausen. — Die Grösse oder der Umfang der Bewegung nimmt von sehr niedrigen Temperaturen bis zu einer Temperatur von etwa 15—20° C. zu, von 20° aufwärts aber wieder ab. Die Leistung des Herzens, gemessen an der Excursion des Quecksilbers im Froschherzmannometer, kann bei sehr hohen Temperaturen in der Höhe von 40° trotz lebhafter Contractionen = 0 werden, indem die Contractionen in peristaltischen, von der Vorhofsgrenze nach der Spitze fortschreitenden Zusammenziehungen bestehen, welche nicht zusammenwirken (CYON). — Die Systole des Herzens erfordert eine sehr lange Zeit bei niedriger Temperatur (3—7°), während sie bei Temperaturen über 18° oder 20° nur etwa den zehnten Theil jener Zeit dauert. Auch die Diastole dauert länger bei niedrigeren Temperaturen und geht bei höheren Temperaturen sehr schnell vorüber, ist auch verbunden mit einer grösseren Ausdehnbarkeit der Herzwandungen, indem das Quecksilber des Manometers bei höheren Temperaturen in der Diastole oder Ruhe tiefer sinkt. — Endlich ist die Reizbarkeit des Herzens insofern geändert, als bei dem wärmeren Herzen schneller folgende Reize unfehlbar Contractionen auslösen, während bei kalten Herzen die Reize in grösseren Intervallen einander folgen müssen, wenn sie unfehlbar wirken sollen, wie wir bereits oben (S. 370) bemerkt haben. Nach CYON wirken plötzliche Temperaturveränderungen direct reizend auf das Herz.

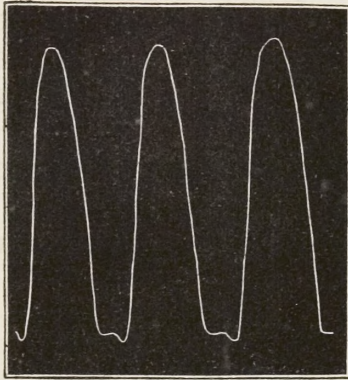
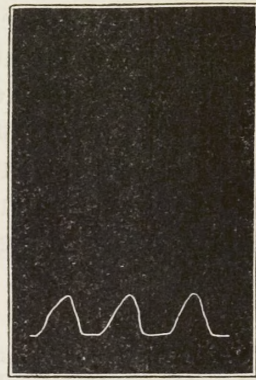
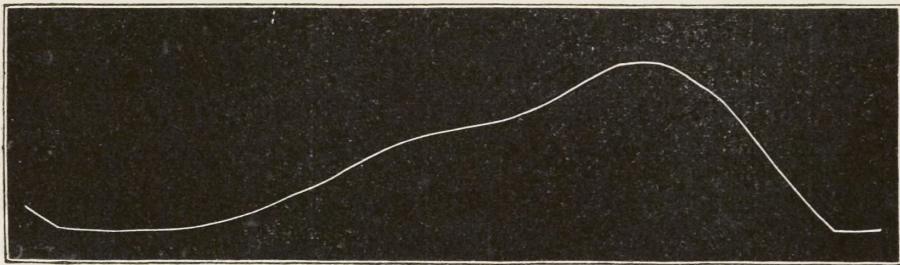
Für die Art und Weise, wie die Temperatur verändernd auf die Thätigkeit des Herzens einwirkt, hat GAULE einen wichtigen Anhaltspunkt ermittelt, indem er fand, dass das Herz eines im Kalten gewesenen Frosches weniger leistungsfähig ist, als das eines im Warmen gewesenen Frosches, dass aber das Herz des ersteren zu gleichem Verhalten, wie das des letzteren gebracht werden kann, wenn ihm das Extract eines Herzens von einem im Warmen gehaltenen Frosche zugeführt wird; es müssen also irgend welche Stoffe sein, welche unter dem Einflusse der Wärme gebildet werden und dem Herzen Spannkkräfte zuführen, welche seine Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit verändern.

Schon BUDGE¹ und WEBER² hatten beobachtet, dass Erhöhung der

1 BUDGE, Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. S. 439. 1846.

2 ED. WEBER, Ebenda. III. (2) S. 35. 1846.

Temperatur eine Frequenzzunahme an dem Herzen des Hühnerembryo, so wie an ausgeschnittenen Froschherzen hervorruft. CALIBURCÈS¹ beobachtete eine grössere Pulsfrequenz an der Schwimmhaut des Froschfusses, wenn das andere Bein des Frosches in Wasser von 35—75⁰ C. gebracht wurde — wie weit hier Wärme und Schmerz zusammen oder durcheinander gewirkt haben, bleibt unklar. SCHELSKE² fand, dass Temperaturen von 26⁰ bis 36⁰ zuerst Beschleunigung der Herzpulsationen, dann Aufhören derselben bewirken und Ruhe, aus welcher das Herz durch einen einzelnen Inductionsschlag zu einmaliger Contraction, durch Abkühlung

Fig. 3a. Froschherz bei 19⁰ C.Fig. 3b. Froschherz bei 34⁰ C.Fig. 3c. Froschherz bei 30⁰ C.

auf den früheren Rhythmus gebracht wird — ebenso wirkte eine Temperaturenniedrigung auf 0⁰. LÉPINE und TRIDON³ fanden gleichfalls Frequenz- und Excursionszunahme bei hohen Temperaturen am Schildkrötenherzen. CYON⁴ und seine Nachfolger beobachteten mittelst des Froschmanometers die Veränderungen, welche die Temperatur an dem mit Serum gefüllten und in Serum versenkten Herzen oder der Herzspitze hervorruft; die beistehenden Kardiogramme veranschaulichen die Einflüsse der Temperatur.

5. Die Einflüsse des Druckes

auf das ausgeschnittene Herz sind von TSCHIRJEW⁵ untersucht worden, indem er die Manometercanüle durch die Aorta einführte, die MARIOTTE-

1 CALIBURCÈS bei BERNARD, *Système nerveux* II. p. 396. 1858.

2 SCHELSKE, *Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit durch die Wärme*. S. 17. Heidelberg 1860.

3 LÉPINE et TRIDON, *Mémoires de la Soc. de Biol.* 1876. Mars p. 18 des Sep.-Abdr.

4 E. CYON, *Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss.* 1866. S. 256.

5 S. TSCHIRJEW, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1877. S. 180.

sche Flasche, welche den Druck der ins Herz einzuführenden Flüssigkeit zu variiren gestattete, mit dem Vorhofs verband. Er schliesst aus seinen Versuchen, dass am isolirten Froschherzen in den meisten Fällen Steigerung des intracardialen Druckes bis zu einer gewissen Grenze eine Beschleunigung der Herzschläge erzeugt. Mit diesem Resultate stimmen die vorläufigen, sehr kurzen Angaben von LUCHSINGER und J. M. LUDWIG¹: „Je höher der Druck, um so frequenter die Pulszahl; dies gilt namentlich für das sinuslose Herz und die „ganglienfreie“ Herzspitze; die Herzspitze beginnt unter hohem Druck eine lange Reihe von Pulsen zu machen, welche um so rascher sich folgen, je höher der Druck, die aber augenblicklich sistiren mit Nachlass des Druckes.“ Diese Angaben gestatten noch kein Urtheil darüber, ob die von LUCIANI beobachtete Frequenzzunahme in seinem „tetanischen Anfall“ auf die zugleich bewirkte Druckerhöhung zurückzuführen ist, doch machen sie es wahrscheinlich, dass der im STANNIUS'schen Versuche durch die Anlegung der zweiten Ligatur am Sulcus erscheinende Wiederbeginn der Vorhofspulsationen mit der Erhöhung des Druckes im Vorhofs in Verbindung steht.

Welche Functionen haben wir nun nach Erörterung aller Bedingungen für die rhythmischen Bewegungen des Herzens den intercardialen Nerven und Ganglien zuzuschreiben? Rhythmische Pulsationen des Herzens erfolgen an der ganglienlosen Herzspitze und werden durch die verschiedensten Einflüsse in ihrer Frequenz und ihrem Rhythmus verändert; von jeder Stelle des Herzens kann ein Reiz nach sämmtlichen contractilen Theilen fortgepflanzt werden; Ausschneiden einzelner Ganglienhaufen bringt Veränderungen in der rhythmischen Bewegung, aber kein absolutes Aufhören derselben hervor: die Bezeichnung der Ganglien als Hemmungsganglien, oder als reflectorische oder als automatische Ganglien ist daher nicht begründet.

Da die Muskeln des Herzens offenbar Functionen haben, welche anderswo den Nerven eigen sind, so können wir einzig die Annahme machen: 1. dass die Nervensubstanz des Herzens von irgend welchen sich entwickelnden Herzreizen leichter angesprochen wird, als die Muskelsubstanz; 2. dass sie die Erregung langsamer fortpflanzt, als die Muskeln; 3. dass sie das Verbindungsglied für die Fortpflanzung der Erregung von den Sinusnerven auf die Vorhofsnerven, von diesen auf die Ventrikelnerven bildet.

Welche Vorgänge im intacten Herzen und Körper stattfinden, um die rhythmischen Bewegungen des Herzens während des ganzen Lebens zu erhalten, lässt sich aus den bisherigen Resultaten der Untersuchung nicht construiren.

1 J. M. LUDWIG & B. LUCHSINGER, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1879. S. 404.

ZWEITES CAPITEL.

Die extracardialen Nerven.

Die populäre Anschauung, nach welcher dem Herzen psychische Thätigkeiten zugeschrieben werden, weil psychische Affecte einen auffallenden Einfluss auf die Herzbewegung ausüben, weist darauf hin, dass das Herz in Verbindung mit den Centralorganen des Nervensystems stehen muss und die Physiologie liefert den Nachweis, dass nicht nur eine Nervenverbindung zwischen dem Herzen und den cerebrospinalen Centralorganen besteht, sondern dass auch die Reizung sehr vieler peripherischer Nerven die Herzbewegungen beeinflusst und verändert. Wir behandeln im Folgenden zuerst die Verbindungsnerven zwischen Herz und Cerebrospinalcentrum, den Vagus und Sympathicus, dann die Medulla oblongata, endlich die Nerven, von welchen die Erregungen durch Vermittelung des verlängerten Markes auf den Herzvagus oder den Herzsypathicus fortgepflanzt werden.

I. Anatomische Data.

Zu dem Herzen gehen 1. Aeste der vereinigten Nn. vagi und accessorii, 2. Verzweigungen des N. sympathicus.

Beim Menschen anastomosiren der Vagus und Accessorius mit einander, bevor der Vagus aus dem Foramen jugulare ausgetreten ist, unmittelbar unterhalb des Ganglion jugulare in der von WILLIS¹ als Plexus ganglioformis bezeichneten Anschwellung, indem sowohl Fasern aus dem Vagus in den Ramus internus accessorii, als auch aus dem letzteren in den ersteren übergehen. Von dem vereinigten Vagus-Accessoriusstamme geht dann a) ein kleiner Ast durch den N. laryngeus superior zu den Aesten des Sympathicus, welche den Plexus cardiacus bilden, b) Aeste aus der Convexität der Schlinge des N. laryngeus inferior, die Nn. cardiaci inferiores zum Plexus cardiacus, c) Zweige, welche vom Vagusstamme theilweise schon am Halse, theilweise am Eingange des Thorax mit Zweigen des Sympathicus

1 TH. WILLIS, Cerebri Anatome, cui accessit Nervorum descriptio et usus. p. 320. Amstelodami 1665. — Auf Tab. IX a hat WILLIS eine höchst detaillirte Abbildung sämmtlicher zum Herzen gehender Gehirn-, Rückenmarks- und sympathischer Nervenfasern gegeben.

zum Plexus cardiacus gehen. — Von sympathischen Herznerven kommt a) ein N. cardiacus superior aus dem Ggl. cervicale supremum (meist nur linkerseits), b) N. cardiacus medius aus dem Ggl. cervic. med., c) N. cardiacus inferior aus dem Ggl. cerv. infimum und dem Ggl. dorsale primum. — Dieser mit dem Vagus und Sympathicus zusammenhängende Plexus cardiacus bildet eine weitmaschige oberflächliche und tiefere Schicht, welche beide unter dem visceralen Pericard zur Quersfurche des Herzens gelangen und als Plexus coronarius dexter und sinister, theils die Art. coronariae umspinnend, verlaufen, theils selbstständig von Strecke zu Strecke zur Herzspitze herabziehen¹.

Bei den zu Versuchen gebräuchlichen Säugethieren, Hund, Katze und Kaninchen, sind die Verhältnisse im Ganzen ähnlich, doch finden sich einzelne Abweichungen, namentlich in dem Verlaufe der Nerven am Halse.

Beim Hunde verlaufen Vagus und Sympathicus in gemeinschaftlicher fester Bindegewebsscheide zusammen vom Ggl. cervicale supremum bis zum Ggl. cervicale infimum, zuerst von SCHIFF² als „Vagosympathicus“ bezeichnet. Vom Ggl. cerv. infimum gehen ein oder zwei Verbindungsäste zu dem Ggl. thoracicum primum oder stellatum und von einem dieser Verbindungsäste oder auch vom untersten Halsganglion entspringt der Ramus cardiacus superior; das erste Brustganglion erhält aus den unteren Halsnerven zwei Rückenmarkswurzeln, als Nn. vertebrales bezeichnet. Aus dem untersten Halsganglion oder unterhalb desselben, von der Fortsetzung des Vagosympathicusstammes, gehen die Nerven zum Plexus card. inferior ab. SCHMIEDEBERG³ hat hier vielfache Variationen beobachtet. Die Verbindungszweige des ersten Brustganglion zum untersten Halsganglion und zum Vagus werden als Nervi accelerantes bezeichnet, da, wie wir später besprechen werden (II, 2 und III, 2) pulsbeschleunigende Fasern in denselben enthalten sind.

Bei der Katze ist der Verlauf der Vagus- und sympathischen Nerven wieder etwas anders, wie aus der umstehenden Figur 4 nach BOEHM⁴ sich ergibt.

Beim Kaninchen verlaufen die Nerven sehr ähnlich wie bei der Katze, wie aus den Untersuchungen von LUDWIG und THIRY⁵, ROEVER⁶ u. A. hervorgeht.

1 Ausser WILLIS vergleiche man namentlich: ANDERSCH, Tractatio de Nervis. Regiomonti 1797. I. p. 148—178; II. p. 1—120 und die beigegebene Tafel. — RÜDINGER, Die Anatomie der menschlichen Gehirnnerven. S. 53. 1868. — HENLE, Handbuch der Anatomie. III. (2) S. 207. 428 u. fg. 572 u. fg. 1871.

2 M. SCHIFF, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems. S. 178. 1855.

3 O. SCHMIEDEBERG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1871. S. 149. Taf. III.

4 R. BOEHM, Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. IV. S. 255. 1875.

5 C. LUDWIG & L. THIRY, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XLIX. (2) S. 421. 1864.

6 G. ROEVER, Kritische u. exper. Unters. d. Nerveneinflusses auf die Erweiterung und Verengerung der Blutgefäße. S. 63 u. fg. Rostock 1869.

Wegen des anatomischen Verhaltens der zum Herzen gehenden Nerven bei anderen Säugethieren, bei Vögeln, Reptilien und Fischen verweisen wir auf die Beschreibungen und Abbildungen bei BISCHOFF¹.

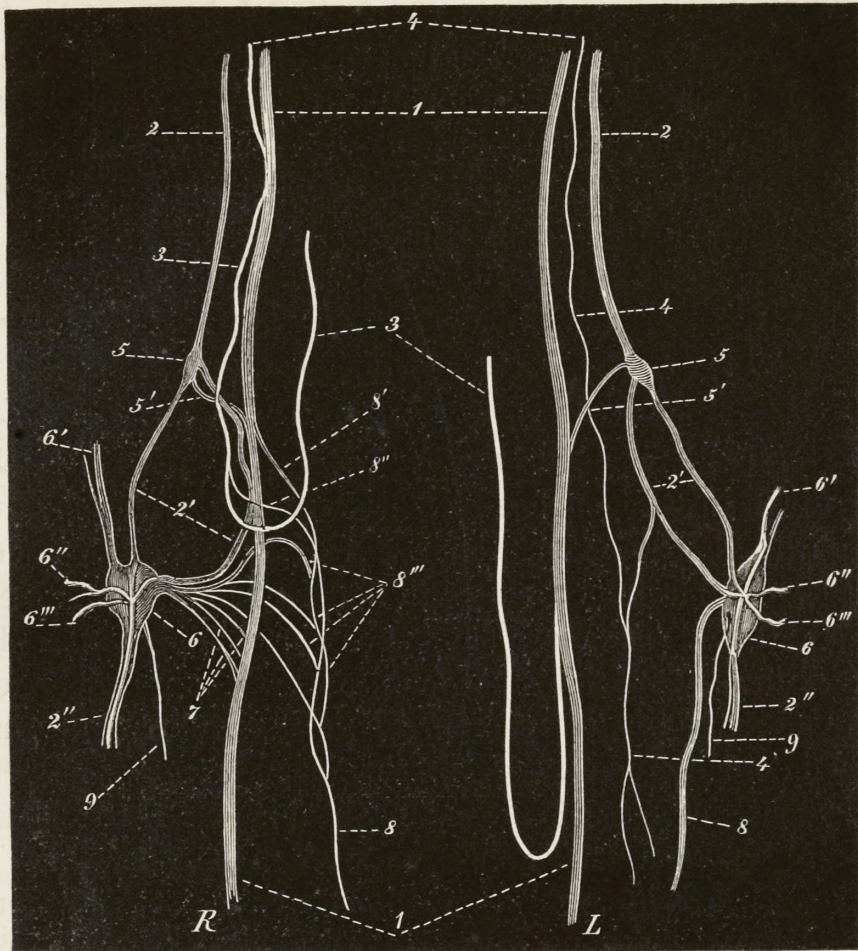


Fig. 4. Plexus cardiacus und Ganglion stellatum der Katze. Rechts (R) und (L), nach Entfernung der Arterien und Venen (ca. $1\frac{1}{2}$ natürl. Grösse).

- | | |
|--|--|
| 1, 1' = N. vagus. | 5' = Verbindungszweig zwischen Ggl. cerv. med. und N. vagus. |
| 2 = Halsgrenzstrang des Sympathicus. | 6 = Gangl. thorac. prim. — stellatum. |
| 2' = Doppelter Halsgrenzstrang zwischen Ganglion cerv. med. u. Gangl. stell. | 6', 6'', 6''' = Rückenmarkswurzeln des Ggl. stellatum. |
| 2'' = Brustgrenzstrang des Sympathicus. | 7 = Ram. communic. ggl. stellati cum Vago. |
| 3 = N. recurrens vagi. | 8 = N. cardiacus e ganglio stellata seu N. accelerans. |
| 4 = N. depressor, rechts sich im Vagusstamm verlierend, links gesondert zum Herzen verlaufend. | 8', 8'', 8''' = Wurzeln des Cardiacus. |
| 5 = Gangl. cerv. med. | |

Zu dem Herzen des Frosches gehen nur Aeste des Vagus und zwar von jedem der beiderseitigen Vagi ein Ast. Diese beiden Aeste gehen mit den Jugularvenen bis in den Vereinigungswinkel derselben, wo sie zu einem Plexus und Ganglion zusammentreten. Doch begeben sich zu dem Vagus auch sympathische Fasern und zwar in das Ganglion desselben bald nach dem Ursprunge des Vagus an der hintersten Grenze des verlängerten Markes, nachdem er die Schädelhöhle verlassen hat.²

¹ BISCHOFF, Commentatio de Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia. Darmstadt 1832. (Mit Tafeln.)

² VOLKMANN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1838. S. 70. — BUDGE, Wagner's Hand-

II. Der Einfluss des Nervus vagus auf die Herzbewegung.

Da der N. vagus seine Erregungen sowohl nach seinem centralen Ursprunge als nach dem Herzen hin fortleiten kann, so lässt sich die Wirkung, welche die zum Herzen leitenden Fasern auf die Herzthätigkeit ausüben, nur nach Durchschneidung desselben durch Reizung des peripherischen Stumpfes untersuchen. Die Durchschneidung ist aber an sich ein bedeutender Eingriff, und es sind daher die Folgen der Durchschneidung des N. vagus zunächst festzustellen. Man versteht unter Vagus allgemein die vereinigten Vagus und Accessorius, wo nicht ausdrücklich die Trennung beider Nerven hervorgehoben wird.

1. Die Durchschneidung eines oder beider Nn. vagi.

Die Durchschneidung eines Vagus hat keinen merklichen Einfluss auf die Bewegungen des Herzens. Nach Durchschneidung beider Vagi tritt gleichfalls nicht immer eine Veränderung in der Frequenz der Herzpulsationen ein — es kann aber manchmal eine Vermehrung der Frequenz, manchmal auch eine Verminderung derselben eintreten. Eine andere Wirkung auf die Herzbewegung, als eine Frequenzveränderung, tritt als directe Folge der Durchschneidung nicht hervor. Die Bedingungen der verschiedenen Wirkung sind nur zum Theil erforscht, insofern nämlich, als verschiedene Erregungszustände der Medulla oblongata nachgewiesen werden können.

Bei Fröschen wird von manchen Autoren keine Veränderung der Herzfrequenz, von anderen eine Vermehrung derselben angegeben nach Durchschneidung beider Vagi. Nach BUDGE¹, EINBRODT², VON BEZOLD³, MOREAU⁴ tritt keine Veränderung der Herzfrequenz ein, nach FUNKE⁵, BIDDER⁶ und ROSENTHAL⁷ eine Zunahme der Frequenz — der Widerspruch ist bis jetzt unerklärt. Bei Schildkröten fanden FASCE LUIGI und ABBATE VINCENZO⁷ keine Frequenzzunahme nach Durchschneidung der Vagi, bei Fischen (Karpfen) fand HOFFMANN⁹ ein Häufigerwerden der Herzpulsationen.

wörterb. d. Physiol. III. (1) S. 451. 1846; Arch. f. physiol. Heilk. V. S. 546. 1846. — ECKER, Icones physiologicae. 1854. Taf. 24. Fig. I u. III. — DOGIEL, Arch. f. microsc. Anat. XIV. S. 470. 1877.

1 BUDGE, Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. (1) S. 418. 1846.

2 EINBRODT, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 546.

3 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innervation d. Herzens. S. 48. 1863.

4 MOREAU bei BERNARD, Leçons sur le système nerveux. II. p. 395. 1858.

5 FUNKE, Lehrbuch d. Physiol. 4. Aufl. S. 647. 1864.

6 BIDDER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 340.

7 ROSENTHAL nach der Angabe von A. B. MEYER, Das Hemmungsnervensystem S. 88. Anm. 1869.

8 FASCE LUIGI e ABBATE VINCENZO, Giornale di scienze nat. ed econom. III. p. 161. Palermo 1867. (Nach Meissner's Jahresber.)

9 HOFFMANN, Beitr. z. Anat. u. Physiol. d. N. vagus b. Fischen. S. 17. Giessen 1860.

Bei Vögeln fand EINBRODT gewöhnlich dauernde Vermehrung der Herzschläge nach Durchschneidung beider, auch mitunter nach Durchschneidung nur des einen Vagus, indess meist nur eine geringe Zunahme: er giebt an von 24 auf 27, von 27 auf 30, einmal von 18 auf 27 in 5 Sec. — EICHHORST¹ fand die Frequenzzunahme viel höher bei verschiedenen Vogelarten, nämlich eine Zunahme um wenigstens zwei Drittel.

Von Säugethieren sind namentlich an Kaninchen und Hunden Beobachtungen über den Effect der Vagusdurchschneidung gemacht worden. Bei Kaninchen beobachtete R. WAGNER² Vermehrung der Pulsfrequenz nach Durchschneidung beider Vagi und Hals sympathici. WAGNER zählte die Herzpulse bei uneröffnetem Thorax, indem er die MIDDELDORPF'sche Methode, eine Nadel in das Herz einzustecken und an ihren Bewegungen die Pulsfrequenz zu bestimmen, anwandte. Auch BERNSTEIN³ fand eine Erhöhung der Frequenz nach Durchschneidung beider Vagi, doch blieb dieselbe aus, wenn vorher das Mark etwas unterhalb des Calamus scriptorius durchschnitten und künstliche Athmung eingeleitet, so wie wenn das Mark im 7. Halswirbel durchschnitten und die beiden Hals sympathici bis zum unteren Cervicalganglion entfernt waren. Er beobachtete theils das Herz direct bei eröffnetem Thorax, theils vermittelt der Acupuncturmethode. — LANDOIS beobachtete nun, dass bei Kaninchen, welche in Folge mangelhafter Respiration eine verminderte Pulsfrequenz haben, Durchschneidung beider Vagi eine bedeutende Vermehrung der Pulsfrequenz zur Folge hat — während bei lebhafter und gleichmässiger künstlicher Respiration eine Vermehrung der (dann sehr hohen) Pulsfrequenz nicht eintritt.

Diesen Einfluss der Respiration auf die Folgen der Vagusdurchschneidung hatte vorher schon TRAUBE⁴ an Hunden beobachtet, indem er fand, dass an curaresirten Hunden Suspension der künstlichen Athmung eine Abnahme der Pulsfrequenz bewirkt, wenn die Vagi intact sind, — dass aber, wenn im Verlaufe solcher Athmungssuspensionen die Vagi durchschnitten werden, Zunahme der Pulsfrequenz eintritt. TRAUBE beobachtete die Pulsfrequenz, indem er dieselbe am Kymographion verzeichnen liess. — THIRY⁵ hat ähnliche Resultate erhalten.

Der Einfluss der Respiration, bezw. die Kohlensäureanhäufung oder der Sauerstoffmangel im Blute, welcher eine Wirkung zunächst auf die Medulla oblongata und von dieser aus auf das Herz hervorbringen würde, scheint indess nicht allein bestimmend für den Effect der Vagusdurchschneidung zu sein. Schon MOLESCHOTT⁶ hatte Verlangsamung der Pulsationen nach Durchschneidung beider Vagi am Kaninchen beobachtet und diese Beobachtung ist bestätigt worden in Untersuchungen von KOHTS & TIEGEL⁷, in welchen wohl die Einflüsse der Athmung als ausgeschlossen anzusehen sind und in welchen bei Kaninchen und Hunden die Frequenz

1 EICHHORST, Die tropischen Beziehungen d. N. vagi zum Herzmuskel. S. 8.

2 R. WAGNER, Göttinger Nachrichten 1854. Nr. 8. S. 121.

3 BERNSTEIN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864. Nr. 16; Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 633.

4 L. TRAUBE, Allgem. med. Centralztg. 1863. Nr. 89; Ges. Beitr. z. Pathol. u. Physiol. I. S. 341. 1871.

5 THIRY, Ztschr. f. rat. Med. XXI. (3) S. 17. 1864.

6 MOLESCHOTT, Unters. VII. S. 415. 1860.

7 O. KOHTS & E. TIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. S. 84. 1876.

am Kymographion registriert wurde: von den 38 Kaninchen trat bei 20 nach Durchschneidung (oder Unterbindung) der Vagi Verlangsamung, bei den übrigen keine Wirkung oder auch eine unzweifelhafte Beschleunigung ein, von 5 Hunden bei 2 Verlangsamung. Der Verlauf der Versuche war meistens folgender: Die Pulse des zugerichteten Thieres werden 20 Minuten lang aufgeschrieben und sind sehr regelmässig, Durchschneidung beider Vagi rasch nach einander mit scharfer Scheere: in den nächsten 4 Minuten keine Veränderung der Pulszahl, in den nächsten 19 Minuten Abnahme der Pulsfrequenz, nach Umschnürung der peripherischen Vagusenden noch stärkere Frequenzabnahme, dann wieder Zunahme der Frequenz. KOHTS und TIEGEL geben keine Aufklärung über die Ursache dieser Differenzen und bemerken nur, dass alle Fälle mit unzweifelhafter Beschleunigung auf sehr kalte Tage getroffen seien. Da für die einzelnen Versuche keine Zahlenangaben gemacht worden sind, so entziehen sich die Untersuchungen einer weiteren Discussion. — Die Frage, ob bei natürlicher, möglichst wenig beeinträchtigter Athmung Erregungen von der Medulla durch den Vagus zum Herzen gelangen, welche eine Verlangsamung der Herzpulsationen bewirken, kann nach den bis jetzt vorliegenden Versuchen nicht beantwortet werden. — Eine Beschleunigung des Herzschlages nach Durchschneidung der Vagi ist endlich bei atropinisirten Kaninchen und Hunden von RUTHERFORD¹ beobachtet worden, was um so mehr auffallend ist, da durch Atropin der Herzschlag sehr beschleunigt wird. Wir kommen darauf S. 383 zurück.

Bezüglich der älteren Versuche über den Effect der Vagusdurchschneidung von PICOLHOMINI bis BICHAT verweisen wir auf LUND².

2. Die Reizung eines oder beider Nn. vagi. (Peripherer Stumpf.)

Electrische, chemische, mechanische Reizung des peripheren Vagusstumpfes bringt Verminderung der Herzfrequenz oder Stillstand des Herzens während vieler Secunden in Erschlaffung hervor. Diese Veränderung in der Schlagfolge besteht theils in einer Verlängerung der Herzpause, theils aber auch in einer Verminderung der Zuckungsgrösse. Sowohl bei Reizung eines als bei Reizung beider Vagi tritt (mit wenigen Ausnahmen) diese Wirkung ein. Unter besonderen Umständen kann Reizung der Vagi Beschleunigung der Herzpulsationen bewirken. — Während der durch Vagusreizung verlängerten Herzpause bringt directe Reizung des Herzens eine einzelne Pulsation desselben hervor.

Dass electriche Wechselströme, welche auf die Nn. vagi applicirt werden, Herzstillstand in Diastole bewirken, wurde zuerst von EDUARD und ERNST HEINRICH WEBER³ beobachtet, indem sie sich des electromagne-

1 RUTHERFORD, Journ. of anat. a. physiol. III. p. 402. 1869.

2 LUND, Physiologische Resultate der Vivisectionen neuerer Zeit. Kopenhagen 1825. (Aus dem Dänischen übersetzt.)

3 E. H. WEBER trug seine und seines Bruders EDUARD Versuche im Sep-

tischen Rotationsapparates bedienten, der kurze Zeit vorher von ihnen in die physiologische Methodik eingeführt worden war. Offenbar unabhängig von WEBER's, aber später, hat BUDGE¹ gleichfalls Stillstand des Herzens nach Reizung des Vagus mit dem electromagnetischen Rotationsapparate beobachtet, aber ausdrücklich unentschieden gelassen, ob hierbei das Herz des Frosches, an welchem allein er damals experimentirte, in Erschlaffung oder in Contraction still steht. In unvollkommener Form hatte allerdings schon früher VOLKMANN² beobachtet, dass Reizung des Vagus beim Frosche mit der galvanischen Säule eine auffallende Verlangsamung der Herzpulsationen hervorbrachte — es fehlte ihm zur Perfection der Entdeckung nur der electromagnetische Rotationsapparat. WEBER's reizten in ihren Versuchen an Fischen, Fröschen, Vögeln und Säugethieren immer beide Nn. vagi, und geben an, dass Reizung nur eines Vagus beim Frosche keinen Einfluss auf die Herzbewegung habe. Dass indess Reizung nur eines Vagus genüge, um Herzstillstand hervorzubringen, hatte schon BUDGE (bei Reizung des linken Froschvagus) beobachtet und wurde in weiterer Ausdehnung von SCHIFF³ und von LUDWIG und HOFFA⁴ festgestellt. SCHIFF fand aber, dass der Stillstand des Herzens bei Reizung beider Vagi länger dauerte, als bei Reizung nur eines Vagus. — Auch beim Menschen wurde gleich nach der Enthauptung desselben Herzstillstand bei Reizung des linken Vagus von HENLE⁵ beobachtet.

Bestimmungen über die Dauer, welche die Herzpause bei Reizung des Vagus hat, sind seit WEBER bei verschiedenen Thieren gemacht worden. Während bei Säugethieren der Stillstand des Herzens nur eine Anzahl von Secunden, immer weniger als eine Minute dauert, und bei länger fortgesetzter Vagusreizung die Pulsationen wieder beginnen und immer frequenter werden, ohne meistens die ursprüngliche Frequenz zu erreichen, kann bei Kaltblütern (Fröschen, Schlangen, Schildkröten) die Herzpause eine erhebliche Anzahl von Minuten andauern. So hat A. B. MEYER⁶ bei der Ringelnatter (*Tropidonotus natrix*) ununterbrochene Herzpausen von 12', 17', 21', von 1^h 6', ja in einem Versuche bei abwechselnder Reizung des rechten und linken Vagus von 1^h 49' beobachtet.

Was die zeitlichen Verhältnisse der Vagusreizung zum Herzstillstande betrifft, so haben LUDWIG und HOFFA Fortdauer der Herzpause nach Aufhören der Reizung der Vagi mit Inductionsströmen während einiger Secunden beobachtet und oft erst mehrere Minuten nach dem Ende der Reizung die ursprüngliche Regelmässigkeit und Frequenz der Pulsationen wieder eintreten sehen. Im Anschlusse hieran hat VON BEZOLD⁷ gefunden,

tember 1875 auf der Versammlung der italienischen Naturforscher in Neapel vor, *Omodei Annali universali di medicina*. CXVI. p. 225—233; *Archives d'anatomie générale* 1846. Jan.; *Arch. f. Physiol. u. Anat.* 1846. S. 483. — ED. WEBER, *Wagner's Handwörterb. d. Physiol.* III. (2) S. 42 u. fg. 1846.

1 BUDGE, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1846. S. 295; *Arch. f. physiol. Heilk.* V. S. 580. 1846; *Froriep's Notizen* 1846. S. 136.

2 VOLKMANN, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1838. S. 70.

3 SCHIFF, *Arch. f. physiol. Heilk.* VIII. S. 182. 1849.

4 LUDWIG & HOFFA, *Ztschr. f. rat. Med.* IX. S. 116. 1850.

5 HENLE, *Ztschr. f. rat. Med.* N. F. II. S. 299. 1852.

6 A. B. MEYER, *Das Hemmungsnervensystem des Herzens.* S. 46—58. 1869.

7 VON BEZOLD, *Arch. f. pathol. Anat.* XIV. S. 297. 1858.

dass die Anzahl der electricischen Stromschwankungen, welche für den Vagus erfordert wird, um Stillstand des Herzens zu bewirken, in der Zeiteinheit viel geringer sein kann, als die Anzahl, welche erforderlich ist, um durch einen gewöhnlichen Muskelnerven einen Tetanus des Muskels zu erzeugen. Für den Vagus genügen nach VON BEZOLD 70—120 einfache Reize von mässiger Stärke in 1', oder 50—90 Doppelreize. — Nach LEGROS und ONIMUS¹ muss die Zahl der Reize viel grösser sein, sie fanden für Warmblüter 18—20 Unterbrechungen in der Secunde, für Kaltblüter 2—3 Unterbrechungen erforderlich, um Stillstand des Herzens hervorzu- bringen.

Dass vom Beginn der Reizung des Vagus bis zum Stillstehen des Herzens eine merkliche Zeit vergeht, hat zuerst E. PFLÜGER² beobachtet, denn er fand, indem er die Herzpulsationen am Kymographion registriren liess, dass nach dem Beginn der Reizung zwei in keiner Weise durch den Strom beeinflusste Contractionen stattfinden, bevor der definitive Herzstillstand eintritt, und zwar geschieht dies bei Reizung beider Vagi durch sehr starke Ströme. DONDERS und einige Schüler desselben³ bestimmten genauer die Zeit, welche vergeht, bis die Reizung des oder der Vagi eine Veränderung in der Herzbewegung hervorbringt und fanden für die Dauer der latenten Reizung nach verschiedenen Methoden $\frac{1}{6}$ Secunde, also eine im Vergleich mit motorischen Nerven ungeheuer lange Zeit. In den Versuchen von DONDERS und PLACE fand sich ausserdem, dass nach Reizung des Vagus durch einen einzigen Inductionsschlag die Wirkung desselben im Mittel 6,15 Secunden andauerte, d. h. eine Veränderung der Herzpulsation sich geltend machte. Der Schliessungsschlag hatte einen geringeren Einfluss als der Oeffnungsschlag (ausser bei aufsteigender Stromrichtung und grosser Stromstärke), die aufsteigende Richtung einen schwächeren Effect, als die absteigende. — In späteren Versuchen von DONDERS⁴ mit constantem Strome betrug die latente Periode beinahe $\frac{1}{5}$ Secunde — dieselbe war am längsten bei Oeffnung des absteigenden, kürzer für Schliessung des aufsteigenden, noch kürzer für Oeffnung des aufsteigenden, am kürzesten für Schliessung des absteigenden Stromes. — Die verzögernde Wirkung machte sich in folgender Ordnung geltend: $S\uparrow$, $S\downarrow$, $O\downarrow$, $O\uparrow$, und steigerte sich mit der Stromstärke. — Hierbei fand DONDERS, dass bei Reizung des frischen Nerven durch constante Ströme nur eine schwache Wirkung zu erzielen ist, dass aber einige Zeit nach der Durchschneidung schwache Ströme schon sehr deutliche Verzögerung geben und durch stärkere Ströme eine viel kräftigere Wirkung erhalten werden kann, als bei Reizung des frischdurchschnittenen Nerven.

Ueber die Frage, ob durch sehr schwache Wechselströme, welche den Vagus treffen, eine Beschleunigung der Herzpulsationen bewirkt werden könne, sind lange und heftige Controversen geführt worden, da diese Frage mit der Theorie der Vaguswirkung in Beziehung gebracht wurde. WEBER's hatten die Wirkung des Vagus auf das Herz im Gegensatze zu

1 LEGROS et ONIMUS, Journ. d. l'anat. et physiol. norm. et path. 1872. p. 561.

2 PFLÜGER, Unters. aus d. physiol. Labor. zu Bonn. 1865. S. 29.

3 DONDERS, Arch. f. d. ges. Physiol. I. S. 331. 1868. — PRAHL, Onderzoek. in het Physiol. Labor. te Utrecht. 2. Reeks. II. p. 146. — DONDERS (und PLACE), Ibid. p. 289.

4 DONDERS, Arch. f. d. ges. Physiol. V. S. 1. 1872.

dem Verhalten der Muskelnerven als „Hemmungswirkung“ bezeichnet. Nachdem BUDGE sich mehr für die Vorstellung ausgesprochen hatte, dass durch den starken Reiz auf den Vagus eine momentane Erschöpfung eintrete, suchte SCHIFF¹ nachzuweisen, dass sehr schwache Wechselströme eine Zunahme der Frequenz bewirken, und hielt später² die Ansicht fest, dass der Vagus nicht Hemmungsnerv für die Herzbewegungen wäre, sondern nur rascher erschöpft würde, als die übrigen motorischen Nerven. Gegen diese Annahme trat PFLÜGER³ auf — SCHIFF⁴ replicirte dagegen, und bald nachher suchte auch MOLESCHOTT⁵ durch eine grosse Reihe von Versuchen den Nachweis zu führen, dass schwache Reizungen des Vagus sowohl bei Fröschen, als bei Kaninchen die Herzfrequenz vermehren, und zwar sowohl schwache electricische Ströme, als auch mechanische, chemische und thermische Reizungen. Die Fortsetzung dieser Arbeit mit HUFSCHMID⁶ ergab gleiche Resultate bei Anwendung von unpolarisirbaren Electroden: gegen die Angriffe von VON BEZOLD⁷, ROSENTHAL⁸, BROWN-SÉQUARD⁹ und KÜTHE¹⁰ vertheidigte MOLESCHOTT¹¹ die Schlussfertigkeit seiner Versuche. Indess erhielten in weiteren Untersuchungen VON BEZOLD¹², FORSBLOM¹³, PFLÜGER¹⁴, ECKHARD¹⁵ u. A. keine Vergrösserung der Herzfrequenz bei Reizung der Vagi mit schwachen Strömen und PFLÜGER erklärte, dass der normale Vagus des normalen Thieres durch keinerlei Stromstärke, wie stark oder wie schwach sie auch sei, so gereizt werden könne, dass die Frequenz des Herzschlages zunimmt. Der Satz, dass beim normalen Thiere durch Vagusreizung immer nur Verlangsamung, niemals Zunahme der Herzfrequenz bewirkt wird, gilt aber erstens nicht für vergiftete Thiere. Bei mit Atropin vergifteten Thieren bringt, wie SCHIFF¹⁶ zuerst beobachtet und dann auch RUTHERFORD¹⁷, KEUCHEL¹⁸ und SCHMIEDEBERG¹⁹ gefunden haben, Reizung des Vagus Vermehrung der Herzfrequenz hervor; dasselbe ist der Fall bei mit Nicotin vergifteten Thieren, wie TRUHART²⁰ und SCHMIEDEBERG entdeckt haben. Dass aber auch in einem

1 SCHIFF, Arch. f. physiol. Heilk. VIII. S. 211. 1849.

2 Derselbe, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. S. 187. 1858. — Man vergleiche auch SCHIFF, Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. S. 172. 1878.

3 PFLÜGER, Ebenda. 1859. S. 13.

4 SCHIFF, Molesch. Unters. VI. S. 201. 1859.

5 MOLESCHOTT, Ebenda. VII. S. 401. 1861.

6 HUFSCHMID & MOLESCHOTT, Molesch. Unters. VIII. S. 52. 572. 1861.

7 VON BEZOLD, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. S. 143.

8 ROSENTHAL, Die Athembewegungen und ihre Beziehungen z. N. vagus. 1862. S. 260.

9 BROWN-SÉQUARD, Journ. de physiol. V. p. 124. 1862.

10 KÜTHE, Over den invloed van den N. vagus op de hartsbeweging. Amsterdam 1862.

11 MOLESCHOTT, Unters. VIII. S. 601.

12 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innervation d. Herzens. 1863.

13 FORSBLOM, Nervus vagus tamen nervus inhibens. Diss. Jena 1863.

14 PFLÜGER, Unters. aus d. physiol. Labor. zu Bonn. 1865. S. 1.

15 ECKHARD, Experimentalphysiologie des Nervensystems. S. 193. 1866.

16 SCHIFF, Molesch. Unters. 1865. S. 58; 1873. S. 189.

17 RUTHERFORD, Journ. of anat. a. physiol. III. p. 408. 1869.

18 KEUCHEL, Das Atropin und die Hemmungsnerven. Diss. Dorpat 1868.

19 SCHMIEDEBERG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1870. S. 130.

20 TRUHART (& SCHMIEDEBERG), Ein Beitrag zur Nicotinwirkung. Diss. Dorpat 1869.

gewissen Stadium der Curarewirkung bei Fröschen Reizung des Vagus den Herzschlag beschleunigt, hat WUNDT¹ festgestellt. Diese Veränderungen in der Reizbarkeit des Vagus haben ein besonderes Interesse dadurch, dass das Nicotin eine ganz andere Wirkung auf die Herzbewegungen hervorbringt, als Atropin und Curare, worauf SCHMIEDEBERG aufmerksam macht: Nicotin bewirkt, wie TRAUBE² fand, in kleinen Dosen zuerst Abnahme der Pulsfrequenz, dann diastolischen Stillstand, dann allmähliche Vermehrung der Pulsationen bis zu der früheren Frequenz — Atropin bewirkt eine Zunahme der Herzfrequenz und ebenso Curare in gewisser Dosis. SCHMIEDEBERG fand ferner bei Nicotinvergiftung eine sehr verlängerte Dauer des latenten Reizungsstadiums und eine sehr lange Nachwirkung auf die Herzthätigkeit nach Aufhören des Reizes, nebst einer Verminderung der Grösse der Zusammenziehung des Herzens, wenn er das Herz an einer dem Froschmanometer ähnlichen Vorrichtung arbeiten liess — er schliesst daraus, dass durch das Nicotin andere Theile des Vagus gelähmt werden, als durch das Atropin, ein Schluss, welcher auch aus dem Verhalten des Herzens, welches vorher durch Muscarin in diastolische Ruhe gebracht war, gegen Nicotin und Atropin von SCHMIEDEBERG gezogen wird, da durch die Wirkung des Muscarin die des Nicotin, nicht aber die des Atropin aufgehoben wird.

Es geht aus diesen Versuchen jedenfalls hervor, dass im Vagus sowohl Hemmungs- als Beschleunigungsfasern enthalten sein müssen. Diese Annahme muss auch gemacht werden auf Grund von Versuchen, welche SCHIFF³ an Fröschen angestellt hat, deren Blut durch Salzlösung ersetzt war: er fand, dass bei ihnen Reizung des Vagus Beschleunigung der Herzpulsationen bewirkt. GIANUZZI⁴ fand, dass bei ätherisirten Kaninchen und Katzen, wenn die Herzpulsationen schwach und langsam geworden waren, Reizung des Vagus die Herzpulsationen frequenter und kräftiger machte — ähnliche Belebung des absterbenden Herzens durch Reizung des Vagus hatte schon PANUM⁵ beobachtet.

Dass dagegen, wenn das Herz des Frosches durch Erhöhung der Temperatur zum Stillstand gebracht worden ist, Reizung des Vagus eine Wiederkehr der Pulsationen bewirke, wie SCHELSKE⁶ angiebt, ist von ECK-

1 WUNDT (& SCHELSKE), Verh. d. naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg. 1859.

2 TRAUBE, Allg. med. Centralztg. 1862. Nr. 103; Ges. Beitr. z. Pathol. u. Physiol. I. S. 302. 1871.

3 SCHIFF, Sopra due nuovi arrestatori R. Acad. dei Lincei. Ser. 3. I. Sep.-Abdr. (Nach Jahresber. d. Anat. u. Physiol. III. S. 45. 1877; in den Atti der Accad. d. Lincei. habe ich die Arbeit von SCHIFF nicht finden können.) — SCHIFF hält die beschleunigende Wirkung der Reizung des Vagus mit schwachen Strömen aufrecht in seinen neueren Arbeiten: Cenno sulle ricerche fatte dal Prof. M. SCHIFF, nel laboratorio del museo di Firenze. 1872. (Nach Jahresber. f. Anat. u. Physiol. 1872. S. 523) und Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. S. 172. 1878.

4 GIANUZZI, Contribuzione alla conoscenza de' nervi motori del cuore in Rivista scientif. d. Accad. de Fisiocratici. p. 46. Siena 1872.

5 PANUM, Bibliothek for Laeger. X. p. 46. 1858; Auszug in Schmidt's Jahrbüchern. C. S. 148.

6 SCHELSKE, Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit durch d. Wärme. S. 20. Heidelberg 1860.

HARD und andern Beobachtern¹ nicht bestätigt worden. In SCHELSKE's und ebenso in HOFFMANN's² Versuchen an Froschherzen ist wahrscheinlich nach ECKHARD nicht der Vagus allein, sondern auch das Herz selbst von dem Strome getroffen worden. LÉPINE und TRIDON³ fanden bei erwärmten Herzen von Schildkröten gleichfalls keine Beschleunigung, sondern Verlangsamung der Herzpulsation bei Reizung des Vagus.

Ausser der Reizung des Vagus durch Inductionswechselströme, Inductionsschläge und constante Ströme sind mechanische und chemische Reize auf denselben applicirt worden und haben fast sämmtlich eine Verlangsamung der Pulsationen bezw. Stillstand des Herzens ergeben — MOLESCHOTT hat indess auch bei Anwendung dieser Reize immer Beschleunigung gefunden (eine mir unerklärliche Angabe).

Durch mechanische Reizung mittelst schnell auf einander folgender Schläge eines Elfenbeinhämmerchens, welche HEIDENHAIN⁴ bei Anwendung seines mechanischen Tetanomotors auf den Vagus von Hunden und Kaninchen ausübte, erhielt derselbe einen langen (bis 35'') währenden Stillstand des Herzens — denselben Erfolg hat PFLÜGER⁵ beobachtet. Ferner ist es CZERMAK⁶ gelungen, durch Druck auf seinen eigenen rechten Vagus eine Verlangsamung des Herzschlages zu bewirken und CONCATO⁷ beobachtete dasselbe, wenn er bei einem Menschen einen Druck auf den linken Vagus am Halse ausübte.

Chemische Reizung wurde zuerst von ECKHARD⁸ angewendet: er beobachtete, dass, wenn beide Vagi eines Frosches in concentrirte Kochsalzlösung tauchen, die Herzbewegung immer langsamer und langsamer wird und nach 4—5 Minuten das Herz in Diastole still steht — dass Reizung nur eines Vagus auf diese Weise aber nur Verlangsamung der Herzpulsationen bewirkt. Eine Verlangsamung der Herzpulsationen bei Eintauchen der Vagi in Kochsalzlösung beobachtete bei Vögeln EINBRODT⁹, ohne einen Stillstand des Herzens zu erreichen.

Eine Verschiedenheit in der Wirksamkeit des rechten und des linken Vagus auf das Herz hat A. B. MEYER¹⁰ bei einer Schildkrötenart (*Emys lutaria*) gefunden, indem bei den meisten Exemplaren Reizung des linken Vagus keine Veränderung in den Pulsationen des Herzens bewirkte, während der rechte Vagus bei gleicher Reizung Stillstand des Herzens hervorbrachte — nur bei zwei kleinen Exemplaren aus Venedig zeigte sich bei Reizung des linken Vagus Verlangsamung aber kein Stillstand der Herzbewegungen. Bei anderen, z. Th. nahe mit unserer *Emys* verwandten Schildkrötenarten, waren beide Vagi gleich

1 ECKHARD, *Experimentalphysiol. d. Nervensystems*. S. 200. 1865. Die übrige Literatur s. bei ECKHARD, *Beitr. z. Anat. u. Physiol.* VII. S. 3—6. 1873.

2 HOFFMANN, *Beitr. z. Anat. u. Physiol. des N. vagus bei Fischen*. S. 30. 1860.

3 LÉPINE & TRIDON, *Memoires de Société de Biologie*. 1876. Mars. p. 18. S.-A.

4 R. HEIDENHAIN, *Molesch. Unters.* IV. S. 131. 1858.

5 PFLÜGER, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1859. S. 24.

6 CZERMAK, *Jenaische Ztschr. f. Med. u. Naturwiss.* 1865. S. 384.

7 CONCATO, *Auszug aus Rivist. clinic. de Bologna*. IX. p. 1. 1870 in *Schmidt's Jahrbüchern*. CXLVI. S. 262.

8 ECKHARD, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1851. S. 205.

9 EINBRODT. *Ebenda*. 1859. S. 457.

10 MEYER, *Das Hemmungsnervensystem des Herzens*. S. 61. 1869.

wirksam. Einen derartigen Unterschied zwischen den beiden Vagi glaubten auch MASOIN¹ und gleichzeitig ARLOING und TRIPIER² bei Kaninchen, Hunden und Tauben nachweisen zu können, dass nämlich der rechte Vagus bei gleicher Reizstärke und Reizdauer stärker auf das Herz wirke, als der linke Vagus. Allein die Wiederholung dieser Versuche durch O. LANGENDORFF³ bestätigte die Angaben jener Autoren nicht: von 16 Kaninchen waren bei 3 beide Vagi gleich wirksam, 3 mal überwog der rechte, 8 mal der linke, in zwei Versuchen war die Präponderanz alternirend, d. h. bald der rechte, bald der linke wirksamer. LANGENDORFF macht darauf aufmerksam, dass ein und derselbe Vagus auf gleiche Reize keineswegs immer gleich stark reagirt, was sich sehr wohl daraus erklären lässt, dass ein durch Reizung des einen Vagus hervorgebrachter Herzstillstand weitere Folgen auf Blut, Nerven, Centralorgane haben muss, welche die Wirkung des anderen Vagus beeinflussen. Ein verschiedenes Verhalten beider Vagi scheint daher nur für *Emys lutaria* angenommen werden zu können.

Eine Abhängigkeit der Vagi von einander der Art, dass nach Erschöpfung des einen Vagus das wieder pulsirende Herz durch Reizung des anderen Vagus nicht mehr zum Stillstand gebracht werden könne, wie TARCHANOFF & PUELMA⁴ angeben, ist im Widerspruch sowohl mit den Versuchen von A. B. MEYER an Schlangen und Säugethieren, als auch mit neuerlichst von ECKHARD⁵ angestellten Controlversuchen am Frosche. TARCHANOFF⁶ hat in einer späteren Arbeit die früher ausgesprochenen Annahmen selbst dahin modificirt, dass das bei Erschöpfung des einen Vagus wieder pulsirende Herz durch Reizung des anderen zum Stillstand gebracht werde.

Da Vagus und Accessorius vereinigt vom Foramen jugulare oben am Halse verlaufen, so werden bei der gewöhnlichen Anstellung des Versuches immer beide Nerven gereizt. Um zu untersuchen, welchem der beiden Nerven die zum Herzen gehenden Fasern angehören, brachte zuerst WALLER⁷ die mit dem Vagus am Halse verlaufenden Accessoriusfasern zur Degeneration dadurch, dass er die Accessoriuswurzel im Foramen jugulare ausriss — die Thiere (namentlich Kaninchen) überleben die Operation und nach 10—12 Tagen fand er, dass Reizung desjenigen Vagus, dessen zugehöriger Accessorius ausgerissen worden war, keine Verlangsamung der Herzpulsationen bewirkte, während Reizung des Vagus der anderen Seite mit unversehrtem Accessorius Stillstand des Herzens hervorbrachte.

1 MASOIN, *Bullet. de l'Acad. de Belgique*. VI. No. 4. 1872.

2 ARLOING & TRIPIER, *Arch. de physiol. norm. et pathol.* IV. p. 411. 588. 732. V. p. 157. 1872.

3 O. LANGENDORFF, *Mittheil. aus d. Königsberger physiol. Labor.* 1878. S. 68.

4 TARCHANOFF & PUELMA, *Arch. de physiol. norm. et pathol.* VII. p. 757. 1875.

5 C. ECKHARD, *Beitr. z. Anat. u. Physiol.* VIII. S. 177. 1878.

6 TARCHANOFF, *Trav. du Labor. de Marey*. 1876. p. 289.

7 WALLER, *Gaz. méd. de Paris*. 1856. No. 27.

SCHIFF¹ bestätigte WALLER's Versuch und fügte die Beobachtung hinzu, dass nach Zerstörung der Accessoriusfasern die Durchschneidung des Vagus Vermehrung der Herzfrequenz bewirke. HEIDENHAIN (und DASZKIEWCZ)² bestätigte gleichfalls WALLER's Versuch, fand aber dass nach vorgängiger Zerstörung der Accessoriusfasern die Durchschneidung des Vagus keine Vermehrung sondern eine geringe Herabsetzung der Pulsfrequenz zur Folge hat. HEIDENHAIN fand ferner im Gegensatze zu einer Angabe von BERNARD³, dass Ausrottung des Accessorius eine Vermehrung der Pulsfrequenz herbeiführt: es ist darnach der Accessorius, welcher dem N. vagus die Hemmungsfasern zuführt. — GIANUZZI⁴ hat indess gefunden, dass bei Kaninchen 4 bis 14 Tage nach Ausreissung des Accessorius und Degeneration seiner Fasern Reizung des Vagus Verlangsamung der Herzbewegungen zur Folge hat.

Für die Vorstellung, welche wir uns von der Wirkung des Vagus (cum Accessorio) auf das Herz machen, kommt nun weiter in Betracht das Verhältniss des Vagus zu den Herzganglien und zu der Muskulatur des Herzens. Wenn der anatomische Befund, dass beim Frosch die Vagusfasern sämmtlich zu den intracardialen Herzganglien gehen (s. oben S. 348), unzweifelhaft wäre, so würden, wie sich schon WEBER's vorstellten, die Erregungen der Vagi ihren Angriffspunkt lediglich in den Herzganglien finden. Mit dieser Vorstellung lassen sich aber Versuche von ECKHARD⁵ nicht in Einklang bringen, in welchen nach Durchschneidung der beiden auf der Vorhofsscheidewand des Froschherzens verlaufenden Nervenbahnen die Reizung eines oder beider Vagi vor ihrem Eintritt in das Herz Frequenzabnahme und diastolischen Stillstand hervorbringt, so als wenn die Durchschneidung vorher nicht ausgeführt ist, und zweitens nach Exstirpation der Atrio-ventricularganglien der nach einigen Minuten wieder pulsirende Ventrikel sich nach Reizung der Vagi ausserhalb des Herzens zu diastolischer Ruhe begiebt. Es muss also auch Bahnen ausserhalb der Ganglien geben, auf welchen die Erregung des Vagus fortgeleitet wird. — Wenn ferner der Vagus lediglich zu den Ganglien geht, so ist zu erwarten, dass er nur die Frequenz der Herzpulsationen, nicht den Umfang der Zuckung beeinflussen wird: die Untersuchungen von COATS⁶ ergeben aber, dass Reizung der Vagi am Froschherzen auch

1 SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. S. 420. 1859; Compt. rend. LVIII. p. 619. 1864.

2 R. HEIDENHAIN (u. DASZKIEWICZ), Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. III. S. 109. 1864.

3 CL. BERNARD, Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux. p. 307. 1858.

4 GIANUZZI, Rivista scientifica d. R. Accadem. de Fisiocristici. p. 26—33. Siena 1872.

5 C. ECKHARD, Beitr. z. Anat. u. Physiol. VII. S. 191. 1873.

6 COATS (u. LUDWIG), Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1869. S. 360.

die Stärke des einzelnen Schlages vermindert. Da COATS seine Versuche in der Weise anstellte, dass der Blutlauf ausgeschlossen war und der Ventrikel seinen Inhalt in das Manometer entleerte, so liess sich der Umfang der Zusammenziehung genau bestimmen: er fand bei dieser Methode sowohl eine stärkere Ausdehnbarkeit des Herzens während der diastolischen Ruhe, indem das Quecksilber des Manometers fast bis zum Nullpunkte sank, als auch die ersten Schläge nach der vollständigen Ruhe von sehr geringer Hubhöhe. Reizung des Vagus beeinflusst also jedenfalls die Contractilität der Musculatur und es ist wohl wahrscheinlicher, dass er diesen Theil des hemmenden Einflusses direct auf die Musculatur, als dass er ihn auf dem Umwege durch die Ganglien ausübt. Nach derselben Methode von COATS fand SCHMIEDEBERG¹ nach Zusatz von Nicotin zu dem Serum, welches zur Füllung des Herzens diente, dass Reizung des Vagus eine bedeutende Abnahme der Excursionen, d. h. einen geringeren Umfang der Zusammenziehung der Herzmuskeln zur Folge hatte. — Da sich nun andererseits durch electricische Reizung des Venensinus an nicotinisirten Froschherzen ein diastolischer Stillstand hervorrufen lässt (wie A. B. MEYER zuerst beobachtete und SCHMIEDEBERG bestätigt), durch Reizung des Vagus aber nicht, diese vielmehr Beschleunigung zur Folge hat, so tritt diese Erfahrung bestätigend für die Annahme auf, dass der Vagus verschiedene Endigungen hat, von denen wir als die einen die Herzganglien, als die andern die Herzmusculatur voraussetzen dürfen. Wir machen schon hier darauf aufmerksam, dass eine Erklärung der Hemmungswirkung des Vagus ebenso wenig durch die Annahme, dass er zu den Ganglien geht, gegeben wird, als durch die Annahme, dass er direct zu den Muskeln des Herzens geht.

III. Der Einfluss der zum Herzen gehenden sympathischen Nerven.

Bei vielen Thieren, namentlich den Warmblütern, treten ausserhalb der Bahn des Vagus besondere sympathische Nervenstränge zu dem Herzen, welche Gegenstand besonderer Untersuchung geworden sind. Es ist dazu zu bemerken, dass wohl in jedem Vagus auch sympathische Fasern zum Herzen gehen und die Anordnung in dem makroskopischen Verhalten der zum Herzen gehenden Nerven bei verschiedenen Thierarten keinen Anhalt bietet für die physiologische Bedeutung eines Nervenastes.

1 O. SCHMIEDEBERG, Ebenda. 1870. S. 138.

1. *Der Halssympathicus.*

Man pflegt den Strang, welcher das Ganglion cervicale supremum mit dem G. c. infimum verbindet, als Halssympathicus oder auch im Gegensatze zum Vagus einfach als Sympathicus zu bezeichnen. An dem Halssympathicus ist seit der Entdeckung von LUDWIG und CYON noch der N. depressor zu unterscheiden.

Durchschneidung des Halssympathicus beim Kaninchen hat verschiedene Erfolge ergeben: keine oder zweifelhafte Veränderung der Pulsfrequenz fanden WEBER, BUDGE, LUDWIG und WEINMANN¹, HEIDENHAIN² und VON BEZOLD³, welcher letztere aber in manchen Fällen auch Beschleunigung, in andern Verlangsamung fand, welche übrigens beide immer ziemlich gering waren — eine Beschleunigung fand WAGNER⁴.

Auch bei Reizung des Halssympathicus sind verschiedene Erfolge beobachtet worden: LUDWIG und WEINMANN fanden keine Veränderung bei Reizung des peripheren Stumpfes, WAGNER fand Verminderung der Herzfrequenz, MOLESCHOTT und NAUWERK⁵ Beschleunigung bei schwacher, Verlangsamung bei starker Reizung, VON BEZOLD manchmal Beschleunigung, manchmal Verlangsamung, seine Zahlenangaben zeigen nur geringfügige Veränderungen der Frequenz.

Beim N. depressor haben die Versuche von LUDWIG und CYON⁶, STELLING⁷, BERNHARDT⁸ und ROEVER⁹ an Kaninchen, Hasen, Katzen und Igelu übereinstimmend ergeben, dass weder Durchschneidung desselben noch Reizung seines peripheren Stumpfes einen Einfluss auf die Frequenz der Herzpulsationen ausübt.

2. *Der Nervus accelerans.*

Wie wir unter II, 2 besprochen haben, wird durch Reizung des Vagus bei atropinisirten Thieren, Fröschen, Kaninchen, Hunden eine Beschleunigung der Herzpulsationen hervorgerufen. Die isolirte Rei-

1 C. LUDWIG, Lehrb. d. Physiol. I. S. 178. 1852; S. 99. 1861.

2 HEIDENHAIN, Disquisitiones de nervis organisque centralibus cordis. Diss. p. 59. Berolini 1854.

3 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innerv. d. Herzens. S. 112. 1863.

4 WAGNER, Göttinger Nachrichten. 1854. S. 129.

5 MOLESCHOTT & NAUWERK, Molesch. Unters. VIII. S. 36. 1861.

6 CYON & LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 308.

7 STELLING, Experiment. Untersuchungen über den Einfluss des N. depressor. Diss. Dorpat 1867.

8 BERNHARDT, Anatomische und physiologische Untersuchungen über den N. depressor bei der Katze. Diss. Dorpat. 1868.

9 ROEVER, Kritische und experimentelle Untersuchungen des Nerveneinflusses auf die Verengerung und Erweiterung der Blutgefäße. S. 86. Rostock 1869.

zung der unterhalb des Ganglion cervicale infimum zum Herzen gehenden Nerven hat ergeben, dass bei unvergifteten Thieren durch Reizung von den Verbindungszweigen des Ganglion thoracicum primum zum Ganglion cervicale infimum und zum Vagus und den von ihnen zum Herzen gehenden Fasern eine Beschleunigung der Herzpulsationen bewirkt wird, welche 30—70 % beträgt, ohne dass damit eine Veränderung in dem Blutdrucke gesetzt wird. Die in diesen Nerven enthaltenen Beschleunigungsfasern gehen von dem Rückenmarke zu dem Ganglion thoracicum primum, sind also wahrscheinlich spinale Fasern. Die Beschleunigung der Herzpulsationen in Folge der Reizung zeigt ebenso wie die nach Vagusreizung bei atropinisirten Thieren ein langes Latenzstadium und ein langes Ueberdauern des Reizes, verhält sich also in dieser Beziehung wesentlich anders als die Verlangsamung in Folge der Vagusreizung. Die beschleunigende Wirkung des N. accelerans steht also nicht in einem directen Antagonismus zu der hemmenden Wirkung des Vagus; es kommt auch die Vaguswirkung bei gleichzeitiger Wirkung des Accelerans ungeschmälert zum Vorschein, auch sogar dann, wenn der Vagus sehr schwach, der Accelerans sehr stark gereizt wird. Endlich ist mit der Beschleunigung der Herzpulsationen durch Acceleransreizung eine Verkürzung der Systoledauer verbunden, während Reizung des Vagus keine Veränderung der Dauer der Systole bewirkt. Zweifelhaft ist es dagegen, ob durch die Reizung des Accelerans eine directe Abnahme der Pulsexcursionen, wie sie bei Vagusreizung atropinisirter Frösche nachgewiesen werden kann, bewirkt wird.

Die Prüfung der schon von LEGALLOIS und Anderen¹, in neuerer Zeit wieder von BEZOLD gemachten Angabe, dass Reizung des Rückenmarks eine Vermehrung der Herzpulsationen herbeiführe, welche ziemlich gleichzeitig von M. & E. CYON² an Kaninchen und Hunden, von BEVER und v. BEZOLD³ an Kaninchen unternommen wurde, ergab, dass beschleunigende Fasern vom Ggl. thoracicum prim. und vom Gangl. cervic. infim. zum Herzen gehen. Eine eingehendere anatomische und physiologische Untersuchung wurde dann von SCHMIEDEBERG⁴ am Hunde ausgeführt und alle von dem Vagus und den Ganglien zum Herzen gehenden Nerven auf ihre Beschleunigungswirkung untersucht, wobei sich dann der von der Verbindung des Ggl. thorac. prim. zum Ggl. cervic. inf. abgehende Ast als Beschleunigungsnerv oder N. accelerans heraus-

1 LEGALLOIS, Sur le principe de la vie etc. p. 212. Paris 1812. — Die übrige ältere Literatur s. bei LUND, Physiologische Resultate d. Vivisectionen neuerer Zeit. S. 162. Kopenhagen 1825.

2 M. & E. CYON, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 389. 403.

3 BEVER & VON BEZOLD, Unters. a. d. Würzburger physiol. Labor. Heft II. 1867. S. 226. — BEVER, Ebenda. S. 235.

4 O. SCHMIEDEBERG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1871. S. 148.

stellte. Die Untersuchungen von BOWDITCH¹, sowie die von BAXT² beziehen sich namentlich auf die Klarlegung des Verhältnisses zwischen der Hemmungswirkung des Vagus zu der Beschleunigungswirkung des Accelerans und führten zu der Annahme, dass beiderlei Nerven auf wesentlich verschiedene Angriffspunkte im Herzen wirken müssten, da der Vagus in seiner Hemmungswirkung nicht durch den Accelerans, und der Accelerans in seiner Beschleunigungswirkung nicht durch den Vagus beirrt wird. Eine Untersuchung von BÖHM³ bestätigte die von SCHMIEDEBERG und BOWDITCH am Hunde gewonnenen Resultate an der Katze und eine zweite Arbeit von BAXT⁴ erwies die Verkürzung der Systoledauer bei Reizung des Accelerans. Auf die Abflachung der Pulsellen machten SCHMIEDEBERG und BOEHM aufmerksam.

IV. Das extracardiale Herzcentrum in der Medulla oblongata und dessen reflectorische Erregung.

Durch Reizung der Medulla oblongata mit tetanisirenden Strömen zwischen den Vierhügeln und dem Calamus scriptorius wird Stillstand des Herzens in Erschlaffung bewirkt oder bei schwächerer Reizung eine Verminderung der Herzfrequenz. Nach Durchschneidung beider Vagi wirkt aber Reizung des verlängerten Markes beschleunigend auf die Herzbewegung. Insofern von dem verlängerten Marke sowohl Verlangsamung als auch Beschleunigung der Herzbewegungen ausgehen kann, bezeichnet man dieselbe als regulatorisches Nervencentrum für das Herz. Die Erregung vieler Nerven, welche mit dem Herzen in keiner nachweisbaren Verbindung stehen, bewirkt eine Veränderung in der Frequenz der Herzpulsationen, indem die Erregung nach der Medulla oblongata geleitet und von hier nach dem Herzen reflectirt wird: hierher gehören die sensiblen Nerven, der Vagus, der Halssympathicus, der Splanchnicus und die Muskelnerven.

Die Beobachtung, dass Reizung des verlängerten Markes mittelst electricischer Wechselströme Stillstand des Herzens in Diastole bewirkt, ist zuerst von EDUARD & ERNST HEINRICH WEBER⁵ gemacht worden, welche

1 BOWDITCH, Ebenda. 1872. S. 195.

2 N. BAXT, Ebenda. 1875. S. 323.

3 R. BOEHM (und NUSSBAUM), Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. IV. S. 255.

4 N. BAXT, Arch. f. Anat. (u. Physiol.) 1878. S. 122.

5 s. d. Literatur unter II. 2. b. S. 381. — Die Behauptung SCHIFF's (Molesch. Unters. XI. S. 204. 1876), dass bereits GALVANI diastolischen Stillstand nach Reizung der Medulla oblongata beobachtet und beschrieben habe, finde ich nicht begründet. GALVANI's Versuch bezieht sich auf das Rückenmark (spinal midolla), welches er mit einer Nadel reizte. Es heisst *Opere edite ed inedite del Prof. LUIGI GALVANI, Bologna 1841. p. 15: Impiantato l'ago nel primo foro (nämlich nel spinal midolla) — Solito Incantesimo, il quale è consistito in una diastole di cuore senza che però potesse entrare se non poco sangue, il quale poi entrato finalmente in copia, ha prodotta la diastole vera, la quale è poi seguita immediata-*

mittelst Durchschneidung von Rückenmarks- und Gehirnstellen die Grenzen feststellten, innerhalb welcher die Medulla oblongata gereizt werden muss, damit Stillstand des Herzens eintritt. — Die Fortleitung der Erregung in dem verlängerten Marke geschieht durch die Vagi, da, wie von BEZOLD¹ fand, die Reizung des verlängerten Markes oder des Halsmarkes in der Höhe des Atlas nach Durchschneidung beider Vagi keine Verlangsamung, sondern eine Beschleunigung der Herzpulsationen zur Folge hat. LUDWIG und THIRY² widersprachen den von BEZOLD'schen Folgerungen, indem sie zeigten, dass die vermehrte Pulsfrequenz die Folge der eingetretenen Drucksteigerung sei, welche ihrerseits durch Contraction eines grossen Bezirkes kleiner Arterien in Folge der Halsmarkreizung hervorgerufen sei (s. unten). Indess wiesen M. & E. CYON³, sowie BEVER und v. BEZOLD⁴ den accelerirenden Einfluss der Medulla oblongata und des Halsmarkes auf das Herz, sowie die Bahnen nach, auf welchen die Erregung zum Herzen gelangt. CYON's haben es sich besonders angelegen sein lassen, nachzuweisen, dass bei Reizung des Halsmarkes unabhängig von der Erhöhung des Blutdruckes eine Zunahme der Herzfrequenz eintritt, indem nach Durchschneidung der Vagi, Sympathici, Depressores und Splanchnici die Reizung des Halsmarkes keine Blutdrucksteigerung, aber eine bedeutende Vermehrung der Herzfrequenz bewirkt — diese letztere aber ausbleibt, wenn die vom Rückenmarke durch das erste Brust- und das letzte Halsganglion zu dem Herzen gehenden Nerven, bezw. die Ganglien selbst extirpirt worden sind.

Mit dem Nachweise pulsverlangsamender und pulsbeschleunigender Organe im Marke verbindet sich nun die Vorstellung, dass von der Medulla oblongata aus die eine oder die andere Wirkung auf das Herz ausgeübt wird, je nachdem die eine oder die andere Nervengruppe erregt wird — ob aber Beschleunigung durch Erregung der Beschleunigungsorgane oder durch Nichterregung, beziehungsweise Lähmung der Hemmungsorgane bewirkt sei, und vice versa, das wird im gegebenen Falle nicht immer zu entscheiden sein.

Das verlängerte Mark ist nun zugleich der Ort, von wo aus die Erregungen verschiedener Nerven auf andere Nerven reflectirt werden, und so werden denn hier die Erregungen auch auf die verlangsamenden und auf die beschleunigenden Herznerven reflectirt.

1. Reflexe von sensiblen Nerven: Bei Reizung sensibler Nerven (Ischiadicus, Brachialis, Rückenmarksnerven, Haut) beobachtete VON BEZOLD⁵ nach Durchschneidung beider Vagi und Sympathici an

mente da una vera sistola. Impiantato nel secondo, terza foro, lo stesso. Den „Zauber“ des diastolischen Stillstandes hat GALVANI gesehen, aber die Methode, ihn hervorzubringen, ist doch gar zu unklar.

1 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innervation d. Herzens. S. 191. 1863.

2 LUDWIG & THIRY, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XLIX. (2) S. 421. 1864.

3 M. & E. CYON, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 389.

4 BEVER & VON BEZOLD, Unters. a. d. Würzburger Labor. Heft II. S. 226. 1867.

5 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innerv. d. Herzens. S. 272.

curaresirten Kaninchen und Hunden eine Zunahme der Pulsfrequenz mit Steigerung des Blutdruckes, wenn Gehirn und Rückenmark intact waren; dagegen ein Ausbleiben der Frequenzzunahme und der Blutdruckerhöhung, wenn die Medulla oblongata durch einen Schnitt von dem Gehirn oder Rückenmark getrennt war.

Da sich aus VON BEZOLD's Versuchen nicht ergibt, ob die Frequenzzunahme, welche nur etwa 4% beträgt, nicht lediglich durch Druckerhöhung bedingt worden ist, so stellte LOVÉN¹ Versuche in der Weise an, dass er die Vagi des curaresirten Thieres unverletzt liess und zugleich die Arterienstämmchen des Ohres, wenn er den centralen Stumpf des N. auricularis posterior reizte, die Arter. saphena, wenn er den N. dorsalis pedis reizte, bezüglich ihrer Erweiterung und Verengung beobachtete. LOVÉN fand Verminderung der Herzfrequenz mit gleichzeitigem Steigen des Blutdrucks und Verengung der Arterien bei Reizung der sensiblen Nerven — und schliesst daraus, dass die Verminderung der Herzfrequenz durch reflectorische Erregung des Vagus zu Stande komme. Er fand übrigens im Gegensatze zu v. BEZOLD, dass nach durchschnittenem Vagus die Frequenz der Herzschläge bei Reizung der sensibeln Nerven unverändert blieb oder sank. ASP² fand bei Reizung des centralen Stumpfes vom Plexus ischiadicus eine Beschleunigung der Herzfrequenz, sowohl vor als nach Durchschneidung der Vagi — ferner eine Beschleunigung bei electricischer Reizung des centralen Stumpfes des Lenden- und des Rückenmarkes, vor und nach Durchschneidung der Vagi. Ob die Differenz der Versuchsergebnisse sich daraus erklärt, dass bei Reizung des Plexus und des Markes die Reizung der Muskelnerven prävalirt habe, ist zweifelhaft, wird aber aus den unter 6. angeführten Versuchen wahrscheinlich.

Den gleichen Erfolg, wie die LOVÉN'schen Versuche ergaben Beobachtungen von HERING und KRATSCHEMER³, bei denen die Nasenschleimhaut durch Tabakrauch und andere ätzende Dämpfe und Gase, oder auch der Supramaxillarast des Trigeminus electricisch gereizt wurde: bei unversehrten Vagi trat immer starke Verlangsamung der Herzpulsationen auf mit geringer oder keiner Drucksteigerung — bei durchschnittenen Vagi blieb die Pulsfrequenz unverändert.

2. Bei Reizung des centralen Vagusstumpfes, welcher wohl nicht als rein sensibler Nerv angesehen werden darf, beobachtete VON BEZOLD, wenn beide Vagi des curaresirten Thieres durchschnitten waren, Beschleunigung der Herzpulsationen, nach Exstirpation des Gehirns aber Verlangsamung während der Reizung. AUBERT und ROEVER⁴ fanden nach Durchschneidung beider Vagi bei Reizung des einen centralen Vagusstumpfes keine Veränderung der Herzfrequenz, dagegen in vielen Versuchen am Hunde (aber nicht constant),

1 LOVÉN (und LUDWIG), Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 85.

2 ASP, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1867. S. 182.

3 KRATSCHEMER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXII. (2) S. 147. 1870.

4 AUBERT & ROEVER, Arch. f. d. ges. Physiol. I. S. 211. 1868.

seltener bei Kaninchen, Verminderung der Pulsfrequenz und Aussetzen des Herzschlages, wenn bei unversehrtem einen Vagus der centrale Stumpf des durchschnittenen Vagus gereizt wurde. — Reizungen des centralen Stumpfes vom N. laryngeus superior haben nach AUBERT's und ROEVER's Versuchen weder bei intacten noch bei durchschnittenen Vagi und Vagosympathici an curaresirten Kaninchen, Hunden und Katzen irgend welchen Einfluss auf die Frequenz des Herzens.

Hierher gehören auch die Beobachtungen von EINRODT (und LUDWIG)¹, dass stärkere Anfüllung der Lunge mit Luft unter hohem Druck von über 50 mm Hg (erhöhter positiver Respirationsdruck) bei unversehrten Vagi eine bedeutende Verlangsamung der Herzpulsationen, sogar Stillstand des Herzens bewirkt, während bei durchschnittenen Vagi die Herzschläge keine Verlangsamung erleiden. — HERING² dagegen hat gefunden, dass Aufblasen der Lunge ohne starken Druck, etwa 30 mm Hg gerade den entgegengesetzten Einfluss auf die Herzfrequenz hat, nämlich eine sehr bedeutende Beschleunigung des Herzschlages hervorbringt, dass aber dieselbe nicht eintritt, wenn die Vagi durchschnitten sind, selbst dann nicht, wenn man durch Reizung der Vagi eine verminderte Frequenz mit gleichmässigen Pulsationen herbeigeführt hat, und dann die Lungen aufbläst.

3. Reizungen des nach dem Kopfe hingehenden Stumpfes des Hals-sympathicus haben nach BERNSTEIN³ eine Verminderung der Herzfrequenz zur Folge, wenn die beiden Vagi unversehrt sind — indess haben STELLING⁴ bei Kaninchen, BERNHARDT⁵ bei Katzen, ROEVER⁶ bei Kaninchen, Katze und Lamm keine Veränderung der Pulsfrequenz, ROEVER beim Hunde mitunter eine geringe Beschleunigung gefunden. Auch NAWROCKI⁷ hat bei Reizung des Halssympathicus keine Einwirkung auf die Häufigkeit der Herzschläge eintreten sehen.

4. Der dem Halssympathicus sich anschliessende N. depressor zeigte in den Versuchen von LUDWIG und CYON⁸, wenn er undurchschnitten gereizt wurde, immer beträchtliche Verlangsamung der Herzpulsationen. Dasselbe fanden STELLING und ROEVER. Reizung des centralen Depressorstumpfes ergab in den Versuchen von allen Beobachtern gleichfalls bei intacten Vagi Verminderung der Pulsfrequenz um 20—40 % — nach Durchschneidung beider Vagi dagegen keine oder nur geringe Frequenzveränderung in verschiedenem Sinne. LUD-

1 EINRODT, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XL. S. 361. 1860.

2 E. HERING, Ebenda. LXIV. (2) S. 333. 1871.

3 BERNSTEIN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 614.

4 STELLING, Exper. Unters. über d. N. depressor. Diss. S. 33. Dorpat 1867.

5 BERNHARDT, Anat. u. physiol. Unters. üb. d. N. depressor bei der Katze. Diss. S. 20. Dorpat 1868.

6 ROEVER, Untersuchung des Nerveneinflusses auf die Verengerung und Erweiterung der Blutgefässe. S. 53. 1869.

7 NAWROCKI, Beitr. z. Anat. u. Physiol. als Festgabe für C. LUDWIG. 1875. S. 208.

8 E. CYON & C. LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 307.

WIG-CYON und die späteren Beobachter haben hervorgehoben, dass die grösste Pulsverlangsamung im Beginne der Depressorreizung eintritt, dass dann, nachdem der Blutdruck auf seine geringste Höhe heruntergegangen ist, eine Zunahme der Pulsfrequenz einzutreten pflegt. Die Verlangsamung ist als eine Wirkung vom Depressor auf das verlängerte Mark und von diesem reflectirt auf den Vagus aufzufassen — ob die spätere Beschleunigung von einer Verminderung des Blutdruckes im Gehirn, wie LUDWIG und CYON annehmen, oder von der Erniedrigung des Blutdruckes an sich und dadurch bedingter Frequenzzunahme, wie STELLING glaubt, abhängt, ist nicht entschieden.

5. Auch von dem N. splanchnicus werden Erregungen durch die Centralorgane auf den Vagus reflectirt und eine Verlangsamung der Herzpulsationen beobachtet und zwar sowohl bei Reizung des peripheren, als des centralen Splanchnicusstumpfes.

ASP (und LUDWIG)¹ fanden, wenn sie bei Hunden und Katzen den peripheren Stumpf des Splanchnicus reizten, bevor die Nn. vagi durchschnitten waren, eine starke Abnahme der Herzfrequenz — nach Durchschneidung der Vagi eine viel schwächere oder auch gar keine Abnahme; öfters war aber auch dann noch eine Abnahme um über 20⁰/₀ vorhanden, welche ASP der Wirkung der Blutdruckserhöhung auf die Herzenden des Vagus zuzuschreiben geneigt ist. Bei Reizungen des centralen Splanchnicus und seiner Aeste fand ASP in den meisten Fällen Verlangsamung der Pulse bei Erhöhung des Blutdruckes, aber im Unterschiede gegen den Erfolg der Reizung des peripheren Splanchnicus eine geringere Frequenzabnahme bei bedeutend höherem Drucke. Betrug z. B. bei peripherer Reizung der Druck 162 mm Hg die Frequenz 52 in der Zeiteinheit, so ergab centrale Reizung 226 mm Hg-druck und 70 Pulse. — Eine bedeutende Abnahme der Herzfrequenz, ja Stillstand des Herzens wird beim Frosche beobachtet, wenn der Magen oder Darm gezerzt oder sonst insultirt wird, wie HEINEMANN² und GOLTZ³ beobachtet haben. Dieser Erfolg bleibt aus, wie BERNSTEIN⁴ fand, wenn die Verbindungszweige des Sympathicus zum 5. und 6. Spinalnerven durchschnitten werden. Auch bei Hunden und Katzen beobachteten SIGMUND MAEYR und PRIBRAM⁵ bei electriccher und mechanischer Reizung des Magens Pulsverlangsamung und Blutdruckserhöhung, ebenso beim Aufblasen des Magens; chemische Reizungen der Magenschleimhaut durch eiskaltes Wasser brachten aber keine Veränderung der Herzfrequenz hervor, wie für Wasser von 0⁰ auch L. HERMANN und GANZ⁶ gefunden haben.

6. Reflexe von den centralen Stümpfen durchschnittener Mus-

1 ASP, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1867. S. 148.

2 C. HEINEMANN, Allgem. med. Centralztg. 1862. S. 526.

3 GOLTZ, Königsberger med. Jahrb. III. S. 271. 1862; Arch. f. path. Anat. XXVI. S. 1. 1863.

4 J. BERNSTEIN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. S. 52.

5 SIGMUND MAEYR & A. PRIBRAM, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXVI. (3) 1872.

6 HERMANN & GANZ, Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 8. 1870.

kelnerven auf das Herz haben ASP und LUDWIG beobachtet: wenn reine Muskelnerven des Plexus ischiadicus gereizt wurden, so trat in den meisten Fällen Vermehrung der Pulszahl ein und zwar unabhängig von dem Steigen oder Sinken des Blutdruckes, auch dann noch, wenn in Folge der Vagidurchschneidung die Frequenz schon sehr hoch war. Die Beschleunigung blieb aber aus, nachdem das oberste Brust- und unterste Halsganglion ausgerottet worden waren.

V. Die Erregung des extracardialen Centrums durch die Gase und den Druck des Blutes.

Wenn der Sauerstoffgehalt des Blutes abnimmt und die Kohlensäuremenge des Blutes zunimmt, so wird dadurch eine Abnahme der Herzfrequenz bewirkt, welche nach Durchschneidung beider Vagi aufhört und durch eine sehr grosse Herzfrequenz ersetzt wird. Bei Suspension der Athmung nimmt daher die Pulsfrequenz ab. — Bei Erhöhung des Blutdruckes nimmt gleichfalls die Herzfrequenz ab, so lange die Vagi unversehrt sind, werden sie bei hohem Blutdrucke durchschnitten, so nimmt die Frequenz zu. Bei durchschnittenen Vagi ist die Wirkung der Blutdruckserhöhung auf die Pulsfrequenz nicht constant.

Der Einfluss der Athmung auf die Pulsfrequenz ist besonders von L. TRAUBE¹ untersucht worden in Bezug auf die Funktion des Vagus und des Herzcentrums in der Medulla oblongata, indem er bei curare-sirten Hunden die Pulsfrequenz am Kymographion verzeichnen liess und die künstliche Respiration zur Variation des Lungengaswechsels benutzte. Er fand bei unversehrten Vagi eine Verminderung der Pulsfrequenz in um so höherem Grade, je länger die Athmung suspendirt wurde und zwar im Anfange der Suspension ein langsames, nach etwa 1½ Minuten ein schnelles Sinken der Frequenz, so dass nach 3 Minuten langer Suspension der Athmung die Frequenz um $\frac{4}{5}$ vermindert gefunden wurde. Nach Wiederbeginn der Athmung bleibt die Frequenz noch einige Zeit vermindert; wird die Zahl der Respirationen sehr vermehrt, z. B. von 15 in der Minute auf 30 bis 60, so nimmt die Pulsfrequenz sehr bedeutend zu. Wenn nun bei einer in Folge von Athmungssuspension verminderten Pulsfrequenz die Vagi durchschnitten werden, so steigt die Pulsfrequenz rasch und bedeutend. Bei durchschnittenen Vagi beobachtete TRAUBE dagegen bei erheblichen Variationen der Athmung keine Veränderung der Pulsfrequenz, ausser kurz vor dem Zeitpunkte, wo der Druck sein Minimum erreicht — dann nimmt stets auch die Pulsfrequenz ab. — Die Frage, ob der Sauerstoffmangel im Blute oder die vermehrte Kohlensäure für die Verminderung der Pulsfrequenz bestimmend

1 TRAUBE, Allgem. med. Centralztg. 1862. No. 25; 1863. No. 97. — Abgedruckt in TRAUBE'S Ges. Beitr. z. Pathol. u. Physiol. I. S. 310—358. 1871.

sei, wird durch TRAUBE'S Versuche dahin beantwortet, dass die im Blute gelöste Kohlensäure auf das Herznervencentrum wirke, denn bei Gasgemengen, welche mehr Sauerstoff als die atmosphärische Luft, aber ausserdem erhebliche Mengen (20 bis 75%) Kohlensäure enthalten, findet nur im Anfange eine Zunahme bald aber ein Sinken der Pulsfrequenz, und nach Wiederbeginn gleicher Einblasungen von atmosphärischer Luft erst allmählich eine Vermehrung der Pulsfrequenz statt. Durchschneidung der Vagi hat dann, wenn durch Kohlensäureathmung die Pulsfrequenz abgenommen hat, denselben Erfolg, wie bei Athmungssuspension. — Gleiche Resultate hat LANDOIS¹ in Bezug auf Pulsfrequenz und Vagusdurchschneidung nach Athmungssuspension bei Kaninchen erhalten.

Bezüglich des Einflusses des Blutdruckes auf die Pulsfrequenz hat zuerst BERNSTEIN² Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, dass bei unversehrten Vagi Druckerhöhung (durch Einspritzen von Blut in das arterielle System) die Pulsfrequenz vermindert, Druckverminderung (durch Blutentziehung) dagegen die Pulsfrequenz vermehrt — dass aber nach Durchschneidung der Vagi Erhöhung des Blutdruckes durch Blutinjektion keine Vermehrung der Pulsfrequenz zur Folge hat. BERNSTEIN zieht aus diesen an Hunden und an Kaninchen angestellten Versuchen den Schluss, dass während des Lebens der Blutdruck einen Reiz setzt, welcher die Vagi stetig erregt, und dass durch diese Einrichtung der Blutdruck sich selbst regulirt. Ob die Vagi selbst oder das Centrum derselben erregt wird, lässt BERNSTEIN unbestimmt. Die Pulsbeschleunigung bei vermindertem, die Pulsverlangsamung bei erhöhtem Blutdrucke, wenn die Vagi intact sind, ist von KNOLL³ und in ausgedehnten Versuchsreihen an Kaninchen, Katzen und Hunden von NAWROCKI⁴ bestätigt worden, ebenso das Ausbleiben einer irgend erheblichen oder constanten Frequenzveränderung bei Druckzunahme oder Druckabnahme, wenn die Halsnerven und das Halsmark durchschnitten sind. Bei intactem Rückenmarke und durchschnittenen Vagi hatte v. BEZOLD⁵ eine der Blutdruckverminderung parallele Zunahme der Pulsfrequenz gefunden, und KNOLL eine Verlangsamung des Herzschlages bei Blutdruckssteigerung — NAWROCKI dagegen fand die Angabe BERNSTEIN'S auf Grund sehr zahlreicher und mehrfach variirter Versuche bestätigt; dass bei intactem Halsmarke und durchschnittenen Vagi, Sympathici und Depressores der Blutdruck an und für sich keinen Einfluss auf die Pulszahl ausübt. — Indess ist TSCHIRJEW⁶ zu dem entgegengesetzten Resultate gekommen, dass nämlich bedeutende und rasche Blutdrucksschwankungen auf den Rhythmus der Herzcontractionen sowohl nach Durchschneidung nur der Halsnerven, als auch nach Durchschneidung sämtlicher extracardialer Nervenbahnen wirken, und zwar Drucksteigerung die Pulszahl vermindert, Sinken des Druckes die Frequenz vermehrt, wenigstens in den meisten Fällen.

1 LANDOIS, Allg. med. Centralztg. 1863. No. 89.

2 BERNSTEIN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. S. 1.

3 KNOLL, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXVI. (3) S. 195. 1872.

4 NAWROCKI, Beitr. z. Anat. u. Physiol. als Festgabe für C. LUDWIG. 1874. S. 205. (S. daselbst auch die einzelnen Arbeiten von NAWROCKI.)

5 VON BEZOLD, Unters. aus d. Würzburger physiol. Labor. 1867. S. 215.

6 TSCHIRJEW, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1877. S. 116.

Ueberblicken wir die an den extracardialen Herznerven gewonnenen Resultate, so ergibt sich, dass von der Medulla oblongata zum Herzen verlaufen: 1. Fasern, deren Reizung die Auslösung einer Systole verzögert; diese im Vagus verlaufenden Fasern werden seit WEBER als Hemmungsfasern oder Hemmungsnerven bezeichnet; 2. Fasern, deren Reizung die Auslösung der Systole beschleunigt, welche theils im Vagus und Vagosympathicus, theils in Nervenzweigen, welche vom Halsmarke durch die Grenzstrangganglien zum Herzen treten, verlaufen, welche von LUDWIG und seinen Schülern als Beschleunigungsfasern oder accelerirende Fasern bezeichnet werden. Sowohl die Hemmungsnerven als die Beschleunigungsnerven werden von dem verlängerten und dem Halsmarke aus in Erregung versetzt, und die Erregung, welche von diesen Centralorganen ausgeht, wird bestimmt theils durch den Erregungszustand der verschiedenen Nerven des Körpers, theils durch den Gasgehalt und den Druck des Blutes, theils durch Gifte, welche dem Blute einverleibt werden. In welcher Weise die extracardialen Nerven mit den intracardialen Nerven und der Musculatur des Herzens in Verbindung stehen, ebenso wie der Vorgang in den Nerven und im Herzen, durch welchen sie den Einfluss auf die Bewegungen des Herzens ausüben, kurz, eine Theorie der Herzinnervation, ergibt sich aus den bisherigen Versuchen nicht.

ZWEITE ABTHEILUNG.

DIE INNERVATION DER BLUTGEFÄSSE.

Sowohl durch directe Einwirkungen auf die Blutgefäße, als durch die Einwirkung auf verschiedene Nerven wird eine Veränderung des Lumens der Blutgefäße hervorgebracht und damit der Blutstrom, unabhängig von der Thätigkeit des Herzens, beeinflusst. Diese Veränderungen lassen sich sowohl an den Arterien, wie an den Venen nachweisen — sie bestehen theils in einer Verengung, theils in einer Erweiterung der Blutgefäße, welche von der Zusammenziehung oder der Erschlaffung der in der Gefässwand enthaltenen glatten Muskelfasern abhängt. Der Contractionszustand der Gefässmuskeln steht unter der Herrschaft von Nerven, welche als Gefässnerven oder vasomotorische Nerven bezeichnet werden. Eine gewisse mittlere Contraction oder überhaupt den Contractionsgrad der Gefässmuskeln bezeichnet man als Gefässtonus. Da die Ausdehnung der Blutgefäße nicht von dem Contractionszustande der Muskeln allein, sondern auch von dem Drucke des Blutes, welcher durch die Thätigkeit des Herzens gesetzt wird, abhängig ist, so sind bei einer vorliegenden Beobachtung von Gefässerweiterung oder Verengung beide Momente sorgfältig von einander zu unterscheiden.

Die Methoden zur Beobachtung von Gefässverengung und Gefässerweiterung beruhen daher entweder auf der Vergleichung der Füllung oder Weite von zwei verschiedenen, womöglich symmetrischen Gefässbezirken oder auf der Vergleichung ein und desselben Gefässes oder Gefässbezirkes nach einander unter Umständen, welche einen Einfluss der Herzthätigkeit auszuschliessen gestatten. In vielen Fällen kann die directe Beobachtung der vermehrten oder verminderten Gefässfülle völlig zuverlässige Resultate über die Wirkung eines vasomotorischen Nerven liefern: dies ist häufig der Fall bei oberflächlich gelegenen oder ohne tiefere Eingriffe freizulegenden Organen und Gefässbezirken, z. B. Conjunctiva bulbi, Schwimmhaut von

Frosch, Ente u. A., Kaninchen- und Hundeohr, Fledermausflügel, ferner Darm, Niere, überhaupt Baueingeweide. Theils die Intensität der diffusen Röthe, theils die Ausdehnung einzelner Arterien oder Venen kann hier ohne Gefahr der Täuschung geschätzt werden.

Eine zweite Methode beruht darauf, dass bei Verengerung der kleinen Arterien dem Fliessen des Blutes in dem arteriellen Systeme ein grösserer, bei Erweiterung ein geringerer Widerstand gesetzt wird, und dadurch der Druck in dem arteriellen steigt, beziehungsweise sinkt. Bei diesen Bestimmungen am Kymographion ist aber immer die Herzthätigkeit, namentlich die Herzfrequenz in Anschlag zu bringen. Die Anwendung dieser Methode hat zu der Unterscheidung der vasomotorischen Nerven als pressorische und depressorische Nerven geführt, indem als pressorische Nerven diejenigen bezeichnet werden, deren Reizung eine Erhöhung, als depressorische diejenigen, deren Reizung eine Senkung des Blutdruckes zur Folge hat.

Ihr schliesst sich eine dritte Methode an, welche die Geschwindigkeit der Blutströmung bei vermehrtem oder vermindertem Widerstande in den Arterien (und Capillaren?) berücksichtigt, indem die Menge des in der Zeiteinheit aus einer Vene oder Arterie ausfliessenden Blutes oder die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb einer Arterie beobachtet wird.

Die vierte Methode gründet sich darauf, dass die Temperatur des Blutes im Innern des Körpers eine höhere ist, als die Temperatur der oberflächlich gelegenen Körpertheile, an welchen eine Wärmeabgabe von Seiten des Blutes stattfindet und dass, je mehr Blut in einer gegebenen Zeit die Körpertheile durchströmt, um so mehr von ihm Wärme an diese Körpertheile abgegeben wird. Die sich ergebenden Temperaturdifferenzen können daher als Symptom der Erweiterung oder Verengerung des Strombettes für das circulirende Blut betrachtet werden. Diese Bestimmung kann nur unter der Annahme als Ausdruck der Gefässerweiterung oder Verengerung gelten, dass eine Temperaturveränderung durch Nerveneinfluss auf andere Vorgänge nicht stattfindet, dass es also keine direct temperaturverändernde Nerven giebt, und dass die Temperatur des Blutes constant bleibt, beziehungsweise die Aenderung derselben in Anschlag gebracht wird.

Nachdem HENLE¹ zuerst glatte Muskelfasern in den Gefässhäuten nachgewiesen hatte, statuirte er für deren Contraction besondere Ge-

1 J. HENLE, Pathol. Unters. 1840. S. 105; Allgemeine Anatomie 1841. S. 525. 690.

fässnerven, gestützt an eine Beobachtung von VALENTIN¹. Gleichzeitig stellte STILLING² die Theorie auf, dass es gefässbewegende Nerven gebe, welche er von den sensiblen und musculomotorischen als „**vasomotorische**“ unterschied, und anatomisch charakterisirte als die bis dahin „sympathische“ genannten Nerven (eine Bezeichnung, die er verwarf), welche ihren Ursprung vom Rückenmark haben; physiologisch charakterisirte er sie als Nerven, welche „die Bewegungen, den Tonus, die lebendige Zusammenziehung der Capillargefässe und Gefässe überhaupt, arterieller wie venöser zu erhalten haben“ — er wies auch auf die Abhängigkeit der Temperatur eines Theiles von dem Blutstrom hin. Die Bezeichnung vasomotorische Nerven ist seitdem allgemein gebräuchlich — der Versuch OSTRUMOFF'S (und HEIDENHAIN'S)³, unter vasomotorischen Nerven nur gefässverengende zu verstehen und davon gefässerweiternde zu unterscheiden, kann nur zu Verwirrung führen und scheint keinen Anklang gefunden zu haben.

Der Ausdruck „pressorische“ oder „depressorische“ Nerven ist gleichbedeutend mit „gefässverengende“ und „gefässerweiternde“ Nerven — es sind also Nerven, deren Reizung eine Gefässerweiterung hervorbringt. Nachdem LUDWIG & CYON⁴ den Nervus depressor entdeckt hatten, wurde die Benennung „pressorische und depressorische Nerven“ von DRESCHFELD (und von BEZOLD)⁵ eingeführt.

Die Untersuchung der Gefässinnervation hat sich zu erstrecken: 1. auf die Folgen, welche die Durchschneidung und die Reizung der zu einem Gefässe oder einem Gefässbezirk gehenden Nerven hervorbringt; 2. auf die Ermittlung der Centralorgane, von welchen die Gefässnerven in unversehrtem Zustande innervirt werden; 3. auf die Einflüsse, durch welche die Innervation der Gefässnerven von den Centralorganen aus verändert wird, also namentlich auf die reflectorische Erregung vasomotorischer Centra.

Die erste Beobachtung über die Erweiterung von Blutgefässen nach Nervendurchschneidung scheint POURFOUR DU PETIT⁶ gemacht zu haben, indem er bei Hunden den Halssympathicus (und Vagus?) durchschnitt und Röthung der Conjunctiva und Schwellung der Gefässe derselben eintreten sah. — Der Einfluss der Gefässnerven auf den arteriellen Blutdruck ist erst von LUDWIG & THIRY⁷ von dem Einflusse der Herzthätigkeit auf den Blutdruck klar unterschieden worden — die Methode, das schnellere oder langsamere Ausfliessen von Blut aus Gefässen, deren Nerven durchschnitten waren, zu beobachten, scheint BERNARD⁸ zuerst

1 VALENTIN, De functionibus nervorum cerebralium. p. 62. 1839.

2 STILLING, Physiol. u. s. w. Unters. über d. Spinalirritation. S. 163. 275. 1840.

3 OSTRUMOFF, Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 219. 1876.

4 CYON & LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 307.

5 DRESCHFELD, Unters. a. d. Würzburger physiol. Labor. 1867. S. 326.

6 POURFOUR DU PETIT, Mem. de l'Acad. des sciences. 1727. p. 1.

7 LUDWIG & THIRY, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XLIX. (2) S. 421. 1864.

8 CL. BERNARD, Compt. rend. XLVI. p. 159. 1858.; Journ. de physiol. de l'homme et des animaux. I. p. 233. 649. 1858.

angewendet zu haben — von BERNARD¹ ist wohl auch zuerst die Temperaturbestimmung zum Nachweise der Gefässerweiterung benutzt worden, obgleich DUPUY² schon viel früher Temperaturerhöhung nach Ausschneiden des Ganglion cervicale infimum beim Pferde („Stirn und Ohren wurden heiss“) bemerkt hat, und auch von M. SCHIFF³ die Erhöhung der Temperatur von der neuroparalytischen Lähmung abgeleitet worden ist. — Gefässverengung in Folge von Nervenreizung scheint zuerst BROWN-SÉQUARD⁴, kurze Zeit vor BERNARD beobachtet zu haben.

ERSTES CAPITEL.

Die Innervation der Arterien.

I. Anatomische Data.

Nerven, welche zu den Arterien und Venen gehen, lassen sich durch Präparation mittelst des Skalpell nachweisen und stammen für die Arterien und die sie begleitenden Venen in der Regel von dem ihnen zunächst liegenden Nervenstamm. Mit dem Mikroskop lassen sich nach erforderlicher Färbung in den Wandungen der Blutgefäße Nervenfasern nachweisen, welche theils in der Adventitia, theils in der Muscularis verlaufen und ein mehr oder weniger weitmaschiges Netz bilden. Ganglienzellen sind bis jetzt in den Gefässwandungen nicht mit Sicherheit nachgewiesen, ausser in der unteren Hohlvene des Frosches und vielleicht in der Bauchvene des Frosches. Weder eine freie Nervenendigung noch Endplexus sind an den Arterien oder Venen nachweisbar. Die Capillaren werden beim Frosche von weitmaschigen Endnetzen umspinnen, deren Fäserchen sich der Capillarwand innig anlegen.

Die an die Arterien und Venen tretenden Nervenästchen sind früher von LUCAE⁵ in neuester Zeit von H. FREY⁶ präparirt worden, vorzugs-

1 CL. BERNARD, Compt. rend. XXXIV. p. 472. 1852. Die Prioritätsbestimmung ergibt sich für CL. BERNARD gegen BROWN-SÉQUARD aus dem Aufsätze von BERNARD in Annales des sciences nat. 4. sér. I. p. 176. 1854 und der Schrift BROWN-SÉQUARD's, Leçons sur les nerfs vasomoteurs. p. 2. 1872.

2 DUPUY, Journ. de medic. de Leroux. 1816. p. 340. Uebersetzt in Meckel's Deutsch. Arch. f. d. Physiol. IV. S. 105. 1818.

3 M. SCHIFF, Unters. üb. d. Physiol. d. Nervensystems. S. 138. 1855.

4 BROWN-SÉQUARD, Philadelphia medical Examiner. 1852. p. 489 (citirt nach der unter Note 1 genannten Schrift). BERNARD machte die erste Mittheilung in der Société de Biologie October 1852 (s. die Schrift BERNARD's unter 1).

5 LUCAE, Arch. f. d. Physiol. (Reil & Autenrieth) 1809. S. 485.

6 H. FREY, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 633.

weise an den Gefässen des Armes. — Ueber das mikroskopische Verhalten der Gefässnerven weichen die Angaben der Beobachter sehr von einander ab: Ganglien sind namentlich von BEALE¹ gesehen worden, von späteren Beobachtern gibt nur LEHMANN² Ganglien ausschliesslich in der Hohlvene des Frosches an — Nervenplexus in der Muscularis einer kleinen Arterie mit Kernen und Endknötchen hat ARNOLD³ abgebildet und mehrere Plexus in der Arterienwand hat HENOCQUE⁴ beschrieben, nämlich einen Grundplexus nach aussen von der Tunica externa, einen intermediären Plexus in der Tunica externa, dessen Zweige von dem Grundplexus stammen, mit Kernen an den Theilungsstellen, Knötchen und gangliösen Anschwellungen, einen intramusculären Plexus, dessen sehr dünne Fasern von dem intermediären Plexus ausgehen und in den Muskeln endigen. GONJAEW⁵ dagegen, dem sich GSCHIEDLEN⁶ anschliesst, fand in den Arterien nur ein in der Adventitia gelegenes und ein mit diesem zusammenhängendes in der Muscularis gelegenes Netz — Ganglien konnte GSCHIEDLEN, ausser an Ganglienzellen erinnernden Bildungen in der Bauchvene des Frosches, nicht finden nach besonderer Nachforschung nach denselben im physiologischen Interesse. Die Endnetze der Capillaren hat GONJAEW beschrieben. — Zu ähnlichen Resultaten kommt LEGROS⁷.

II. Durchschneidung und Reizung der zu den Blutgefässen gehenden Nerven.

Die Untersuchung des Einflusses der Nerven auf die Blutgefässe lässt sich nur in der Weise ausführen, dass Nervenstämme oder Nervenäste durchschnitten oder gereizt werden, welche ausser vasomotorischen Nerven auch noch sensible oder musculomotorische oder beiderlei Fasern enthalten, so dass mit der Durchschneidung auch noch sensible und motorische Lähmungen in den von dem Nervenaste versorgten Theilen gesetzt werden. Die Durchschneidung eines Nerven wird nur dann Veränderungen in den Gefässen hervorbringen, wenn durch den unversehrten Nerven Erregungen von irgend einem Centralorgane aus zu den Gefässmuskeln geleitet wurden — wird nach der Durchschneidung eines Nerven keine Veränderung in dem zugehörigen Gefässgebiete gefunden, so kann erst die Reizung des peripherischen Nervenstumpfes Auskunft darüber geben, ob in dem Nerven vasomotorische Fasern vorhanden sind; wird eine Ver-

1 BEALE, Philos. Transact. 1864. p. 562.

2 LEHMANN, Ztschr. f. wiss. Zool. XIV. S. 346. 1864.

3 ARNOLD, Stricker's Gewebelehre. I. S. 142. 1871.

4 HENOCQUE, Arch. d. physiol. norm. et pathol. III. p. 401. 1870; Thèse inaugurale de Paris 1870.

5 GONJAEW, Arch. f. microsc. Anat. XI. S. 479. 1875.

6 GSCHIEDLEN, Ebenda. XIV. S. 327. 1877.

7 CH. LEGROS, Des nerfs vasomoteurs. Thèse de Concours. p. 21. Paris 1873.

änderung gefunden, so ist damit keineswegs die Voraussetzung gerechtfertigt, dass Reizung in dem entgegengesetzten Sinne, wie die Durchschneidung wirke. Fast bei allen Nerven treten aber nach der Durchschneidung Veränderungen und zwar Erweiterungen der Blutgefäße unter gewissen äusseren Bedingungen, namentlich bei ziemlich niedriger Temperatur der Umgebung, ein und es lassen sich daher meistens die Gefässbezirke, welche von den in einem gegebenen Nerven enthaltenen vasomotorischen Fasern versorgt werden, ziemlich genau bestimmen und begrenzen. Wir behandeln im Folgenden die an den einzelnen Nerven gemachten Erfahrungen im Besonderen, da die Erfolge der Durchschneidung und Reizung qualitativ und quantitativ bei den einzelnen Nerven differiren.

1. Durchschneidung des *N. trigeminus*

hat eine Erweiterung der Blutgefäße der Iris, Conjunctiva und Sklerotica, ferner der Nasenschleimhaut und des Zahnfleisches zur Folge.

Nachdem FODÉRA¹, HERBERT MAYO² und MAGENDIE³ die Durchschneidung des Trigeminus ausgeführt und darauf trophische Veränderungen am Augapfel beobachtet hatten, scheint zuerst VALENTIN⁴ die Erweiterung der Blutgefäße des Auges beachtet zu haben, welche er 16 Stunden nach der Operation auftreten sah. Derselbe⁵ sah bald nach der Operation die Blutgefäße der Iris an albinotischen Kaninchen mit Blut überfüllt zum Vorschein kommen. VON GRAEFE⁶ hat eine besonders genaue Schilderung von den Veränderungen der Blutgefässerweiterung gegeben: er sah 12—18 Stunden nach der Operation einzelne Gefäße des Conjunctivalnetzes sich entwickeln, dann eine Injection der subconjunctivalen radiären Gefässstämmchen sich hinzugesellen und bis an die Hornhautgrenze verlängern, wodurch ein rother Ring um die Cornea gebildet wird. SCHIFF⁷, die Beobachtungen VON GRAEFE's im Ganzen bestätigend, bemerkte eine Erweiterung einzelner Gefäße in der oberen Hälfte der Conjunctiva schon nach $\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Stunden, die umfangreichere Gefässerweiterung aber auch erst 12—16 Stunden nach der Operation. Er findet ferner, wie VALENTIN, eine stärkere Füllung der Irisgefäße schon wenige Minuten nach der Operation, namentlich an Albinokaninchen sehr auffallend und endlich eine stärkere Erweiterung der Netzhautgefäße, welche schon zwei Stunden nach der Operation deutlich wird, so wie eine stärkere Pulsation der Netzhautgefäße auf der operirten Seite bei Anwendung von Druck auf die Bulbi. Auch SNELLEN⁸ beobachtete die Erweiterung

1 FODÉRA, Journ. de physiol. III. p. 207. 1823.

2 HERBERT MAYO, (Extrait de: Anatomical and physiological commentaries, London 1823), *ibid.* p. 348.

3 MAGENDIE, *Ibid.* IV. p. 176. 1824.

4 VALENTIN, De functionibus nervorum cerebralium. p. 23. 144. 157. 1839.

5 Derselbe, Lehrb. d. Physiol. II. (2) S. 438. 1848.

6 A. VON GRAEFE, Arch. f. Ophthalmologie. I. S. 306. 1854.

7 M. SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 31.

8 SNELLEN, Arch. f. d. holländ. Beitr. z. Natur- u. Heilk. I. S. 224. 1858.

der Irisgefäße gleich nach der Operation. — Ob und in wie weit diese Veränderungen von der Durchschneidung des Trigemini abhängig sind — ob sie gleich den weiteren Folgeerscheinungen nur von den durch die Unempfindlichkeit der betreffenden Kopfseite veranlassten Insulten abzuleiten sind, darüber ist bis jetzt trotz der Versuche von BÜTTNER¹, ROLLETT² und ECKHARD³ keine bestimmte Entscheidung geliefert worden. Ebenso ist die Frage noch controvers, ob die Gefässnerven vor oder in dem Ganglion Gasserii zum Trigemini treten⁴. Nachdem schon MAGENDIE trophische Störungen in der Nasen- und Mundschleimhaut in Folge von Trigemini durchschneidung bemerkt hatte, beobachtete SCHIFF eine stärkere Injection der Nasenschleimhaut, des Zahnfleisches und der zunächstgelegenen Theile der Mundhöhle bis zum Zungenbändchen hin bei Hunden, Kaninchen und Meerschweinchen. — Die weiteren trophischen Veränderungen stehen wohl mit der Gefässerweiterung in keinem Zusammenhange.

Auch die Gefäße der Zunge stehen unter dem Einflusse von vasomotorischen Fasern, welche im Lingualaste des Trigemini verlaufen, aber die Verhältnisse sind hier etwas complicirter.

Nach Beobachtungen von SCHIFF⁵ bringt Durchschneidung des Trigemini allein keine directen Veränderungen der Zungengefäße hervor, sondern nur eine combinirte Durchschneidung des Trigemini und Hypoglossus. VULPIAN⁶ dagegen hat auch nach Durchschneidung des Lingualis allein stärkere Röthung der Zunge mit heller rothem Blute in den kleinen Venen (in Folge des schnelleren Strömens) beobachtet, welche allerdings durch die Durchschneidung des Hypoglossus verstärkt wird. Von besonderem Interesse ist aber die weitere Beobachtung VULPIAN'S, dass Reizung des peripheren Lingualisstumpfes nicht, wie man erwarten sollte, eine Verengerung der Blutgefäße, sondern eine noch stärkere Erweiterung derselben zur Folge hat — während Reizung des Hypoglossus mit denselben Wechselströmen eine Verengerung der Zungengefäße hervorbringt. Es sind also im Ram. lingualis gefässerweiternde Nervenfasern enthalten, während im Hypoglossus gefässerengernde Fasern enthalten sind. Dem N. lingualis mischen sich nun, wie VULPIAN gefunden und PRÉVOST⁷ bestätigt hat, Fasern der Chorda tympani bei und diese sind es, auf denen die gefässerweiternde Wirkung des Lingualis beruht. Dass Fasern der Chorda tympani nicht nur zur Submaxillardrüse gehen, sondern auch ausserdem mit dem Lingualis weiter gehen, ergab sich aus den Resultaten der WALLER'schen Degenerationsmethode nach Durchschneidung der Chorda in der Trommelhöhle. VUL-

1 BÜTTNER, Ztschr. f. rat. Med. (3) XV. S. 254. 1862.

2 ROLLETT, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI. (2) S. 513. 1865.

3 C. ECKHARD, Experimentalphysiol. d. Nervensystems. S. 184. 1866; Beitr. z. Anat. u. Physiol. VII. S. 145. 1873.

4 CL. BERNARD, Leçons sur le système nerveux. II. p. 60. 1858.

5 M. SCHIFF, Arch. f. physiol. Heilk. 1853. S. 377.

6 VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 102. 154. 184. 1875; Compt. rend. LXXVI. p. 622. 1873.

7 VULPIAN, Arch. de physiol. norm. et pathol. 1869. p. 209. — PRÉVOST, Compt. rend. 1872. p. 1828.

PIAN fand aber auch, dass nach erfolgter Degeneration der Chordafasern Reizung des Lingualis keine Gefässerweiterung bewirkte, und ausserdem glückte es ihm auch einige Male, gleich bei ihrem Austritt aus dem Schädel die Chorda zu reizen, also vor ihrer Anastomose mit dem Trigemini, und Erweiterung der Zungengefäße zu beobachten. — Aus VULPIAN'S Versuchen folgt aber weiter, dass im Lingualis sowohl gefässverengende Fasern, als auch gefässerweiternde Fasern vorhanden sind. Nach der Beobachtung von LÉPINE¹ sind beim Frosche die gefässerweiternden Fasern für die Zunge im N. hypoglossus enthalten, mit dessen Tetanisirung stärkere Röthung der entsprechenden Zungenhälfte eintrat. Wir fanden ein solches Verhalten auch noch bei anderen Nerven und kommen später (S. 413) auf die Erklärungsversuche dieser Beobachtungen.

Die vasomotorischen Nerven der Submaxillardrüse stehen vielleicht nur ganz äusserlich in Beziehung zu dem Lingualaste des Trigemini, da die zu ihr verlaufenden Gefässnerven wesentlich von der Chorda tympani und aus dem Ganglion cervicale supremum stammen. — Durchschneidung des die Chordafasern enthaltenden Lingualästchens bringt ein Erblassen der Drüse und Verminderung des Blutdruckes in der Drüsenvene hervor — Reizung des Tympanico-lingualis dagegen bewirkt ein Hellrothwerden der Drüse, einen stärkeren Blutaussfluss aus der Drüsenvene, welcher zu einem förmlichen rhythmischen Spritzen sich steigern kann, verbunden mit einem Hellrothwerden des aus der Vene ausfliessenden, ohne Reizung ganz dunkeln Blutes. Der von dem Lingualis zur Submaxillardrüse gehende Nervenast, der Tympanico-lingualis enthält also gefässerweiternde Fasern. Er geht bevor er in die Drüse eintritt und in der Drüse selbst wahrscheinlich Verbindungen mit Ganglien ein.

Die gefässerweiternde Wirkung des Submaxillardrüsenastes vom Lingualisnerven ist von BERNARD² entdeckt worden: er beobachtete zuerst ein Hellerwerden des aus der Submaxillardrüsenvene ausfliessenden Blutes, wenn durch Reizung der Mundschleimhaut die Secretion der Drüse angeregt wurde, und noch stärker wurde das Ausfliessen hellrothen Blutes, wenn nach Freilegung der Drüse der Lingualast, welcher zur Drüse geht, galvanisch gereizt wurde, so dass es aus der Vene ausfloss mit einem jet saccadé comme s'il s'agissait d'une véritable artère. Er schloss daraus, dass der Nerv eine Erweiterung der Drüsengefäße bewirke, in Folge deren das Blut in die Vene gelange ohne an seinem von der Herzreaction herrührenden Impulse zu verlieren — er bezeichnete ihn als nerf dilatateur, im Gegensatze zu dem Sympathicusaste der Drüse, welcher gefässverengend als nerf constricteur wirke. BERNARD fand auch, dass

1 LÉPINE, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1870. S. 322.

2 CL. BERNARD, Compt. rend. 1858. p. 159; II. p. 393. 1858. Abgedruckt im Journ. de physiol. I. p. 233. 649. Der zweite Aufsatz ist übersetzt im Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 90.

nach Durchschneidung des Tympanico-lingualis das Venenblut dunkel bleibt. Dass es die Chorda tympani ist, welche die zur Submaxillardrüse gehenden Nervenfasern liefert, bewies BERNARD¹ dadurch, dass nach Durchschneidung der Chorda in der Paukenhöhle auf Reizung der Mundschleimhaut keine vermehrte Speichelsecretion der Submaxillardrüse erfolgte — Reizung der zum Trigeminus gehenden Fasern der Chorda aber die Secretion hervorrief. Reizung der Chorda in der Paukenhöhle zum Beweise, dass die gefässerweiternden Fasern der Drüse gleichfalls von ihr stammen, scheint indess bisher nicht ausgeführt worden zu sein.

Ob die gefässerweiternden Fasern des Lingualastes für die Drüse in einer Beziehung zu dem Ganglion submaxillare oder mit in der Drüse enthaltenen Ganglien stehen, ist unbekannt und wenn BERNARD nebst anderen Forschern zu dieser Ansicht geneigt ist, so ist damit irgend ein Beweis für die Annahme, dass die gefässerweiternde Wirkung des Nerven durch sein Uebergehen in Ganglien oder durch die Anwesenheit der Ganglien bedingt werde, nicht geliefert; und da an andern Orten Gefässerweiterungen vorkommen durch Nervenreizung, wo bis jetzt Ganglien nicht haben gefunden werden können, so ist es eben so gut möglich, dass auch in der Submaxillardrüse die Ganglien in Beziehung zu den Secretionsnerven, aber in keiner Beziehung zu den Gefässnerven stehen; nur über die Beziehung der Ganglien zur Secretion hat BERNARD² nähere Angaben gemacht.

Die Beobachtungen BERNARD's wurden von anderen Beobachtern allgemein bestätigt, BIDDER³ und HILDEBRAND⁴ bestimmten die Blutmengen, welche in der Zeiteinheit aus der Drüsenvene ohne Reizung und während der Reizung des Lingualis ausflossen, indem sie mittelst einer in die Drüsenvene eingebundenen Canüle das Blut auffingen, und fanden bei Reizung etwa die 3 bis 4 fache Menge von dem bei Ruhe ausfliessenden Blute. Sie massen ferner den Blutdruck in der Vene und sahen ihn von dem Stande in der Ruhe auf 15 bis 20 Mm. während der Reizung des Nerven auf eine Höhe von 30 bis 37 Mm. steigen und bald nach dem Ende der Reizung wieder auf den früheren Stand sinken. — Die Farbenveränderung ist nur von GLUGE & THIERNESSE⁵ in Abrede gestellt worden, welche übrigens nicht die Nerven direct reizten, sondern nur auf reflectorischem Wege durch Einbringen von angesäuertem Wasser oder Salzlösung in die Mundhöhle eine Erregung der Drüse und ihrer Gefässe hervorbrachten — eine allerdings unsichere Methode der Reizung

1 CL. BERNARD, Leçons sur l. physiol. et l. pathol. du système nerveux. II. p. 148. 1858.

2 Derselbe, Compt. rend. II. p. 347. 1862.

3 BIDDER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 321.

4 HILDEBRAND, Versuche über die Innervation der Glandula submaxillaris. Diss. Dorpat 1865.

5 GLUGE & THIERNESSE, Bull. de l'Acad. Belgique. Juin 1858. (Nach BERNARD citirt.)

— alle anderen Beobachter haben die Röthung des während der Nervenreizung ausfliessenden Blutes bestätigt. Dass diese Röthung des Blutes nicht von einer besonderen chemischen Veränderung, sondern nur von einer wegen des schnellen Hindurchfliessens unvollkommenen Desoxydation herrührt, geht theils aus Bestimmungen des Sauerstoffgehalts der abfliessenden Blutarten von BERNARD¹, theils aus Versuchen von HEIDENHAIN² hervor, in denen die künstliche Respiration der curaresirten Thiere so vermindert wurde, dass das arterielle Blut auch dunkel wurde: dann erschien auch das aus der Submaxillardrüsenvene bei Chordareizung ausströmende Blut dunkel. — BERNARD³ fand ferner die Temperatur des während der Reizung aus der Vene ausfliessenden Blutes erhöht, wenn er ein kleines Thermometer in die Jugularvene einführte und seine Kugel an diejenige Stelle brachte, wo die Drüsenvene in die Jugularvene einmündet.

Da bei den Reizungen des Tympanico-lingualis die stärkere Durchblutung mit der stärkeren Speichelabsonderung der Drüse coincidirt, so entstand die Frage, ob Gefässerweiterung und Secretion in einem directen oder nahen Zusammenhange stünden. GIANUZZI und LUDWIG⁴ fanden, dass nach Injection einer Lösung von Salzsäure oder kohlen saurem Natron in den Ausführungsgang der Submaxillardrüse Reizung des Nerven Beschleunigung des Blutstromes in demselben Maasse wie vor der Injection hervorruft, die Secretion aber nicht mehr vor sich geht. Nachdem KEUCHEL⁵ beobachtet hatte, dass nach Vergiftung des Hundes mit Atropin die Reizung des Lingualastes keine Secretion von Speichel mehr bewirkt, bestätigte HEIDENHAIN⁶ diese Thatsache und stellte ausserdem fest, dass die Blutdurchströmung in der Drüse dieselbe ist, wie ohne Atropinisirung des Thieres, die gefässerweiternden Fasern des Lingualis also nicht durch Atropin gelähmt werden, dass also der Nerv Fasern führt, welche die Secretion beherrschen, und andere Fasern, welche die Blutgefässe innerviren, also Secretionsfasern und vasomotorische Fasern. VULPIAN⁷ hat die Versuche HEIDENHAIN's durchaus bestätigt. Diese Unterscheidung der Nerven bekräftigte HEIDENHAIN durch die Anwendung eines Giftes, welches für die Herznerven ein Antagonist des Atropin ist, nämlich des Calabarextractes oder des Physostigmin: dieses lähmt die vasomotorischen Fasern des Tympanico-lingualis, nicht aber die Secretionsfasern. Die Durchblutung der Drüse wird vermindert durch Vergiftung des Thieres mit Physostigmin und Reizung des Nerven vermag den Blutstrom bei grösseren Calabardosen gar nicht zu beschleunigen. Die durch Atropin erzeugte Lähmung der Secretionsnerven kann durch Physostigmin wieder aufgehoben werden.

Die Submaxillardrüse erhält ausserdem vasomotorische Fa-

1 CL. BERNARD, Leçons sur les Liquides de l'Organisme. 1859. I. p. 306. II. p. 435.

2 R. HEIDENHAIN, Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. IV. S. 199. 1868. Anm.

3 CL. BERNARD, Leçons sur la chaleur animale. Uebersetzung: CL. Bernard's Vorlesungen über die thierische Wärme. S. 166. 1876.

4 GIANUZZI, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1865. S. 68.

5 KEUCHEL, Das Atropin und die Hemmungsnerven. S. 32. Diss. Dorpat 1868.

6 HEIDENHAIN, Arch. f. d. ges. Physiol. V. S. 309. 1872; IX. S. 335. 1874.

7 VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 174. 1875.

sern, welche als sympathische Fasern bezeichnet zu werden pflegen, und von dem Ganglion cervic. suprem. stammend, mit der Arterie zu der Submaxillardrüse gehen. Diese sympathischen Fasern sind gefässerregende, da die Durchschneidung des Halssympathicus unterhalb des Ganglion cervic. suprem. ein stärkeres Ausfliessen hellen rothen Blutes aus der Drüsenvene zur Folge hat, die Reizung des Sympathicus dagegen eine Verminderung des Blutausflusses bis zum völligen Stocken desselben, verbunden mit einer noch stärkeren Verdunkelung des Blutes. Die sympathischen vasomotorischen Fasern der Submaxillardrüse sind also Antagonisten der im Lingualis verlaufenden vasomotorischen Fasern.

Auch diese Thatsache ist von BERNARD zugleich mit der Wirkung des Lingualis entdeckt und allgemein bestätigt worden. Die Sympathicusfasern werden durch Physostigmin nicht, oder nur bei sehr grossen Dosen gelähmt, da, wie HEIDENHAIN fand, nach mässigen Dosen die Durchschneidung des Halssympathicus den Blutstrom lebhafter werden lässt, nach grossen Dosen aber der Blutstrom ganz stockt und auch nach Trennung des Sympathicus nicht wieder eintritt. — Durch die Untersuchungen von VON FREY¹ ist der Antagonismus der Chordafasern und der Sympathicusfasern in Bezug auf die Blutgefässe genauer bestimmt worden. VON FREY kommt zu dem Resultate, dass der N. sympathicus die von der Chorda bedingte Erweiterung der Gefässe bewältigt, die Ausbildung und den zeitlichen Ablauf des erweiterten Zustandes vermag er dagegen nicht zu beeinträchtigen.

In welcher Weise wir uns die antagonistische Wirkung der beiden Faserarten auf die Musculatur der Gefässe vorzustellen haben, ist nicht klar: entweder treten beide Faserarten direct zu den Muskeln und wirken, die einen zur Contraction, die anderen zur Erschlaffung erregend (eine Wirkung, die sonst nicht bekannt ist) — oder die sympathischen Fasern sind die alleinigen Erreger der Contraction, und die Chordafasern wirken hemmend auf den Einfluss der Sympathicusfasern, wie BERNARD² das Verhältniss auffasst — oder endlich, es treten die Chordafasern mit den sympathischen Fasern in den Ganglien zusammen, tauschen hier ihre Erregungen gegeneinander aus und es treten dann von den Ganglien die aus dem Austausch resultirenden Erregungen zu den Muskeln und bestimmen den Contractionsgrad derselben — so etwa ist die Vorstellung, welche BIDDER sich macht. — Wie dieser Mechanismus auch sein möge, wir werden uns immer zu denken haben, dass bei unversehrten Nerven von irgend welchen Centralorganen aus Erregungen zu den gefässerweiternden und zu den gefässverengenden Nerven gelangen, welche je nach dem stärkeren Impulse des einen oder anderen Centralorganes den Contractionsgrad der Gefässmuskeln und damit die Menge des Blutes bestimmen, welches die Submaxillardrüse durchströmt.

Die Gefässinnervation der Parotis verhält sich ebenso, wie die

1 M. VON FREY, Arbeiten d. physiol. Anstalt zu Leipzig. XI. S. 89. 1876.

2 CL. BERNARD, Journ. de l'anat. et d. l. physiol. I. p. 507. 1865.

der Submaxillardrüse, indem der Sympathicus für sie der gefässverengernde, der Ramus tympanicus glosso-pharyngei der gefässerweiternde Nerv ist.

Die anatomischen Verhältnisse der Parotismerven sind besonders genau von LOEB¹ (und ECKHARD), die physiologischen von HEIDENHAIN² untersucht worden.

2. Das Gebiet des Halssympathicus.

Die Durchschneidung des Halssympathicus hat bei Kaninchen und Hunden eine dauernde Erweiterung der Gefäße des Ohres zur Folge, und ein Aufhören der abwechselnden stärkeren und schwächeren Blutfüllung der Ohrgefäße, welche bei Kaninchen oft in einem bestimmten Rhythmus erfolgt. Mit der Erweiterung der Gefäße ist eine bedeutende Steigerung der Temperatur des Ohres und der ganzen Kopfhälfte verbunden. Häufig tritt eine Erweiterung der Blutgefäße auf der Gehirnhälfte der entsprechenden Seite ein, dagegen keine Veränderung in den Gefäßen des Auges. Die gleichen Erscheinungen beobachtet man nach Exstirpation des Ganglion cervicale supremum.

Reizung des nach dem Kopfe verlaufenden Stumpfes des Halssympathicus hat eine Verengerung der Gefäße in den genannten Theilen zur Folge, welchen eine stärkere Erweiterung folgt, als die Durchschneidung bewirkte.

Die Erweiterung der Blutgefäße des Ohres nach Durchschneidung des Halssympathicus, so wie die Erhöhung der Temperatur nach Durchschneidung dieses Nerven ist erst von CL. BERNARD 1851³ beobachtet und deutlich beschrieben worden, nachdem allerdings schon DUPUY 1816 bemerkt hatte, dass Kopf und Gesicht nach Durchschneidung des Sympathicus heiss wurden. Die rhythmische Erweiterung und Verengerung der Ohrgefäße beim Kaninchen hat SCHIFF⁴ entdeckt (s. unter VI). Stärkere Füllung der Gehirngefäße nach Durchschneidung des Vagosympathicus beim Hunde hat BRACHET⁵ zuerst beobachtet, — Verengerung der Blutgefäße des Ohres nach Reizung des Kopfendes des durchschnittenen Halssympathicus hat zuerst BROWN-SÉQUARD⁶ und wenig später, unabhängig von ihm, WALLER⁷ beobachtet.

1 S. LOEB, Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. V. S. 1. 1869.

2 R. HEIDENHAIN, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 18. 1878.

3 CL. BERNARD, Compt. rend. d. l. soc. d. biologie. 1851. p. 163; Gaz. méd. de Paris 1852. p. 74; Compt. rend. XXXIV. p. 472. 1852.

4 M. SCHIFF, Arch. f. physiol. Heilk. XIII. S. 523. 1854.

5 BRACHET, Recherches experimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire 1837. p. 431.

6 BROWN-SÉQUARD, Philadelphia med. Examiner. 1852. p. 489; abgedruckt in Experim. Research. applied to physiol. p. 9. New-York 1853.

7 WALLER, Compt. rend. XXXVI. p. 378. 1853.

Die weiteren Untersuchungen über den Eintritt der Gefässerweiterung nach Durchschneidung des Halssympathicus von BERNARD¹, SCHIFF², BROWN-SÉQUARD³, VAN DER BECKE CALLENFELS⁴, VULPIAN⁵, VOIT⁶, ROEVER⁷, MOREAU⁸ haben ergeben, dass in den ersten Stunden nach der Durchschneidung bei den meisten Kaninchen eine starke Erweiterung der Ohrgefäße eintritt und die Temperatur des Ohres sowohl im äusseren Gehörgange als an der Ohrmuschel sehr bedeutend erhöht ist und gegen die Temperatur des Ohrs der nichtoperirten Seite bis 14° C. differirt. Diese Grösse der Temperaturdifferenz ist wesentlich bedingt durch die Temperatur der umgebenden Luft: je höher die Temperatur ist, um so geringer ist die Temperaturdifferenz, je niedriger die Temperatur der Umgebung, um so grösser die Temperaturdifferenz; so fand WALLER bei 0° der Umgebung 14° Differenz, bei gewöhnlicher Stubentemperatur (von 16° C.) beträgt die Differenz meist 4°—6°. Die Temperaturdifferenz nimmt aber im Verlaufe der nächsten Tage sehr bedeutend ab; SCHIFF fand am Tage nach der Operation 4,5° Differenz, am zweiten Tage 1,75°, am dritten Tage 1°, VAN DER BECKE CALLENFELS hat dasselbe auch bei Hunden mit durchschnittenem Vagosympathicus beobachtet. Die Temperaturdifferenz scheint aber bei manchen Thieren dauernd sich zu erhalten, während sie bei anderen Individuen wieder ganz oder fast ganz verschwindet: SCHIFF beobachtete noch nach 1½ Jahren, CALLENFELS noch nach 126 und 155 Tagen. VOIT, ROEVER, VULPIAN fanden, dass der rhythmische Wechsel in der Füllung der Arterien nach Verlauf mehrerer Tage wieder beginnt. — Nach Durchschneidung des Sympathicus am Halse sind die Erscheinungen qualitativ und grösstentheils auch quantitativ dieselben, wie nach Exstirpation des obersten Halsganglion — dies ergaben gegen BERNARD die Beobachtungen von VAN DER BECKE CALLENFELS, LUSSANA und AMBROSOLI⁹, SNELLEN¹⁰.

Die Frage, ob die Temperaturdifferenz bedingt sei nur durch die verschiedene Weite der Blutgefäße und die damit verbundene stärkere Blutdurchströmung war von BERNARD unentschieden gelassen und mehr in dem Sinne besprochen worden, dass die Temperatur nicht allein von der Gefässerweiterung abhängig sei, sondern dass auch hohe Temperatur bei geringer Gefässerweiterung und umgekehrt zur Beobachtung komme. BROWN-SÉQUARD dagegen war von Anfang an der Meinung, dass die Temperaturerhöhung Hand in Hand gehe mit der Gefässerweiterung, und

1 BERNARD, Ann. d. scienc. nat. 4. sér. I. p. 176. 1854.

2 SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. S. 140 u. fg. 1855.

3 BROWN-SÉQUARD, Gaz. med. de Paris. 1854. p. 30; Leçons sur les nerfs vasomoteurs. p. 3 u. fg. Paris 1872.

4 VAN DER BECKE CALLENFELS, Ztschr. f. rat. Med. N. F. VII. S. 157. 1855.

5 VULPIAN, Gaz. med. de Paris. 1857. p. 7.

6 VOIT, Ber. d. Deutsch. Naturf. S. 221. Carlsruhe 1858.

7 ROEVER, Untersuchung des Nerveneinflusses auf die Blutgefäße. S. 16 u. fg. 1869.

8 MOREAU, Mém. d. Physiol. 1877. p. 160.

9 LUSSANA & AMBROSOLI, Gaz. med. Italiana. 1857. No. 25—33. Auszug in Schmidt's Jahrbüchern. XCVI. S. 289.

10 SNELLEN, De invloed der zenuwen op de ontsteking proefondervindelijk getoest. Diss. Utrecht 1857. (Auszug in Meissner's Jahresber. 1857. S. 370.)

diese Annahme ist durch die Untersuchungen von SCHIFF, VAN DER BECKE CALLENFELS, KUSSMAUL und TENNER¹, VOIT u. A. bestätigt und befestigt worden. Trotzdem hat BERNARD² die Ansicht festgehalten, dass unabhängig von dem veränderten Blutlaufe die Durchschneidung des Sympathicus „beitrage zur Steigerung der Verbrennungsprocesse oder der örtlichen chemischen Umsetzungen“. BERNARD's Gründe sind indess nicht triftig genug, um zu der Annahme von besonderen thermischen oder Wärme bildenden Nerven zu nöthigen, wie BERNSTEIN³ nachweist.

Während für den Hund und die Katze der Sympathicus der einzige Gefässnerv des Ohres zu sein scheint, wird beim Kaninchen und Meerschweinchen das Gefässsystem des Ohres ausser vom Sympathicus auch noch von dem Nervus auricularis cervicalis versorgt, wie SCHIFF entdeckte und LOVÉN⁴ und MOREAU später bestätigten. SCHIFF fand, dass beide Nerven in gleichem Sinne auf die Ohrgefässe wirken, dass nach der Durchschneidung des Auricularis dieselben Erscheinungen der Gefässerweiterung auftreten, welche sich in den meisten Fällen nach Durchschneidung des Halssympathicus zeigen, und dass, wenn man bald nach der Durchschneidung des Auricularis den Halssympathicus durchschneidet, diese zweite Operation keine Vermehrung der Wärme und der Gefässinjection bewirkt. Aus dem Vorhandensein zweier, einander ergänzender Gefässnerven dürften sich wohl auch die erheblichen Differenzen, welche man bei verschiedenen Individuen nach Durchschneidung der Sympathici in der Intensität der Gefässerweiterung beobachtet (seit BROWN-SÉQUARD), zum Theil erklären. — Reizungen des N. auricularis aber ergaben SCHIFF, sowie LOVÉN, welcher SCHIFF's Versuche bestätigte, und eine genaue Anatomie des Auricularis beim Kaninchen gegeben hat, dass durch die Reizung des Sympathicus andere Stücke der Gefässe zur Verengerung gebracht werden, als bei Reizung des Auricularis, nämlich bei letzterem die Gefässe der Ohrspitze, bei ersterem der an der Basis des Ohres befindliche Theil der mittleren Ohrarterie. Besonders deutlich ist nach MOREAU die Erscheinung, die er abbildet, dann, wenn man nach Durchschneidung beider Nerven das peripherische Ende des einen reizt.

Untersuchungen von DASTRE und MORAT⁵ an Pferden und Eseln ergaben, dass nach der Reizung des vom Vagus isolirten Halssympathicus eine Erweiterung der Arterien auf die Verengerung folgt, welche stärker ist, als die Erweiterung nach der Durchschneidung, schliessen aber daraus nicht, dass im Sympathicus ausser den gefässverengernden auch noch gefässerweiternde Fasern enthalten seien, deren Erregung die „surdilatation“ bewirke, sondern dass er nur Gefässverengerer enthalte.

Wir würden nun die sympathischen und Auricularnerven der Ohrgefässe einfach als gefässerregende Nerven ansehen können, wenn an denselben nicht eine Erscheinung von SCHIFF⁶ beobachtet worden

1 KUSSMAUL & TENNER, Molesch. Unters. I. S. 90. 1857.

2 CL. BERNARD's Vorles. über d. thierische Wärme (Uebersetzung). S. 269. 1876.

3 BERNSTEIN, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. S. 592. 1877.

4 LOVÉN (und LUDWIG), Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 93.

5 DASTRE & MORAT, Compt. rend. LXXXVII. p. 797. 1878.

6 M. SCHIFF, Berner Schriften 1856. S. 69. — Wieder abgedruckt in SCHIFF, Untersuchungen über die Zuckerbildung in der Leber. S. 153. 1859.

wäre, welche mit dieser einfachen Vorstellung unvereinbar ist: es kann nämlich bei Hunden, Kaninchen oder Katzen, an denen der Halssympathicus der einen Seite durchschnitten und die Gefässerweiterung und Temperaturzunahme eingetreten ist, durch lebhaftere Bewegung, oder durch Erhitzung, oder durch psychische Einflüsse (bei Hunden) das Verhältniss der Temperatur der beiden Ohren sich umkehren, indem das Ohr der unverletzten Seite um 1—5° wärmer gefunden wird, als das Ohr der verletzten Seite und der Temperatur entsprechend auch die Arterien und Venen stärker ausgedehnt erscheinen. Woher kommt es, fragt SCHIFF, dass sich hier gerade die Gefässe, deren Nerven gelähmt sind, weniger erweitern? SCHIFF macht zur Erklärung dieser Erscheinung, für die wir an andern Körpertheilen Analogieen finden (s. unten), die Annahme, dass eine sogenannte active Gefässerweiterung durch Nervenwirkung, wie bei der Submaxillardrüse, auch hier stattfände, dass also ausser den gefässverengernden Nerven auch gefässerweiternde zu den Ohrgefässen gehen, welche im durchschnittenen Sympathicus gelähmt sind, in dem unverletzten aber zur Wirkung kommen können.

Es sind bezüglich der activen Gefässerweiterung zweierlei Probleme zu unterscheiden: 1. die Frage, ob es Nerven giebt, deren Erregung eine Erschlaffung der Gefässmuskeln zur Folge hat; 2. die Frage, ob die Erweiterung der Gefässe aus einer Erschlaffung ihrer Muskeln und dadurch ermöglichten stärkeren Ausdehnung ihrer Muskeln erklärt werden kann, oder ob ein direct erweiternder Mechanismus angenommen werden muss?

Die zweite dieser beiden Fragen ist von verschiedenen Forschern dahin beantwortet worden, dass ein activ erweiternder Mechanismus anzunehmen sei: BERNARD¹ und SCHIFF² lassen diesen Mechanismus in suspenso. Die Erklärung, welche VULPIAN³ erwähnt, dass eine Zusammenziehung der Venen die Erweiterung der Arterien bewirke, ist theils im Widerspruch mit den Thatsachen, theils trifft sie den eigentlichen Fragepunkt nicht. Die Erklärung von LEGROS⁴, ausgehend von einer autonomen peristaltischen Bewegung der Arterien, ist ganz unverständlich; — SCHIFF und BROWN-SÉQUARD⁵ neigen der Ansicht zu, dass die Erweiterung der Arterien nicht durch eine Thätigkeit der Gefässwandung, sondern durch Vermittelung der intervasculären Gewebe stattfände. Diese Ansicht hat SEVERINI⁶ näher ausgeführt, indem er eine stärkere Kohlen säureproduction in den Geweben, wenn sie in Thätigkeit sind, als das

1 CL. BERNARD, *Leçons sur les liquides de l'Organisme*. I. p. 230. 1859.

2 M. SCHIFF, *Leçons sur la physiologie de la digestion*. I. p. 256. 1868.

3 VULPIAN, *Leçons sur l'appareil vasomoteur*. 1875. p. 168.

4 CH. LEGROS, *Des nerfs vasomoteurs*. Thèse de concours. p. 77. Paris 1873.

5 BROWN-SÉQUARD, *Leçons sur les nerfs vasomoteurs*. p. 25. 65. Paris 1872.

6 SEVERINI, *Ricerche sulla innervazione dei vasi sanguigni*. p. 77—140. Perugia 1878.

Primäre ansieht — die Kohlensäure wirkt aber nach seinen Untersuchungen an Capillaren erweiternd auf diese, wodurch dann eine Rückwirkung auf die Arterien stattfinden und diese sich gleichfalls erweitern sollen. Abgesehen von anderen Bedenken gegen SEVERINI'S Deductionen würde gerade die Mechanik der Erweiterung der Arterien, um die es sich zunächst handelt, unerklärt bleiben. — Die von EXNER¹ gestellte Frage, ob die Gefässerweiterung durch eine Contraction longitudinaler Muskeln erklärt werden könne, wird von ihm selbst in Berücksichtigung der tatsächlichen Erscheinungen wesentlich verneint.

Die erste der beiden Fragen ist von GOLTZ², dem sich viele andere Forscher angeschlossen haben, dahin beantwortet worden, dass die Nerven durch die Vermittelung von Ganglien und Nervenzellen auf die Muskeln der Gefäße erschlaffend wirkten, worauf wir unten zurückkommen werden.

Bezüglich der SCHIFF'schen Beobachtung würden wir also entweder die Annahme machen müssen, dass in dem Sympathicus und Auricularis gefässerweiternde Fasern enthalten sind, aber in geringerer Menge, als gefässverengernde, was mit den Beobachtungen von DASTRE und MORAT völlig in Uebereinstimmung ist — oder wir würden im Anschluss an eine von BERNARD ausgesprochene Hypothese, dass die Temperaturerhöhung gefässerweiternd wirke, annehmen können, dass in Folge der den Thieren beigebrachten Erwärmung das die Gefäße durchströmende wärmere Blut auf die Gefäßmuskeln erschlaffend wirke, dass die Erschlaffung aber auf der intacten Seite des Thieres stärker sei, weil hier die Muskeln ihre normalen Eigenschaften besitzen, als auf der verletzten Seite, wo in Folge der Nervendurchschneidung wohl eine theilweise Degeneration der Muskeln der Gefäße vorausgesetzt werden könnte, wodurch ihre Dehnbarkeit beeinträchtigt wird. Gegen diese Annahme spricht indess ein Versuch von SCHIFF³, in welchem die stärkere Erweiterung der Gefäße auf der nicht operirten Seite schon wenige Stunden nach der Durchschneidung eintrat.

Die Beobachtung BRACHET's, dass nach Durchschneidung des Hals-sympathicus und nach Exstirpation des oberen Halsganglion eine stärkere Injection des Gehirns und Erweiterung der Hirnhautgefäße eintrete, ist nach den Beobachtungen von VAN DER BECKE CALLENFELS⁴ und von NOTHNAGEL⁵ nicht ganz constant, wurde aber von ihnen und ebenso von GOUJON⁶ mehrere Male an Kaninchen und Meerschweinchen gefunden. RIEGEL und JOLLY⁷ konnten dagegen nach Durchschneidung des Halssympathicus keine Injection der Piagefäße wahrnehmen. BERNARD⁸ hat auch eine Temperaturerhöhung in der Schädelhöhle und Gehirnsubstanz nach Durchschneidung des Sympathicus und in stärkerem Grade nach Exstirpation des obersten Halsganglions gefunden.

1 EXNER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXV. (3) S. 6. 1877. — AUERBACH ist für diese Ansicht aufgetreten. Jahresber. d. schles. Ges. 1877. (Nachtrag aus 1875) S. 232a.

2 F. GOLTZ, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 92. 1875. — Vgl. VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 177. 1875.

3 SCHIFF, Leçons sur la physiologie de la digestion. I. p. 234. 244. 1868.

4 VAN DER BECKE CALLENFELS, Ztschr. f. rat. Med. N. F. VII. S. 203. 1855.

5 NOTHNAGEL, Arch. f. pathol. Anat. XL. S. 203. 1867.

6 GOUJON, Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. IV. p. 106. 1867.

7 RIEGEL & JOLLY, Arch. f. pathol. Anat. LII. S. 218. 1871.

8 BERNARD, Leçons sur le système nerveux. II. p. 493. 1858.

Bezüglich der Temperatur und Farbe des aus den erweiterten Ohrgefäßen abfließenden Blutes ist von BERNARD und SCHIFF eine höhere Temperatur des Blutes in der Jugularvene bei Hunden und Kaninchen gefunden worden. Die Farbe des abfließenden Venenblutes ist von LUSANA und AMBROSOLI nach Durchschneidung des Vagosympathicus bei Pferd, Kalb, Maulesel und Hund dunkler, von BERNARD bei Pferden, von ROEVER bei Kaninchen aber heller, als ohne Durchschneidung des Sympathicus gefunden worden. — Eine Steigerung des Blutdruckes im arteriellen System beobachteten SCHIFF, BENSEN und VON BEZOLD¹ und ROEVER bei Reizung des Kopfes des durchschnittenen Halssympathicus.

Bei Reizung des N. sympathicus an dem Kopfe verengern sich die Arterien, es erblassen aber auch die Capillarbezirke und die aus ihnen hervorgehenden Venenwurzeln — die Venenstämme aber bleiben gefüllt.

Dieser seit BROWN-SÉQUARD oft angestellte Versuch ist in Bezug auf die vom Sympathicus innervirten Gefäße von VON BASCH² besonders genau untersucht worden, indem derselbe das Kaninchen so lagerte, dass der Kopf nach unten gerichtet und damit die Entleerung der Venen erschwert war. Zugleich untersuchte VON BASCH den Unterschied in der Füllung der Gefäße, wenn die mittlere Ohrarterie unterbunden war und wenn der Sympathicus direct oder indirect erregt wurde: im ersteren Falle, und ebenso, wenn die Carotis unterbunden wird, bleibt die mittlere Ohrarterie bis in die feinsten Verzweigungen und desgleichen die seitlichen Ohrvenen deutlich gefüllt, — im letzteren Falle, bei Reizung des Sympathicus, entleeren sich die Gefäße, mit Ausnahme der Venenstämme, bis zur Todtenblase. Der Blutlauf wird also ein wesentlich anderer, wenn die Arterien durch Sympathicusreizung verengert, als wenn sie durch Unterbindung abgeschnürt werden: bei Verengung dauert der Blutlauf fort und es werden in grosser Ausdehnung Widerstände für den Blutstrom gesetzt, bei Unterbindung oder Zuklemmung wird der Blutlauf an einer ganz beschränkten Stelle abgeschnitten und das Blut stockt in nicht verengerten Gefäßen. VON BASCH hat weiter die auffallende Beobachtung gemacht, dass die abgebundene Ohrarterie bei Reizung des Sympathicus sich verschmälert, aber allerdings nicht blutlos wird.

Auch im Vagus sollen direct zu den Blutgefäßen gehende Fasern verlaufen, und zwar sowohl nach dem Kopfe, als nach dem Magen und den Lungen hin. Es ist theils nach Durchschneidung eines Vagus Temperaturerhöhung am Kopfe, theils nach Durchschneidung beider Vagi eine Veränderung des arteriellen Blutdruckes und Erweiterung der Gefäße der Magenschleimhaut und der Lungen beobachtet worden. Für die Arterien des Herzens ist der Vagus nicht vasomotorischer Nerv.

1 BENSEN & VON BEZOLD, Neue Würzburger Ztg. 1866. 1. Mai — abgedruckt in Unters. d. physiol. Lab. z. Würzburg 1867. S. 315.

2 VON BASCH, Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1875. S. 373.

Nach den Mittheilungen von SCHIFF¹ haben schon DUPUY und MAYER nach Vagusdurchschneidung bei Pferden und einem Esel Erhöhung der Temperatur am Kopfe beobachtet, doch ist es fraglich, ob sie den Vagus allein durchschnitten haben; COLIN hat aber jedenfalls den Vagus allein, ohne Sympathicus, durchschnitten und in der ganzen oberhalb des Schnittes gelegenen Hals- und Kopfhälfte eine Vermehrung der Hautwärme beobachtet.

Die Resultate der Versuche über Veränderungen des Blutdruckes nach Durchschneidung der Vagi und Vagosympathici sind sehr verschieden: AUBERT & ROEVER² haben bei Kaninchen, Hunden und Lämmern nach Durchschneidung des Vagus allein manchmal ein Steigen des Blutdruckes, manchmal keine Veränderung beobachtet — und ziemlich dasselbe fanden sie bei Durchschneidungen der Vagosympathici. TRAUBE³ hat nach Durchschneidung der Vagosympathici bei einem Hunde zuerst Steigen, dann binnen 4 Minuten Sinken des Blutdruckes — MOLESCHOTT⁴ gleichfalls Steigen des Blutdrucks mit nachherigem Sinken bei Hunden und einem Kaninchen gefunden — LATSCHENBERGER & DEAHNA⁵ haben ein starkes Steigen des Blutdruckes beobachtet. Nach RUTHERFORD⁶ soll der Erfolg der Vagusdurchschneidung bei Hunden von der Füllung des Magens bzw. Erweiterung der Magengefäße abhängig sein, was PAWLOW⁷ aber nicht bestätigt fand, welcher den Erfolg der Vagusdurchschneidung von dem vorangehenden Stande des Blutdruckes abhängig findet.

Hyperämie der Magenschleimhaut beobachteten nach Durchschneidung beider Vagi (und Vagosympathici) PANUM⁸ und PINCUS⁹.

Die vielfachen Untersuchungen über die Veränderungen in der Lunge nach Vagusdurchschneidung von TRAUBE und SCHIFF bis auf die jüngste Zeit¹⁰ sprechen mehr für einen vasomotorischen Einfluss der Vagi auf die Lungengefäße, als gegen denselben.

Nach Durchschneidung der Vagi beobachtete BROWN-SÉQUARD¹¹ eine Erweiterung der Coronararterien des Herzens und bei Reizung des peripherischen Vagusstumpfes Verengerung derselben; er gründete darauf seine Hypothese von der Vaguswirkung auf das Herz. PANUM¹²

1 SCHIFF, *Unters. z. Physiol. d. Nervensystems*. S. 164. 1855 citirt DUPUY, *Journ. de méd.* XXXVII. 1816 und *Nouv. expériences sur la section des nerfs pneumogastriques*, *ibid.* LXXI. — MAYER, *Tiedemann & Treviranus' Ztschr. f. Physiol.* II. S. 65. 1826. — COLIN, *Physiologie comparée des animaux domestiques*. p. 121. 1854.

2 AUBERT & ROEVER, *Arch. f. d. ges. Physiol.* I. S. 211. 1868.

3 TRAUBE, *Ges. Beitr. z. Physiol. u. Pathol.* I. S. 359. 1871.

4 MOLESCHOTT, *Unters. z. Naturl. d. Mensch.* XI. S. 310. 1873.

5 LATSCHENBERGER & DEAHNA, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XII. S. 196. 1876.

6 RUTHERFORD, *Journ. of anat. a. physiol.* 2. sér. IV. p. 402. 1869.

7 PAWLOW, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XX. S. 210. 1879.

8 PANUM, *Bibliothek for Laeger*. VI. Auszug in *Schmidt's Jahrbüchern*. XCIII. S. 154. 1856.

9 PINCUS, *Experimenta de vi nervi vagi et sympathici in vasa etc.* Diss. Breslau 1856.

10 TRAUBE, *Beitr. z. exper. Pathol. u. Physiol.* 1846. S. 68. — SCHIFF, *Arch. f. physiol. Heilk.* VI. S. 690. 1847. — ZANDER, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XIX. S. 263. 1879. Hier findet sich der grösste Theil der Literatur angegeben.

11 BROWN-SÉQUARD, *Gaz. méd.* 1854. p. 135.

12 PANUM, *Bibliothek for Laeger* X. p. 46. Auszug in *Schmidt's Jahrbüchern*. C. S. 148. 1858.

hat nachgewiesen, dass es sich hier nicht um vasomotorische Wirkungen des Vagus auf die Kranzarterien handelt, sondern um passive, durch die veränderte Herzthätigkeit secundär bewirkte Füllung derselben.

3. Das Gebiet des *N. splanchnicus*.

Der grosse Gefässbezirk der Bauchhöhle steht unter dem vasomotorischen Einflusse der *Nn. splanchnici*: Durchschneidung eines oder beider Splanchnici hat eine deutliche Erweiterung der Mesenterialgefässe, der Pfortader und der Nierengefässe zur Folge. Damit ist verbunden ein erhebliches Sinken des Blutdruckes im arteriellen Gefässsystem, ohne dass damit eine Veränderung der Pulsfrequenz verbunden zu sein braucht. Reizung des peripherischen Stumpfes des Splanchnicus bewirkt Verengung der Arterien des Unterleibes, der Mesentericae, Renales u. A. und im Zusammenhange damit eine beträchtliche Erhöhung des Blutdruckes im arteriellen Systeme.

Nachdem O. NASSE¹ auf den Einfluss der Blutfüllung der Darmgefässe auf die Darmbewegungen hingewiesen hatte, entstand die Frage, ob die Hemmung der Darmbewegungen durch Reizung des Splanchnicus auf die vasomotorischen Eigenschaften dieses Nerven zurückzuführen sei, welche von S. MAYER & v. BASCH², von VAN BRAAM HOUCKGEEST³ positiv beantwortet wurde. Theils von dieser Seite, theils zur Auffindung der den Blutdruck beeinflussenden Nerven sind eine grosse Reihe von Versuchen über die vasomotorische Funktion des *N. splanchnicus* angestellt worden. v. BEZOLD & BENSEN⁴, E. CYON & LUDWIG⁵, ASP⁶, v. BASCH⁷ haben übereinstimmend gefunden, dass der *N. splanchnicus* für den Darm und die Niere der vasomotorische gefässverengende Nerv ist, dessen Durchschneidung eine stärkere Füllung der Mesenterial- und Nierengefässe, dessen Reizung eine mehr oder weniger bedeutende Zusammenziehung der Mesenterial- und Nierenarterien bewirkt. v. BASCH hat beobachtet, dass nicht blos die im Mesenterium, sondern auch die in der Darmwand verlaufenden Arterienzweige sich bei Splanchnicusreizung stark contrahiren und der Darm selbst sehr blass wird, dass ferner die Menge des aus der Pfortader ausfliessenden Blutes bei ruhendem, durchschnittenen Nerven etwa fünfmal so gross ist, als während des Höhestadiums der Erregung desselben, trotzdem dass der Blutdruck (an der Carotis gemessen) bei Reizung des Nerven sehr viel höher, bisweilen über das doppelte höher gefunden wird, als bei Ruhe desselben. Dass mit dieser

1 O. NASSE, Beitr. z. Physiol. d. Darmbewegung. S. 29. 1866.

2 SIGMUND MAYER & S. VON BASCH, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXII. S. 811. 1870. — VON BASCH, Ebenda. LXVIII. (3) S. 7. 1873.

3 VAN BRAAM HOUCKGEEST, Arch. f. d. ges. Phys. VI. S. 266. 1872.

4 BENSEN & VON BEZOLD, Neue Würzburger Ztg. 1866. 1. Mai. — Abgedruckt in Unters. z. Würzburger Labor. 1867. S. 315.

5 CYON & LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 148.

6 ASP, Ebenda. 1867. S. 159.

7 VON BASCH, Ebenda. 1875. S. 373.

Zusammenziehung der Arterien des Unterleibes eine stärkere Füllung der übrigen Körperarterien Hand in Hand geht, war schon früher durch Manometerversuche nachgewiesen — v. BASCH hat es theils durch Beobachtung an den Retinagesfäßen, theils durch plethysmometrische Bestimmungen an den hinteren Extremitäten erwiesen, ebenso wie die Abnahme der Füllung nach Durchschneidung der Nn. splanchnici. — Ob nach Durchschneidung der Splanchnici die Gefäße des Unterleibes das Maximum ihrer Erweiterung erlangt haben, ist zweifelhaft um so mehr, als nach den Beobachtungen von LUDWIG und CYON der Blutdruck, wenn er nach Durchschneidung der Splanchnici schon sehr weit gesunken ist, durch Reizung des N. depressor noch tiefer sinkt. Es ist hier die Frage, ob zu den Unterleibsgefäßen auch gefässerweiternde Nerven gehen oder ob das stärkere Sinken bei Reizung des Depressor daraus zu erklären ist, dass nicht nur im Gebiete des Splanchnicus, sondern auch in anderen Gefäßbezirken eine Gefässerweiterung eintritt.

Dass diejenigen Nerven, welche die Mesenterialarterien begleiten, auch Gefäßverengerer sind, sich also dem Splanchnicus gleich verhalten, hat MOREAU¹ gezeigt, indem er nach Durchschneidung eines solchen eine Erweiterung eintreten sah, doch ist dabei sorgfältig eine Reizung der Arterie selbst zu vermeiden, da Zerrung oder Quetschung der Arterienwand eine lokale Verengung bewirkt, welche zu der Täuschung führen kann, dass diese Verengung und das damit verbundene Verschwinden der Pulsationen von der Nervendurchschneidung herrühre.

Die anatomischen Verhältnisse des Splanchnicus namentlich auch in Bezug auf die Nierenarterie beim Hunde sind sehr genau beschrieben und abgebildet von NOELLNER².

4. Die Gefässnerven der Extremitäten.

Zu den Gefäßen der Extremitäten, namentlich zu denen der unteren Extremität gehen sowohl gefäßverengernde, als auch gefässerweiternde Nerven. Durchschneidung des Plexus brachialis ebenso wie Durchschneidung des N. ischiadicus oder des Plexus sacralis hat unmittelbar eine stärkere Gefäßfüllung, also Gefässerweiterung und eine Erhöhung der Temperatur des Fusses zur Folge. Reizung des peripherischen Stumpfes bald nach der Durchschneidung bewirkt Verengung der Gefäße und Abnahme der Temperatur. Einige Tage nach der Durchschneidung des Ischiadicus geht aber die Gefässerweiterung sehr zurück und jetzt bringt Reizung des peripherischen Stumpfes nicht eine Verengung und Temperaturabnahme, sondern eine Gefässerweiterung und Temperaturzunahme hervor — nur sehr starke Reizung bringt in einer gewissen Zeit nach der Durchschneidung Verengung der Gefäße und

1 MOREAU, Mémoires de physiologie. p. 157. Paris 1877.

2 F. NÖLLNER, Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. IV. S. 139. 1869.

Temperaturabnahme hervor, einige Tage später nur Erweiterung und Temperaturerhöhung. Es müssen also im Ischiadicus sowohl gefässerweiternde als gefässerengernde Nervenfasern enthalten sein; zur Erklärung der wiederabnehmenden Gefässerweiterung bei durchschnittlichem Ischiadicus und der unter verschiedenen Umständen auftretenden Veränderungen der Gefäße nach Durchschneidung des Ischiadicus werden regulatorische Endapparate angenommen (und als solche Ganglien der Gefässwandungen postulirt oder auch statuirt). Einen massgebenden Einfluss auf den Erfolg der Reizung des Ischiadicus für die Gefässerweiterung und die Temperaturveränderung hat die durch die Umgebung bedingte zeitweilige Temperatur der Extremität. — Auch der N. cruralis enthält vasomotorische Nerven.

Die Durchschneidung der Achselnerven ist zuerst von SCHIFF¹ an Hunden, Fledermäusen und Vögeln ausgeführt worden und von ihm bei Hunden stärkere Injection der Interdigitalmembran und Erhöhung der Temperatur des Vorderarmes und der Pfote, bei Fledermäusen stärkere Injection der Gefäße der Flughaut und Aufhören des Venenpulses beobachtet worden; bei Vögeln dagegen fand SCHIFF Abnahme der Temperatur an dem gelähmten Flügel und erklärt diese Erscheinung aus dem durch die Lähmung bedingten Herabhängen des Flügels, während der nicht gelähmte Flügel an die Brust gedrückt und vor Wärmeverlust geschützt wird. Die Versuche SCHIFF's sind später von BERNARD² bestätigt worden — beide Beobachter differiren nur in Bezug auf die Frage nach dem Ursprunge der Gefässnerven für die vorderen Extremitäten, worauf wir unten näher eingehen werden.

Eine Lähmung der im N. ulnaris verlaufenden Gefässnerven erzeugte WALLER³ beim Menschen durch Eintauchen des Ellenbogens in eine Eismischung: der vierte und fünfte Finger wurden stark geröthet, zeigten deutliche Pulsation und eine Temperaturerhöhung um mehrere Grade.

Ueber die Gefässnerven der hinteren Extremitäten sind eine grosse Menge von Untersuchungen angestellt worden. Dass eine Erwärmung des Hinterbeines nach Durchschneidung des N. ischiadicus eintrete, ist zuerst von H. NASSE⁴ beobachtet, indess sah er nur bei Kaninchen am unteren Theile des Schenkels Wärmezunahme, am Oberschenkel dagegen Wärmeabnahme — beim Hunde aber nach Zerstörung des Lendenmarkes Zunahme der Wärme in den Hinterbeinen eintreten. BERNARD⁵ beobachtete später gleichfalls Zunahme der Wärme nach Durchschneidung des Ischiadicus und SCHIFF wies nach, dass der Durchschneidung des Ischiadicus so hoch oben wie möglich sogleich eine Erhöhung der Wärme des Unterschenkels, des Fusses und der Zehen folgt und zugleich eine stärkere Gefässinjection der betreffenden Theile eintritt; er hat diesen

1 M. SCHIFF, *Unters. z. Physiol. d. Nervensystems*. S. 177. 1855.

2 CL. BERNARD, *Compt. rend.* II. p. 305. 1862.

3 Nach VULPIAN, *Leçons sur l'appareil vasomoteur*. I. p. 247; *Proceed. of the Royal Society of London*. XI. (2) 1862.

4 F. & H. NASSE, *Unters. z. Physiol. u. Pathol.* II. (1) S. 115. 1839.

5 CL. BERNARD, *Compt. rend. d. l. soc. biologie*. 4. sér. I. p. 187. 1854.

Erfolg bei Hunden, Katzen, Kaninchen, Meerschweinchen, Igel und einem Hamster gefunden. Zugleich beobachtete SCHIFF, dass am Oberschenkel nach Durchschneidung des Ischiadicus keine Erwärmung, sondern eine durch die Muskellähmung consecutiv bedingte Abnahme der Temperatur eintritt. BERNARD¹ fand gleichfalls nach Durchschneidung des Plexus lumbosacralis oder auch des Ischiadicus eine Temperaturzunahme und starke Füllung der Gefäße im Fusse.

Merkwürdigerweise scheint bei Warmblütern eine Reizung des durchschnittenen Ischiadicus an seinem peripherischen Ende früher nur wenig versucht worden zu sein, obgleich beim Sympathicus so grosser Werth auf die Gefässverengerung nach Reizung desselben von BROWN-SÉQUARD u. A. gelegt wurde. LONGET² erwähnt dieselbe in seinem Lehrbuche. Erst GOLTZ³ wurde durch eine Beobachtung, welche schon früher von NASSE und von SCHIFF gemacht worden war und welche er bestätigte, dass nämlich nach Durchschneidung des Lendenmarkes die Zermalmung des isolirten hinteren Stückes, bezw. die Durchschneidung des Hüftnerven eine Erhöhung der Temperatur an den Hinterfüssen hervorruft, dazu veranlasst bei einem Hunde mit zerstörtem Lendenmarke den N. ischiadicus zu durchschneiden und er fand darnach ein Ansteigen der Temperatur in dem betreffenden Beine um mehr als neun Grad. Bei weiterer Verfolgung dieser Erscheinung fand GOLTZ⁴, dass nicht nur Durchschneidung, sondern auch mechanische, electriche, chemische Reizung des peripheren Stumpfes des Ischiadicus (meistens, nachdem bei dem Thiere einige Zeit vorher das Lendenmark zerstört worden war, aber auch in einem Falle ohne vorgängige Zerstörung des Markes), Erweiterung der Gefäße und Temperaturerhöhung der Pfote bewirkte. In den darauf folgenden Versuchen von PUTZEYS & TARCHANOFF⁵, OSTRUMOFF (und HEIDENHAIN⁶), KENDALL & LUCHSINGER⁷, MASIUS & VANLAIR⁸, BÖTHLING⁹, STRICKER¹⁰, LUCHSINGER¹¹, LÉPINE¹², BERNSTEIN¹³ wurden bezüglich der Gefässverenge-

1 BERNARD, Compt. rend. II. p. 228. 1862.

2 LONGET, Traité de physiologie. (3. Aufl.) III. p. 613. 1869.

3 F. GOLTZ, Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 460. 1874. (CL. BERNARD hat an der von ROSENTHAL citirten Stelle etwas ganz anderes untersucht und gefunden, als GOLTZ suchte und fand. SCHIFF aber hat das Rückenmark am 9. Wirbel durchschnitten und nach einigen Stunden, als die Temperatur an den Hinterzehen 26° betrug, noch den linken Hüftnerven, worauf die Temperatur der linken Pfote auf 30,5° stieg. Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 217, vgl. auch ebda. S. 172.

4 F. GOLTZ (u. FREUSBERG), Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 174. 1874; XI. S. 52. 1875.

5 F. PUTZEYS & FÜRST TARCHANOFF, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 371.

6 A. OSTRUMOFF (redigirt von R. HEIDENHAIN), Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 219. 1876.

7 J. KENDALL & B. LUCHSINGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. S. 197. 1876.

8 MASIUS & VANLAIR, Des nerfs vasomoteurs et de leur action. (Extrait du Compt. rend. du Congrès internat. des sc. méd. Bruxelles 1875) citirt nach Jahresber. f. Anat. u. Physiol. V. (2) S. 45. 1876.

9 BÖTHLING, Wiener med. Jahrb. 1876. S. 89.

10 STRICKER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 1876. LXXIV. (3) S. 173. 1876.

11 LUCHSINGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 391. 1876.

12 LÉPINE, Compt. rend. d. l. soc. d. biologie. 1876. 4 mars.

13 J. BERNSTEIN (MARCHAND & SCHOENLEIN), Arch. f. d. ges. Physiol. XV. S. 575.

rung und Gefässerweiterung nach Durchschneidung und Reizung des Ischiadicus die von GOLTZ gefundenen Thatsachen in vielen wesentlichen Punkten bestätigt und die Bedingungen für dieselben in weiterer Ausdehnung ermittelt, zum Theil aber die Angaben von GOLTZ etwas modificirt. Dass nach Durchschneidung des Lendenmarkes und nach Durchschneidung des Ischiadicus eine Temperaturerhöhung und Gefässerweiterung eintritt, welche in den folgenden Stunden und Tagen sehr zurückgeht, ist von allen Beobachtern bestätigt worden; ebenso dass Reizung des peripheren Stumpfes einige Tage nach der Durchschneidung des Lendenmarkes oder des Ischiadicus eine mehr oder weniger starke Gefässerweiterung und Ansteigen der Temperatur zur Folge hat, ist allgemein bestätigt worden; dass sowohl durch electricische Reizung, als durch mechanische Reizung, namentlich das mehrfache Einschneiden oder „Kerben“ des Nervenstumpfes die Temperatur erhöht wird, ja das ein einfaches Durchschneiden des schon vorher durchschnittenen Nerven, diesen Effect hat, haben die meisten späteren Beobachter bestätigt. Dagegen ist von verschiedenen Beobachtern, namentlich PUTZEYS und TARCHANOFF, OSTRUMOFF, KENDALL und LUCHSINGER die Angabe von GOLTZ bestritten worden, dass auch bei Reizung des frisch durchschnittenen Ischiadicus am peripherischen Ende keine Gefässverengung und Temperaturabnahme erfolgte. Die Untersuchungen von LÉPINE, besonders aber die von BERNSTEIN haben ausser der Vermittelung mancher Widersprüche die wesentliche Bedingung für die von GOLTZ beobachtete hochgradige Temperaturerhöhung nach Reizung des peripheren Ischiadicus ermittelt, dass nämlich die Temperatur der Pfote beim Beginne des Versuches eine niedrige ist. Unter dieser, leicht durch kalte Wasserbäder herzustellenden Bedingung wird nach BERNSTEIN durch jede beliebige wirksame Reizung auch beim frisch durchschnittenen Ischiadicus ein bedeutendes Steigen der Temperatur (um 8° — 15°) hervorgerufen, also sowohl durch tetanisirende Ströme, als durch sogenannte rhythmische Reizungen, in denen die Inductionsschläge in Intervallen von 2 Sec. einander folgen, oder durch Kerben des peripheren Stumpfes. BERNSTEIN macht ferner darauf aufmerksam, dass die durch Reizung hervorgerufene Temperatursteigerung sehr lange anhält und oft erst nach 15—30 Min. ihr Maximum erreicht. Der bedeutende Einfluss der Temperatur, welchen schon GOLTZ in seiner Bedeutung für die Gefässweite gelähmter Glieder sehr hervorgehoben hat, geht auch aus Versuchen von LUCHSINGER hervor, in denen junge Kätzchen, denen der eine Ischiadicus durchschnitten wird, in einen auf 60° erwärmten Brütoven gebracht werden: die nicht operirte Pfote wird sehr stark injicirt, die operirte viel weniger — kühlen die Thiere ab, so erscheint die operirte Pfote stark injicirt, die nicht operirte blass. Der Versuch wurde mit demselben Erfolge schon von SCHIFF¹ an dem Halssympathicus des Kaninchens angestellt. — Die Versuche, in denen die Reizung einige Tage nach Zerstörung des Lendenmarkes oder Durchschneiden des Ischiadicus vorgenommen wurde, zeigen also wahrscheinlich eine Temperatursteigerung nur deswegen, weil in Folge der motorischen Lähmung die Pfoten stark

1 SCHIFF, Leçons sur la physiologie de la digestion. I. S. 234. 244. 1868.

abgekühlt waren, nicht weil eine Degeneration der gefäßverengenden und keine Degeneration der gefässerweiternden Nervenfasern eingetreten war.

In Versuchen, welche DASTRE & MORAT¹ an Pferden und Eseln über die Vasomotoren des Ischiadicus anstellten, indem sie Druck und Geschwindigkeit des Blutes in Arteria und Vena digitalis interna bestimmten und den Stamm der Plantarnerven durchschnitten bzw. reizten, ergab Reizung der verschiedensten Art constant anfangs eine Drucksteigerung, welche aber nach 15—20 Secunden wieder auf die Höhe vor der Reizung zurückgeht, worauf dann noch eine Senkung unter dieses Niveau eintritt. Dem entsprechend folgt der Verengung der Arterien eine Erweiterung und dieser eine „surdilatation“, noch stärkere Erweiterung — ebenso wie die Beobachter es bei Reizung des Halssympathicus fanden. Merkwürdigerweise schliessen sie daraus nicht, dass im Ischiadicus gefässerweiternde Fasern enthalten seien, sondern verwerfen diese Annahme, indem sie nur gefäßverengende Fasern annehmen, welche durch die Reizung ermüden sollen (une phase d'atténuation après une phase d'exagération de la fonction du nerf). Eine solche rasche Ermüdung hatten schon früher PUTZEYS und TARCHANOFF angenommen, doch ist dieselbe von GOLTZ als ungenügend für die Erklärung der Erscheinungen erwiesen worden.

GOLTZ stellte nun auf Grund seiner Beobachtungen eine Hypothese auf, welche viele Zustimmung fand: dass im Ischiadicus gefässerweiternde Nervenfasern enthalten seien, wie schon SCHIFF und BERNARD für andere Bezirke angenommen hatten, konnte nicht weiter zweifelhaft sein; ausserdem aber postulierte GOLTZ wegen der Wiederherstellung der früheren Gefässweite nach Durchschneidung des Lendenmarks oder des Ischiadicus und der in Folge verschiedener Einwirkungen, namentlich verschiedener Temperaturen, wechselnden Gefässweite in dem seiner Verbindung mit dem Rückenmarke beraubten Gliede besondere Endvorrichtungen an den Gefässen, welche den Tonus derselben zu reguliren hätten. Diese postulirten Endvorrichtungen stellte sich GOLTZ, indem er die Analogie mit dem Herzen herbeizog, als Ganglienzellen vor, und sprach nun den Satz aus: die hypothetischen Ganglienzellen an den Gefässen sind die nächsten Centren für den Gefässtonus. Er legt auf diese Ganglienzellen aber keinen besonderen Nachdruck, sondern würde für jene selbstthätigen Endvorrichtungen, wenn keine Ganglienzellen gefunden würden, eine andere anatomische Grundlage wählen, und etwa die Gefässmuskeln selbst als solche ansprechen. Ebenso spricht sich BERNSTEIN aus. Doch macht HUIZINGA² gegen die Annahme, dass die Muskeln selbst diese Endvorrichtungen seien, geltend, dass nach localer Application von Amylnitrit auf die Schwimnhaut des Frosches, wodurch die Gefässe derselben stark erweitert werden, auf reflectorischem Wege eine Verengung der auf der Höhe der Erweiterung befindlichen Gefässe hervorgerufen werden könne. Regulatorische Endvorrichtungen an den Gefässen sind von fast allen Forschern nach GOLTZ angenommen worden, sie sind als „peripherische Gefäss- oder Nervencentra“, „locale

1 DASTRE & MORAT, Compt. rend. LXXXVII. p. 880. 1878.

2 HUIZINGA, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 220.

Centra“, „periphere Ganglien der Gefäße“, „Wandganglien“ bezeichnet. — Eine von PUTZEYS und TARCHANOFF der GOLTZ'schen Hypothese entgegengesetzte Hypothese einer Erschöpfung der Gefässnerven des Ischiadicus durch Reizung ist von niemand angenommen worden.

BERNSTEIN hat auch für die Pfote des Hundes den Nachweis geführt, dass die Temperaturveränderung von der Veränderung der Blutlaufverhältnisse abhängig ist und die Annahme von „thermischen Nerven“ nicht gemacht werden kann. BERNSTEIN weist aber in Berücksichtigung des langsamen Ansteigens und des langen Anhaltens der Temperatur auf beträchtlicher Höhe auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass eine geringe Temperaturerhöhung an sich erweiternd auf die Gefäße, diese Gefässerweiterung wiederum temperaturerhöhend u. s. w. wirke.

Dass auch nach Durchschneidung des N. cruralis Temperaturerhöhung, auf Reizung des peripherischen Stumpfes Abnahme der Temperatur an der Pfote eintritt, hat LEWASCHOW¹ beobachtet.

Ein Hellerwerden des Blutes in den Venen des Schenkels nach Durchschneidung des Ischiadicus und Cruralis, so wie in den Armvenen nach Durchschneidung des Plexus brachialis ist schon 1820 von KRIMER² beobachtet worden, und von H. MEYER bestätigt.

Ganz ähnliche Innervationsverhältnisse haben auch die Beobachtungen über Durchschneidung und Reizung des Ischiadicus beim Frosche ergeben. Der Durchschneidung folgt unmittelbar eine Verengerung der Arterien in der Schwimnhaut, dann tritt eine Erweiterung derselben ein, welche mehrere Stunden andauert, nachher aber (12—24 Stunden später) zu der normalen Weite, wie sie vor der Durchschneidung war, zurückgeht. Reizung des peripheren Ischiadicusstumpfes bewirkt eine Verengerung der Gefäße — eine zweite Durchschneidung des Ischiadicus an der peripheren Seite dagegen bringt sogleich eine lange anhaltende Erweiterung der Gefäße ohne vorgängige Verengerung hervor.

Hierher gehörige Beobachtungen sind von GUNNING³, SAVIOTTI⁴, RIEGEL⁵, PUTZEYS und TARCHANOFF⁶, NUSSBAUM⁷ und HUIZINGA⁸ gemacht worden. Der letztere Forscher hat namentlich Beobachtungen gemacht, welche auch für den Frosch die Annahme regulatorischer Endvorrichtungen an den Gefäßen fordern: er fand, dass bei Reizung der Zehen des Beines, an welchem der Ischiadicus durchschnitten worden ist, reflectorisch Gefässerweiterung eintritt — dass ferner die Durchschneidung des peripheren Ischiadicusstumpfes eine Erweiterung der Arterien hervorruft und zwar ohne vorgängige Verengerung, wie man sie bei der ersten Durchschneidung des Ischiadicus beobachtet, was er gleichfalls aus einer Wirkung auf die „localen Gefässcentra“ zu erklären sucht.

1 LEWASCHOW (Petersburger med. Woch. 1879. Nr. 16), Referat im Centralbl. f. d. med. Wiss. 1879. S. 509.

2 KRIMER, Physiol. Unters. 1820. Erwähnt von H. MEYER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 406.

3 GUNNING, Onderzoekingen over bloedsbeweging en stasii. Utrecht 1857.

4 SAVIOTTI, Arch. f. pathol. Anat. L. S. 592. 1870.

5 RIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 350. 1871.

6 PUTZEYS & TARCHANOFF, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 371.

7 NUSSBAUM, Arch. f. d. ges. Physiol. X. S. 374. 1875.

8 HUIZINGA, Ebenda. XI. S. 207. 1875.

5. *Gefässnerven der Muskeln.*

Die Gefäße der Muskeln verengern sich, wenn die zu ihnen gehenden Nervenstämme gereizt werden, sie erweitern sich, wenn die Nervenstämme durchschnitten werden; werden einige Tage nach der Durchschneidung der Nerven die peripheren Stümpfe derselben gereizt, so tritt eine Erweiterung der Gefäße auf; entsprechend diesen Gefässveränderungen tritt auch in den Muskeln die Veränderung der Temperatur auf; indess sind die Temperatur- und die Lumenveränderungen bei den Muskeln sehr viel geringer als bei der Haut. Dies gilt nur für die Muskeln der Säugethiere. — Bei Fröschen dagegen tritt auf Reizung der Muskelnerven stets nur Erweiterung der Blutgefäße ein, bei reflectorischer Reizung (sensibler Nerven) dagegen Verengung derselben.

Nachdem SADLER¹ (und LUDWIG) erhebliche Veränderungen in der Menge des aus den Muskelvenen ausfliessenden Blutes in Folge von Reizung der zu den Muskeln gehenden Nerven beobachtet hatte, wurde von HAFIZ² (und LUDWIG) bei Ausschluss der Muskelzusammenziehung (durch Curaresiren) der Einfluss der Nervenreizung auf den Blutstrom untersucht, die Veränderung desselben aber sehr gering und rasch vorübergehend oder geradezu gleich Null gefunden. In einer späteren Arbeit von GASKELL³ (und LUDWIG) wurden andere Muskeln (die Streckmuskeln des Oberschenkels beim Hunde) gewählt und der N. cruralis gereizt; es fand sich nach der Durchschneidung des Nerven eine beträchtliche, aber schnell vorübergehende Beschleunigung des Blutstromes aus der Vene — bei tetanisirender Reizung anfangs stossartige Beschleunigung, dann Abnahme, dann wieder Zunahme, welcher allmähliches Abschwellen folgt. GASKELL schliesst aus seinen Versuchen, indem er die durch die Muskelzusammenziehung gesetzten Einflüsse eliminirt, dass zu den Muskelgefässen sowohl gefässverengernde, als gefässerweiternde Fasern gehen. Zu diesem Endresultate gelangt auch HEIDENHAIN⁴, obwohl er zu vielfach anderen Versuchsergebnissen gelangt, als LUDWIG und seine Schüler. Bei Reizung an nicht curaresirten Thieren, deren Bauchsympathicus (in welchem die Gefässnerven für das Bein verlaufen, s. unten) zwischen die Electroden gebettet wurde, so wie bei curaresirten Thieren, deren Ischiadicus benutzt wurde, fanden GRÜTZNER und HEIDENHAIN eine Verminderung der Temperatur, aber allerdings eine dem Grade nach viel geringere Verminderung, als an der Haut des Fusses gefunden wird; die Mittheilung der Wärme von der Haut aus war in diesen Versuchen ausgeschlossen; die Temperatur wurde theils mittelst des Quecksilberthermometers, theils durch Thermoelemente bestimmt. Sie fanden dagegen bei Reizung eines

1 SADLER, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1869. S. 189.

2 HAFIZ, Ebenda. 1870. S. 215.

3 GASKELL, Arbeiten aus d. physiol. Anst. zu Leipzig. XI. S. 45. 1876.

4 GRÜTZNER & HEIDENHAIN, Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. S. 1. 1877. — HEIDENHAIN (mit ALEXANDER u. GOTTSTEIN), Ebenda. S. 31.

seit einigen Tagen durchschnittenen Ischiadicus und ebenso bei reflectorischer Erregung durch Reizung sensibler Nerven eine Zunahme der Temperatur in den Muskeln. Ausserdem bestimmte HEIDENHAIN (mit ALEXANDER und GOTTSTEIN) durch manometrische Versuche an den Schenkelvenen die bei Reizung der Nerven eintretende Veränderung des Venendruckes und fand der Zunahme der Temperatur entsprechende Verminderung beziehungsweise Vermehrung des Venendruckes.

Beim Frosch sah GASKELL¹ dagegen, indem er den Mylohyoideus desselben direct beobachtete, eine Erweiterung der Gefässe nach Durchschneidung des Nerven, welche rasch ihr Maximum erreichte und dann allmählich zurückging, nach Reizung (auch am curaresirten Frosche) bedeutende Erweiterung, welche gleichfalls bald ihr Maximum erreicht und dann (schon bei noch fortdauernder Tetanisirung) langsam abnimmt, mitunter von einer Verengerung gefolgt ist; Reizung sensibler Nerven hatte gar keine Veränderung oder geringe Verengerung zur Folge, mit Ausnahme der Reizung der Glottis, welche Erweiterung bewirkte. — Die Differenzen zwischen Warmblütern und Kaltblütern glaubt HEIDENHAIN in der verschiedenen Beziehung der Gefässe zur Wärmeregulirung, die man ja zwischen beiderlei Thierarten voraussetzen muss, begründet. Indess hat GASKELL² in einer neueren Arbeit diese Annahme HEIDENHAIN's nicht acceptirt, sondern hält die Differenzen mehr durch die Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden bedingt. GASKELL beobachtete die ausfliessenden Blutmengen, HEIDENHAIN die Temperatur. Nach GASKELL tritt nun das Maximum der Gefässerweiterung sehr kurze Zeit nach der Durchschneidung des Muskelnerven ein, in den ersten Minuten nimmt aber die Erweiterung schon wieder ab — die Erweiterung geht also zu rasch vorüber, um durch das Thermometer angezeigt werden zu können. GASKELL findet ferner einen grossen Einfluss in der Stärke der Curaresirung, indem nach seinen Beobachtungen das Curare nur die gefässerweiternden Nerven lähmt. Er kommt durch seine neueren Versuche zu dem Resultate, dass die Zunahme des Blutstromes in den Muskeln beim Hunde ebenso wie beim Frosche durch directe Erregung gefässerweiternder Nerven bewirkt wird, und dass der Unterschied zwischen Muskel- und Hautgefässen darin besteht, dass in den Muskelgefässen die erweiternden, in den Hautgefässen die verengernden Nerven überwiegen.

6. Die Gefässnerven des Penis.

Nervi erigentes sind von ECKHARD³ beim Hunde Nerven benannt worden, welche von dem Plexus ischiadicus zum Plexus hypogastricus gehen: werden diese Nerven an ihrem peripherischen Stumpfe gereizt, so tritt eine starke Schwellung des Corpus cavernosum urethrae und gleich darauf auch eine weniger erhebliche Schwellung des Corp. cavern. penis ein; diese Anschwellung wird bewirkt durch

1 GASKELL, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 557 und ausführlich Journ. of anat. and physiol. XI. p. 720. 1877.

2 GASKELL, Journ. of physiol. I. p. 262. 1878.

3 C. ECKHARD, Beitr. z. Anat. u. Physiol. III. S. 125. 1863; IV. S. 69. 1867.

eine Erweiterung der arteriellen Gefässbahn und dadurch vermehrtes Zuströmen von Blut unter stärkerem Drucke. Das vermehrte Zuströmen bei Reizung der Nn. erigentes ergibt sich aus dem stärkeren Abfliessen des Blutes aus dem angeschnittenen Schwellkörper, aus dem stärkeren Drucke in den Venen, aus der helleren Farbe des aus den Venen ausfliessenden Blutes. Die Nn. erigentes sind also gefässerweiternde Nerven. Ausserdem gehen zum Penis gefässerengernde Nerven im N. pudendus communis, deren Durchneidung eine Erweiterung bewirkt, deren Reizung aber die Blutung aus dem angeschnittenen Schwellkörper vermindert.

Sowohl die Nerven, durch deren Reizung die Erektion des Penis bewirkt wird, als auch den vasomotorischen Vorgang, auf welchem die Erektion beruht, hat ECKHARD entdeckt. Die anatomischen Verhältnisse der Nn. erigentes ergeben sich zum Theil aus Figur 5.

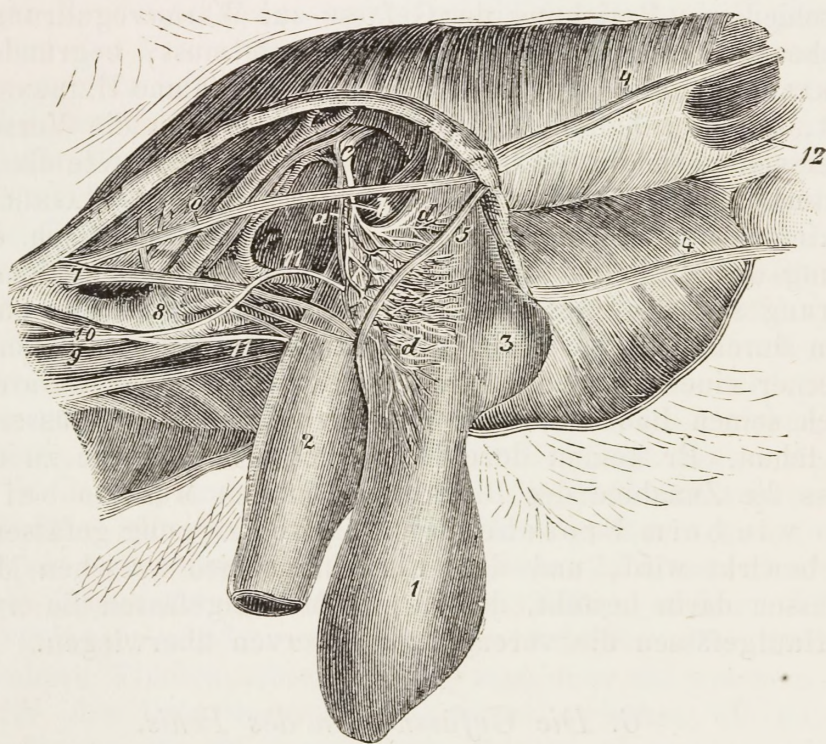


Fig. 5. Topographie der Nn. erigentes. 1. Harnblase. 2. Mastdarm. 3. Prostata. 4. Samenstrang. 5. Vas deferens. 6. Vasa spermatica. 7. Harnleiter. 8. Ende der Bauchorta. 9. Anfang der Hohlvene. 10. Ganglion mesentericum posterius. 11. Verbindungsäste desselben mit dem Plexus hypogastricus; *a* und *b* Prostata- und Blasengefässe; *c* Nervi erigentes; *d* Plexus hypogastricus an der Prostata und Pars membranacea.

Die Nn. erigentes (*c*) werden aus zwei, bisweilen aus drei Wurzeln des Sacralplexus gebildet und gehen mit den Gefässen zusammen zur Blase nach dem Plexus hypogastricus (*d*), zu welchem ein Nerv (11) von dem Ganglion mesentericum (10) tritt. In der von hier zur Pars membranacea urethrae und von da zum Bulbus des Corpus cavernosum urethrae gehenden und endlich in dem dichten Bindegewebe des Bulbus in den Netzen, welche die lateralen Bündel der Nn. erigentes um die Ge-

fässe an der Seite des Bulbus bilden, fand LOVÉN¹ einzelne und gruppenweise angeordnete Ganglien und gangliöse Gebilde, welche vielleicht die Bedeutung von vasomotorischen Regulationsapparaten haben. — Der N. pudendus communis kommt gleichfalls aus dem Plexus ischiadicus und giebt unter der Symphyse einen Zweig ab, welcher mit den Gefässästen in das Innere des Corp. cavernos. urethrae dringt.

Die Anschwellung des Penis bei der Erection beruht nach ECKHARD auf einem stärkeren Zuströmen des Blutes durch die arteriellen Gefässe, wie ECKHARD dadurch nachwies, dass er den Ausfluss des Blutes aus dem querdurchschnittenen (mit Ausschluss der Venae dorsales penis) oder angeschnittenen Corpus cavernosum vor der Reizung der Erectionsnerven mit dem Blutaussflusse aus demselben während der Reizung der Nerven verglich: bei ruhenden durchschnittenen Nerven war der Blutaussfluss sehr gering, tropfenweise — während der Reizung stürzt das Blut aus der Schnittfläche mit grosser Gewalt hervor, so dass es einen förmlichen Blutstrahl bilden kann und fährt damit auch nach dem Aufhören der Reizung eine Zeit lang fort. Ein stärkeres Zuströmen des Blutes während der Reizung der Erectionsnerven und der Erection weist ECKHARD ferner nach durch ein verstärktes Abfliessen des Blutes aus den Dorsalvenen des Penis: die Blutmengen, welche ohne Reizung der Erectionsnerven aus den Dorsalvenen abfliessen, verhalten sich zu den während der Reizung ausfliessenden Mengen etwa wie 1 : 15, ja, die Differenz kann noch erheblich grösser werden und es kann das Blut in einem Strahle herauspritzen, wie es sonst nur bei den Arterien der Fall ist. Endlich hat ECKHARD hervorgehoben, dass das während der Schwellung aus den Dorsalvenen abfliessende Blut heller als das Venenblut ist und dass dasselbe nicht durch und durch homogen, sondern mit noch heller rothen Streifen versehen ist wegen nicht vollständiger Mischung. — Diese Verstärkung der Blutströmung bei Reizung der Erectionsnerven kommt, wie ECKHARD vermuthete, durch eine Erweiterung der arteriellen Gefässbahn zu Stande, indem die der Blutströmung sich darbietenden Widerstände vermindert werden. LOVÉN untersuchte den Druck in der Carotis zugleich mit dem Drucke in der einen Vena dorsalis penis, während die andere Vene unterbunden war, oder mit dem Drucke, welchen er bei Einbinden der Manometercannüle in die stark, bis zur Tiefe der Cavernen, scarificirte Urethra fand. Der Druck des Blutes im Penis ist bei Reizung des N. erigenus der einen Seite höchstens halb so gross als der Carotidruck, bei Reizung der beiderseitigen Erectionsnerven mehr als halb so gross: es werden also durch die Reizung der Nerven nicht neue Stromkräfte dem Blute geliefert, sondern nur durch die Erschlaffung oder die Verminderung des Tonus der Arterienwände die Widerstände vermindert.

Als Antagonist der Nn. erigentes ist von LOVÉN der N. pudendus nachgewiesen worden, welcher also Verengerer der Penisgefässe ist: LOVÉN sah nach der Durchschneidung desselben den Durchmesser der Art. dorsalis zunehmen und die Pulsationen derselben lebhafter werden, ohne dass indess Erection eintritt oder der Blutstrom aus dem durchschnittenen Corp. cavernosum sich mehrt. Bei Reizung des peripherischen Pudendusstumpfes

1 C. LOVÉN, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 85.

vermindert sich die Blutung sowohl, wenn die Nn. erigentes ruhen, als auch wenn dieselben eben gereizt worden waren. — Die Frage, ob zu einer vollkommenen Erektion noch eine Hemmung des Blutausflusses aus den Venen hinzukommen müsse, ist hier nicht zu erörtern.

III. Reflectorische Erregung der Gefässnerven.

Bei einer sehr grossen Menge der Nerven des Körpers bewirkt eine Erregung derselben Veränderung der Gefässfüllung in Körpertheilen, welche in keinem directen Zusammenhange mit dem erregten Nerven stehen. Die alltägliche Erfahrung lehrt, dass schmerzhaftere Erregung einer Hautpartie ein Erblässen des Gesichtes bewirkt, und ganz ähnliche Beobachtungen lassen sich machen, wenn das centrale Ende eines freigelegten und durchschnittenen Nerven gereizt wird. Es kann durch die Erregung von centripetalleitenden Nerven aber auch eine stärkere Gefässfüllung in mehr oder weniger scharf begrenzten Gefässgebieten bewirkt werden. Die nach derartigen Erregungen eintretenden Gefässverengerungen oder Gefässerweiterungen werden „reflectorische“ genannt, indem man sich vorstellt, dass die Erregung des Nerven zu einem Centralorgane geleitet und von diesem nach den Gefässnerven hin reflectirt wird, analog den Erregungen der motorischen Nerven in Folge einer Erregung oder Reizung sensibler Nerven. Analog den Reflexbewegungen haben wir also Gefässreflexe. — Diese Erfahrungen postuliren Centralorgane, in welchen die Uebertragung der Erregung von irgend welchen Körpernerven auf vasomotorische Nerven stattfindet, und erfordern die Annahme, dass die Gefässnerven von den supponirten Centralorganen entspringen oder wenigstens in einem bestimmten Zusammenhange mit denselben stehen. Gefässreflexe treten auf nach Erregung sensibler Nerven, nach Erregung von Muskelnerven, nach Erregung von Stellen des Gehirns und Rückenmarks, und nach Erregung von sympathischen Nerven: die Gefässreflexe können in einer Verengerung oder in einer Erweiterung der Blutgefäße bestehen.

1. Reflexe von sensiblen Nerven auf vasomotorische Nerven.

Die Erregung von Empfindungsnerven an ihrer peripherischen Endigung an der Haut oder an Schleimhäuten und die Reizung der centralen Stümpfe durchschnittener Empfindungsnerven hat unter gewissen Bedingungen eine Verengerung der Gefäße eines bestimmten Bezirkes oder eine Erhöhung des Blutdruckes unabhängig von der Herzthätigkeit zur Folge, unter anderen Bedingungen aber eine Er-

weiterung von Blutgefäßen oder ein Sinken des Blutdruckes. Die von vielen Beobachtern erhaltenen einzelnen Resultate von reflectorischen Gefäßveränderungen gestatten nicht eine bestimmtere allgemeine Formulirung, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird.

Am Kaninchenohre beobachtete VAN DER BECKE CALLENFELS¹ beim Kneifen des Ohrlandes mit einer Pincette eine sofort eintretende, etwa 3 Secunden anhaltende Verengerung, welcher eine Erweiterung folgt, die in etwa 7 Sec. ihr Maximum erreicht — zugleich treten dieselben Veränderungen mit geringer Abweichung am nicht gekniffenen Ohr der andern Seite auf. Auch Kneifen der Pfote oder Erschrecken verursacht häufig, aber nicht constant, ein kurzdauerndes Erblassen. Ist der Hals-sympathicus auf einer Seite durchschnitten, so bringt Kneifen des Ohrlandes auf dieser Seite keine Gefäßveränderung, wohl aber in dem andern Ohre hervor. Reizung des centralen Stumpfes des N. auricularis cervicalis hat dieselbe Wirkung. Das Erblassen, beziehungsweise die Contraction der Gefäße tritt nach den übereinstimmenden Beobachtungen von CALLENFELS, SNELLEN² und LOVÉN³ an nicht curaresirten Kaninchen nach wenigen Secunden ein, es folgt ihr eine beträchtliche Erweiterung der Arterien nach etwa 20—30 Sec. — bei curaresirten Kaninchen tritt manchmal schon wenige, 4—6 Sec. nach Beginn der Reizung des centralen Auricularisstumpfes Erweiterung und dann 15—40 Sec. nach Beginn der Reizung Verengerung ein; indess fand LOVÉN bei andern curarisirten Kaninchen dasselbe Verhalten, wie bei unvergifteten. Starke Verengerung hat VULPIAN⁴ an den Zungengefäßen des Hundes auf Reizung des Ischiadicus beobachtet. Nach den Beobachtungen von OWSJANNIKOW und TSCHIRIEW⁵ erweitern sich bei curarisirten Kaninchen die Ohrgefäße bei electrischer Reizung eines Ischiadicus und zwar stärker auf der gleichnamigen Seite. Auch beim Hunde beobachtete VULPIAN eine stärkere Blutung aus dem angeschnittenen Ohre, wenn der Ischiadicus gereizt wurde. —

Den am Kaninchenohr bei Reizung des Auricularis ganz analoge Beobachtungen hat LOVÉN an der Arteria saphena gemacht, wenn der centrale Stumpf des N. dorsalis pedis gereizt wurde, und mit denselben individuellen Verschiedenheiten — ferner an der Art. maxillaris externa, wenn der N. infraorbitalis, supraorbitalis oder mentalis, und an der Arterie des Vorderarmes, wenn die Hautnerven desselben gereizt wurden. — In Bezug auf die Ausbreitung des Reflexes hat LOVÉN beobachtet, dass bei Reizung des centralen Auricularis gewöhnlich nur die Arterien des gleichnamigen Ohres sich erweitern, mitunter aber auch Röthung des andern Ohres eintritt, ferner nach Reizung des Infraorbitalis Röthung des Ohres und bei demselben Thiere auch nach Reizung des Brachialplexus. Wenn LOVÉN aber keine Gefässerweiterung des Ohres nach Reizung des Plexus lumbalis beobachtet hat, so befindet er sich im Widerspruche mit SNELLEN,

1 VAN DER BECKE CALLENFELS, Ztschr. f. rat. Med. N. F. VII. p. 174. 191. 1855.

2 H. SNELLEN, Arch. f. d. Holländ. Beitr. z. Naturw. u. Heilk. I. S. 212. 1858.

3 LOVÉN, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 85.

4 VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 242. 1875.

5 OWSJANNIKOW & TSCHIRIEW, Bull. de l'Acad. de St. Petersburg. XVIII. p. 18. 1872. — Auszug im Arch. de physiol. 1873. p. 90.

OWSJANNIKOW und VULPIAN. — Die Verengerung der Gefässe der Pia mater des Gehirns, welche NOTHNAGEL¹ bei Kaninchen auf Reizung von Aesten des N. cruralis eintreten sah, werden von RIEGEL und JOLLY² als auf Nebenwirkungen (heftigen Bewegungen und dergleichen) beruhend angesehen, da sie bei curaresirten Thieren nicht auftraten.

Auf Verengerung der Gefässe in Folge von Hautreizen schlossen BROWN-SÉQUARD und THOLOZAN³ aus der Temperaturabnahme, wenn die eine Hand in sehr kaltes Wasser getaucht, in der anderen Hand das Thermometer angebracht ist: sie beobachteten ein Sinken der Temperatur um mehrere Grade in der nicht eingetauchten Hand, ohne dass die Körpertemperatur (im Munde gemessen) merklich sank: sie deuten dies als eine Reflexwirkung von den sensiblen Nerven der einen Hand auf die vasomotorischen der anderen Hand. VULPIAN hat indess diesen Versuch nicht constant gefunden, und bei BROWN-SÉQUARD und THOLOZAN sind allerdings auch die Schwankungen sehr gross, nämlich von 1⁰ bis 12⁰ und in einem Falle trat gar keine Wirkung ein.

Erweiterung von Blutgefässen ist nach Erregung von Empfindungsnerven noch in zwei vasomotorischen Bezirken nachgewiesen, nämlich an den Gefässen der Submaxillardrüse und den Gefässen des Penis. BERNARD hat bei seinen Versuchen über die Blutströmung in der Submaxillardrüse (s. II, 1. S. 406) nachgewiesen, dass die gefässerweiternden Fasern durch Reizung der Zunge mit Essig reflectorisch erregt werden können, wenn diese Erregung auch weniger intensiv wirkt, als die directe Reizung des Tympanico-lingualis.

Ferner ist von ECKHARD nachgewiesen worden, dass reflectorisch auf die Nn. erigentes (s. II, 6. S. 425) von den Empfindungsnerven an der Oberfläche der Eichel gewirkt werden kann, da bei Hunden durch anhaltendes sanftes Reiben der den Penis bedeckenden Haut eine Erection hervorgerufen werden kann. ECKHARD vermuthet, dass der N. pudendus communis der durch diese Manipulation in Erregung versetzte Nerv sei. Zwar konnte er durch schmerzhaftige Reizung des centralen Stumpfes dieses Nerven niemals eine Erection bewirken, doch brachte nach Durchschneidung dieses Nerven die Reibung der Eichel keine Erectionen mehr hervor. — GOLTZ⁴ hat ferner die Erection-hemmende Wirkung von Reflexen gefunden: er beobachtete, dass Reizung von sensiblen Nerven oder auch ein kräftiger Druck der Haut das Aufhören der Erection bewirkt, und zwar unter Umständen, wo diese Reizungen keine Schmerzempfindung hervorrufen, nämlich bei Hunden mit querdurchschnittenem Rückenmark.

Ausserdem ist nun durch viele Versuche nachgewiesen, dass der Gesamtdruck des Blutes im arteriellen Gebiet durch Reizung der verschiedensten sensiblen Nerven, des Ischiadicus, der sensiblen Wurzeln des Sacralplexus, des Brachialplexus und seiner Aeste, der Trigeminiäste und anderer Nerven bewirkt wird, indess wollen wir hier

1 NOTHNAGEL, Arch. f. patholog. Anat. XL. S. 203. 1867.

2 RIEGEL & JOLLY, Ebenda. LII. S. 218. 1871.

3 THOLOZAN & BROWN-SÉQUARD, Journ. d. physiol. de l'homme et des anim. I. p. 497. 1858.

4 F. GOLTZ, Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 467. 1874.

nur zwei Eigenthümlichkeiten bei Reizung von Empfindungsnerven hervorheben.

LATSCHENBERGER und DEAHNA¹ haben nämlich gefunden, dass lange andauernde Reizung nicht eine andauernde Drucksteigerung bewirkt, sondern dass nach einigen Minuten der Druck allmählich absinkt und endlich die Höhe, welche er vor der Reizung hatte, erreicht, dass aber bei viele Minuten oder eine Stunde langer, öfters unterbrochener Reizung Sinken des Druckes während der Reizung des Ischiadicus eintritt. Etwas schneller tritt nach der Erhöhung die Senkung ein bei enthirnten Thieren.

GRÜTZNER und HEIDENHAIN² haben gefunden, dass verschiedene Arten der Hautreizung einen sehr verschiedenen Einfluss auf die Steigerung des arteriellen Blutdruckes ausüben: electriche, chemische Reizung, Verbrennen der Haut hatten oft keine Erhöhung des Blutdruckes zur Folge, während nach leiser Berührung oder Anblasen einer Hautstelle eine bedeutende Druckerhöhung beobachtet wurde. Dies war bei einer mässig starken Curaresirung der Thiere der Fall. Es scheinen darnach also schmerzhaftere Reizungen ganz anders auf die vasomotorischen Nerven zurückzuwirken, als tactile Erregungen der Hautnerven, wie ja auch u. A. aus den Versuchen von ECKHARD sich ergab (s. S. 430). Diese Beobachtungen sind theils an sich von grosser Bedeutung, namentlich aber auch, wie GRÜTZNER und HEIDENHAIN hervorheben, sehr zu beachten bei allen hämodynamischen Untersuchungen: „wiederholt, sagen sie, ist es uns vorgekommen, dass wir bei Reizungen von Nervenstämmen bald Drucksteigerung erhielten, bald nicht, bis sich herausstellte, dass die positiven Erfolge von einer zufälligen Berührung der Haare bei Annäherung der Electroden an den zu untersuchenden Nervenstamm herrührten.“ Diese Wirkungen tactiler Reize sahen GRÜTZNER und HEIDENHAIN auch nach Entfernung des Grosshirns eintreten, wonach eine Intercurrenz psychischer Erregung wohl als ausgeschlossen bei diesem Vorgange angesehen werden muss.

2. Gefässreflexe vom N. vagus und N. depressor.

Reizung des centralen Stumpfes des N. laryngeus superior bewirkt eine bedeutende Steigerung des Blutdruckes — Reizung des Vagusstammes am Halse bringt bald Erhöhung des Blutdruckes, bald Senkung desselben hervor — Reizung des N. laryngeus inferior scheint nur indirect durch Beeinflussung der Athmung den Blutdruck zu verändern. Constant bewirkt unter allen Bedingungen der N. depressor ein Sinken des Blutdruckes.

Dass der N. laryngeus superior eine erhebliche Steigerung des Blutdruckes bewirkt, wenn der centrale Stumpf desselben gereizt wird, haben

1 LATSCHENBERGER & DEAHNA, Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 157. 1876.

2 P. GRÜTZNER & R. HEIDENHAIN, Ebenda. XVI. S. 47. 1877.

für das Kaninchen LUDWIG und CYON¹, für Hund, Katze und Lamm AUBERT und ROEVER² nachgewiesen: Der Druck steigt bei Kaninchen um 40—50 0/0, bei Hunden auf mehr als das Doppelte, sowohl wenn er vorher niedrig, als auch, wenn er schon hoch war. Da die Versuche an curaresirten Thieren angestellt wurden, so ist eine Wirkung auf die Athmung dabei als ausgeschlossen anzusehen — auch die Herzfrequenz blieb unverändert oder änderte sich unwesentlich.

Bei Reizung des Vagus an curaresirten Kaninchen fanden AUBERT und ROEVER kein constantes Verhalten: bei manchen Thieren trat Sinken, bei anderen Erhöhung des Druckes, mitunter auch gar keine Veränderung ein — bei Katzen fanden dieselben immer Sinken, beim Hunde, wenn der Vagus allein nach Ablösung des Sympathicus gereizt wurde, meistens Sinken, bei einem Individuum immer Steigen — bei Lämmern stets Steigen. Sie kommen zu dem Resultate, dass der N. vagus in Betreff pressorischer und depressorischer Fasern ungleich zusammengesetzt sein kann bei verschiedenen Thierarten, bei verschiedenen Individuen derselben Art und auf den beiden Seiten ein und desselben Individuums. — Zu etwas anderen Resultaten sind LATSCHENBERGER und DEAHNA gekommen, doch finden sich in ihren Curventafeln für die Reizungen des Kaninchenvagus bald Senkungen, bald Hebungen des Blutdruckes — ob sie beim Hunde den Vagus oder den Vagosympathicus gereizt haben, ist aus ihren Angaben nicht ersichtlich; wenn sie den Vagosympathicus gereizt haben, so würden ihre Versuche, da sie im Anfange immer Drucksteigerung fanden, mit denen von AUBERT und ROEVER in Uebereinstimmung sein. LATSCHENBERGER und DEAHNA haben aber auch hier, sowohl beim Kaninchen wie beim Hunde nach langer Reizung Sinken des Blutdruckes unter die Normalhöhe eintreten sehen. — Sie nehmen nach ihren Versuchen an, dass im Vagus (Vagosympathicus?) des Hundes pressorische und depressorische Fasern enthalten sind, von denen die ersteren rascher ermüden. — Auch LICHTHEIM³ hat nach Reizung des centralen Vagosympathicusstumpfes bei Hunden in manchen Fällen Drucksteigerung, in einigen Drucksenkung erhalten.

Dass die Reizungen des Laryngeus inferior nur mittelst der Athmungsveränderung den Blutdruck beeinflussen, bei curaresirten Thieren aber keinen vasomotorischen Reflex auslösen, haben GRÜTZNER und HEIDENHAIN beobachtet.

Da der Vagus und seine Aeste nicht in so hohem Grade sensibel sind wie der Ischiadicus, so ist es fraglich, ob hier lediglich eine Erregung der darin verlaufenden sensiblen Fasern die Veränderungen des Blutdruckes bewirkt.

Ueber den vom Vagus oder Laryngeus oder von beiden abgehenden N. depressor stimmen seit LUDWIG und CYON alle Beobachter darin überein, dass bei allen Thieren, wo der Depressor vorkommt, Reizung seines centralen Endes immer nur Sinken des Blutdruckes durch Gefässerweiterung hervorbringt. Die Entdecker des N. depressor, CYON und LUD-

1 E. CYON & C. LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 322.

2 AUBERT & ROEVER, Arch. f. d. ges. Physiol. I. S. 211. 1868.

3 LICHTHEIM, Die Störungen des Lungenkreislaufes. S. 37 u. 39. 1876.

WIG haben denselben beschrieben als einen vom Vagus und Laryngeus superior mit je einer Wurzel entspringenden Nerven, welcher gewöhnlich sich nach innen und unten zum Hals sympathicus wendet, über diesen weggeht und an dessen innerer Seite sich anlegt; er geht dann an Nerven, welche aus dem Ganglion stellatum kommen, mit welchen er hinter der Aorta in dem Bindegewebe zwischen der Aorta und der Arteria pulmonalis zum Herzen verläuft. Verschiedene Variationen in seinem Verlaufe und Ursprunge sind von ROEVER¹ beschrieben worden. Aehnlich ist der Verlauf desselben beim Hasen, der Katze und dem Igel. Beim Hunde kommt ein gesonderter Depressor nicht vor. Beim Pferde glaubte BERNHARDT² ein vom Vagus und Laryngeus superior entspringendes Fädchen als Depressor ansehen zu können; E. CYON³ fand gleichfalls beim Pferde einen solchen Nerven, welchen er auch physiologisch als Depressor erkannte.

LUDWIG und CYON wiesen beim Kaninchen nach, dass Reizung des centralen Depressorstumpfes ein Sinken des Blutdruckes im arteriellen Gebiete um 30—50 % bewirkt, sie beobachteten ferner direct eine starke Röthung der Niere und Füllung der Nierengefäße, indirect eine stärkere Erweiterung der Gefäße im Gebiete des Splanchnicus, indem nach Durchschneidung der Splanchnici die depressorische Wirkung bei Depressorreizung in hohem Grade vermindert ist, eine Beobachtung, welche auch STELLING⁴ bestätigte. Dass auch sehr lange andauernde Reizung des Depressor keinen anderen Erfolg hat, als Sinken des Blutdruckes, ergaben die Untersuchungen von LATSCHENBERGER und DEAHNA. Beim Kaninchen und Hasen wurden die Versuche CYON's und LUDWIG's bestätigt von STELLING, für die Katze von BERNHARDT und für alle diese Thiere bald darauf von ROEVER. — Nach Durchschneidung des Depressor haben CYON und LUDWIG eine vorübergehende Senkung des Blutdruckes, LATSCHENBERGER und DEAHNA eine deutliche, aber rasch vorübergehende Erhöhung um 2—4 Mm. bemerkt.

3. Gefäßreflexe von den Muskelnerven und vom Splanchnicus.

Die meist stillschweigend gemachte Voraussetzung, dass nur von sensiblen Nerven Gefäßreflexe ausgelöst werden können, wird sehr unwahrscheinlich durch die Erfahrung, dass von den Muskelästen des Ischiadicus aus reflectorische Erhöhung des Blutdruckes bewirkt werden kann; auch nach Reizung des centralen Splanchnicusstumpfes tritt Erhöhung des Blutdruckes ein.

Die Drucksteigerung im arteriellen Gebiete bei Reizung der Muskeläste des N. ischiadicus wurde von ASP⁵ beobachtet; ASP fasst seine Beobachtungen so auf, als ob die sensiblen Muskelnerven es wären, welche

1 G. ROEVER, Kritische und experimentelle Untersuchung des Nerveneinflusses auf die Erweiterung und Verengerung der Blutgefäße. S. 64 u. fg. 1869.

2 E. BERNHARDT, Anat. u. physiol. Unters. über d. N. depressor bei der Katze. Diss. S. 14. Dorpat 1868.

3 E. CYON, Bull. de l'Acad. de St. Petersburg. XV. p. 261. 1870.

4 STELLING, Exper. Unters. über d. Einfluss d. N. depressor auf d. Herzthätigkeit u. d. Blutdruck. Diss. S. 41. Dorpat 1867.

5 ASP (und LUDWIG), Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1867. S. 135.

diese Wirkung hervorbringen, indess liegt gar kein Grund zu dieser Auslegung vor, da ja die motorischen Nerven eine an ihrer Peripherie oder in ihrem Verlaufe stattfindende Erregung centripetal fortpflanzen können. Die von ASP beobachtete Thatsache ist aber die, dass die zu den Muskeln gehenden Aeste des Ischiadicus bei Reizung ihres centralen Stumpfes eine erhebliche Blutdrucksteigerung bei Kaninchen in den meisten Fällen hervorrufen.

Dass Reizung des centralen Splanchnicusstumpfes eine bedeutende Steigerung des arteriellen Blutdruckes hervorrufft, wurde zuerst von ASP unter LUDWIG'S Leitung beobachtet an Hunden, nachdem ein von BERNSTEIN¹, von CYON und LUDWIG² angestellter Versuch am Kaninchen keine Veränderung des Blutdruckes bewirkt hatte. ASP fand eine bedeutendere Drucksteigerung bei Reizung des centralen, als bei Reizung des peripheren Splanchnicusstumpfes, eine Steigerung des Druckes manchmal um das Doppelte, und zwar auch dann, wenn beide Splanchnici durchschnitten waren: es muss also nach Ausschaltung des grossen Darmgefässgebietes noch ein grosses Gefässgebiet übrig bleiben, auf welches der Splanchnicus reflectorisch wirkt. Da der Splanchnicus bei Hunden sehr empfindlich ist, so stellt ASP die reflectorische Wirkung in Parallele mit der der sensiblen Nerven; die Hunde waren bei diesen Versuchen curaresirt.

Auf dem Wege durch den Splanchnicus werden vielleicht auch die Reize geleitet, welche auf den Magen applicirt werden. HERMANN und GANZ³ sahen bei Injectionen von eiskaltem Wasser in den Magen curaresirter Hunde bedeutende Steigerung des arteriellen Druckes eintreten; diese Versuche wurden in einer Untersuchung von S. MAYER und PRIBRAM⁴ nicht bestätigt, indess fanden diese eine Blutdruckssteigerung nach Reizungen des Magens, namentlich seiner Muscularis. Es ist bis jetzt allerdings nicht entschieden, ob diese Erregungen durch den Splanchnicus oder durch den Vagus geleitet werden; für die letztere Annahme würde die gleichzeitig mit der Blutdruckssteigerung eintretende Pulsverlangsamung sprechen.

Es mag hier auch noch ein Versuch von BROWN-SÉQUARD⁵ erwähnt werden, welcher bei Reizung der Nebennieren oder des sie umgebenden Nervenplexus eine starke Verengerung der Gefässe in der Pia mater des Rückenmarks beobachtete, woraus BROWN-SÉQUARD weitere Schlüsse auf Reflexparalysen zog.

4. Gefässreflexe vom Gehirn und Rückenmark aus.

Ausser den Erfahrungen des alltäglichen Lebens, dass psychische Erregungen, deren Vorgang wir in das Grosshirn verlegen, Röthe oder Blässe hervorrufen, deren Ursache Erweiterung beziehungsweise Verengerung der Blutgefässe ist, lässt sich bei Thieren eine Einwirkung von psychischer Erregung, namentlich Schreck und Angst, auf

1 J. BERNSTEIN, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 614.

2 CYON & LUDWIG, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866. S. 327.

3 L. HERMANN & GANZ, Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 8. 1870.

4 S. MAYER & PRIBRAM, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXVI. S. 102. 1872.

5 BROWN-SÉQUARD bei VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 239. 1875.

bestimmte Gefässbezirke, z. B. beim Kaninchen auf die Ohrgefässe, nachweisen. Abgesehen hiervon ergiebt aber auch Reizung einzelner Theile des Grosshirns eine Veränderung des Blutdruckes auf reflectorischem Wege, verbunden mit Temperaturveränderung. — Ebenso wird von dem Rückenmarke, bei möglichstem Ausschlusse der sensiblen Nervenwurzeln, durch Reizung eine Erhöhung des Blutdruckes bewirkt.

Dass Reizung und Durchschneidung eines *Pedunculus cerebri* eine bedeutende Steigerung des Blutdruckes zur Folge hat, ist von mehreren Beobachtern gesehen worden: Druckerhöhung nach Reizung von BUDGE¹, nach Durchschneidung von AFANASIEFF² eine 10—15 Tage dauernde Verengerung der Ohrarterien auf derselben Seite und bedeutendes Steigen des Druckes im Momente der Durchschneidung. — Es sind ferner Untersuchungen gemacht worden über die reflectorischen Wirkungen einzelner Stellen der Grosshirnrinde auf die Blutgefässe und die Temperatur: EULENBURG und LANDOIS³ haben gefunden, dass die Zerstörung gewisser Rindenbezirke des Vorderhirns beim Hunde eine beträchtliche, auf Gefässerweiterung beruhende Steigerung der Temperatur in den beiden contralateralen Extremitäten ($1\frac{1}{2}$ — 7^0 C.) bewirkt, HITZIG⁴ bestätigte diese Beobachtungen; die Beobachter vermuthen, dass diese Gyri zum Theil centrale Endigungen der in den *Pedunculi cerebri* verlaufenden Gefässnerven darstellen. DANILEWSKY⁵ fand bei electricischer Reizung der *Pedunculi cerebri*, der *Cauda corporis striati*, in geringerem Grade bei Reizung einzelner Gyri, bei Reizung der weissen Substanz unterhalb des Facialiscentrums Erhöhung des Blutdruckes. BOCHFONTAINE⁶ beobachtete gleichfalls Druckerhöhung nach electricischer Reizung der Gehirnrinde, namentlich nach Reizung der Bezirke für die Extremitäten (also übereinstimmend mit EULENBURG und LANDOIS), dagegen fand er, dass die Gehirnrindenreizung nach vorhergegangener Rückenmarksdurchschneidung Sinken des Druckes bewirkt. — Diesen Angaben widersprechen indess VULPIAN⁷ und KUESSNER⁸; letzterer nach Untersuchungen an Kaninchen.

Untersuchungen über vasomotorische Reflexe vom Rückenmarke aus sind in LUDWIG'S Institut von ASP und besonders von DITTMAR⁹ angestellt worden: dass durch Reizung des centralen Theiles vom durchschnittenen Lendenmarke eine Druckerhöhung im arteriellen Systeme be-

1 J. BUDGE, Arch. f. d. ges. Physiol. VI. S. 303. 1872.

2 AFANASIEFF, Meissner's Jahresber. 1870. S. 261.

3 EULENBURG & LANDOIS, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 260; Arch. f. pathol. Anat. LXVIII. S. 245. 1877.

4 E. HITZIG, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 323.

5 DANILEWSKY jun. (u. SCZELKOW in Charkow), Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 128. 1875.

6 BOCHFONTAINE, Compt. rend. LXXXIII. p. 233. 1876; Arch. d. physiol. norm. et pathol. 2. sér. III. p. 140. 1876.

7 VULPIAN, Ibid. 2. sér. III. p. 814. 1876.

8 KUESSNER, Centralbl. f. med. Wiss. 1877. S. 821.

9 DITTMAR, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1870. S. 18.

wirkt wird, hat ASP beobachtet. DITTMAR hat theils die einzelnen Stränge, theils Stümpfe des Rückenmarks, bei denen die eigentlichen sensiblen Fasern ausgeschlossen sein mussten, gereizt, und zwar mechanisch und electricisch, und bei einige Zeit andauernden, auch ganz schwachen Reizen Druckerhöhung im arteriellen Gebiete gefunden. Namentlich gilt dies auch von der Reizung eines Rückenmarksstumpfes, von welchem die Hinterstränge bis zur grauen Substanz der hintern Hörner abgeschält, die vorderen Wurzeln abgetrennt, der Stumpf der vorderen Stränge, der Seitenstränge und der grauen Substanz durch Guttaperchapapier von dem übrigen Körper isolirt ist: dieser Stumpf ist äusserst empfindlich für ganz schwache Reize, indem Streichen mit einer stumpfen Nadel, ganz schwache, auf der Zungenspitze nicht mehr fühlbare Wechselströme sehr merkliche Drucksteigerung erzeugen. DITTMAR schliesst daraus, dass innerhalb des Rückenmarks ein System von Fasern vorkommt, welche, obwohl sie nicht zu den Nervenwurzeln gehören, den directen Reizen zugänglich sind — welche zugleich die empfangene Erregung durch die ganze Länge des Rückenmarks hindurch fortpflanzen und sie endlich in der Medulla oblongata auf vasomotorische Nerven übertragen. Diese, die Erregung leitenden Fasern sieht er als sensible oder aesthesodische (SCHIFF) an. Die Versuche sind an curaresirten Kaninchen angestellt worden.

DITTMAR hat bei diesen Versuchen aber auch eine grosse Drucksteigerung bei Verletzung oder Reizung der Dura mater gefunden, z. B. regelmässig bei einfacher Eröffnung des Durasackes. — Dagegen hat er keine vasomotorischen Reflexe durch Reizung der isolirten Vorderstränge erhalten, und ebenso wenig bei Reizung der Cauda equina.

IV. Das vasomotorische Centrum.

Da durch psychische Einwirkungen, durch Reizung sensibler und sympathischer und zu den Muskeln gehender Nerven an ihrem nach dem cerebrospinalen Centrum gehenden Ende, durch Reizung einzelner Gehirnthteile und Rückenmarksstränge eine Veränderung des Blutdruckes im arteriellen Systeme unabhängig von der Herzthätigkeit, und damit eine Erregung vasomotorischer Nerven bewirkt wird, so muss ein Organ angenommen werden, in welchem ein Uebergang der Erregung von den gereizten Nerven auf vasomotorische Nerven vermittelt wird. Der Nachweis eines solchen vasomotorischen Centralorganes lässt sich auf dem Wege führen, dass man erstens untersucht, welche Theile von Gehirn und Rückenmark entfernt oder ausgeschaltet werden können, ohne dass die Uebertragung der Erregung von sensiblen und andern Nerven auf vasomotorische Nerven unterbrochen wird — und indem man zweitens diejenigen Theile aufzufinden sucht, deren Zerstörung das Ausbleiben jener Uebertragung zur Folge hat.

Auf diesen Wegen ist man zu dem Resultate gelangt, dass ein

reflectorisches Centralorgan für die Gefässnerven in der Medulla oblongata liegt, von welchem alle oder nahezu alle vasomotorischen Nerven des Körpers innervirt werden, da eine Zerstörung des Rückenmarks und des Gehirns bis zu einer bestimmten Grenze an der Medulla oblongata die Uebertragung von Reizen auf die vasomotorischen Nerven nicht verhindert, Zerstörung der Medulla oblongata zwischen diesen Grenzen aber die Reflexion der Erregung aufhebt. Da mit der Zerstörung oder Abspaltung dieses Organes eine Gefässerweiterung in fast allen Körpertheilen erfolgt, Reizung jener Stelle dagegen eine fast allgemeine Gefässverengerung bewirkt, so muss man annehmen, dass das in der Medulla oblongata gelegene vasomotorische Centrum nicht nur ein reflectorisches Organ, sondern ein tonisches Organ ist, von welchem ununterbrochen die vasomotorischen Nerven in einer mittleren Erregung erhalten werden, welche eine mittlere Spannung der Gefässmusculatur und mittleren Contractionsgrad der Blutgefässe bedingt. —

Beim Kaninchen sind die Grenzen des vasomotorischen Centrums am genauesten bestimmt worden: seine untere Grenze (nach dem Rückenmark hin) liegt etwa 3 Mm. über der Spitze des Calamus scriptorius, seine obere (Gehirn-) Grenze in der Fovea anterior, ungefähr am oberen Rande des Corpus trapezoides, und zwar im vorderen Theile der Seitenstränge. Diesem Bezirk entspricht ein genauer ganglienhaltiger Kern (VAN DEEN'S unterer diffuser Theil der oberen Olive, CLARKE'S antero-lateral nucleus).

Ausser diesem vasomotorischen Centralorgan finden sich aber verschiedene Stellen im Rückenmarke und im Gebiete des Sympathicus, welche Reflexe auf vasomotorische Nerven vermitteln, abgesehen von den in unmittelbarer Umgebung der Gefässe oder in den Gefässwandungen zu statuierenden Regulationsvorrichtungen. Der Zusammenhang dieser reflectorischen Herde mit dem vasomotorischen Centrum in der Medulla oblongata ist noch unklar. Ganz unerforscht sind die Bahnen in der Medulla oblongata, auf welchen die Ueberleitung von der Erregung einzelner Nerven auf bestimmte vasomotorische Nerven stattfindet.

Mit einer Art von divinatorischer Inspiration stellte vor 33 Jahren HENLE¹ die Frage auf, „ob es ein Centralorgan für die Gefässe gebe, in welchem deren Nerven zusammenkommen, von wo aus alle oder doch grössere Abtheilungen derselben regulirt werden“. Diese Frage wurde zuerst von SCHIFF² einer experimen-

1 J. HENLE, Handb. d. rat. Pathol. I. S. 253. 1846.

2 M. SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. S. 198—219. 1855.

tellen Untersuchung unterworfen, indem er bei Kaninchen, Hunden und Meerschweinchen halbseitige Durchschneidungen des Halsmarkes und halbseitige oder vollständige Durchschneidungen des Rückenmarkes ausführte und die darnach entstehende Erweiterung der Gefäße und Temperaturzunahme in ihrer Ausdehnung feststellte. SCHIFF fand nach Durchschneidung der einen Hälfte des Halsmarkes unterhalb des Calamus scriptorius Temperaturerhöhung am Ohr, Nase, Zehen der Vorder- und Hinterbeine der gleichnamigen, dagegen an Hals, Schulter, Rippen und Lenden der entgegengesetzten Seite — nach Durchschneidung oberhalb des Calamus aber keine Temperaturerhöhung der gleichnamigen Extremitäten, wohl aber der Nase und des Auges. Er schliesst daraus, dass „das Centrum der Gefässnerven im Niveau des Calamus liegt“.

Von neuem wurde die Frage des vasomotorischen Centrums wieder aufgenommen von LUDWIG und seinen Schülern. Durch die Untersuchungen von LUDWIG und THIRY¹ wurde zunächst der Einfluss, welchen das Halsmark auf den Blutdruck unabhängig von der Herzthätigkeit hat, bestimmt. Sie fanden, dass nach der Durchschneidung des Halsmarkes in der Höhe des Atlas bei electricischer Reizung des Rückenmarkes unterhalb des Schnittes nicht nur eine bedeutende Erhöhung des Blutdruckes, sondern eine starke, theilweise bis zur Verschlussung gesteigerte Verengung aller der directen Beobachtung zugängigen Arterien des ganzen Körpers, mit Ausschluss der Kopfgefäße, also der Arterien der oberen und unteren Extremität, der Phrenicae, Lienalis, Gastricae, Mesentericae, Renales, Vesicales, Uterinae. Damit war die Ansicht, dass der Druck bei Rückenmarkreizung die Folge von vergrößerter Herzfrequenz sei, beseitigt; LUDWIG und THIRY eliminirten diesen Einfluss gleichwohl noch besonders, indem sie die Verbindungsnerve zwischen Rückenmark und Herz galvanokaustisch zerstörten. Die weiteren Untersuchungen DITTMAR's² unter LUDWIG's Leitung wiesen dann nach, dass der Ort, wo die Reflexe von den sensiblen auf die vasomotorischen Nerven zu Stande kommen, in der Medulla oblongata gelegen ist, und dass nach der Trennung des Grosshirns von der Medulla die Reflexe in gleicher Weise, wie vor der Trennung zu Stande kommen: gehindert wird die Reflexion nur dann, wenn bei der Entfernung des Grosshirns der Durasack mit Blut gefüllt wird. Durch OWSJANNIKOW³ und LUDWIG wurde dann eine genauere Begrenzung des vasomotorischen Centrums in der Medulla durch Versuche an Kaninchen und Katzen ermittelt; OWSJANNIKOW fand die obere Grenze desselben bei Kaninchen 1—2 Mm. unterhalb der Vierhügel, die untere Grenze 4—5 Mm. oberhalb der Spitze des Calamus scriptorius, also von oben nach unten in einer Länge von 4 Mm.; ausserdem giebt OWSJANNIKOW an, dass die genannten Organe seitwärts von der Mittellinie des verlängerten Markes liegen. Noch etwas genauer hat DITTMAR⁴ später bei LUDWIG die Grenzen des vasomotorischen Centrums bestimmt, wie die

1 C. LUDWIG & L. THIRY, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XLIX. (2) S. 421. 1864.

2 DITTMAR, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1873. S. 19.

3 OWSJANNIKOW, Ebenda. 1871. S. 135.

4 DITTMAR, Ebenda. 1873. S. 449.

Figur, welche DITTMAR gegeben hat, zeigt. Der vasomotorische Bezirk bildet nach DITTMAR nur einen kleinen prismatischen Raum in dem vorderen Theile der Seitenstränge.

Die Untersuchungsmethoden, welche von OWSJANNIKOW und DITTMAR angewendet wurden, sind in den Hauptzügen folgende: An curaresirten Kaninchen, deren Vagi durchschnitten sind, und deren Carotis mit dem registrirenden Manometer in Verbindung gesetzt ist, werden entweder nach Freilegung der Medulla oblongata (DITTMAR), oder nach Anlegung einer Reihe paarweiser kleiner Trepanöffnungen neben der Mittellinie des Hinterhauptsbeines (OWSJANNIKOW) nach einander Schnitte in auf- oder absteigender Ordnung durch die Masse des verlängerten Markes gemacht, auf einer oder auf beiden Seiten, und beobachtet, ob ein andauerndes Sinken des Druckes oder bei Reizung des Ischiadicus ein Steigen des gesunkenen Druckes stattfindet. Tritt ein Steigen ein, so ist das reflectorische Centrum noch nicht von dem Schnitte getroffen — tritt kein Steigen ein nach Reizung des sensiblen Nerven, so ist eine Zertrennung des vasomotorischen Centrums anzunehmen. Um eine ganz genaue, sichere und ihrer Grösse und Richtung nach zu bestimmende Führung des Messerchens zu bewerkstelligen, hat DITTMAR einen an dem Kopfhalter für das Kaninchen fest anzuschraubenden Apparat angebracht, mit einem in verschiedene Höhe und Richtung stellbaren Schlitz, durch welchen das Messerchen hindurchgeführt und die Medulla an einer bestimmten Stelle geradlinig durchschnitten wird. Nach Beendigung des Versuches wird die Medulla erhärtet und untersucht, welche Stellen von dem Schnitte getroffen, welche Stellen von extravasirtem Blute durchzogen und welche Stellen intact geblieben sind.



Fig. 6.

Da im Leben die Gefässwandungen einen gewissen Tonus besitzen, welcher nach Zerstörung der Medulla oblongata abnimmt, so dass ein Sinken des Blutdruckes, eine Erweiterung der Gefässe und Temperaturerhöhung eintritt, wie die Versuche von SCHIFF schon bei einseitiger Markdurchschneidung ergeben hatten, so wurde in OWSJANNIKOW's und DITTMAR's Versuchen auch darauf geachtet, ob der Druck nach Ausführung der Schnitte dauernd vermindert blieb, oder ob er zu seiner früheren Höhe wieder heraufging. Die Versuche haben indess nicht ergeben, dass ausser dem reflectorischen Centrum noch ein besonderes tonisches (automatisches) Centrum anzunehmen ist.

Das Grosshirn steht in keiner näheren Beziehung zu dem vasomotorischen Centrum als das Rückenmark: Reizung von gewissen Stellen des Grosshirns bringt vasomotorische Veränderungen hervor,

welche in eine Kategorie mit den vasomotorischen Erregungen nach Reizung sensibler Nerven zu stellen sind, aber durch die Exstirpation oder Ausschliessung des Grosshirnes wird die Wirksamkeit des Gefässcentrums nicht verändert.

Dass das Grosshirn nicht bedingend ist für das Zustandekommen von vasomotorischen Reflexen geht theils aus Beobachtungen von HEIDENHAIN¹ und von NAWALICHIN², theils aus den Versuchen, welche DITTMAR in seiner ersten Arbeit veröffentlicht hat, und welche von LATSCHENBERGER und DEAHNA³ bestätigt werden, auf das bestimmteste hervor, da diese Beobachter nach vollständiger Exstirpation des Grosshirns beim Kaninchen und beim Hunde (HEIDENHAIN) bei centraler Ischiadicusreizung die Erhöhung des Blutdruckes erhielten. Die gegentheiligen Resultate, welche VON BEZOLD⁴ und CYON⁵ erhielten, erklären sich theils aus Ansammlungen von Blut im Durasack, wodurch die Leitung im Rückenmark vom Ischiadicus her aufgehoben wird, theils aus einer Erschöpfung der Medulla durch die starke Blutung bei der Gehirnexstirpation. Zur Vermeidung solcher Blutungen ist schon von NAWALICHIN statt der Durchschneidung des Gehirns über der Medulla oblongata die Unterbindung der Gehirnarterien bei Katzen vorgenommen worden, welche später von S. MAYER⁶ in vollständigster Weise ausgeführt wurde und den Nachweis des Einflusses des vasomotorischen Centrums auf die Körperarterien lieferte. Durch die MAYER'schen Versuche allein würde allerdings eine nähere Bestimmung des Ortes des vasomotorischen Centrums nicht gegeben werden können, da es sogar scheinen könnte, als ob das „cerebrale Centrum für die Vasomotoren“ nicht in der Medulla oblongata, sondern im Gehirn liegen müsste, was indess nicht gemeint ist. Beim Hunde lässt sich, wie PANUM⁷ fand und HEIDENHAIN⁸ und S. MAYER bestätigten, durch Zuklemmen der Art. vertebrales und der Carotiden der Blutstrom zum Gehirne nicht aufheben.

Ausser dem vasomotorischen Centrum in der Medulla oblongata kann aber auch durch das Rückenmark und das Lendenmark eine reflectorische Gefässerregung vermittelt werden, da Reizung des N. ischiadicus nach Zerschneidung des Lendenmarkes an seiner oberen Grenze oder nach Durchschneidung des Rückenmarkes eine Gefäss- und Temperaturveränderung in dem Beine der anderen Seite zur Folge hat.

Schon BROWN-SÉQUARD⁹ hatte den Versuchen von SCHIFF entgegen aus seinen Versuchen den Schluss gezogen, dass das verlängerte Mark

1 R. HEIDENHAIN, Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 510. 1870; IV. S. 552. 1871.

2 NAWALICHIN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1870. S. 483.

3 LATSCHENBERGER & DEAHNA, Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 192. 1876.

4 VON BEZOLD, Unters. üb. d. Innerv. d. Herzens. S. 273. 1863.

5 E. CYON, Compt. rend. II. p. 568. 1869.

6 S. MAYER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIII. (3) S. 85. 1876.

7 PANUM, Ztschr. f. klin. Med. (von Günsburg) VII. S. 409. 1856.

8 HEIDENHAIN, Studien d. physiol. Inst. z. Breslau. IV. S. 87. 1868.

9 BROWN-SÉQUARD, Journ. d. physiol. de l'homme. I. p. 209. 1858.

nicht das alleinige Centrum der Gefässnerven sei, und GOLTZ¹ kam in seinen Versuchen über den Tonus der Gefässe zu dem Resultate, dass dasselbe beim Frosche von dem Rückenmarke abhängig sei, und dass dies nach den Versuchen von LE GALLOIS auch für Säugethiere angenommen werden müsse. SCHLESINGER² fand dann, dass nach Durchschneidung des Halsmarkes durch Strychninvergiftung eine Erhöhung des Blutdruckes eintritt, und dass bei so behandelten Thieren durch Reizung sensibler Nerven reflectorische Blutdruckssteigerung hervorgerufen wird, woraus er auf vasomotorische Centra unterhalb der Medulla oblongata im Rückenmarke schliesst. Von ganz besonderem Werthe für diese Annahme sind aber Versuche von GOLTZ³, in denen er an Hunden, welchen das Rückenmark durchschnitten worden war, durch Reizung des durchschnittenen linken Ischiadicus am centralen Stumpfe erst Sinken, dann Steigen der Temperatur in dem rechten Fusse beobachtete, und zwar in einem Falle ein Steigen um 6,2°. Einen Versuch der Reflexwirkung auf die Gefässnerven des Penis bei durchschnittenem Lendenmarke von GOLTZ haben wir schon oben (S. 430) angeführt. BOCHEFONTAINE⁴ beobachtete unter ähnlichen Bedingungen Drucksteigerung, wenn nach Zerquetschung des Rückenmarks in der Höhe der vorderen Extremitäten der Ischiadicus gereizt wurde. Versuche, welche VULPIAN⁵ zur Stütze der Annahme vasomotorischer Reflexapparate im Rückenmarke anstellte, ergaben Temperaturerniedrigung bei Reizung des Ischiadicus, Temperaturerhöhung bei Reizung der ungleichnamigen Pfote; die Veränderungen bei VULPIAN sind nur gering. Auch LUCHSINGER⁶ bestätigte die Versuche von GOLTZ bezüglich der Gefässerweiterung nach andersseitiger Ischiadicusreizung. Die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks bei Unterbindung der gesammten Kopfarterien bestätigten KABIERSKE und HEIDENHAIN⁷ in einer Anzahl von ihren Versuchen, sahen aber nicht immer den Druck bei Reizung des Ischiadicus steigen, selbst bei strychnisirten Thieren nicht constant. Während HEIDENHAIN die reflectorische Gefässverengerung mit Hülfe des Rückenmarkes für zweifellos hält, findet er, dass der Umfang des von dem Rückenmarke beherrschten Gefässgebietes sehr viel kleiner ist, als der Umfang des von dem verlängerten Marke beeinflussbaren Gebietes.

Für den Frosch schliesst NUSSBAUM⁸ in Uebereinstimmung mit den früheren Versuchen von LISTER⁹, dass beim Frosche das Rückenmark selbstständig wie die Medulla oblongata die Gefässinnervation besorgt, da nicht nach Trennung des Gehirns und der Medulla oblongata, sondern erst nach Exstirpation des ganzen centralen Nervensystems der Gefässtonus aufhört. Ausserdem werden nach Exstirpation des Gehirns und des verlängerten Markes Arteriencontractionen in Folge von Rei-

1 F. GOLTZ, Arch. f. Anat. u. Physiol. XXIX. S. 394. 1864.

2 SCHLESINGER, Wiener med. Jahrb. 1874. S. 1.

3 GOLTZ, Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 189. 1874.

4 BOCHEFONTAINE, Arch. de physiol. norm. et pathol. 1876. p. 140.

5 VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 266 u. fg. 1875.

6 LUCHSINGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 378 Anm. 1877.

7 R. HEIDENHAIN & KABIERSKE, Arch. f. d. ges. Physiol. X. S. 518. 1875.

8 NUSSBAUM, Ebenda. X. S. 374. 1875.

9 J. LISTER, Philos. Transact. 1858. p. 607.

zung sensibler Nerven beobachtet. — Die Innervationsverhältnisse der Schwimmhautgefäße sind aber nach den Untersuchungen von HUIZINGA¹ complicirter, da Hautreize bald reflectorische Verengung, bald Erweiterung der Arterien in der Schwimmhaut zur Folge haben, was abhängig ist theils von der Entfernung der gereizten Stelle von der Schwimmhaut, theils von der Stärke des Reizes. Da HUIZINGA beobachtete, dass nach Durchschneidung des Plexus und Nervus ischiadicus Reizung der Zehen eine eben so starke Erweiterung der Arterien bewirkte, als am unverletzten Thiere, so schliesst er, dass die Arterienerweiterung nicht von spinalen Centren, sondern von „localen Gefässcentren“ abhängig ist (vgl. S. 422).

In welchem Zusammenhange das vasomotorische Centrum der Medulla oblongata zu den spinalen vasomotorischen Reflexapparaten steht — ob die letzteren nur vicariirend auftreten, oder ihre Wirksamkeit eine im Verhältniss zu der des Centrums im verlängerten Marke untergeordnete ist, geht aus den bisherigen Untersuchungen nicht hervor. Eine Generalisirung der an einer Thierart erhaltenen Resultate ist hier ganz besonders zu unterlassen — noch bedenklicher ist die Neigung VULPIAN's, eine Analogie der reflectorischen Gefässveränderungen mit den Reflexen auf motorische Nerven festzuhalten.

Das vasomotorische Centrum in der Medulla oblongata wird durch den Wechsel im Gasgehalte des Blutes in seiner Erregung und Wirkung auf die Gefässnerven verändert. Der Mangel an Sauerstoff im Blute und der Reichthum des Blutes an Kohlensäure wirken in gleichem Sinne erregend auf das vasomotorische Centrum. Die Steigerung des Blutdruckes im arteriellen Systeme, welche durch Athmungssuspension, oder durch Athmung sauerstoffreicher Luft, oder durch Athmung kohlendioxidreicher Luft (bei unverändertem Sauerstoffgehalt) herbeigeführt wird, beruht auf der Contraction aller kleinen Arterien. Sie tritt nicht oder nur in geringem Grade ein, wenn das Rückenmark zwischen den beiden oberen Wirbeln zerquetscht wird. Die respiratorischen Blutdruckschwankungen bei regelmässiger künstlicher Athmung an curaresirten Thieren sind die Folge des veränderten Sauerstoff- und Kohlensäuregehaltes im Blute — aber auch bei Athmungssuspension treten regelmässige periodische Druckschwankungen (unabhängig von der Herzfrequenz) auf, welche vielleicht auf einer Uebertragung der Erregungen des Athmungscentrums auf das Gefässcentrum beruhen.

Nachdem LUDWIG² schon in seinen ersten Untersuchungen am Kymographion den Einfluss der Athmung auf den Blutdruck besonders her-

1 HUIZINGA, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 207. 1875.

2 C. LUDWIG, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. S. 242.

vorgehoben hatte, stellte er später mit EINBRODT¹ Versuche über den Einfluss des vermehrten, verminderten und des unveränderten Respirationsdruckes auf den Blutdruck an. Es ergab sich bei diesen Beobachtungen, dass der Blutdruck nicht während der ganzen Dauer der Expiration zunimmt, und die Inspiration den Mittelwerth des Blutdruckes nicht herabsetzt, dass vielmehr die Erhöhung des Blutdruckes nur im Beginne der Expiration stattfindet, im weiteren Verlaufe derselben aber eine Abnahme erfährt und im Verlaufe der Inspiration steigt, also nicht von dem Luftdrucke in der Lunge und im Thorax, sondern von Nerveninflüssen abhängig ist.

TRAUBE² fand dann, dass bei curaresirten Hunden, deren Vagi durchschnitten waren, der Druck im Aortensysteme während der Einblasungen (bei künstlicher Respiration) um ein wenig steigt, unmittelbar nach der Einblasung aber schnell und beträchtlich sinkt und hierauf wieder allmählich in die Höhe geht, dass bei diesen respiratorischen Elevationen aber die Herzfrequenz sich ganz gleich bleibt — er fand ferner, dass das Aufhören der Einblasungen stets ein Steigen des mittleren Blutdruckes, die Vermehrung der Zahl der Einblasungen ein Sinken, ihre Verminderung ein Steigen des Druckes zur Folge hat. TRAUBE³ führte ferner den Nachweis, dass die Kohlensäure des Blutes der natürliche Erreger der respiratorischen und der Herznervencentren sei — indess war es THIRY⁴ unter LUDWIG's Führung vorbehalten, den Nachweis des vasomotorischen Einflusses der Athmung zu geben, indem er die starke Contraction aller kleinen Arterien bei starker Schwellung des bloßgelegten Herzens beobachtete, wenn die Athmung unterbrochen wurde, wenn Wasserstoff oder ein irrespirables Gas geathmet wurde, ganz besonders aber bei Athmung eines Gemenges von $\frac{1}{3}$ Kohlensäure und $\frac{2}{3}$ Sauerstoff.

THIRY wies also als die Ursache der von TRAUBE beobachteten Steigerung des arteriellen Druckes die Zusammenziehung der kleinen Arterien (und die Schwellung des Herzens) nach, welche, wie sich weiter aus LUDWIG und THIRY's⁵ Untersuchungen ergab, abhängig war von der Erregung des vasomotorischen Centrums der Medulla oblongata. Bald darauf bestätigte TRAUBE⁶ die LUDWIG-THIRY'schen Beobachtungen und stellte die Sätze auf: 1. dass die Suspension der Athmung bei curaresirten Thieren, denen das Rückenmark zwischen 1. und 2. Halswirbel zerquetscht und denen die Vagi durchschnitten sind, den Blutdruck nur wenig oder gar nicht steigert; 2. dass die grossen periodischen Schwankungen, welche man ohne Rückenmarkszerstörung beobachtet, dann nicht auftreten; 3. dass das in der Medulla oblongata befindliche Centrum des vasomotorischen Nervensystems unter dem Einfluss der Blutkohlensäure in eine periodische Thätigkeit gerathen und in rhythmischer Weise Contraction und Erschlaffung der Körperarterien hervorzurufen vermag.

1 EINBRODT, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XL. S. 361. 1860.

2 L. TRAUBE, Allgem. med. Centralztg. 1862. No. 25; Ges. Beitr. z. Pathol. u. Physiol. I. S. 310. 1871.

3 Derselbe, Allgem. med. Centralztg. 1863. Nr. 97 u. 98; Beitr. I. S. 321.

4 THIRY (und LUDWIG), Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864. S. 722.

5 LUDWIG u. THIRY, Sitzgsber. d. Wiener Acad. XLIX. S. 421. 1864.

6 L. TRAUBE, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1865. S. 881.

Diese Sätze sind mehrfach angegriffen worden. Die Behauptung POKROWSKY's¹, dass die auftretenden Wellen aus einer primär vermehrten Herzfrequenz abzuleiten seien, ist von keinem andern Beobachter bestätigt worden. Die Unabhängigkeit aller dieser Erscheinungen von der Herzthätigkeit hat in unwiderlegbarer Weise HERING² bewiesen, indem er das Herz durch ein Pumpwerk ersetzte, welches in die vom Herzen abgebundene Aorta defibrinirtes Blut rhythmisch einspritzte und durch ausgiebige Eröffnung des rechten Vorhofes für freien Abfluss des Blutes sorgte: es gelang ihm (wenigstens in einem Versuche) die periodischen Schwankungen deutlich auftreten zu sehen.

Die uns hier besonders interessirende Frage, ob die Blutdruckssteigerung und periodischen Druckschwankungen von dem vasomotorischen Centrum abhängig sind, ist von KOWALEWSKY und ADAMÜK³ verneint worden, da weder Zerstörung des Rückenmarkes zwischen dem ersten und zweiten Wirbel, noch Durchschneidung der Nn. splanchnici, noch Exstirpation des Plexus myentericus das Steigen des Druckes verhindert und auch die periodischen Schwankungen nicht aufhebt, aber allerdings ihr Eintreten sehr verzögert; sie schliessen daraus, dass diese Erscheinungen von der Erregung der peripherischen Gefässnerven herrühren. HERING, welcher im Allgemeinen diese Angaben bestätigt, fand indess die nach der Markdurchschneidung auftretenden Wellen in ihrer Länge und Höhe ausserordentlich verschieden von den ohne Markdurchschneidung auftretenden Wellen und legt beiderlei Wellenarten verschiedene Ursachen zu Grunde. Er fand ferner, dass die TRAUBE'schen Wellen nicht bloß nach der Suspension der Athmung mit dem Steigen des Druckes auftreten, sondern dass sie auch während der künstlichen Respiration auftreten, wenn ein gewisser Grad von Venosität des arteriellen Blutes erhalten wird, und er leitet sie daher ab von der rhythmischen Thätigkeit des respiratorischen Nervencentrums. S. MAYER⁴ hat auf Grund ausgehnter Untersuchungen über Blutdrucksschwankungen die Annahme gemacht, dass die TRAUBE-HERING'schen Wellen nur auftreten, wenn das vasomotorische Centrum functionsfähig ist, und dass (im Anschlusse an HERING) dieselben in directer Beziehung zum Respirationscentrum stehen, dass nämlich vom Athmungscentrum rhythmische Impulse nach dem Centrum für die Gefässinnervation übergehen, welche durch ihre Ansammlung rhythmisch eine Verstärkung des Tonus dieses Centrums hervorbringen. Die Integrität des vasomotorischen Centrums hält MAYER bedingend für das Auftreten der TRAUBE-HERING'schen Wellen auf Grund von Versuchen, in denen nach Ausschaltung des vasomotorischen Centrums durch Zuklemmen sämtlicher Gehirnarterien die früher vorhandenen Wellen schwanden, nach Lösung der Klemmen und Erholung des Gehirns (beziehungsweise des vasomotorischen Centrums) aber wieder auftraten. Die Abhängigkeit jener Wellen von der Erregung des Athmungscentrums leitet HERING theils von der erforderlichen Venosität des Blutes, theils von der Beob-

1 POKROWSKY, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 59.

2 E. HERING, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LX. (2) S. 829. 1869.

3 KOWALEWSKY & ADAMÜK, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. S. 579.

4 S. MAYER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIV. (3) S. 281. 1876.

achtung ab, dass bei einem gewissen Grade der Curaresirung rhythmische Zuckungen der Beine erfolgen, welche gleichen Rhythmus mit den TRAUBE'schen Wellen zeigen, wenn die künstliche Athmung suspendirt wird; diese rhythmischen Beinbewegungen treten bei geringerer Curarevergiftung associirt mit den Athembewegungen auf, welche das Thier zu machen sucht, aber nur mangelhaft ausführt, und so müssen also die rhythmischen Beinzuckungen wohl als der Ausdruck intendirter Athembewegungen angesehen werden.

Was die von KOWALEWSKY und ADAMÜK beobachteten Blutdrucksteigerungen nach Zerquetschung des Halsmarkes in Folge von Athmungssuspension betrifft, so sind dieselben im Widerspruche mit den Beobachtungen von S. MAYER, so wie von HEIDENHAIN und KABERSKE¹, welche letzteren nicht einmal bei solchen Thieren, bei welchen auf Reizung des Ischiadicus Blutdrucksteigerung erfolgte, eine Erhöhung des Druckes in Folge von Athmungssuspension eintreten sahen. Welche Bedingungen zu den entgegengesetzten Resultaten geführt haben, ist bis jetzt nicht ermittelt — die Beobachtungen von TRAUBE können jedenfalls nicht als widerlegt angesehen werden und damit wird die Annahme aufrecht zu halten sein, dass sowohl die Drucksteigerung nach Athmungssuspension, als auch die TRAUBE-HERING'schen Druckschwankungen von einer Erregung des vasomotorischen Centrums hervorgebracht werden.

Zu entgegengesetztem Resultate sind in der letzten Zeit KOWALEWSKY² sowie FUNKE und LATSCHENBERGER³ gekommen, indem nach den Versuchsergebnissen des ersteren die respiratorischen Druckschwankungen bei der künstlichen Athmung durch den Capacitätswechsel des Lungencapillarsystems — nach den beiden letzteren sowohl bei der künstlichen, als bei der natürlichen Respiration — also überhaupt nicht durch vasomotorische Einflüsse hervorgebracht werden. — Indess vergleiche man die diese Ansicht erheblich restringirenden Untersuchungen von LUCHSINGER⁴ und von ZUNTZ⁵.

Da nach der Trennung des vasomotorischen Centrums von dem Rückenmarke eine Erweiterung aller Gefäße eintritt, so muss man annehmen, dass während des Lebens fortwährend Erregungen von diesem Centrum auf die Gefässnerven ausgehen, welche eine gewisse mittlere Spannung der Gefäßmuskulatur zur Folge haben. Das vasomotorische Centrum ist daher sowohl ein reflectorischer als auch ein tonischer Apparat. Da sich einige Zeit nach Rückenmarksdurchschneidung und auch nach Durchschneidung von Nervenstämmen der Tonus der Gefäße wieder herstellt, so müssen auch an der Peripherie der Gefässnerven Apparate, welche den arteriellen Tonus erhalten können, vorhanden sein.

1 HEIDENHAIN & KABERSKE, Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 518. 1877.

2 KOWALEWSKY, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. I. S. 416. 1877.

3 FUNKE & LATSCHENBERGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. S. 405. 1877.

4 LUCHSINGER, Ebenda. XVI. S. 518 u. fg. 1877.

5 ZUNTZ, Ebenda. XVII. S. 374. 1878.

V. Ursprung und Verlauf der Gefässnerven.

Die Gefässnerven verlaufen theils mit spinalen, theils mit sympathischen Nerven gemischt und stehen offenbar mit dem Rückenmarke, und durch dasselbe mit dem vasomotorischen Centrum in der Medulla oblongata in Verbindung. Andererseits stehen sie in Verbindung mit verschiedenen Ganglien im Gebiete des Sympathicus. Ueber die Verbindung der vasomotorischen Nerven im Rückenmarke mit denen in dem verlängerten Marke ist uns nichts Näheres bekannt. Die allgemeine Frage, wo die Gefässnerven ihren Ursprung haben, kann sich nur darauf beziehen, ob die Gefässnervenfasern von den Ganglienzellen des Sympathicus entspringen, oder von irgend welchen Ganglienzellen im Gehirn. — In diesem Sinne hat man die Frage auf physiologischem Wege nur an einzelnen Regionen zu beantworten versucht, indem man die Resultate der Exstirpation einzelner Ganglien verglich mit den Resultaten der Exstirpation bestimmter vom Rückenmark zu diesen Ganglien gehender Nervenäste: die gewonnenen Resultate führen zu der Annahme, dass die Gefässnerven vom Rückenmarke kommen, d. h. cerebrospinalen Ursprung haben. Ausserdem hat man die Frage auf anatomischem Wege zu lösen versucht, indem man die Methode der Degeneration der von ihrem Centrum getrennten Nerven auf die sympathischen Fasern des Grenzstranges anwendete, welche zu dem Resultate führte, dass dieselben ihren Ursprung im Rückenmark haben müssen.

Die Frage nach dem Verlaufe der vasomotorischen Nerven von dem Rückenmarke nach den Gefässen lässt sich lösen, indem man untersucht, ob die vasomotorischen Nerven mit den motorischen oder sensiblen Wurzeln, welche einen Körpertheil versorgen, vereinigt austreten, oder ob sie auf einem anderen Wege zu den Nervenstämmen gelangen: ersteren Falles muss die Durchschneidung der den Nervenstamm bildenden Wurzeln denselben Erfolg haben, wie die Durchschneidung des Nervenstammes selbst, letzteren Falles muss die Gefässveränderung bei Durchschneidung des Nervenstammes Unterschiede zeigen von dem Verhalten der Gefässe bei Durchschneidung der Wurzeln und es sind dann die Wege der Gefässnerven mittelst neuer Durchschneidungsversuche an anderen Nerven oder Nervenwurzeln zu ermitteln. Die Versuche haben ergeben, dass die Gefässnerven zum Theil den motorischen Wurzeln sich anschliessen, zum grössten Theile aber auf anderen Wegen zu ihrem Gefässbezirke gelangen. Wir müssen den Verlauf der Gefässnerven in

den einzelnen Bezirken des Körpers gesondert verfolgen, wobei sich zugleich ihr Ursprung ergeben wird.

1. Die vasomotorischen Ohrnerven kommen theils durch den N. auricularis cervicalis, aus dem zweiten und dritten Cervicalnerven, theils aus dem obersten Halsganglion des Sympathicus, doch stammen die Gefässnerven im Sympathicus für das Ohr aus dem Rückenmark in der Gegend der unteren Hals- und der obersten Brustwirbel.

Gerade die Gefässnerven des Kaninchenohres sind besonders zur Stütze für den Ursprung von Gefässnerven aus dem Sympathicus benutzt worden. Diese Ansicht wurde namentlich von BERNARD¹ festgehalten, von BROWN-SÉQUARD², BUDGE und WALLER³, SCHIFF⁴ dagegen die Annahme gemacht, dass die Gefässnerven aus dem Rückenmarke kämen. Letztere Annahme hatte schon STILLING⁵, welcher den Sympathicus als „Vasomotorius“ bezeichnet haben wollte, gemacht, da er sagt: „Der Vasomotorius ist ein System von Bewegungsnerven, das seinen Ursprung im Rückenmark hat.“ — Bald nach BROWN-SÉQUARD fanden auch BUDGE und WALLER, dass die Zerstörung des Rückenmarks in der Gegend vom letzten Halswirbel bis zum dritten Brustwirbel dieselben Erscheinungen bezüglich der Erwärmung und Röthung des Ohres hervorrufe, wie die Durchschneidung des Hals-sympathicus. In einer früheren Untersuchung hatte BUDGE⁶ diese Stelle als Centrum für die Irisbewegung erkannt, und als Centrum cilio-spinale bezeichnet, dasselbe ist zugleich als Ursprungsstelle für die Gefässnerven des Ohres ermittelt worden. Ausser BERNARD stimmen die genannten Autoren darin überein, dass durch die beiden unteren Hals- und die zwei oder drei oberen Brustnervenzwurzeln die vasomotorischen Fasern für das Ohr beim Kaninchen verlaufen. BERNARD dagegen hat zwar die Erscheinungen am Auge nach Durchschneidung der beiden ersten Rückenmarkswurzeln beobachtet, behauptet aber, dass die Gefässerscheinungen von dem sympathischen Brustganglion abhängig sind. Nach VULPIAN⁷ nimmt BERNARD indess auch an, dass die Gefässnerven des Halssympathicus im Niveau des dritten und vierten Dorsalnerven entspringen. — Nach den Versuchen von SALKOWSKY⁸ über das Ciliospinalcentrum entspringen die Gefässnerven des Ohres beim Kaninchen oberhalb des Atlas, verlaufen ohne Kreuzung im Rückenmark nach abwärts und treten durch die vorderen Wurzeln des siebenten und achten Halsnerven und ersten und zweiten Brustnerven aus, um sich von hier an den Halssympathicus zu begeben.

1 CL. BERNARD, Compt. rend. LV. p. 228. 1862, sowie seine früheren Aufsätze über den Sympathicus in den Compt. rend. 1852 u. 1853.

2 BROWN-SÉQUARD, Philadelphia medical Examiner 1852. p. 489; Leçons sur les nerfs vasomoteurs. p. 13. 1872.

3 BUDGE & WALLER, Compt. rend. XXXVI. p. 377. 1853.

4 SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. S. 167 u. fg. 1855.

5 STILLING, Unters. üb. die Spinalirritation. S. 166. 1840.

6 J. BUDGE, Ueb. d. Beweg. d. Iris. S. 109. 1855; Compt. rend. XXXIII. p. 472. 1852.

7 VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 223. 1875.

8 E. SALKOWSKY, Ztschr. f. rat. Med. XXIX. S. 167. 1867.

2. Die im N. splanchnicus enthaltenen Gefässnerven stammen gleichfalls aus dem Rückenmarke und treten durch die Wurzeln des Grenzstranges in den Splanchnicus ein.

Es ist theils durch die Untersuchungen von BEVER und VON BEZOLD¹ und besonders von M. und E. CYON² dargethan worden, dass Reizung des Cervicaltheiles des Rückenmarks die bedeutende Drucksteigerung, welche derselben folgt, durch den Splanchnicus bewirkt, indem nach Durchschneidung des Splanchnicus die Blutdruckssteigerung vollkommen ausbleiben soll — theils hat ASP³ (und LUDWIG) gefunden, dass die vasomotorischen Centralorgane auf sehr vielen Wegen in Verbindung treten mit dem Splanchnicus: sämmtliche Wurzeln des Grenzstranges nämlich ergaben bei der Reizung, dass die Arterien des Unterleibes sich in fast eben so ausgedehntem Maasse verengerten, wie bei Reizung des Splanchnicus maior und minor selbst.

3. Die Gefässnerven für die vordere Extremität gehen jedenfalls durch die obersten Brustganglien zu den übrigen Nervenplexus der vorderen Extremität und kommen aus dem Rückenmark — ob sie aber theilweise mit den Nervenwurzeln für die Vorderextremitäten austreten, ist controvers.

Wohl wegen der technischen Schwierigkeiten der Operation sind die vasomotorischen Nerven der Vorderextremität verhältnissmässig wenig untersucht worden. Nur SCHIFF⁴, BERNARD⁵ und CYON⁶ haben die Effecte der Durchschneidung der Armplexuswurzeln und der Exstirpation der oberen Brust- und des untersten Halsganglien untersucht und stimmen darin überein, dass die Exstirpation dieser Ganglien eine Erhöhung der Temperatur der betreffenden Extremität hervorbringt. Die Beobachter differiren aber in Bezug auf die Wirkung der Durchschneidung der Nervenwurzeln auf die Gefässerweiterung in der Extremität. Nach SCHIFF, welcher zuerst die Operation der Ganglienexstirpation ausführte, indem er mit dem Finger tastend die Ganglien in der Brusthöhle aufsuchte und mittelst des Fingernagels entfernte (später bediente er sich dazu ebenso wie BERNARD eines eigens zu diesem Versuche besonders gekrümmten Hakens), beträgt die Temperaturerhöhung in der Interdigitalmembran $4\frac{1}{2}$ — $6\frac{3}{4}$ ⁰ (verglichen mit der gesunden Extremität). Ebenso fand BERNARD, dass nach Zerstörung des obersten Brustganglion Temperaturerhöhung und Gefässausdehnung in der Extremität eintritt, und dass eine isolirte Reizung dieses Ganglion eine Verengung der Gefässe und ein Absinken der Temperatur bewirkt. BERNARD fand ferner, dass nach Trennung der zum obersten Brustganglion gehenden oberen, unteren und äusseren Fäden, aber bei Erhaltung der zum Plexus brachialis gehenden inneren Aeste, der-

1 BEVER & VON BEZOLD, Unters. a. d. physiol. Inst. z. Würzburg. 1867. S. 314.

2 M. & E. CYON, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 401.

3 ASP, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1868. S. 135.

4 SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 176; Compt. rend. LV. p. 425. 1862.

5 CL. BERNARD, Ibid. p. 305.

6 E. CYON, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1868. S. 73.

selbe Effect, wie bei Zerstörung der Ganglien und die Erscheinungen bei Reizung des Ganglion dieselben sind, wie ohne die Abtrennung der genannten Aeste. BERNARD schliesst hieraus, dass die vasomotorischen Nerven einen von den Bewegungs- und Empfindungsnerven verschiedenen Ursprung haben, giebt aber die Möglichkeit zu, dass die vasomotorischen Fasern von einem höher oder tiefer gelegenen Orte des Rückenmarks kommen. — SCHIFF fand nun nach Durchschneidung der vier untersten Hals- und der drei obersten Rückenmarkswurzeln eine bedeutende Temperaturdifferenz (9°) zu Gunsten der gelähmten Seite. In seiner zweiten Versuchsreihe unterscheidet SCHIFF Gefässnerven für Fuss, Unterarm und Thorax von Gefässnerven für die Schulter und einen Theil des Unterarmes: erstere kommen von den vorderen Wurzeln des Plexus, letztere gehen von den Brustganglien direct, ohne zum Plexus zu gehen, zu den Gefässen. Hat man erst die Wurzeln durchschnitten und dadurch die Temperatur erhöht, und durchschneidet dann die gelähmten Nerven in der Achselhöhle noch einmal, so wird der Vorderarm noch wärmer — die Schulter verändert ihre Temperatur aber überhaupt nicht. BERNARD dagegen fand nach Durchschneidung der drei unteren Hals- und der zwei ersten Rückenmarkswurzeln keine Temperatursteigerung, wenn jede Verwundung des Rückenmarkes und des obersten Brustganglion vermieden wird. — Obgleich CYON nach Durchschneidung der drei untersten Hals- und der zwei obersten Rückenmarkswurzeln eine, allerdings nicht bedeutende Erhöhung der Temperatur in der Pfote fand, und in Uebereinstimmung mit SCHIFF und BERNARD eine bedeutende Erhöhung nach Exstirpation der Brustganglien, so kommt er doch zu der Annahme, dass die Gefässnerven für die Pfote der vorderen Extremität im Grenzstrange verlaufen und von unten her in das oberste Brustganglion treten; CYON fand nämlich, dass Durchschneidung des Grenzstranges zwischen der zweiten oder dritten bis zur siebenten und achten Rippe ebenso gut Temperaturerhöhung bewirkte, als Exstirpation des Brustganglion, aber dass die Durchschneidung eines Ramus communicans keine merkliche Gefässerweiterung veranlasst, sondern nur die mehrerer, und schliesst daraus, dass die Gefässnerven aus dem Ganglion thoracicum supremum (stellatum) zum Plexus brachialis durch mehrere Rami communicantes gehen. — CYON hat eine anatomische Darstellung und Topographie der hier in Betracht kommenden Nervenwurzeln gegeben.

4. Die vasomotorischen Nerven der hinteren Extremitäten kommen aus dem Rückenmark, gehen theilweise mit den musculo-motorischen oder sensiblen Nervenwurzeln zusammen zum Hüftnerven, treten aber grösstentheils mit höher gelegenen Rückenmarkswurzeln aus und verlaufen durch den Grenzstrang und Bauchstrang des Sympathicus zum Plexus ischiadicus und mit diesem zu den Gefässen.

BERNARD¹ fand nach Durchschneidung sämmtlicher Lumbosacralwur-

¹ CL. BERNARD, Ann. d. sciences nat. 4. sér. I. p. 186. 1854; Compt. rend. LV. p. 228. 1862.

zeln des Hundes keine Temperaturerhöhung oder Gefässerweiterung, SCHIFF¹ fand nach Durchschneidung der beiden letzten Lumbal- und der drei ersten Sacralwurzeln (nicht, wie HEIDENHAIN-OSTROUMOFF sagt, der Sacralwurzeln) eine Temperaturerhöhung, aber eine viel geringere, als nach Durchschneidung des Ischiadicus, und er schliesst daraus, „dass die Gefässnerven des Ischiadicus aus Rückenmarkswurzeln, welche höher oder tiefer liegen, als die, welche dem Hüftnerve seine sensiblen und musculo-motorischen Fasern zuführen, entspringen“. Diesen Satz bestätigen Versuche BROWN-SÉQUARD's² in Bezug darauf, dass die Ursprünge höher im Rückenmark liegen, denn er fand Gefässausdehnung nach Durchschneidung der fünf unteren Dorsalwurzeln — und ebenso Versuche von OSTROUMOFF (HEIDENHAIN)³, welche fanden, „dass die Lumbalwurzeln der Säugthiere zahlreiche Gefässfasern für die Pfote bergen“. SCHIFF giebt ferner an, dass der Plexus ischiadicus theils durch Verbindungsäste der spinalen Plexus, theils durch Rami communicantes des Grenzstranges Communicationen mit den höher gelegenen Spinalnerven eingeht. OSTROUMOFF und HEIDENHAIN haben nun direct nachgewiesen, dass die Durchschneidung des Bauchsympathicus erhebliche Temperatursteigerung, Reizung desselben mittelst tetanisirender Ströme dauernde Temperaturverminderung zur Folge hat. Auch haben dieselben gefunden, dass die Gefässnerven dann durch den Stamm des Ischiadicus zu den Gefässen gelangen, da nach der Durchschneidung des Ischiadicusstammes die Reizung des Bauchsympathicus keine Gefässveränderung mehr in der Pfote bewirkt. OSTROUMOFF und HEIDENHAIN haben aber weiter nachgewiesen, dass schon oberhalb des Lendenmarkes Gefässnerven vom Rückenmark in den Sympathicus eintreten, denn nach Durchschneidung des Rückenmarkes an der oberen Grenze des Lendenmarkes kann man reflectorisch durch Reizung am Vorderkörper Temperatursteigerung in den Hinterfüßen erhalten. Dass aber auch mit den Wurzeln des Ischiadicus Gefässnerven zu der Pfote verlaufen, ist von STRICKER⁴ für Hunde und kürzlich von PUELMA und LUCHSINGER⁵ für die Katze nachgewiesen und damit die Angabe SCHIFF's bestätigt worden; letztere fanden eine stärkere Injection an derjenigen Pfote, deren Ischiadicus, als an derjenigen, wo der gleichseitige Bauchstrang durchschnitten war — bei starker Erwärmung des Thieres kehrte sich das Verhältniss um (cf. S. 421).

Beim Frosche treten die Gefässnerven gleichfalls theils mit den Wurzeln des Plexus ischiadicus, theils mit höheren Wurzeln aus dem Rückenmark aus und gehen durch den Grenzstrang zum Plexus ischiadicus. Dass Gefässnerven mit den vorderen, zum Ischiadicus gehenden Rückenmarkswurzeln zu den Arterien der Schwimnhaut verlaufen, ist von PFLÜGER⁶ zuerst gezeigt worden, da er durch electriche Reizung jener Wurzeln eine Verengerung der Arterien (bei Ausschluss von Muskelbewegungen)

1 SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. S. 168 u. fg. 1855; Compt. rend. LV. p. 462. 1862.

2 BROWN-SÉQUARD, Gaz. méd. de Paris. 1856. No. 16. 17. 23.

3 OSTROUMOFF (HEIDENHAIN), Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 219. 1876.

4 STRICKER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIV. (3) S. 173. 1876.

5 PUELMA & LUCHSINGER, Arch. f. d. ges. Physiol. XVIII. S. 489. 1878.

6 ED. PFLÜGER, Allgem. med. Centralztg. 1855. S. 537. 601.

eintreten sah. Dass ausserdem aber auch durch den Grenzstrang vasomotorische Nerven zu den Arterien in der Schwimnhaut des Frosches treten, ist von HUIZINGA¹ durch folgenden Versuch nachgewiesen worden: der Wirbelkanal wird hinter den Brachialnerven eröffnet, der dahinter liegende Theil des Rückenmarkes zerstört und das Thier 24 Stunden in Ruhe gelassen; Reizung der Vorderpfote bringt dann reflectorische Gefässverengerung in der Schwimnhaut der Hinterfüsse hervor; wird bei einem solchen Frosche der Grenzstrang in der Bauchhöhle zwischen dem dritten und vierten Ganglion durchschnitten, so hört aller Reflex von der Vorderpfote auf die Schwimnhautarterien der Hinterfüsse auf. Es folgt daraus, dass nicht alle vasomotorischen Nerven der Schwimnhaut aus dem Lendenmarke kommen und in den vorderen Rückenmarkswurzeln verlaufen, sondern dass sie zum Theil aus der Brachialanschwellung des Rückenmarkes entspringen, dann aber im Sympathicus nach hinten verlaufen und sich dem Plexus ischiadicus beimischen.

Durch den Versuch von HUIZINGA ist ein schon 1842 von VON WALTHER² untersuchtes Problem gelöst worden, welches seitdem viele andere Beobachter³ beschäftigt hat, ohne zu einem positiven Resultate zu führen.

5. Die Untersuchungen über den Verlauf der vasomotorischen Fasern innerhalb des Rückenmarkes haben sich hauptsächlich auf die Frage concentrirt, ob eine Kreuzung der Gefässnerven im Rückenmarke stattfindet. Die halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen von der Medulla oblongata bis zum unteren Theile des Brustmarkes haben für die meisten Körpertheile einen gleichseitigen Verlauf ergeben, nur für einzelne Regionen hat sich eine gekreuzte Wirkung herausgestellt. Die vasomotorische Wirkung der Markdurchschneidungen ist meistens durch Temperaturmessungen an den verschiedenen Körpertheilen geprüft worden, in einigen Versuchen durch die Fühlbarkeit des Arterienpulses.

Die Untersuchungen über die vasomotorischen Wirkungen halbseitiger Markdurchschneidung sind in grösster Ausdehnung von SCHIFF⁴ an Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen gemacht worden, nachdem vorher BROWN-SÉQUARD⁵ halbseitige Durchschneidungen in der Gegend des dritten oder vierten Rückenwirbels, VULPIAN⁶ eine solche an der Medulla oblongata des Meerschweinchens ausgeführt hatte. Später wurden von

1 HUIZINGA, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 207. 1875.

2 A. VON WALTHER, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1842. S. 444.

3 F. BIDDER, Ztschr. f. rat. Med. IV. S. 353. 1846. — AXMANN, Beitr. z. microsc. Anat. u. Physiol. d. Gangliennervensystems. 1853. S. 83. — LOTHAR MEYER, Arch. f. pathol. Anat. VI. S. 581. 1854. — SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 182.

4 SCHIFF, Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 195.

5 BROWN-SÉQUARD, Experimental researches applied to Physiology and Pathology. p. 75. New-York 1853.

6 VULPIAN, Recherches sur l'origine de plusieurs paires de nerfs crâniens. Thèse inaugurale. Paris 1853; citirt bei VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur I. p. 208. 1875.

VON BEZOLD¹ die SCHIFF'schen Versuche wiederholt. SCHIFF und VON BEZOLD machten die Markdurchschneidungen in der Gegend des Calamus scriptorius und SCHIFF fand eine Temperaturerhöhung auf derjenigen Körperhälfte des Thieres, auf welcher die Durchschneidung ausgeführt war, aber nur am Kopf, an den Ohren, dem Vorderarm und Unterschenkel, an den Vorder- und Hinterfüssen und an den Zehen — während Rumpf, Schultern, Oberarm und Oberschenkel ein wenig kälter auf der Seite der Verletzung, als auf der entgegengesetzten Seite waren. SCHIFF schliesst daraus auf eine gekreuzte Leitung im Rückenmarke für die zuletzt genannten Theile, an welchen übrigens die Temperaturdifferenzen erheblich geringer gefunden wurden, als an den übrigen Körpertheilen. An den Theilen mit gekreuzter Wirkung erhielt sich die Temperaturdifferenz wochenlang, bis zum Tode des Thieres, während an den Theilen mit gleichseitiger Wirkung die Differenz in den nächsten Tagen und Wochen nach der Operation etwa um ein Drittheil abnahm. Ferner fand SCHIFF den Puls in den Gliedern der der Operation entsprechenden Seite bei weitem grösser, voller und stärker fühlbar, als auf der andern Seite. Analoge Temperaturverhältnisse hat auch VON BEZOLD in seinen Versuchen gefunden. Während nun SCHIFF das Verhalten der Temperaturen „unerwartet und merkwürdig“ findet, und eine gekreuzte Wirkung, beziehungsweise Leitung im Rückenmark annimmt, kann sich VON BEZOLD zu dieser Annahme nicht entschliessen, sondern glaubt die verminderte Temperatur in dem Rumpfe, Oberarm, Oberschenkel von der musculomotorischen Lähmung ableiten zu können, da die relative Temperaturverminderung sich an denjenigen Theilen zeige, welche mit grossen Muskelmassen versehen sind. — Auf diese Weise kommen beide Forscher trotz gleicher Versuchsergebnisse zu entgegengesetzten Schlüssen, indem SCHIFF einen theilweise gekreuzten Verlauf der vasomotorischen Fasern im Rückenmarke, den experimentellen Befunden entsprechend, annimmt, VON BEZOLD die Annahme eines gekreuzten Verlaufes vermeiden zu können glaubt. — VULPIAN stellt, ohne nähere Angaben zu machen, die von SCHIFF gefundenen und von VON BEZOLD bestätigten Thatsachen in Abrede; er giebt ausserdem an, dass beim Frosche nach Durchschneidung der einen Rückenmarkshälfte die Hautgefässe des Beines derselben Seite stärker entwickelt seien.

VI. Die rhythmischen Bewegungen der Arterien.

An verschiedenen Stellen des Körpers wird ein Wechsel in der Weite der Arterien beobachtet, welcher unabhängig von Herzthätigkeit und Athmung mit einer gewissen Regelmässigkeit stattfindet, so dass eine Zeit lang die Gefässe verengert sind, dann eine Erweiterung eintritt, welche eine gewisse Zeit andauert. Dieser Wechsel ist als Rhythmik oder rhythmische Bewegung der Arterien bezeichnet worden. Er findet mit einer gewissen, aber in weiten

1 A. VON BEZOLD, Ztschr. f. wissensch. Zoologie. IX. S. 307. 1858.

Grenzen schwankenden Regelmässigkeit statt bei ein und derselben Thierart, ein und demselben Individuum, ein und derselben Arterie. Er ist namentlich beobachtet worden am Ohr des Kaninchens, an der Arteria saphena des Kaninchens, an der Schwimmhaut des Frosches. Durchschneidung der zu diesen Theilen gehenden Nerven hebt die rhythmischen Bewegungen nur zeitweise auf, sie stellen sich einige Zeit nach der Nervendurchschneidung wieder her. Sie können daher nicht als von centralen Erregungen bedingt angesehen werden, sind aber auch nicht unabhängig von den cerebrospinalen vasomotorischen Centren, da Reizung der verschiedensten Nerven dieselben zeitweilig aufheben kann.

Die rhythmischen Bewegungen sind zuerst von SCHIFF¹ an den Arterien des Kaninchenohres beobachtet und folgendermassen beschrieben worden: die grosse mittlere Ohrarterie erscheint an einem frei und ruhig sitzenden Kaninchen im gegebenen Momente als ein äusserst schmaler, rother Strich — nach kurzer Zeit füllt sich die Arterie von der Wurzel nach der Spitze zu strotzend voll Blut und es werden sehr viele kleine Gefässe sichtbar, von denen früher gar keine Spur vorhanden war. Nachdem die Erweiterung kurze Zeit zugenommen, werden die Gefässe wieder enger, so dass ihr Lumen ganz oder beinahe verschwindet, und auf diese Verengerung folgt wieder eine neue Erweiterung und so fort. In der Minute erfolgt die Bewegung 2 bis 8 mal; der contrahirte Zustand dauert länger als der expandirte. SCHIFF wies zugleich die Unabhängigkeit dieser Bewegungen von Veränderungen des Blutdruckes nach; da er sie aber nach Durchschneidung des Halssympathicus meistens und nach Zerstörung der sogenannten Ciliospinalgegend (s. S. 447. V, 1) des Rückenmarks immer aufhören und die Arterien im erweiterten Zustande beharren sah, da er ferner durch psychische und sensible Reize eine Störung und Unterbrechung der rhythmischen Bewegungen bewirken konnte, so schloss er, dass dieser Rhythmus abhängig von dem centralen Nervensystem sei. Indess hatte er doch schon partielle Contractionen der erweiterten Arterien nach der Durchschneidung der Nerven beobachtet. — Bezüglich der Dauer und Regelmässigkeit der Contractionen der Ohrarterien wurde später von VAN DER BECKE CALLENFELS, VOIT, VULPIAN, ROEVER² nur die Abweichung von der SCHIFF'schen Darstellung gefunden, dass die Dauer noch grösseren Schwankungen (von 1 bis 10 Minuten für die Erweiterung) unterworfen sein kann — bezüglich der Abhängigkeit vom Nervensystem, dass einige Tage, manchmal schon am nächsten Tage nach der Durchschneidung des Halssympathicus oder Exstirpation des Ganglion cervicale supremum die rhythmischen Bewegungen wieder auftreten. Doch macht ROEVER in dieser Beziehung darauf auf-

1 SCHIFF, Arch. f. physiol. Heilk. XIII. S. 523. 1854.

2 VAN DER BECKE CALLENFELS, Ztschr. f. rat. Med. N. F. VII. S. 157. 1855. — VOIT, Ber. d. Deutsch. Naturf.-Vers. z. Carlsruhe. 1858. S. 221. — VULPIAN, Gaz. méd. de Paris. 1857. No. 1. — ROEVER, Krit. u. exper. Unters. d. Nervensystems auf die Blutgefässe. 1869. S. 17.

merksam, dass nach Durchschneidung des Halssympathicus noch die andere Quelle der vasomotorischen Innervation durch den Auricularis bestehen bleibe; Beobachtungen darüber, ob nach Durchschneidung beider Nerven die rhythmischen Bewegungen bestehen bleiben, scheinen nicht gemacht worden zu sein.

Ferner sind beim Kaninchen rhythmische Bewegungen an der Arteria saphena beobachtet worden und zwar zuerst von RIEGEL¹; der Rhythmus verhält sich hier aber etwas anders als an den Ohrarterien: die Art. saphena zeigt in ihrem Verlaufe engere und weitere Stellen, die engeren erweitern sich, während die angrenzenden weiteren sich verengern und nach einigen Secunden sich dann wieder erweitern — oder die Arterie ist gleichmässig in ihrem ganzen Verlaufe verengert und erweitert sich nun vom centralen Ende her in ganzer Ausdehnung und verengert sich nach etwa einer halben Minute wieder; auch kann die Erweiterung oder Verengung an einer peripherischen Stelle oder mitten im Verlaufe der Arterie beginnen und centralwärts fortschreiten. Auch an anderen Hautgefässen hat RIEGEL derartige Erscheinungen beobachtet, ohne nähere Angaben darüber zu machen. Die Kaninchen, an denen RIEGEL seine Beobachtungen machte, waren aufgebunden und theils un- vergiftet, theils chloralisirt, theils curaresirt. VULPIAN bestätigt die Beobachtungen RIEGEL's für die Saphena.

Rhythmische Bewegungen sind ferner an den Arterien der Froschschwimmhaut beobachtet worden und zwar wahrscheinlich zuerst von GUNNING², welcher an nicht curaresirten Fröschen Verengerungen der Arterien unabhängig von Bewegungen des Thieres und darnach folgende Erweiterungen auftreten sah; auch 14 Tage nach Durchschneidung der Nerven des Beines und der sympathischen Fäden sah GUNNING diese rhythmischen Arteriencontractionen in der Schwimhaut auftreten. Rhythmische Contractionen beobachtete ferner SAVIOTTI³ an den Schwimhautarterien schwach curaresirter Frösche, und fand sie vielfach wechselnd und unregelmässig der Dauer und Intensität nach; SAVIOTTI fand indess binnen 2 Tagen nach der Durchschneidung des Ischiadicus keine rhythmischen Contractionen, woraus er schliesst, dass die Innervation (vom Rückenmarke her) auf dieselben einen entschiedenen Einfluss hat. Indess fand RIEGEL und später auch NUSSBAUM⁴ in Uebereinstimmung mit GUNNING, dass kurze Zeit nach Durchschneidung des Ischiadicus die rhythmischen Bewegungen wieder auftreten. Ganz besondere Aufmerksamkeit auf die Abhängigkeit der Arterienrhythmik in der Froschschwimmhaut von dem Nervensystem hat aber HUIZINGA⁵ verwendet: er fand die Frequenz der Contractionen sehr verschieden, das gewöhnliche Intervall

1 RIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 356. — Die Angabe VULPIAN's (Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 82), dass LOVÉN die rhythmischen Bewegungen an der Art. saphena zuerst beobachtet habe, beruht auf einem Irrthum.

2 GUNNING, Onderzoekingen over bloedsbeweging en stasis. Utrecht 1857. — VULPIAN nennt mit Unrecht WHARTON JONES als den ersten, welcher schon 1853 die rhythmischen Bewegungen der Arterien in der Froschschwimmhaut beobachtet hätte.

3 SAVIOTTI, Arch. f. pathol. Anat. L. S. 608. 1870.

4 RIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 356. 1871. — NUSSBAUM, Ebenda X. S. 374. 1875.

5 HUIZINGA, Ebenda. XI. S. 207. 1875.

1—2 Minuten, öfters aber auch Intervalle von 20—30 Secunden; an ein und derselben Arterie fand er aber den Wechsel sehr regelmässig. Bei schwacher Curarevergiftung persistiren die rhythmischen Contractionen, bei starker Curaresirung hören sie auf, obgleich die reflectorischen Contractionen dann noch deutlich eintreten. HUIZINGA ermittelte ferner, dass zwei Tage nach Durchschneidung des Plexus und des Nervus ischiadicus die rhythmischen Bewegungen in der Schwimnhaut des entsprechenden Fusses sehr deutlich vorhanden sind, während, wie zu erwarten war, Reflexe von den Vorderbeinen aus nicht eintreten: die rhythmischen Bewegungen können daher nicht vom Rückenmarke ausgehen. Diesen Schluss unterstützen die Beobachtungen des Vorganges der rhythmischen Contraction selbst, indem nämlich die Contractionen nicht an allen Arterien zugleich stattfinden, auch manchmal rhythmische Contractionen nur an dem einen Arterienzweige auftreten, während ein benachbarter Arterienzweig unverändert bleibt, endlich auch der Rhythmus in verschiedenen Arterien ein und derselben Schwimnhaut sehr verschiedene Frequenz zeigen kann. Die Beobachtung NUSSBAUM's, dass nach Exstirpation des ganzen centralen Nervensystems die rhythmischen Arteriencontractionen aufhören, kann nach HUIZINGA nicht als ein Beweis für die Abhängigkeit der Arterienrhythmik von dem Rückenmarke angesehen werden, da dieser Eingriff so kolossal ist, dass die Thiere sich nicht wieder erholen und es nicht wieder zu einer normalen Circulation überhaupt kommt — höchstens 24 Stunden überleben Frösche diese Operation. — HUIZINGA macht auf Grund seiner Versuche die Annahme, dass die Arterienrhythmik in der Froschschwimnhaut von „localen Centren“ der Gefässwand ausgeht.

Die Ursache und der Zweck der Arterienrhythmik sind unbekannt.

Gegen die Auffassung SCHIFF's, dass die rhythmischen Bewegungen eine die Herzthätigkeit unterstützende Einrichtung seien, spricht die Unregelmässigkeit derselben — gegen die Auffassung von VAN DER BECKE CALLENFELS, dass die rhythmischen Bewegungen der Arterien des Kaninchens einen Regulator für die Eigenwärme des Thieres bilden, spricht der Umstand, dass die rhythmischen Bewegungen auch bei Fröschen beobachtet werden, bei welchen eine Wirkung auf die Eigenwärme wohl als ausgeschlossen angesehen werden dürfte.

ZWEITES CAPITEL.

Die Innervation der Venen, Capillaren und des kleinen Kreislaufs.

I. Die Innervation der Venen.

Da die meisten Venen Ringmuskeln und Nervenplexus von ähnlicher Beschaffenheit wie die Arterien besitzen, auch die Venen auf verschiedene Reize sich contrahiren, so werden wir ähnliche Inner-

vationsverhältnisse für sie wie für die Arterien voraussetzen dürfen. Dazu kommt, dass an einzelnen Organen rhythmische Contractionen der Venen beobachtet worden sind. Endlich ist ein Tonus der Venen, eine gewisse mittlere Spannung derselben nachgewiesen, und wenigstens für den Frosch auch die Abhängigkeit dieses Tonus von dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke dargethan, ein Verhältniss, welches wahrscheinlich auch für die Säugethiere Geltung hat.

Ueber das Vorkommen von ringförmig angeordneten Muskeln in den verschiedenen Venen hat namentlich EBERTH¹ detaillirte Angaben gemacht; über die Nerven derselben hat u. a. HENOCQUE² gehandelt. — Die Contraction freigelegter Venen ist oft gesehen und seit VERSCHUIR³ mitunter besonders erwähnt worden. Sehr leicht kann man die Contractilität der Venen an sich selbst beobachten, wenn man, wie GUBLER⁴ entdeckte, auf eine der Dorsalvenen der Hand etwa mit einem Schlüsselbart oder Percussionshammer aufschlägt: man sieht dann die getroffene Stelle der Vene sich mehr oder weniger stark zusammenziehen und viele Secunden contrahirt bleiben.

Versuche über die Veneninnervation sind verhältnissmässig nur wenige angestellt worden; von WHARTON JONES⁵ wurden die rhythmischen Bewegungen in den Venen der Fledermausflügel beobachtet und SCHIFF⁶ bestätigte dieselben bei *Vespertilio pipistrellus*, wo er sie frequenter als WHARTON JONES bei seiner nicht bestimmten Art, übrigens vom Morgen bis zum Abend an Frequenz zunehmend fand — auch ermittelte SCHIFF, dass diese Venenrhythmik in der Armschwellung des Rückenmarks ihr Centralorgan hat; er fand, dass nach Durchschneidung des Armgeflechtes diese Venen weiter werden und sich stärker mit Blut füllen. — RIEGEL⁷ macht nur die unbestimmte Angabe, dass er Contractionen mit unregelmässigem Rhythmus an kleinen Venen beobachtet habe.

Die wichtigsten Untersuchungen über die Innervation der Venen sind von GOLTZ⁸ angestellt worden und zwar an Fröschen. Die GOLTZ'schen Versuche liefern den Nachweis 1., dass die Venen eine gewisse mittlere Spannung, einen Tonus ihrer Muskeln besitzen, welcher für den Blut-

1 EBERTH, Stricker's Gewebelehre. 1871. S. 200.

2 HENOCQUE, Du mode de la distribution et de la terminaison des nerfs dans les muscles lisses. Thèse inaug. de Paris 1870. (Nach VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 33. 1875.)

3 VERSCHUIR, De arteriarum et venarum vi irritabilia. Groningen 1766. Exp. 10. 17. 18. — Die übrige Literatur s. bei HENLE, Allgem. Anat. S. 516. 1841; LUND, Physiologische Resultate der Vivisectionen neuerer Zeit. S. 140. 1825.

4 GUBLER, Compt. rend. d. l. soc. de biologie. 1849. p. 79. (Nach VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 70 citirt.)

5 WHARTON JONES. Nach VULPIAN, Leçons sur l'appareil vasomoteur. I. p. 74 ist die Arbeit von WHARTON JONES in London medico-chirurg. Transactions 1853. In den deutschen Jahresberichten habe ich nichts darüber finden können.

6 SCHIFF, Arch. f. physiol. Heilk. XIII. S. 527. 1854; Unters. z. Physiol. d. Nervensystems. 1855. S. 181.

7 RIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 355. 1871.

8 GOLTZ, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. No. 38 (vorläufige Mittheilung); Arch. f. pathol. Anat. XXVIII; XXIX. S. 394. 1864.

lauf die Bedeutung hat, dass er eine Ansammlung des Blutes, wie sie in den erschlafften Venen stattfindet, durch den Druck der Wandung auf das Blut verhindert; 2. dass dieser Tonus der Venen vom Rückenmark und von dem verlängerten Marke ressortirt; 3. dass er wahrscheinlich durch den Bauchsympathicus zu den Venen nicht nur des Bauches, sondern der meisten Körpertheile geleitet wird; 4. dass er auf reflectorischem Wege unterdrückt werden kann. Folgende Experimente von GOLTZ weisen dies nach:

Klopft man einem vertical gestellten Frosche mit einem Spatel wiederholt auf den Bauch, so wird das Herz bald ganz blutleer und das Blut sammelt sich in den Venen, welche strotzend mit Blut gefüllt erscheinen; diese Ansammlung des Blutes in den Venen ist die Folge einer Erschlaffung der Venenwand; bleibt der Frosch einige Zeit in dieser Stellung, so beobachtet man, dass das Herz sich allmählich wieder mit Blut füllt und die Venen ihr Blut austreiben, indem sich ihre Wandungen zusammenziehen. — Ist bei einem solchen Frosche vor oder gleich nach dem Klopfen das Rückenmark gestört worden, so bleiben die Venen erweitert und das Herz blutleer. Dieser Versuch ist vielfach von GOLTZ variirt worden, indem die Venen des Bauches nach der Erweiterung durch das Klopfen in Bezug auf ihre Füllung beobachtet sind, nachdem das Herz ausgeschnitten worden war — oder dass durch einen Aderlass am Bein Blutarmuth des Herzens erzeugt wird, welche bei erhaltenem Gehirn und Rückenmark allmählich durch Zusammenziehung der Venen aufgehoben wird, bei gestörtem Rückenmark aber nicht u. s. w. — GOLTZ änderte ferner den Versuch darin ab, dass er das eine Mal das Rückenmark, andere Male das verlängerte Mark, einmal den Grenzstrang des Sympathicus auf beiden Seiten zerstörte: bei erhaltenem verlängerten Marke und zerstörtem Rückenmark und ebenso bei erhaltenem Rückenmark und zerstörtem verlängerten Marke stellte sich der Tonus der Venen wieder her — nach Zerstörung beider, sowie nach Zerstörung des Grenzstranges stellte sich der Gefäßtonus aber nicht wieder her.

Ferner hat GOLTZ eine analoge Gefäßlähmung auf reflectorischem Wege bewirkt, indem er den Magen und Darm eines vertical gestellten Frosches aus der geöffneten Bauchhöhle hervorzieht, und nachdem er denselben stark zwischen den Fingern gequetscht hat, die ganze Darmmasse unterbindet und vor der Ligatur abschneidet: das Herz wird eben so blutleer, wie nach dem Klopfversuche, allmählich stellt sich der Tonus der Gefäße und damit der Blutlauf wieder her. Derselbe Erfolg lässt sich erzielen, wenn man, nachdem der Kreislauf wieder hergestellt ist, die Ligatur und damit die unterbundenen Darmnerven mit tetanisirenden Strömen reizt.

GOLTZ hat nur an Fröschen seine Versuche angestellt; Versuche, welche LEGALLOIS¹ an Säugethieren gemacht hat, glaubt GOLTZ in gleichem Sinne deuten zu können; ein von RIEGEL² am curaresirten Kaninchen angestellter Versuch wird von demselben in gleicher Weise, wie die GOLTZ'schen Versuche an Fröschen gedeutet.

1 LEGALLOIS, Experiences sur le principe de la vie. p. 212 u. fg. 1812.

2 RIEGEL, Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 362. 1871.

II. Die Contractilität (Innervation?) der Capillaren.

Von einer Innervation der Capillargefäße zu sprechen, ist man nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen kaum berechtigt, da ein Einfluss des Nervensystems auf den Contractionszustand derselben bis jetzt nicht nachgewiesen ist. Anatomisch ist allerdings ein Herantreten von Nerven an die Capillarwandungen beobachtet worden, verschiedene Contractionszustände sind gleichfalls nachgewiesen worden, endlich ist eine Einwirkung verschiedener Einflüsse, der Electricität, des Sauerstoffs und der Kohlensäure auf die Zellen der Capillarwände ermittelt worden, so dass an einer Reizbarkeit der Capillarwandungen nicht gezweifelt werden kann. Eine Beziehung irgend welcher Nerven zu diesen Contractionen ist aber nicht nachgewiesen, sondern im Gegentheil keine Contraction der Capillaren bei Reizung von Nerven gefunden worden.

Von TOMSA, LIEPMANN, TOLOTSCHINOFF, KESSEL¹ sind marklose Nervenfasern an die Capillarwand gehend gesehen worden, ohne dass es gelungen wäre, die Nervenfasern in einen Capillarkern zu verfolgen. — Es sind ferner von STRICKER² zuerst Beobachtungen über Contraction von Capillaren und Wiedererweiterung derselben an Froschlarven und an der ausgeschnittenen Nickhaut von Fröschen gemacht worden. GOLUBEW³ beobachtete, dass nach Reizung mit Inductionsschlägen die „spindelförmigen Elemente“ der Capillarwand sich verkürzen und verdicken und sich zugleich in eine feinkörnige peripherische und eine hellere centrale Partie differenzieren: durch diese Verdickung der Spindelelemente werde das Lumen der Capillaren so verengert, dass Blutkörperchen nicht mehr passiren könnten. TARCHANOFF⁴ bestätigte diese Beobachtungen an mit Alkohollösung bewegungslos gemachten Froschlarven, und fand, dass durch electricische Ströme die Spindelelemente sich verkürzen, verdicken und in das Lumen der Capillaren hineinragen der Art, dass das Lumen beträchtlich verengt und manchmal ganz aufgehoben wird, dass aber nach Aufhören des Reizes die Capillaren in die frühere Form zurückgehen. TARCHANOFF beobachtete sogar, dass bei Verschluss vieler Capillaren eine Stromverlangsamung und geringe Dilatation in den zugehörigen Arterien eintrat. Eine Einwirkung auf die Capillaren der Schwimnhaut durch Reizung des Ischiadicus konnte er nicht finden.

STRICKER⁵ beobachtete starke Verengerung der gesammten Capillarwand, wenn die Froschlarven in alkoholhaltiges Wasser gebracht

1 TOMSA, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 562. — LIEPMANN, Die Nerven der organischen Muskeln. Diss. inaug. Berlin 1869. — TOLOTSCHINOFF, Arch. f. microsc. Anat. V. S. 509. 1869. — KESSEL, Stricker's Gewebelehre. 1871. S. 854. Fig. 284.

2 STRICKER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI. (2) S. 16. 1865; LII. (2) S. 379. 1866.

3 GOLUBEW, Arch. f. microsc. Anat. V, S. 49. 1869.

4 TARCHANOFF, Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 407. 1874.

5 STRICKER, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIV. (3) S. 313. 1876.

wurden und Wiedererweiterung, wenn sie in gewöhnliches Wasser kamen; ferner hat STRICKER bei Aufenthalt der Froschlarven in schwächerer Alkoholmischung einen unregelmässigen Wechsel in der Weite der Capillaren beobachtet, nicht einen bestimmten Rhythmus. Er bestätigte ausserdem die Beobachtungen von GOLUBEW und TARCHANOFF und machte Versuche mit electricischer Reizung an dem Mesenterium des Frosches, in welchen er Verengung der Capillaren nicht constant beobachtete.

Die Versuche über die Contractilität der Capillaren sind kürzlich von SEVERINI¹ erweitert worden durch den Nachweis, dass die Spindel-elemente zu einer das Capillarlumen beeinflussenden Formveränderung gebracht werden können durch Einwirkung von Sauerstoff, und dass sie in anderer Weise sich verändern bei Einwirkung von Kohlensäure — er hat dies ausser an Froschlarven auch an dem Mesenterium von Meerschweinchen, welche seit mehreren Stunden getödtet und in der Kälte aufbewahrt worden waren, beobachtet. SEVERINI beschreibt dies folgendermassen (S. 95): „Die Wirkung des Sauerstoffs zeigt sich sofort durch eine mehr und mehr zunehmende Verdickung der Wandkerne, welche schon nach 1—2 Minuten ihr Maximum erreicht, verbunden mit einer Verkürzung und mit einer Ausbauchung, durch welche das Lumen des Gefässes beträchtlich beschränkt wird. Häufig, aber nicht immer, lässt sich eine gleichmässige Zusammenziehung der Capillarwand auch an Stellen constatiren, wo keine spindelförmigen Kerne liegen. — Die Wirkung der Kohlensäure besteht in einer Verschmälerung und Verlängerung der Kerne, während doch eine gewisse Ausbauchung nach der Aussenseite hin bestehen bleibt, und ausserdem immer in einer Erweiterung des Lumens auch an solchen Stellen, wo keine Kerne liegen.“ SEVERINI hat seiner Abhandlung Abbildungen von diesen Formveränderungen an den Capillaren der Nickhaut des Frosches und des Mesenteriums vom Meerschweinchen beigegeben.

III. Die Innervation des Lungenkreislaufs.

Die bisherigen Untersuchungen haben zu dem Resultate geführt, dass der Lungenkreislauf sehr viel weniger von dem Nervensysteme abhängig ist, als der Körperkreislauf, indem Eingriffe in das Nervensystem sehr bedeutende Druckveränderungen im arteriellen System des Körpers bewirken, während der Druck im rechten Herzen oder in der Pulmonalarterie nur wenig steigt oder sinkt. Unter der Voraussetzung, dass der Druck im Lungenkreislaufe unabhängig ist von den Druckverhältnissen des grossen Kreislaufes, wird eine Drucksteigerung in der Pulmonalarterie bewirkt durch electricische Reizung des verlängerten Markes und durch Athmungssuspension, ein Sinken des Druckes durch Zerstörung des verlängerten Markes. Durchschneidung und Reizung der Nn. vagi peri-

1 L. SEVERINI, Ricerche sulla innervazione dei vasi sanguigni. p. 93 u. fg. Perugia 1878.

pherisch oder central, Reizung der Splanchnici, Reizung des centralen N. ischiadicus haben dagegen keinen oder einen ganz minimalen Einfluss auf den Druck in der Pulmonalarterie.

Abgesehen von den Versuchen, in welchen eine Lungenveränderung durch die Durchschneidung beider Vagi herbeigeführt wird, deren Resultate wegen der Complication der eintretenden Störungen nicht eindeutig genug sind, sind von BADOUD¹ und von LICHTHEIM² Versuche über die Blutdrucksänderungen in dem rechten Ventrikel, beziehungsweise in der Pulmonalarterie angestellt worden, welche übereinstimmend ergaben, dass durch Rückenmarksdurchschneidung bei Hunden der Blutdruck in der Carotis sehr stark, in der Pulmonalarterie wenig sinkt, umgekehrt bei Reizung des Rückenmarkes in der Carotis enorm steigt, in der Pulmonalarterie sich wenig erhebt. Die von beiden Forschern angegebenen Zahlen differiren aber absolut und relativ sehr bedeutend. LICHTHEIM konnte auf reflectorischem Wege, durch Reizung des centralen Vagus- oder Ischiadicusstumpfes keine Erhöhung des Blutdruckes in der Pulmonalis bewirken, wohl aber durch Athmungssuspension. ZUNTZ³ konnte auch durch Athmungssuspension keine deutliche Veränderung in der Blutfülle oder der Grösse der Blutung aus kleinen Schnitten beobachten. — LICHTHEIM findet ferner übereinstimmend mit FREY⁴, dass Durchschneidung der Vagi oder Reizung des peripherischen Vagusstumpfes keinen Einfluss auf den Druck in der Lungenarterie, beziehungsweise auf die Farbe der Lungen hat. — Da die meisten Versuchsergebnisse von BADOUD und LICHTHEIM Zweifel darüber lassen, ob durch den Einfluss vasomotorischer, gefässverengernder Nerven die Drucksteigerung in der Pulmonalis bewirkt wird, ob dieselbe nicht die Folge der Drucksteigerung im grossen Kreisläufe ist, so ist von besonderem Werthe ein Versuch von LICHTHEIM, in welchem bei der Athmungssuspension eine Blutdrucksteigerung in der Lungenarterie ohne gleichzeitige Steigerung des Druckes in der Carotis erhalten wurde. Auf Grund dieses Versuches hält LICHTHEIM die Existenz von vasomotorischen Nerven der Lungengefäße für erwiesen.

1 BADOUD, Arb. a. d. physiol. Labor. in Würzburg. 1878. S. 237.

2 LICHTHEIM, Die Störungen des Lungenkreislaufs und ihr Einfluss auf d. Blutdruck. 1876.

3 R. ZUNTZ, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. S. 399. Anm. 1878.

4 O. FREY, Die pathologischen Lungenveränderungen nach Lähmung der Nn. vagi. Zürich (gekrönte Preisschrift) 1876.