

Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin.

Bd. XXVI. (Zweite Folge Bd. VI.) Hft. 1 u. 2.

I.

Vagus und Herz.

Von Dr. Fr. Goltz, Prosector zu Königsberg i. P.

(Zum Theil Inhalt einer Habilitationsrede, gehalten am 16. Juli 1862.)

1. Beweis, dass der Vagus der einzige sensible Nerv des Froschherzens ist.

Wenngleich die Physiologie des Herzens zu allen Zeiten in hervorragender Weise den Forschergeist beschäftigt hat, so danken wir die ersten sicheren Aufschlüsse über die Funktion der Herznerven doch erst der epochemachenden Entdeckung Eduard Weber's von den Folgen der Reizung des N. vagus. Wie es nach jeder bedeutenden Entdeckung zu geschehen pflegt, wandte sich von allen Seiten das Interesse den Weber'schen Ermittelungen zu. Man war indess zum Theil eher bedacht, Weber's Untersuchungen auszubeuten, als sie zu fördern. Die Neigung ward herrschend, überall da, wo man Stillstand des Herzens beobachtete, diesen für die Folge einer Vagus-Reizung auszugeben. So hat man die Erscheinungen bei der Stannius'schen Herzunterbindung, so die Wirkung der Digitalis mit dem Vagus in Zusammenhang gebracht, und es hat erst des Kampfes bedürft, um nachzuweisen, dass ein solcher Zusammenhang nicht besteht. Während aber so die Frage nach

den Beziehungen der Nerven zu den Bewegungsscheinungen des Herzens ausschliesslich die Forscher beschäftigte, hat man die Frage nach den Empfindungsnerven des Herzens fast ganz ruhen lassen, oder sich mit der Wiederholung älterer unbewiesener Behauptungen begnügt. Bevor ich zur Darstellung meiner eigenen Versuche übergehe, will ich den geschichtlichen Stand der Frage nach der Empfindungsfähigkeit des Herzens in Kürze erörtern, was schon deshalb nicht überflüssig scheint, weil dieser Gegenstand in sonst vollständigen Lehrbüchern der Physiologie, wie in dem von Funke ganz mit Stillschweigen übergangen ist.

Haller *) sagt: „Cor etiam sentit, non in meis sed aliorum virorum experimentis, musculus autem est et nervos habet. Ipse non expertus sum, in animale enim, cui thoracem aperueris, vix expectari potest, in tanta tortura, ut alevi aliquo sensu moveatur.“

In der zweiten Auflage von Valentin's grössem Lehrbuch der Physiologie, Band II. S. 405, finde ich folgende Stelle: „Man darf mit Recht vermuthen, dass die Vaguszweige, welche das Herz aufsuchen, nicht bloss bewegende centrifugale, sondern auch centripetale Fasern enthalten. Es ist nicht möglich, diese Ansicht auf dem Wege des Versuches mit Sicherheit zu erhärten.“

Ludwig bezeichnet kurz den Vagus als sensiblen Herznerv, ohne eweise anzuführen.

Ausführlich bespricht Milne Edwards **) die Frage. Der selbe hält das Herz für unempfindlich; denn erstlich ist die Verletzung des blossgelegten Herzens bei Thieren fast nie von Reflexbewegungen gefolgt, und zweitens sprechen auch direktere Beobachtungen für die Unempfindlichkeit. Bei Thieren und Menschen, die mit Ectopia cordis geboren wurden, hat man nach Reizungen des blossliegenden Herzens niemals Bewegungen des Körpers gesehen. Sehr interessant ist ein einzig dastehender Fall, den Milne Edwards seinem Beobachter Harvey nacherzählt, in welchem es möglich wurde, das Herz eines erwachsenen Menschen auf seine

*) A. v. Haller, Operum anatomici argumenti minorum, T. I. Lausanne, 1767 p. 419.

**) Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. T. IV. Paris, 1859. P. 15 et 134.

Empfindlichkeit zu prüfen. Der Sohn eines der Kavaliere König Karl's I. von England, ein Graf Montgomery, empfing als Kind eine schwere Brustwunde. Die linksseitigen Rippen wurden zerschmettert und die Brusthöhle weit geöffnet. Der Unfall endete indess nicht mit dem Tode, sondern der Verwundete genas, aber die Wunde vernarbte nur an den Rändern, und es blieb eine offene klaffende Höhle zurück, in welcher das Herz bloss zu Tage lag. Einige Jahre später erfuhr Karl I. von dem Falle und beauftragte seinen Leibarzt Harvey, ihm darüber zu berichten. Der junge Montgomery, damals etwa 19 Jahr alt, unterzog sich einer sorgfältigen Untersuchung. Nachdem er eine Art Kürass, welche die Wunde deckte, abgelegt hatte, sah Harvey das entblöste, klopfende Herz. Jede Berührung des Herzens verursachte dem jungen Manne nicht die geringste Empfindung. Nur wenn man gleichzeitig den Rand der Wunde betastete, merkte er die Berührung.

Ebenso negativ fielen Beobachtungen aus, welche Virchow*) bei Gelegenheit seiner schönen Untersuchungen über die Verstopfung der Lungenarterie veröffentlichte. Virchow hat häufig bei Thieren von der Vena jugularis externa her Glassonden bis ins rechte Herz geführt und eine Weile darin liegen lassen, ohne eine besondere Folgeerscheinung wahrzunehmen. Derselbe hat Eisstücke durch das Herz passiren lassen, aber auch dabei nichts Besonderes gesehen.

Schiff giebt in seinem Lehrbuche Seite 226 an, eine vom Herzen ausgehende Reflexbewegung, bei der also das Herz den Angriffspunkt des Reizes bilde, sei ihm nie deutlich gewesen. Dagegen hat Budge wiederholentlich und bestimmt erklärt, dass er nach Verletzung des Herzens Bewegungen des Thieres gesehen habe. So sagt er in Wagner's Handwörterbuch Band III. S. 435: „Von der Verbreitung des Gefühls im Froschherzen kann man sich leicht durch Durchschneidung desselben an verschiedenen Stellen überzeugen. Die Ventrikelspitze ist der unempfindlichste Theil, je näher man den Atrien kommt, desto deutlichere Reaktionen treten ein; die Vorhöfe sind die empfindlichsten Theile.“ In der neuesten Ausgabe seines Lehrbuchs führt Budge ferner an, dass er beson-

*) Gesammelte Abhandlungen. Frankfurt, 1856. S. 230 u. 723.

ders nach Kneipen des Vorhofs Bewegungen des Körpers beobachtete. Auch sagt er ausdrücklich, dass der Vagus der hauptsächlichste Empfindungsnerv des Herzens sei.

Nach dem Vorstehenden könnte es, wenn man die Widersprüche in den Angaben berücksichtigt, zweifelhaft erscheinen, ob das Herz wirklich empfindlich ist. Man muss indess erwägen, dass bei solchen Versuchen vereinzelte positive Ergebnisse weit mehr ins Gewicht fallen als die Masse der negativen. Ausserdem fordern die Erfahrungen der Pathologie die Annahme der Sensibilität des Herzens. Ich wüsste wenigstens nicht, wie sich die Erscheinungen der Angina pectoris bei Herzkranken füglich anders deuten lassen sollten, als bedingt durch Sensationen, die in dem kranken Herzen selbst ihren Ursprung finden. Man könnte also die Thatsache der Sensibilität des Herzens als hinreichend festgestellt ansehen, wird aber zugeben müssen, dass sich dieselbe auf dem Wege des physiologischen Experiments nur sehr schwierig beweisen liess. Nur nach den eingreifendsten Reizungen des Herzens gelingt es, Reflexbewegungen zu erzielen. Die Empfindlichkeit des Herzens ist also jedenfalls stumpf. Wenn nun schon der blosse Nachweis der Sensibilität des Herzens Schwierigkeiten hat, so werden diese noch grösser, sobald man die besonderen Nervenbahnen zu erforschen sucht, auf denen die Sensationen zum Hirn gelangen. Es ist zwar, wie oben angeführt, von verschiedenen Forschern der Vagus für den sensiblen Herznerven erklärt worden, doch, soviel mir bekannt, ohne strenge Beweisführung. Man hat sich wohl lediglich an die anatomische Ausbreitung der Nerven gehalten. In der That sind die mir bekannt gewordenen Versuche nicht wohl geeignet, um mit Hülfe ihrer die sensiblen Herznerven aufzufinden. Am bestimmttesten hat sich Budge ausgesprochen. Durchschneidung oder Kneipen des Herzens sollen nach ihm Reflexbewegungen hervorrufen. Wer Budge's Versuche häufig wiederholt, wird sich überzeugen, dass diese Angaben durchaus richtig sind; aber der Erfolg tritt so selten ein, der Versuch ist also so unzuverlässig, dass sich nicht weiter auf ihn bauen lässt. Die gewöhnliche Methode, den sensiblen Nerven eines Körpertheils zu ermitteln, ist bekanntlich die, dass man den muthmasslichen Nerven durchschneidet und

nunmehr prüft, ob Unempfindlichkeit des betreffenden Körpertheils eingetreten ist. Ist dies der Fall, so ist der durchschnittene Nerv wirklich der gesuchte Empfindungsnerv. Es leuchtet ein, dass man in solcher Weise mit Hülfe der Budge'schen Versuche nicht vorgehen kann. Hat man die Vagi z. B. durchschnitten, und erhält man sodann nach Kneipen oder Durchschneidung der Vorhöfe keine Reflexbewegungen, so lässt sich daraus für die Sensibilität des Herzwagus Nichts schliessen; denn die Versuche fallen ja auch bei erhaltenen Vagis häufig genug negativ aus. Der Stand der Frage ist also, nach dem, was mir bekannt geworden, immer noch der von Valentin angegebene, dass das Herz sensibel ist, und dass diese Sensibilität wahrscheinlich durch den Vagus vermittelt wird.

Ich selbst bin bei Gelegenheit der zahlreichen Versuche über Unterbindung des Herzens, welche ich gemacht habe, auf die Empfindlichkeit des Herzens aufmerksam geworden. Nach Umschnürung der Vorhöfe beobachtete ich fast regelmässig ein heftiges Zusammenfahren des ganzen Frosches. Ich überzeugte mich sodann, dass diese Bewegungen nicht etwa mit der durch die Umschnürung herbeigeführten plötzlichen Kreislaufsstörung zusammenhingen; denn sie traten auch dann ein, wenn ich einige Zeit vor der Umschnürung die Aorten durchschnitten und damit schon zuvor den Kreislauf aufgehoben hatte. Die Reflexbewegungen nach Umschnürung, also ausgedehnter Quetschung des Herzens traten mir aber nicht constant genug auf, als dass ich sie hätte weiter zur Erforschung der sensiblen Herznerven benutzen wollen. Ich war deshalb bemüht, eine zuverlässigere Versuchsmethode zu finden und ging die verschiedenen Reizungsmethoden durch. Danach scheint mir, was Beständigkeit des Gelingens anlangt, der folgende Versuch allen Anforderungen zu entsprechen, die man überhaupt an einen Reflexversuch machen darf.

22.*.) Ich befestige einen auf dem Rücken liegenden Frosch an den vier Beinen auf einem Brettchen und lege das Herz dadurch bloss, dass ich ein ent-

*) Ich reihe die Nummern dieser Versuche an diejenigen zweier früheren Abhandlungen an, welche im XXI. und XXIII. Bande dieses Archivs erschienen sind unter den Titeln: „Ueber die Bedeutung der sogenannten automatischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens“ und „Ueber die Ursachen der Herzthätigkeit.“

sprechendes Fenster aus der vorderen Brustwand herausschneide. Nach Trennung des Herzbeutels erhebe ich die Herzspitze mittelst einer Pincette und durchschneide an der hinteren Ventrikelfläche den dünnen, eine kleine Vene enthaltenden Fortsatz des Pericardiums, der sich hier brückenartig wie ein Ligament zwischen den beiden Blättern des Pericardiums hinüberspannt. Dies ist die Vorbereitung des Versuchs, nach deren Beendigung ich das Thier eine Weile sich selbst überlasse. Sodann tauche ich einen feinen Pinsel in Essigsäure, fasse die Herzspitze wiederum mit der Pincette, erhebe sie und betupe mit der Säure an der hinteren Fläche des Herzens die Stelle, an welcher die Hohlvenen zum Sinus zusammentreten. Das Thier antwortet sofort mit einem gewaltsamen Zusammenrucken des ganzen Körpers, worauf länger dauernde windende Bewegungen zu folgen pflegen.

Dieselben Reflexbewegungen beobachtet man, wenn man, im Uebrigen ebenso verfahrend, statt der Essigsäure zur Reizung sich eines kleinen Glüheisens bedient; doch waren die Erfolge nicht ganz so constant, weshalb ich die Benutzung der Säure vorziehe. Am unbeständigsten ist der Erfolg bei Anwendung mechanischer Reizungen. Reizt man statt des Sinus, der mir am empfindlichsten schien, die Vorhöfe, so erhält man auch Reflexbewegungen, doch nicht so schnell und nicht so regelmässig. Dagegen ist es mir nur höchst selten gelungen, vom Ventrikel aus Reflexbewegungen anzuregen. Eben diese geringe Empfindlichkeit des Ventrikels ist es wahrscheinlich, welche so viele Forscher dazu verleitet hat, die Möglichkeit der Reflexerregung vom Herzen aus zu leugnen. Man kann in der That den Ventrikel zerschneiden, kneipen, ätzen, brennen, ohne dass Bewegungen des Körpers folgen. Es lässt sich also am Herzen eine räumliche Abstufung der Empfindlichkeit nachweisen, der Art, dass der Sinus am empfindlichsten, die Herzspitze am unempfindlichsten ist, während die dazwischen liegenden Theile je nach ihrer Entfernung vom Sinus einen mittleren Grad von Empfindlichkeit zeigen. Budge's oben erwähnte Angaben sind dadurch durchaus bestätigt worden.

Um den sensiblen Herznerven zu ermitteln, durchschnitt ich zuerst einen Vagus. Der Versuch 22 gelang auch da noch. Darauf durchschnitt ich bei anderen Thieren beide Vagi und erhielt hier auf keine Weise mehr durch Reizung des Herzens Reflexbewegungen. Der Erfolg blieb derselbe negative, ich mochte die Vagi von der Bauchseite oder von der Rückenseite her freigelegt und

durchschnitten haben. Es können also auch nicht etwaige Nebenverletzungen Fehlerquelle gewesen sein. Auf Grund aller dieser Versuche scheint mir das Ergebniss hinreichend gesichert, dass der Vagus die einzige Nervenbahn bildet, innerhalb welcher Empfindungfasern sich vom Herzen zum Hirn begeben. Der Vagus ist der einzige sensible Nerv des Froschherzens.

Wir sahen, dass der Sinus am empfindlichsten ist, und dass sich die Empfindlichkeit desto mehr abschwächt, je weiter man nach der Herzspitze zu weiterschreitet. An der in Versuch 22 näher bezeichneten Stelle ist die Empfindlichkeit gegen Essigsäure kaum geringer als an der äusseren Haut des Körpers. Es ist nun erstlich bemerkenswerth, dass alle die Herztheile, in welchen wir anatomisch Vagusfasern nachweisen können, vorzugsweise empfindlich sind und zwar in dem Maasse ihres Nervenreichthums; denn der Sinus und seine Nachbarschaft enthalten auch die meisten Nervenfasern. Noch merkwürdiger aber ist die Thatsache, dass diejenige Herzstelle, von welcher im Leben die Systole ausgeht, zugleich die empfindlichste ist. Der Sinus und die Vorhöfe, welche verhältnissmässig leicht von selbst, d. h. durch Blutreiz angeregt, pulsiren, sind weit empfindlicher als der Ventrikel, welcher nicht leicht von selbst pulsirt. Der Sinus und die Vorhöfe sind für den Blutreiz empfänglich und empfindlich. Der Ventrikel dagegen ist für den Blutreiz weniger empfänglich und unempfindlich. Das Maass der Empfindlichkeit in den einzelnen Herzabschnitten hält also vollständig Schritt mit dem Maass der Neigung, von selbst d. i. auf Blutreiz zu pulsiren und mit dem Nervenreichthum.

Bei dieser innigen Beziehung, welche zwischen der Empfindlichkeit und der Neigung zu spontanen Bewegungen zu bestehen schien, war es von Interesse, zu untersuchen, wie es mit der Empfindlichkeit des Herzens aussieht, wenn dasselbe durch Reizung des Vagus zum Stillstande gebracht, gleichsam gelähmt ist. Auf den ersten Blick könnte es schwierig erscheinen, wie es anzufangen, gleichzeitig den Vagus zu reizen und Sensibilitätseindrücke, die durch denselben Vagus vom Herzen her geschickt werden, zu beobachten; doch ist die Methode bald gefunden. Wie wir oben sahen, genügt der Vagus einer Seite, um die Empfindlichkeit der

dem Rücken zugekehrten Oberfläche des Sinus nachzuweisen, und wiederum reicht, wie zuerst Budge zeigte, die Reizung nur eines Vagus hin, um das ganze Herz zum Stillstande zu bringen. Man kann also den einen Vagus zur Herbeiführung des Herzstillstandes verwerthen und den anderen zum Nachweis der Sensibilität erhalten, und man hat so alle nothwendigen Handhaben zum Experiment, wie es nachstehend beschrieben ist.

23. Nach Blosslegung des Herzens erweitere ich die Wunde in passender Weise nach der einen Seite hin, um den einen Vagus aufzusuchen und lege diesen bis zu seinem Ursprunge am Schädel frei. Darauf durchschneide ich den Vagus an seinem Ursprunge und binde, um ihn leicht handhaben zu können, um sein centrales Ende einen Faden. Den Vagus am Faden fixirend, präparire ich ihn gegen seine Ausbreitung hin eine Strecke los, höchstens natürlich bis zum Abgang des Ramus cardiacus. Während ich nun den Vagus über die Zuleitungsdrähte eines Inductionsapparats lege und dadurch das Herz zum Stillstande bringe, hebt ein Assistent die Herzspitze empor und reizt mit Essigsäure den Sinus. Das Thier rückt sofort mächtig zusammen. Die Fortdauer der Sensibilität auch während des künstlichen Herzstillstandes ist also erwiesen.

Der Versuch zeigt, dass die Reizung eines Vagus zwar die selbstständige Bewegungsfähigkeit des ganzen Herzens vernichtet, also eine vorübergehende Lähmung bewirkt, eine Anästhesie des ganzen Herzens dagegen nicht bewirkt. Ob vielleicht eine Veränderung der Empfindlichkeit während des Stillstandes eintritt, lässt sich vorerst nicht ermitteln, da wir kein Maass für die Empfindlichkeit haben.

Angeregt durch theoretische Betrachtungen, auf welche ich weiter unten eingehen werde, beschloss ich ferner zu prüfen, wie sich die Empfindlichkeit des Herzens bei durch Worara vergifteten Thieren verhält und stellte demnach folgenden Versuch an.

24. Bei einem auf dem Bauche liegend befestigten Frosche legte ich den Ischiadicus eines Schenkels bloss und unterband mit Schonung des isolirten Nerven die ganze übrige Masse des Oberschenkels. Darauf durchschnitt ich den Schenkel unterhalb der Ligatur, so dass also der amputirte Schenkel nur noch vermittelst des Ischiadicus mit dem übrigen Körper zusammenhing. Sodann vergiftete ich das Thier durch Einspritzung von einigen Tropfen Woraralösung unter die Rückenhaut*). Als die Athmung des Frosches aufgehört hatte, band ich ihn los und legte ihn

*) Der mir durch Herrn Prof. v. Wittich gütigst zur Verfügung gestellte wässrige Auszug des Woraragistes enthält 0,005 Gr. feste Bestandtheile auf 1 Ccm. der Flüssigkeit.

auf den Rücken. Hierauf verfuhr ich ganz wie in Versuch 22. Ich legte das Herz frei und reizte die hintere Fläche des Sinus mit Essigsäure. Der isolirte Schenkel zuckte sofort lebhaft, während der durch das Gift gelähmte völlig in Ruhe blieb.

Der Versuch beweist also, dass die Sensibilität des Herzens noch erhalten bleibt, wenn die motorischen Nervenenden bereits sämmtlich durch das Gift gelähmt sind. Er bestätigt somit für die sensiblen Herznerven das, was Kölliker und Claude Bernard längst für die sensiblen Hautnerven festgestellt haben.

Der einzige sensible Herznerv des Frosches ist der Vagus. Es wäre voreilig, für Säugetiere und Vögel dasselbe annehmen zu wollen. Versuche an Säugetieren, um sicheren Aufschluss darüber zu erhalten, sind erklärlicher Weise weit misslicher als bei Kaltblütern; doch werden sie, hoffe ich, zum Ziele führen. Ich selbst habe an Säugetieren nicht experimentirt und nur einmal gelegentlich folgenden Versuch angestellt:

25. Bei einem neugeborenen Kätzchen öffnete ich die Brusthöhle und wartete ab, bis der Sturm von Reflexbewegungen, welcher diesem Eingriff folgt, sich vollständig beruhigt hatte. Hierauf kniff ich das Thier in die Zehen, in den Schwanz, und jedesmal antwortete es mit einer vorübergehenden Körperbewegung. Jetzt quetschte ich die Vorhöfe des wieder ruhigen Thieres mit einer Schieberpincette kräftig zusammen und beobachtete sofort auftretende unzweideutige Reflexbewegungen des ganzen Körpers. Nunmehr wiederholte ich den Versuch an einem zweiten Kätzchen, dem ich zuvor die Vagi am Halse durchschnitten hatte; aber auch bei diesem zeigten sich nach Quetschung des Herzens ähnliche allgemeine Reflexbewegungen.

Man könnte nach dem Ergebniss dieses Versuchs vermuthen, dass bei Säugetieren ausserhalb der Bahn des Vagus sensible Fasern für das Herz verlaufen müssen; doch will ich aus dieser vereinzelten Beobachtung keinen anderen Schluss ziehen als den, dass zahlreiche ähnliche Versuche bei neugeborenen Thieren die Angelegenheit sicher zur Entscheidung bringen können. Für ausgewachsene Thiere lässt sich vielleicht Nutzen ziehen von der Methode, die Virchow mit so glänzenden Erfolgen zu anderen Zwecken angewandt hat. Durch direkte Blosslegung sich Zugang zum Herzen zu schaffen, ist bei Säugetieren ein sehr schwerer Eingriff. Wir haben indess ein natürliches Strassensystem in den grossen Gefässen, durch welche wir ohne erhebliche Verwundung zum Herzen gelangen können. Wenn es Virchow glückte, mit

einem Glasstab von der Vena jugularis externa aus in das Innere des Herzens vorzudringen und dieses mechanisch zu reizen, so werden sich auch energischere Reizmittel auf demselben Wege einführen lassen.

II. Reflexlähmung des Herzens nach Reizung sensibler Nerven.

In der sehr grossen Zahl von Versuchen, welche ich über verschiedene Fragen der Physiologie des Herzens an Fröschen angestellt habe, ist es mir oft begegnet, dass ich anhaltenden Stillstand des Herzens beobachtete in Fällen, wo ich weder dem verlängerten Mark, noch den Lungenmagennerven in irgend einer Weise zu nahe gekommen war, so dass ich mir keine Rechenschaft über die Ursache des Stillstandes zu geben vermochte. Am häufigsten sah ich diesen Stillstand, der ganz demjenigen nach direkter Reizung des Vagus glich, sogleich nach Blosslegung des Herzens, wie das die einleitende Operation zu vielerlei Versuchen ist.

Aehnliche Erfahrungen scheinen bereits von Budge gemacht worden zu sein, der sich darüber, wie folgt, auslässt *): „Um nicht zu Irrthümern veranlasst zu werden, muss man wissen, dass das Froschherz gegen mechanische Erschütterung ausserordentlich empfindlich ist; weshalb schon durch die Blosslegung des Herzens allein dasselbe etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde seltener schlägt. So kann man dasselbe rasch zum Stillstande bringen, wenn man den ganzen Frosch mit Vehemenz zur Erde wirft, wobei es keinen Einfluss hat, ob die Centraltheile des Nervensystems vorher hinweggenommen sind oder nicht; ebenso zuweilen durch das Abkneipen einer Extremität, durch Blosslegen des Rückenmarks u. s. w., während hingegen eine starke elektrische Erschütterung diesen Einfluss nicht hat.“ An einer anderen Stelle **) wiederholt Budge: „Es ist nicht glaublich, dass in diesen Fällen eine Reflexion obwalte.“

So richtig das Thatsächliche in Budge's Mittheilung auch ist, so wenig befriedigend schien mir seine Deutung der Erscheinung. Wirft man einen Frosch gewaltsam zu Boden, so steht das Herz

*) Wagner's Handwörterbuch. III. Bandes 1. Abth. S. 413.

**) a. a. O. S. 433.

dieselben in der That für einige Zeit still. Der Versuch ist sehr werthvoll, und komme ich später auf denselben zurück. Es wollte mir aber nicht einleuchten, dass es sich in den von mir beobachteten Fällen um eine direkte Erschütterung des Herzens gehandelt hätte. War ich mir doch nicht bewusst, dass dem Stillstande des Herzens jemals ein Eingriff vorangegangen war, der auch nur entfernt an die Rohheit des Wurfversuchs erinnerte. Ich musste demnach vermuten, dass in meinen Versuchen eine bisher nicht erforschte Ursache für die Hemmung der Herzbewegung vorlag, der ich auf die Spur zu kommen suchte. Vor Allem bemühte ich mich, eine möglichst constante Versuchsform aufzufinden, um diese dann als Basis für die weitergehende Forschung zu benutzen. Der nachstehende Versuch giebt sich dafür aus. Er wird, so hoffe ich, einen wesentlichen Beitrag zur Lehre von der Vaguswirkung darstellen.

26. Bei einem mittelgrossen Exemplar der *Rana esculenta* lege ich wie in Versuch 22 mit sorgfältiger Schonung des Herzbeutels die Herzgegend durch Ausschneiden eines kleinen Fensters frei. Man sieht das Herz durch den dünnen Herzbeutel hindurch pulsiren. Nach einer Weile klopfe ich dem Thiere mit einem Pflasterspatel oder ähnlichem Instrument etwa 140mal in der Minute mittelst rotierender Handbewegungen mässig derb gegen den Bauch, ohne das Herz selbst zu treffen. Als bald verlangsamt sich der Herzschlag, und fährt man mit den Hieben ununterbrochen fort, so steht endlich das Herz in der Diastole vollständig für einige Zeit still. Sobald man mit Klopfen aufgehört hat, steht das Herz noch ein Weilchen still und fängt dann zuerst langsamer, dann immer schneller wieder an zu pulsiren. Einige Zeit nach dem Versuche klopft es dann um etwa fünf Schläge in der Minute schneller als vor Beginn des Versuchs. Man kann den Versuch bei einem und demselben Thiere beliebig oft mit gleichem Erfolge wiederholen.

Dieser Versuch ist mir bei mittelgrossen Wasserfröschen stets gegückt. Kleine Thiere eignen sich weniger dazu. Auch Landfrösche sind nicht so brauchbar, weil es bei ihnen häufig nur zu einer Verlangsamung und nicht zu einem vollständigen Stillstande der Herzbewegung kommt. Die nöthige Stärke und Häufigkeit der Schläge probirt man in jedem Falle leicht aus, wenn man mit leicht federnden Schlägen beginnend, allmälig nach Bedürfniss Intensität und Häufigkeit der Bauchhiebe steigert. Die absolut nothwendige Stärke der Schläge ist übrigens verhältnissmässig gering. Sie erregt keine Schmerzäusserungen und keine Beschädigung der Bauch-

eingeweide. Je öfter man den Versuch bei demselben Thier wiederholt, desto leichter gelingt er. Die Form des Herzstillstandes ist genau dieselbe wie bei Reizung der Vagi. Wird während des Stillstandes das Herz örtlich gereizt, so antwortet es jedesmal mit einer einzigen Contraction.

Gehen wir daran, die Bedeutung des Versuchs zu ermitteln. Die erste Frage ist: Handelt es sich um die Folge einer unmittelbaren Einwirkung auf das Herz durch mechanische Erschütterung, oder wird der Stillstand durch's Nervensystem vermittelt? Der folgende Versuch bringt die Entscheidung.

27. Ich stelle den Klopversuch wie in 26 an. Er gelingt. Darauf durchschneide ich den Kopf des Thieres in der Höhe der Augen und zerstöre von der Wunde aus Hirn und Rückenmark mit einer Sonde. Das Herz steht einige Sekunden lang in Folge des Eingriffs still und fängt dann wieder von Neuem an zu schlagen. Jetzt wiederhole ich den Klopversuch, aber ohne den früheren Erfolg. Das Herz schlägt ohne Unterbrechung weiter, selbst wenn ich weit stärker schlage als zuvor.

Ebenso erfolglos bleibt der Klopversuch bei Thieren, denen man den Kopf zuvor auf galvanokaustischem Wege abgeschnitten hat. Dagegen gelingt er noch, wenn auch nicht immer, bei Thieren, denen man den Wirbelkanal in der Höhe des vierten Wirbels durchstossen hat. Er gelingt ferner auch bei Thieren, denen man das grosse Gehirn und die Lobi optici weggenommen hat. Um den Herzstillstand bei dem Klopversuch zu ermöglichen, müssen demnach die Medulla oblongata und ein Theil der Medulla spinalis erhalten bleiben. Der Weg, auf welchem von der Medulla oblongata aus das Herz zum Stillstande gebracht wird, ist unschwer vorauszusagen. Es wird die Bahn des Vagus sein, wie der Versuch 28 bestätigen wird.

28. Nach Blosslegung des Herzens in gewohnter Weise suche ich nach passender Erweiterung der Wunde die Vagi auf beiden Seiten mit möglichster Vermeidung von Blutungen auf. Darauf führe ich um jeden Vagus samt begleitenden Gefässen eine starke Ligatur, die ich zu einem vorläufig lose liegenden Knoten schürze. Nach einer Pause klopfe ich dem Thiere in bekannter Weise gegen den Bauch. Das Herz steht still. Nun unterbinde ich zuerst den Vagus einer Seite und stelle eine Weile danach den Klopversuch von Neuem an. Er gelingt auch jetzt noch nach stärkeren und häufigeren Schlägen. Darauf unterbinde ich den zweiten Vagus. Nachdem dies geschehen, bleibt jede fernere Erneuerung des Klopversuchs ganz erfolglos.

Dieser Versuch beweist, dass der Stillstand des Herzens in dem Klopversuch von der Medulla oblongata aus durch die Vagi vermittelt wird. Er lehrt uns ferner, dass Ein Vagus genügt, um den Stillstand herbeizuführen.

Nachdem wir so den Weg aufgefunden, auf welchem vom Centralorgan des Nervensystems her der Stillstand des Herzens zu Stande gebracht wird, gilt es zu erforschen, auf welche Weise bei dem Klopftversuch das Centralorgan erregt wird. Man könnte an unmittelbare Erregung durch die Erschütterungen, welche der Versuch mit sich bringt, denken; doch wird diese Möglichkeit durch den folgenden Versuch ausgeschlossen.

29. Nach Blosslegung des Herzens schlitze ich dem Thiere den Bauch auf und schiebe die Baucheingeweide zur Seite, so dass die Wirbelsäule frei zu Tage liegt. Nun bearbeite ich die Wirbelsäule in derselben Art mit Schlägen wie in Versuch 26 den Bauch, beobachte aber keinerlei Veränderungen der Herzpulsationen. Ebenso erfolglos bleibt es, wenn man die Schläge gegen den Kopf richtet, wobei doch die Erschütterung der Medulla oblongata auch eine energische sein musste.

Wenn demnach die Erschütterung der Wirbelsäule und ihres Inhalts nicht Ursache des Stillstandes sein kann, so bleibt Nichts übrig, als in der mechanischen Misshandlung der Weichtheile des Bauches den Grund für die merkwürdigen Erscheinungen zu suchen. Von den Weichtheilen ist die Haut ganz gleichgültig; denn der Klopftversuch glückt auch nach Entfernung der Bauchhaut. Er gelingt ferner ebenso nach Ablösung der Bauchmuskeln, wenn man die blossgelegten Eingeweide klopft. Dass leichte mechanische Reizung der Baucheingeweide Stillstand des Herzens bedingen kann, beweist am überzeugendsten der nachstehende Versuch.

30. Zuerst lege ich in bekannter Weise das Herz frei. Dann schlitze ich nach Bildung einer Falte die Bauchwand von unten nach oben hin auf mit der Vorsicht, dass ich die Eingeweide mit der Scheere nicht berühre. Sodann ziehe ich behutsam den Magen hervor und lege ihn seitlich über den linken Zeigefinger. Nun klopfe ich den Magen ganz leicht mit dem Spatel, und sogleich steht das Herz still. Denselben Erfolg erzielle ich, wenn ich einen anderen Abschnitt des Darmkanals in derselben Weise behandle. Häufig steht das Herz gleich nach Eröffnung der Bauchhöhle still in Folge einer leichten mechanischen Reizung der Eingeweide, welche zufällig bei der Operation statt hatte.

Der eben beschriebene Versuch gelingt zwar nicht immer, aber doch häufig genug, um unzweideutig darzuthun, dass die bei dem Klopfen des Bauches stattfindende mechanische Reizung der Eingeweide hinreicht, um den Herzstillstand zu bewirken. Die unvermeidlichen Complicationen des Versuchs, der Zutritt der atmosphä-

rischen Lust, die Grösse der Verwundung u. s. w. erklären hinglich den Umstand, dass der Versuch nicht constant ist.

Auf Gruud aller dieser Versuche darf man behaupten, dass der Klopftversuch 26 im Wesentlichen eine Reflexhemmung der Herzbewegung darstellt. Durch die mit dem Klopfen einhergehende mechanische Reizung der Eingeweide wird mittelst der Bahn der sensibeln Eingeweidenerven ein eigenthümlicher Vorgang in der Medulla oblongata angeregt, durch welchen dann wieder mittelst der Vagi die Hemmung der Herzbewegung bewirkt wird. Die mit dem Versuch verbundene geringe Erschütterung des Herzens wird wahrscheinlich ein förderliches Moment für das Zustandekommen des Herzstillstandes abgeben; aber sie ist jedenfalls nicht das Wesentliche. Ausser den schon beschriebenen Versuchen sprechen für diese Auffassung zum Ueberfluss noch die folgenden.

31. Ich stelle den Klopftversuch bei einem tief chloroformirten Frosche an. Er misslingt vollständig. Das Herz pulsirt trotz ziemlich derber Bauchscläge weiter. Ich überlasse das Thier sich selbst. Nach einer Stunde hat es sich vollständig wieder erholt. Athmung und willkürliche Bewegung sind im Gange. Jetzt wiederhole ich den Klopftversuch, und er glückt beliebig oft.

32. Der Klopftversuch misslingt vollständig bei einem mit angemessener Dosis Worara vergifteten Thiere.

Beide Versuche sind leicht erklärt. Bei einem tief chloroformirten Thier ist es nicht möglich, durch Vermittlung der Medulla oblongata Reflexerscheinungen zu erzielen. Sie verhält sich in dieser Beziehung wie todt. Bei einem intensiv mit Worara vergifteten Thiere sind wieder die Vagi todt; denn es ist nicht möglich, durch Reizung derselben Stillstand des Herzens zu bewirken. Im Versuch 31 fehlt somit die Medulla oblongata, in 32 fehlen die Vagi aus der Kette von Gliedern, welche erhalten sein müssen, um die Reflexhemmung des Herzens nach Reizung der Eingeweide zu ermöglichen, und daher röhrt das negative Ergebniss.

Die Reflexhemmung der Herzbewegung verhält sich in jeder Beziehung ganz ähnlich der Hemmung, wie sie durch directe Reizung der medulla oblongata oder der Vagi hervorgebracht wird. Fährt man zu lange mit dem Klopftversuch fort, so fängt das Herz schon während der Schläge wieder an zu klopfen, ganz wie das

bei andauernder directer Vagusreizung geschieht. Die absolute Dauer des Stillstandes, den man auf reflectorischem Wege erzielen kann, giebt derjenigen kaum etwas nach, die man durch directe Reizung der Vagi bewirkt. Zumal nach wiederholter Anstellung des Klopftversuchs kann man minutenlangen Stillstand durch Bauchschläge erzeugen. Zur Demonstration dürfte sich der Klopftversuch sehr eignen. Es ist der einfachste vivisectorische Versuch, den man sich nur wünschen kann, und er kann beliebig oft wiederholt werden. Ein objectives Maass für die mechanische Reizung wird man erhalten, wenn man sich eine zweckentsprechende Klopftmaschine arbeiten lässt, die ähnlich denen construirt sein kann, wie sie von Du Bois-Reymond und Heidenhayn zur Tetanisirung der Nerven angewandt worden sind.

Bei der Darstellung des Klopftversuchs 26 habe ich mich auf die Mittheilung der am Herzen sichtbaren Veränderungen beschränkt. Beiläufig wenigstens will ich jetzt noch mehrere merkwürdige Folgeerscheinungen erwähnen, die bei dem Versuch auftreten. Früher noch als die Herzbewegung hört bei Fortsetzung der Schläge gegen den Bauch die Athmung auf. Fährt man mit dem Versuch fort und lässt zumal die Schläge stärker und geschwinder fallen, so geräth das ganze Thier in einen scheintodten, betäubten Zustand. Am deutlichsten und leichtesten erzeugt man ihn bei Thieren, die schon durch mehrmalige Klopftversuche etwas erschöpft sind. Nimmt man einen solchen noch kräftig strampelnden Frosch bei den Beinen in die linke Hand und tractirt ihn zuerst mit leichten, dann stärkeren und geschwinder sich folgenden Schlägen gegen den Bauch, so hören die willkürlichen Bewegungen bald auf, ebenso wie Athmung und Herzschlag. Das betäubte Thier lässt sich widerstandslos auf den Rücken legen und zeigt keine Neigung, die Beine an den Leib zu ziehen. Aber schnell kommen Herzschlag, Athmung und willkürliche Bewegung wieder, sobald man aufhört zu klopfen, und in Kurzem ist das Thier wieder ganz munter. Auch die Hemmung der Athmung, vielleicht auch die der willkürlichen Bewegung kommen im Wesentlichen auf reflectorischem Wege zu Stande; denn auch bei dem Versuch 30 mit isolirter mechanischer Reizung der Eingeweide blieb die Athmung regelmässig aus, und die Fähig-

keit zu willkürlicher Bewegung schien vermindert. Wie tief die eintretende Betäubung werden kann, bezeugt der folgende Versuch.

33. Bei einem Thiere, das ich dem Klopversuch unterwerfe, wende ich recht intensive und schnell sich folgende Schläge an. Athmung und Herzschlag sowie willkürliche Bewegung hören auf. Während ich noch mit Klopfen fortfahre, pinselt ein Assistent dem Thiere Essigsäure auf den einen Unterschenkel. Der Frosch zuckt nicht. Eine Weile danach gebe ich das Klopfen auf. Das Thier erholt sich schnell und rückt nun erst in der charakteristischen Weise zusammen, wie es im normalen Zustande sofort nach der Reizung geschieht.

Mancher Leser wird sich wundern, dass ich so lange bei einem in der Ausführung allerdings einfachen aber in der Deutung wenig übersichtlichen Versuche, wie das der Klopversuch ist, verweilt habe. Wenn doch der Stillstand des Herzens in diesem Versuche durch die Reizung sensibler Eingeweidenerven bedingt ist, so würde der Versuch weit durchsichtiger sich gestalten, wenn man, Nutzen ziehend von dem ganzen Schatz der Methoden, den uns die Physiologie der animalen Nerven zur Verfügung stellt, die entsprechenden isolirten Nerven unmittelbar reizt. Diese Erwartung wird aber schnell getäuscht. Ich habe vielfache Reizversuche an den Eingeweidenerven angestellt, und sie sind auch nicht ganz ohne Werth geblieben, aber ihnen allen fehlt das Kleinod, welches wir bei wissenschaftlichen Versuchen nie missen mögen, die Constanze des Erfolges. Der Klopversuch ist zwar nicht durchsichtig, aber er ist constant. Daraus erhellt, dass wir die Summe der Bedingungen des Versuchs wenigstens beherrschen, wenn wir auch erst weitläufiger Controlversuche bedürfen, um Einsicht zu erhalten. Die Reizversuche, welche ich sogleich mittheilen will, sind nur scheinbar einfach. Sie sind nicht constant, also beherrschen wir ihre Bedingungen nicht. Es kommen dabei störende Momente zur Geltung, deren Berechnung vorerst noch nicht gelungen ist.

Ich habe die Nerven der Mesenterien mit Inductionsströmen gereizt. Mitunter stand das Herz still; aber in den bei weitem meisten Fällen konnte ich gar keine Aenderung des Herzschlages bemerken. Ebenso wenig hatte die mechanische Reizung derselben Nerven mittels des Heidenhayn'schen Tetanomotors einen constanten Erfolg. Nach Aetzung der Eingeweidenerven mittelst Essigsäure

änderte sich die Herzbewegung gar nicht. Auch Brennen der Nerven hatte keinen bemerkbaren Einfluss.

Die Erfahrungen der Physiologie der animalen Nerven scheinen sich also nicht ohne Weiteres auf das sympathische Nervensystem übertragen zu lassen. Mechanische Reizung der Nervenendigungen in den Eingeweiden hat einen so augenfälligen Einfluss auf die Herzbewegung, und Reizung der entsprechenden Nervenstämme bleibt meist ganz ohne Ergebniss, während von den anderen sensiblen Körpernerven aus sich ohne Schwierigkeit Reflexbewegungen auslösen lassen, wenn man die Reize auf die Stämme selbst applicirt. Andererseits ist es aber bekannt, dass sich auch bei den Hautnerven die Endausbreitungen weit empfindlicher beweisen als die Stämme, wie denn nach Reizung der Haut selbst weit leichter Reflexbewegungen auftreten als nach Reizung der Nervenstämme. Um die Analogie zwischen den Eingeweidenerven und den übrigen Körpernerven zu reiten, könnte man annehmen, dass bei den Eingeweidenerven der Unterschied zwischen der Reizbarkeit der Stämme und der ihrer Endausbreitung ein noch gröserer ist. Aber auch diese Aushilfe leistet wenig. Auch die sensiblen Nervenendigungen in den Eingeweiden verhalten sich gar zu abweichend von den Hautnerven. Es ist mir niemals gelungen, durch Aetzung des Magens und des übrigen Darms Herzstillstand zu erzielen, während dies, wie Versuch 30 lehrte, durch leichte mechanische Reizung sofort und wiederholentlich gelang. Hiernach scheint es, als wenn das Gesetz von der Vertretung der Nervenreize durch einander für die Eingeweidenerven nicht zutrifft. Er wäre indess voreilig, schon jetzt solche Schlüsse ziehen zu wollen. Liegt ja doch die Möglichkeit nahe, dass ich nur nicht den richtigen Grad in der Stärke der Reize getroffen habe, und was der anderen Versehen mehr sein mögen.

Die einzige sichere Methode, Reflexlähmung des Herzens zu bewirken, die ich gefunden habe, bleibt also die mechanische Reizung der Eingeweide. Um zu prüfen, ob vielleicht ganz leichte mechanische Reizung einen anderen Erfolg habe, ob vielleicht der Herzschlag dadurch beschleunigt werde, habe ich den Klopfversuch mit ganz leichten Schlägen angestellt. Niemals indess sah ich hier-

bei von vornherein eine Beschleunigung des Herzschlags. Entweder ich beobachtete zuerst gar keine Veränderung oder eine geringe Verlangsamung der Schlagfolge. Trat später Beschleunigung ein, so war dieser eben immer eine Verlangsamung vorhergegangen. Nach Blosslegung der Eingeweide ist übrigens die Stärke der Schläge auf den Magen, welche hinreicht, um Stillstand des Herzens zu bewirken, so sehr gering, dass man sie ohne besondere Hilfsmittel kaum noch mehr verringern kann. Mir ist überhaupt keine Reflexerscheinung bekannt, welche auf so geringfügige mechanische Eingriffe noch zu Stande käme, wie die Reflexhemmung des Herzens.

Mehrfaeh habe ich mich bemüht zu ermitteln, ob nach Reizungen der Extremitäten Reflexerscheinungen an der Herzthätigkeit sich beobachten lassen; aber auch hier habe ich keine constanten Erfolge gesehen. Zermalmung der Extremitäten, Essigsäurepinselung und Brennen der Haut, Quetschen und Ausreissen der Nerven hatten meistens gar keine Veränderungen in der Frequenz der Herzschläge zur Folge. Mitunter trat Verlangsamung der Herzschläge ein. Einmal sah ich Herzstillstand nach Quetschung und Ausreissung des Plexus ischiadicus.

Wie vorsichtig man übrigens in der Beurtheilung der Erscheinungen nach manchen Reizmitteln sein muss, dafür will ich einen Beleg anführen, der in mancher Hinsicht von Interesse ist.

34. Ich pinselte einem auf dem Rücken befestigten Frosche, bei dem ich das Herz blossgelegt hatte, Essigsäure auf die Haut beider Beine. Nach kaum einer Minute sah ich deutliche Abänderungen im Herzschlage. Die Zusammenziehungen des Herzens wurden matter und matter, und die Schläge folgten sich immer seltener. Späterhin wurde auch der Ablauf jeder einzelnen Systole ein unregelmässiger. Die Contraction wurde langsam, peristaltisch wie nach Unterbindung der Aorten. Zeitweise folgten wohl je einer Vorhofcontraction zwei in dem Ventrikel, von denen die zweite sich wie ein leichter Nachschlag an die erste anfügte. Schliesslich blieb das stark von Blut ausgedehnte Herz ganz und gar gelähmt stilstehen. Es zuckte nicht einmal mehr nach mechanischer Reizung. Uebrigens behielt das Thier die Fähigkeit zu willkürlicher Bewegung, wenn es auch sehr träge und schwach war. Nach Verlauf einiger Minuten erholtete sich das Herz von selbst. Nachdem zuerst wieder matter die Pulsation des Sinus und der Vorhöfe aufgetreten war, schloss sich bald auch der Ventrikel an. Das Herz schlug kräftiger und kräftiger, bis es endlich wieder die normale Intensität und Häufigkeit der Schläge zeigte.

Um zu prüfen, ob diese merkwürdige vorübergehende Alteration des Herzens von den Nervencentren abhänge, stellte ich denselben Versuch bei einem Thiere

an, dem ich zuvor den Kopf mit der Scheere abgeschnitten und das Rückenmark gründlich mit der Sonde zerstört hatte. Ich wartete vergeblich mehrere Minuten auf die Lähmung des Herzens. Danach schien es, als wenn die Lähmung in Versuch 34 auf reflektorischem Wege zu Stande komme. Die Form der Lähmung, der ganze Verlauf des Versuchs war mir indess doch so verdächtig, dass ich, um mich sicher zu stellen, noch weitere Kontroversuche machte. Ich führte denselben Versuch bei einem mit Worara vergifteten Thiere aus, und siehe da, die Lähmung trat auch hier vorübergehend ein, obwohl der Vagus, der sie allein hätte vermitteln können, todt war. Hierauf wiederholte ich den Versuch an einem Thiere, dem ich den Kopf mit der Glühschlinge weggenommen hatte, und er glückte wiederum. So kam ich allmälig zu der Ueberzeugung, dass die Reizung der Haut durch Essigsäure doch nicht auf dem Wege der Nervenbahnen die Herzthätigkeit lähmen könne, sondern dass der eigenthümliche Vorgang von der directen Einwirkung der Essigsäure auf das Herz nach ihrer Aufnahme ins Blut abhängen müsse. In der That hatte die Essigsäure bei dem Thiere, dem ich auf blutigem Wege den Kopf abgetrennt hatte, nur deshalb nicht gewirkt, weil durch die Verwundung der Blutkreislauf so beeinträchtigt wurde, dass das Gift erst spät und unvollständig resorbiert werden und zum Herzen gelangen konnte. Wartet man bei einem geköpften Thiere nur etwas länger, und pinselt man mehr Säure auf, so tritt auch bei ihm die Wirkung der Essigsäure auf das Herz schliesslich hervor.

Ich habe den letzten Versuch, welcher eigentlich nicht zu meinem Thema gehört, so ausführlich mitgetheilt, weil er vielleicht für die Pharmakodynamik von Werth ist. Er wirft möglicher Weise etwas Licht auf den Hergang, wie die beruhigende Wirkung der Essigsäure bei fieberhaften Zuständen zu Stande kommt. Man dürfte berechtigt sein, eine directe Herabsetzung der Herzthätigkeit durch das Blut anzunehmen, welches durch Resorption der Essigsäure eine eigenthümliche vorübergehende Veränderung erfährt.

Wie bei Anwendung der Essigsäure, so muss man auch bei Benutzung von Wärmereizen sehr behutsam sein in der Deutung der Folgeerscheinungen. Ausgedehnte Hautverbrennung vermehrt jedesmal die Pulsfrequenz des Frosches einfach dadurch, dass das Blut eine höhere Temperatur annimmt und das Herz direct reizt, wie das schon von Calliburcès *) bewiesen ist. Isolirt man einen Schenkel dadurch, dass man nur noch den Ischiadicus als Brücke zwischen ihm und dem übrigen Körper erhält, so hat ausgedehnte Verbrennung des isolirten Beines gar keinen Einfluss auf die Frequenz des Herzschlages.

*) Claude Bernard, *Leçons sur la physiologie et pathologie du système nerveux.* T. II. p. 438.

Obwohl ich meine Versuche über Reflexlähmung des Herzens nur an Fröschen angestellt habe, so möchte ich doch schon nach den Erfahrungen der Pathologie vermuten, dass sie ihre Analogie auch bei Säugethieren finden werden. Jedem wird bei Durchlesung meines Klopftversuchs eingefallen sein, dass bei Menschen häufig nach starken Schlägen vor die Magengegend plötzlicher Tod beobachtet wurde. Ueberhaupt dürften mancherlei traurige Vorfälle, wie sie sich nach Verletzung von Eingeweiden mitunter ereignen, auf Reflexlähmungen zu beziehen sein. Ohnmachten, ja selbst Tod nach schmerzloser Einführung des Katheters und anderen Operationen sind wiederholt gesehen und unter die Rubrik „Allgemeine Nervenparalyse“ untergebracht worden.

So weit meine Kenntniss der physiologischen Literatur reicht, habe ich nirgends die Erwähnung einer von den Eingeweiden ausgehenden und durch den Vagus vermittelten Reflexhemmung des Herzens gefunden. Claude Bernard *) gibt an, nach Quetschung der hinteren Rückenmarkswurzeln bei Hunden eine vorübergehende Hemmung der Herzthätigkeit beobachtet zu haben; aber er fügt ausdrücklich hinzu, dass die von ihm gesehene Reflexerscheinung auch noch nach Durchschneidung der Vagi zu Stande kam. Es hat sich also in seinen Versuchen wohl um einen andern Vorgang gehandelt als in den meinigen. Schiff **) sah Verlangsamung des Herzschlages durch Vermittlung des Accessorius nach Reizung verschiedener Hautnerven. Dagegen bemerkt derselbe Forscher auf Seite 226 seines Lehrbuches: „Es ist evident, dass bei Anwesenheit des verlängerten Markes und bei unversehrtem N. vagus das Herz durch Reizung von fast allen empfindlichen Körpertheilen aus angeregt werden kann.“ Budge ***) wiederum erklärt bestimmt: „Auch der stärkste Hautreiz bleibt ohne Einfluss auf die Bewegung des Herzens“, und an einer anderen Stelle †): „Zahlreiche Untersuchungen am Froschherzen haben mich gelehrt, dass, wenn man die Lungen, den Magen, die Gedärme auf ein

*) Leçons etc. T. I. p. 275.

**) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre 1861. Bd. VIII. 3. Heft. S. 324.

***) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. 1. Abtheilung. S. 430.

†) Ebenda S. 429.

Glasplättchen legt und diese Theile dem electricischen Strome aussetzt, die Herzschläge niemals vermehrt werden, und dasselbe Resultat zeigt sich nach mechanischen Reizungen. Zuweilen jedoch sah ich eine Abnahme der Schläge. In der Regel war dies jedoch nur der Fall, wenn ich ohne untergelegtes Glasplättchen den electricischen Strom anwendete.“ Valentin ***) endlich vermochte nach Reizung der Haut Reflexbewegung des Herzens zu bewirken.

Die Angaben der verschiedenen Forscher sind so widersprechend und ungenau wie überall, wo es sich um das sympathische System handelt. Alle überhaupt nur möglichen Ansichten kann man auch vertreten finden. Den bestimmten Nachweis constanter Versuche vermisst man durchweg.

Am Schlusse dieses Abschnittes komme ich auf den Budge'schen Wurfversuch zurück. Budge scheint bei seinen Versuchen nur Stillstand in der Diastole gesehen zu haben, wenigstens kann er nur an diesen denken, sofern er den Stillstand bei dem Wurfversuch mit dem Stillstande bei Reizung der Vagi vergleicht. Wie ich mich überzeugt habe, sind bei diesem Versuch aber zwei sehr wesentlich von einander abweichende Fälle zu unterscheiden. Fasst man einen Frosch bei den Hinterbeinen, und schleudert man ihn mit grosser Gewalt zu Boden, so dass er mit dem Rücken aufschlägt, so finden sich die Körpermuskeln in grösserer oder geringerer Ausdehnung tetanisch contrahirt vor, und das Herz verharrt gleichfalls in Tetanus. Lässt man dagegen das Thier nur aus mässiger Höhe, etwa 7 Fuss tief auf den Rücken herabfallen, so bleibt es eine Zeit lang wie betäubt liegen. Das Herz steht dann in Diastole still, und auch alle übrige Muskeln sind erschlafft. Beide Versuche gelingen auch an Thieren, denen Hirn und Rückenmark zuvor zerstört wurde. Bisweilen schien es mir, als wenn man Thiere ohne Hirn und Rückenmark von grösserer Höhe herabfallen lassen müsse, um Stillstand des Herzens in Diastole zu erhalten, als unversehrte Thiere. Man thut in allen Fällen gut, die Thiere nicht mit dem Bauche auffallen zu lassen; denn dann zieht

*) Lehrbuch der Physiologie, 2ten Bandes 2te Abtheilung. S. 491.

sich das Herz in Folge der unmittelbaren Reizung fast immer theilweise tetanisch zusammen. Ueberhaupt sieht man häufig bei Versuchen, in denen man eine grössere Fallhöhe benutzt, gemischte Zustände, stellenweise Tetanus und stellenweise diastolische Ruhe des Herzens.

Ueber die Bedeutung des Vagus als Hemmungsnerven.

Wie schwierig es ist, eine befriedigende Erklärung des nach Reizung des Vagus eintretenden Herzstillstandes zu geben, das geht schon zur Genüge aus der übergrossen Zahl der aufgestellten Hypothesen hervor. Nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse halte ich die Frage für noch nicht spruchreif. Wesentliche Lücken der Forschung sind noch auszufüllen. So kenne ich keinen sicher gelingenden Versuch, durch den nachgewiesen würde, wie eine sofortige Beschleunigung der Herzthätigkeit auf reflectorischem Wege zu erzielen ist, während doch die Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens die Möglichkeit einer solchen reflectorischen Pulsbeschleunigung zu fordern scheinen. Ich erinnere nur an die Veränderung des Herzschlages nach Gemüthsbewegungen. Es wäre überaus wichtig zu ermitteln, auf welchen Nervenbahnen solche reflectorische Beschleunigung der Herzbewegung zu Stande kommt, und ob vielleicht auch dabei der Vagus ins Spiel kommt. Wenn nun auch vor Erledigung dieser Vorfragen eine theoretische Erörterung über die Function der centrifugalen Fasern des Herzvagus gewagt erscheint, so darf man sich ihr doch nicht entziehen. Eine trockene Aneinanderreihung der Thatsachen kann Niemandem genügen. Zugleich mit der Bereicherung der Erfahrungen soll die Theorie reifen, und sie wieder ist es, die zur Förderung neuer Thatsachen anspornt. Sind wir ja wenigstens weit genug, um einzelne Erklärungsversuche als unmöglich abzuweisen, andere als unwahrscheinlich zurückzustellen. Enger und enger lässt sich mit jeder thatsächlichen Eroberung das Feld begrenzen, auf dem die Hypothesen sich noch frei umhertummeln dürfen.

In einer früheren Arbeit *) habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass die Hypothese Brown-Séquard's, sofern nur dessen that-

*) „Ueber die Ursachen der Herzthätigkeit“ im 23sten Bande dieses Archivs.

sächliche Voraussetzungen sich bestätigen, zur Erklärung des Herzstillstandes nach Reizung der Vagi ausreiche. Ich bin seitdem ganz von dieser Ansicht zurückgekommen und halte jetzt jene Hypothese nicht bloss für unerwiesen, sondern auch für unzulänglich. Brown-Séguard behauptet bekanntlich, der Vagus sei Gefässnerv des Herzens, und der Stillstand des Herzens nach Vagusreizung komme dadurch zu Stande, dass die ernährenden Gefässse desselben sich zusammenziehen und so dem Bewegungsreize, welcher im Blute zu suchen ist, keinen Zutritt gestatten. Abgesehen davon, dass eine active Contraction der Kranzgefässse nach Reizung der Vagi nicht zweifellos feststeht, so ist die Erklärung für Amphibien an sich nicht brauchbar. In den Hohlvenen und dem Sinus, also den für die Pulsation des Froschherzens wichtigsten Theilen, sind contractile Vasa vasorum überhaupt nicht aufzufinden; und doch tritt die Hemmung der Venenpulsation so pünktlich und schnell ein nach Reizung der Vagi. Ist aber die Brown-Séguard'sche Hypothese für das Froschherz aufzugeben, so ist sie auch für die übrigen Wirbelthiere nicht mehr zu halten; denn der ursächliche Vorgang, der die Hemmung der Herzbewegung bedingt, wird sicher überall derselbe sein. Ausserdem muss man erwägen, wie blitzschnell auch bei Säugethieren der Stillstand des Herzens nach Reizung der Vagi zu Stande kommt, während eine etwaige Zusammenziehung der Kranzgefässse immer erst einer gewissen merkbaren Zeit bis zu ihrer Vollendung bedürfte. Wenn es also auch richtig ist, dass Hemmung der Blutbewegung im Herzen Stillstand desselben bewirkt, wie Virchow für Säugethiere und ich für Frösche nachwies, und wenn dieser Stillstand, wie ich anderwärts ausgeführt habe, in der That die grösste Aehnlichkeit hat mit dem Stillstande nach Vagusreizung, so sind beide Zustände gleichwohl nicht identisch. Immerhin aber bleibt es von Wichtigkeit, die Gefässnerven des Herzens aufzusuchen; denn es ist mir mindestens sehr wahrscheinlich, dass die Frequenz des Herzschlages von der jedesmaligen Weite der Kranzgefässse mit abhängt.

Nach Ablehnung der Hypothese Brown-Séguard's wenden wir uns zu der, welche von Wallach aufgestellt ist*). Wallach

*) Müller's Archiv. 1851.

sagt: Es sind sensible Vagusfasern, welche den Herzstillstand vermitteln. Während der Vagusreizung werden die sensiblen Fasern nicht bloss nach dem Hirn zu, sondern auch nach der Peripherie hin überreizt und gelähmt. Die gelähmten Nervenendigungen sind für den Blutreiz nicht mehr empfänglich, und das Herz, das sonst auf reflectorischem Wege durch sie in Bewegung gesetzt wurde, steht also still. Diese Hypothese schien mir a priori durchaus nicht so verwerflich, wie sie den meisten Forschern erschienen ist. Wallach benutzt eine centrifugale Wirkung der sensiblen Nerven, was unerhört scheint. Das Gesetz aber, dass centripetale und centrifugale Nervenwirkungen auch nothwendig in verschiedenen Fasern erfolgen müssen, ist durchaus nicht ohne Weiteres für das sympathische System so sicher gestellt wie für die animalen Nerven, wenn es auch Wahrscheinlichkeit für sich hat. Es lässt sich indess wirklich hinreichend streng beweisen, dass Wallach's Hypothese nicht richtig sein kann. Schon der Versuch 23, in welchem ich zeigte, dass während der Vagusreizung die Empfindungsfähigkeit vom Herzen aus keineswegs aufgehoben ist, sprach gegen Wallach's Auffassung. In directerer Weise wird der folgende Versuch zur Entscheidung führen.

35. Wie in Versuch 24 isolire ich bei einem Frosche den einen Schenkel der Art, dass der Ischiadicus allein die Brücke zwischen dem Schenkel und dem übrigen Körper bildet. Darauf vergifte ich das Thier mit Worara. Einige Zeit nachdem die Athembewegungen aufgehört haben, lege ich das Herz frei. Ich beatupfe jetzt den linken Vorhof mit Essigsäure und sehe sogleich den isolirten Schenkel reflektorisch zucken. Schnell durchschneide ich nunmehr den Kopf in der Höhe der Augen und führe die Zuleitungsdrähte eines Inductionsapparats gegen die Medulla oblongata hin in das Gebirn ein. Das Herz schlägt trotzdem weiter, während der isolirte Schenkel in Tetanus gerath. Darauf lege ich den Stamm eines Vagus frei und reize ihn in gleicher Weise, aber wiederum ohne Erfolg.

Der Versuch beweist, dass die Sensibilität des Herzens noch erhalten sein kann zu einer Zeit, wo die Möglichkeit einer Hemmung der Herzthätigkeit vom Vagus her nicht mehr vorhanden ist. Diejenigen Vagusfasern, welche die Sensibilität des Herzens vermitteln, können also nicht identisch mit denen sein, welche die Hemmung zu Stande bringen; denn dann müsste die Lähmung der Sensibilität und der Hemmungsfähigkeit gleichzeitig eintreten. Der

Vagus als „Hemmungsner“ stirbt zwar bei mit Worara vergifteten Thieren ein wenig später ab als die Muskelnerven, aber viel früher als die Empfindungsnerven. Die Meinungsverschiedenheit zwischen Koelliker und Cl. Bernard einerseits und Bezold andererseits löst sich in einer sehr einfachen Weise. Jene gaben an, dass der Vagus ebenso wie die motorischen Nerven durch das Worara gelähmt wird, was Bezold bestreitet. Beide Parteien haben verschiedene Intensitätsgrade der Vergiftung im Auge gehabt, indem jene einen stärkeren, dieser einen schwächeren Grad der Vergiftung beschrieben.

Wir dürfen demnach als festgestellt erachten, dass in dem Ramus cardiacus nervi vagi des Frosches zweierlei Fasern existiren müssen, erstlich centripetale, deren Reizung Empfindungen und Reflexbewegungen im übrigen Körper veranlasst, und zweitens centrifugale, deren directe oder reflectorische Reizung Hemmung der Herzbewegungen zur Folge hat.

Die centrifugalen Vagusfasern des Herzens haben, wie die unbefangene Bewegung lehrt, mit den gewöhnlichen motorischen Muskelnerven nichts gemein; denn bei gleicher Stärke der Reizung sehen wir mittelst des Vagus Erschlaffung der Herzmuskulatur zu Stande kommen, während Reizung motorischer Muskelnerven Tonus hervorruft.

Wir kommen zu dem Ergebniss, dass diejenigen Vagusfasern, welche den Herzstillstand zu vermitteln vermögen, weder sensible, noch gewöhnliche motorische, noch vasomotorische Nervenfasern sein können. Wir haben somit alle diejenigen bekannten Kategorien von Nerven, welche überhaupt in Frage kommen könnten, als untauglich zur Erklärung der Hemmungswirkung des Vagus zurückgewiesen. Der eine Theil unserer theoretischen Erörterung ist damit beendet. Wir gelangen jetzt zur Besprechung derjenigen Versuche, welche mit Hilfe von neugeschaffenen Nervenkategorien jene Aufgabe lösen wollen. Wir begeben uns auf den eigentlichen Tummelplatz der Hypothesen.

Beginnen will ich mit der Hypothese, wie ich selbst sie mir jetzt zurechtgelegt habe. Lässt man einen Frosch von einer gewissen mässigen Höhe herabfallen, so bleibt er, wie wir sahen,

wie scheintodt eine Zeit hindurch liegen. Sowohl die willkürlichen als die unwillkürlichen Bewegungen, wie Athmung und Herzschlag, stocken gänzlich, bis sich nach und nach das Thier wieder erholt. Die Erschütterung, welche hinreicht, um diese vorübergehende Lähmung aller sogenannten automatischen Bewegungen zu bedingen, bringt keine den Sinnen wahrnehmbaren mechanischen Störungen der Gewebstheile hervor. Es leuchtet ein, dass es sich bei solcher Erschütterung nicht um eine Alteration der Muskeln oder Nervenstämmen, sondern um eine Alteration der nervösen Centralorgane handelt. Die Centralorgane gerathen dabei in einen Zustand der Betäubung, in welchem sie auf die normalen Lebensreize nicht mehr reagiren. Das Wesen dieses Betäubungszustandes müssen wir, so lange jeder Nachweis einer anatomischen Veränderung fehlt, in einer molekularen Verschiebung der Theilchen suchen, welche durch die elastischen Kräfte sich allmälig wieder ausgleicht, so dass schliesslich der normale Zustand hergestellt wird. Wir kennen also, um z. B. die Athembewegung ins Auge zu fassen, zwei grell verschiedene Zustände des Centralorgans der Athembewegung, einen, in dem dasselbe auf den normalen Athmungsreiz in gewohnter Weise reagirt, und einen, in welchem es sich unerregbar gegen diesen verhält, ohne dass die materiellen Grundlagen nachweisbar geändert wären. Dazwischen liegen die verschiedenen Grade der Reizbarkeits-Abstufung. Wie das Centralorgan der Athmung, so verhält sich auch das des Herzens. Das durch einen mässigen Fall erschütterte Herz bleibt stehen, weil seine centralen Ganglien ähnlich wie die des cerebrospinalen Systems durch die Erschütterung in einen Zustand der Betäubung gerathen, in welchem sie gegen den normalen Reiz des Blutes sich unerregbar zeigen. Nach einiger Zeit gleicht sich die molekulare Verschiebung wieder aus. Die Ganglien erhalten ihren normalen Zustand wieder und reagiren auf den Blutreiz. Das Herz klopft von Neuem. Diesen Betäubungszustand in diastolischer Ruhe, wie er durch mässige Erschütterung hervorgebracht werden kann, und wie er allmälig wieder in den normalen Zustand übergeht, finde ich in dem durch die Reizung des Vagus bedingten Herzstillstande wieder. Ich halte beide Formen des Herzstillstandes für identisch. Ebenso wie durch die mässige

mechanische Erschütterung, so werden durch die Reizung des Vagus die Herzganglien in einen Zustand übergeführt, in welchem sie sich gegen den Blutreiz stumpf verhalten. Ist aber eine solche Funktion eines Nerven denkbar?

So lange nicht das Gegenteil exakt erwiesen ist, halte ich an dem Satze von der Einerleiheit der Nervenfaser fest und finde die verschiedenen Funktionen der Nerven nur durch ihre verschiedenartige Endigung bedingt. Je nach der besonderen Einrichtung dieser Endigungen ist der Nerv im Stande, die verschiedenartigsten Leistungen zu vermitteln. Da nun die physiologische Leistung der Nerven immer nur mittelst ihrer eigenthümlichen Endapparate offenbar werden kann, so hat man die Nervenstränge kurzweg nach dieser ihnen allein möglichen Funktion benannt. Wir haben von Nerven, welche centripetale Wirkungen vermitteln: die gewöhnlichen Empfindungsnerven und die verschiedenen Sinnesnerven. Von centrifugalen Nerven kennen wir: motorische Nerven, Drüsennerven und die Nerven der elektrischen Organe. Der Bau der Faser ist bei allen diesen derselbe. Die Gründe für die Verschiedenheit der Wirkungen nach Reizung der Nerven sind in den Endapparaten zu finden, mit denen sie in Verbindung stehen. Auch der Vagus hat denselben Bau wie jeder andere Nerv und gehorcht denselben allgemeinen physiologischen Gesetzen. Seine centrifugalen Fasern müssen aber in eine besondere Rubrik gebracht werden, weil sie vermöge ihrer besonderen Endigungsweise eine ganz ungewöhnliche Funktion vermitteln, die sich jenen bereits bekannten nicht unterordnen lässt. Die centrifugalen Fasern des Vagus stehen in Verbindung mit den Bewegungszentren des Herzens, den Ganglien. Im Erregungszustande stimmen sie die Reizbarkeit der Ganglien herab, so dass diese nicht mehr durch den Reiz des Blutes ange regt werden. Sofern dadurch die Herzbewegung gehemmt wird, kann man die diesen Zustand bedingenden Fasern als Hemmungsfasern bezeichnen.

In meinen früheren Arbeiten habe ich nachzuweisen gesucht, dass für den Ablauf der normalen Herzbewegung diejenigen Ganglien, welche im Sinus gelegen sind, die wichtigsten sind, sich gleichsam wie Leiter der Bewegung verhalten. Werden diese Gang-

lien zerstört, so hört für einige Zeit die Herzbewegung auf, weil die in den Vorhöfen und im Ventrikel gelegenen Ganglien weit weniger empfänglich für den Blutreiz sind. Hiernach wäre es hinreichend, wenn der Vagus nur mit den Ganglien des Sinus in Verbindung trüte; denn, ist einmal in ihnen die Reizbarkeit herabgestimmt; so hört die übrige Herzbewegung von selbst auf, weil sie jener Führerschaft verlustig geht. Der nachstehende Versuch scheint mir aber dafür zu sprechen, dass nach Reizung des Vagus die Erregbarkeit des ganzen Herzens herabgesetzt wird.

36. Bei einem grossen Wasserfrosch umschneüre ich mit Hülfe des Ligaturstäbchens die Vorhöfe, bis der Ventrikel aufhört zu pulsiren und entferne darauf wieder die Schlinge. Der abgeschnürte Theil bleibt strotzend von Blut in diastolischer Ruhe, während das übrige Herz weiter pulsirt, wie ich das früher ausführlich beschrieben habe. Nun schneide ich dem Thiere den vorderen Theil des Kopfes ab und reize die Medulla oblongata mit möglichst starken Inductionsströmen. Der Körper geräth in Tetanus, der bisher fort pulsirende Herzabschnitt steht in Diastole still. Dagegen macht der abgeschnürte, bis dahin ruhende Ventrikel wiederholt Contractionen. Am Herzen kehrt sich also die Sachlage vollkommen um. Was bis dabin pulsirte, steht jetzt still, und umgekehrt, da, wo früher Ruhe war, tritt jetzt Bewegung ein. Dieselbe Umkehr der Erscheinungen beobachtet man, wenn man die Zuleitungsdrähte direct an die untere Hohlvene bringt.

Diesen Versuch erkläre ich mir folgendermaassen. Die nach Reizung der Medulla oblongata auftretenden Contractionen des Ventrikels sind offenbar durch Stromschleifen hervorgebracht, welche direkt auf rein physikalischem Wege den Ventrikel erreichen und reizen. Reizt man ohne Anlegung einer Herzligatur die Medulla mit beliebig starken Strömen, so bleibt immer das ganze Herz in Ruhe. Die Stromschleifen, welche auch dann noch das Herz direkt reizen müssten, kommen nicht zur Geltung, weil die Hemmung vom Vagus her ihnen das Gegengewicht hält. Mit Anlegung der Ligatur wird der lähmende Einfluss des Vagus unterbrochen, und der Ventrikel kann nun durch Reizung von Seiten der Stromschleifen pulsiren. Sowohl bei direkter als bei reflektorischer Reizung des Vagus sieht man übrigens auch bei unversehrtem Herzen mitunter Fälle, in denen die Hemmung sich nur auf einen Theil des Herzens erstreckt. Während die Vorhöfe stillstehen, pulsirt der Ventrikel. Diese Erscheinung tritt jedoch, wie mir schien, immer erst bei Ermüdung des Vagus ein.

Die so eben von mir dargestellte Auffassung der Hemmungswirkung des Vagus stimmt in soweit mit den Ansichten von Weber, Volkmann und Ludwig überein, als auch diese für den Vagus eine ganz neue Nervenkategorie mit ähnlichen Hemmungsfunktionen annehmen. Die Besonderheiten meiner Auffassung sind hauptsächlich dadurch bedingt, dass ich keine automatischen Bewegungscentren anerkenne und keine Aufspeicherung von bewegenden Kräften zugebe, wie ich das anderwärts ausgeführt habe.

Die Annahme eigner hemmender Centralorgane, welche ich gleichfalls schon früher bekämpft habe, ist zum mindesten durchaus nicht gerechtfertigt. Vergebens habe ich herauszubringen gesucht, wo diese von Manchen immer noch beliebten hemmenden Centralorgane eigentlich ihren Sitz haben sollen. Sie sollten bald hier bald dort vorherrschen, im Sinus und im Ventrikel, aber nirgends sind sie zu fassen. Vielleicht sind sie überall zerstreut zwischen den Bewegungscentren, und jedes Bewegungsganglion hat ein Hemmungsganglion gleich hinter sich wie einen angestellten Polizeidiener. Contrahirt sich das Herz, so sind die Bewegungscentren oben auf, erschlafft es, so siegt das „hemmende Centralorgan.“ Es wird auf- und abgewiebelt, und so entsteht der Rhythmus von Systole und Diastole. Mir scheint diese Manier, als Ursache für jeden Zustand sich einen deus ex machina als eigene Sorte von Centralorgan zu construiren, zwar sehr bequem, aber auch sehr nichtig. Eine lebendige Thätigkeit lässt nach und hört auf, wenn ihre Ursache aufhört. Um einen Zustand der Ruhe zu erklären, genügt also das Wegbleiben der Thätigkeitsursachen. Eigens angestellte Bändiger von Lebensäußerungen dürfen wir füglich nur da annehmen, wo wenigstens materielle Träger für jene zu finden sind.

Das Kapitel der Hemmungsnerven hat ferner neuerdings durch Rosenthal*) auf Grund neuer Beobachtungen eine Erweiterung erfahren, auf deren Erörterung ich hier eingehen muss. Rosenthal hat gefunden, dass Reizung des N. laryngeus superior Still-

*) J. Rosenthal, Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. Berlin, 1862.

stand der Athembewegungen zur Folge hat und hat darauf die Annahme gegründet, dass in diesem Nerven Hemmungsfasern verlaufen, welche im Erregungszustande auf das Centralorgan der Athmung in der Art einwirken, dass die Athmung aufhört. Rosenthal vergleicht diese Funktion des Laryngeus superior mit der Hemmungstätigkeit des Vagus und glaubt, dass die Ansichten von Weber, Volkmann und Ludwig über die Theorie der Vagusswirkung durch seine Beobachtung eine Stütze finden. Wollte ich Rosenthal's Gedankengang folgen, so müsste ich auf Grund meines Fundes in den sensiblen Eingeweidenerven gleichfalls neue Hemmungsnerven des Herzens annehmen und zwar Hemmungsnerven zweiter Ordnung, sofern die von den Eingeweiden ausgehende Hemmung der Herzbewegung zwei Centralorgane nach einander passiren muss, erstlich die Medulla oblongata und zweitens die Ganglien des Herzens. Ich vermag aber nicht, Rosenthal's Auffassung zuzustimmen. So dankenswerth die tatsächlichen Ermittelungen dieses Forschers sind, seine theoretischen Folgerungen scheinen mir nicht glücklich zu sein. Jeden Versuch, die von Rosenthal für die Athmung gegebene Theorie auf die Herzbewegung zu übertragen, muss ich daher entschieden ablehnen. Eine ausführliche Kritik jener Theorie gehört nicht hierher. Uns interessirt hier nur der Vergleich des Vagus und Laryngeus superior. Ich finde ebenso wenig wie Schiff eine innere Berechtigung zu dieser Vergleichung. Beide Nerven hemmen, wenn sie gereizt werden, eine rhythmische Bewegung. Aus dieser Aehnlichkeit des Erfolges der Reizung darf man aber nicht ohne Weiteres auf die Aehnlichkeit der Natur beider Nerven schliessen. Verkürzung von Muskeln entsteht sowohl nach Reizung motorischer als nach der von sensiblen Nerven, und doch ist die Bedeutung der Verkürzung in beiden Fällen eine ganz verschiedene. In der so sehr abweichenden Verbindung der Nervenenden des Vagus und Laryngeus finde ich ferner mit Schiff, allerdings von einem anderen Standpunkt ausgehend wie dieser, einen starken Einwand gegen Rosenthal's Auffassung. Der Laryngeus superior, sofern er hier in Frage kommt, ist ein centripetaler Nerv. Er verläuft von der Peripherie zum Centrum. Der Vagus dagegen ist, so zu sagen, ein

intercentraler Nerv. Er verbindet das Centrum der Medulla oblongata mit den Centren der Herzbewegung. Die Funktion von Nerven hängt aber nicht bloss von ihrer Endigungsweise, sondern auch von ihrem Ursprunge ab, und man darf daher nur solche Nerven mit einander vergleichen und unter eine Benennung bringen, bei denen beide, Ursprung und Endigung, ähnlich beschaffen sind. Der wichtigste Grund für mich endlich, weshalb ich Rosenthal's Auffassung zurückweise, ist dieser. Wir haben streng bewiesen, dass in der Bahn des Vagus besondere Fasern verlaufen müssen, welche den bisher bekannten Nervenkategorien nicht angereiht werden konnten. Wir hatten eine vollkommen neue Sache und durften dieser also auch einen neuen Namen geben. Durch die bittere Nothwendigkeit gezwungen, mussten wir Hemmungfasern im Vagus statuiren. Bei Rosenthal vermisste ich eine derartige strenge Beweisführung vollständig. Rosenthal demonstriert eine neue Nervenwirkung aber keine neuen Nervenfasern. Es ist durchaus nicht abzusehen, weshalb die von ihm beobachteten Erscheinungen nicht vermittelst der Bahn der gewöhnlichen sensiblen Fasern des Laryngeus superior zu Stande kommen. So lange wir das Alte nicht mit Fug abhun können, brauchen wir Neues nicht zu schaffen. Mit demselben Rechte wie Rosenthal im Laryngeus superior müsste übrigens Schiff in den anderen sensiblen Nerven, deren Reizung Stillstand der Athmung bewirkt, Hemmungsnerven aufspüren. Ich müsste den Bauch mit Hemmungsnerven zweiter Ordnung anfüllen. Wehren wir dieser andringenden Fluth von Hemmungsnerven, indem wir den Laryngeus superior als Hemmungsnerven einfach streichen. Ich sehe in Rosenthal's Entdeckung einstweilen nur einen speziellen sicher gestellten Fall aus der Reihe von Angaben, die uns lehren, dass nach Reizung gewisser sensibler Nerven die Athmung stockt.

Zu denjenigen Hypothesen, welche den Stillstand des Herzens nach Vagusreizung mit Hülfe einer neugeschaffenen Nervenkategorie erklären, rechne ich auch die Hypothese Schiff's. Schiff nennt zwar den Vagus einfach den motorischen Nerven des Herzens, aber er ertheilt diesem motorischen Nerven so besondere Eigenthümlichkeiten, dass etwas ganz Anderes daraus wird als ein gewöhn-

licher motorischer Nerv. Einen Nerven, dessen Endigungen durch Blutreiz erregt werden, von rätselhafter Erschöpfbarkeit, darf man nicht mit den anderen motorischen Nerven zusammenstellen. Schiff hilft sich ebenso wie die Anhänger der Hemmungstheorie über gewisse Schwierigkeiten mit willkürlichen Annahmen hinweg. In einer Frage, die bis jetzt der exakten Behandlung nur bis zu einem gewissen Grade fähig ist, bleibt der Willkür immer viel Spielraum. Für welche Annahme man sich da entscheiden will, ist zum Theil Geschmackssache. Schiff hat mit anerkennenswerthem Geschick seine Hypothese seinen Gegnern gegenüber vertheidigt. Streng widerlegen lässt sie sich bis jetzt noch nicht. Ihre Grundlagen scheinen mir indess theils unerwiesen, theils so künstlich aufgebaut, dass ich die Hypothese verwerfen muss. Schiff sagt: Der Vagus ist ein motorischer Nerv von grosser Erschöpfbarkeit. Nur ganz leichte Reizung desselben soll den Herzschlag beschleunigen, stärkere erschöpft und lähmt den Nerven, so dass der Herzschlag aufhört. Mir hat es trotz aller Mühe ebenso wenig wie Bezold und Anderen gelingen wollen, durch leichte mechanische Reizung des Vagus jemals den Herzschlag zu beschleunigen. Schiff meint, der Herzstillstand nach Vagus-Reizung stelle ein Versuchs-Kunststück dar. Wenn künstliche Reizung oder nach Schiff Ueberreizung des Vagus Stillstand des Herzens zur Folge hat, so soll damit nicht bewiesen sein, dass Hemmung der Herzbewegung etwa die wirkliche Funktion des Vagus ist. Wie wird nun aber Schiff den Versuch 30 erklären? Durch anhaltende leichte mechanische Reizung des Magens oder Darmes erhielten wir auf reflektorischem Wege anhaltenden Stillstand des Herzens. In diesem Versuch kann doch nur von einer künstlichen direkten Reizung der sensiblen Darmnerven die Rede sein. Die Vagi werden rein physiologisch auf reflektorischem Wege von der Medulla oblongata her angeregt und müssen wirklich funktioniren. Nach Schiff's Auffassung müsste, so viel ich absehe, jener Versuch so gedeutet werden, dass leichte mechanische Reizung des Darmes sofort eine dauernde Ueberreizung und Erschöpfung der Medulla oblongata und der Vagi bis in deren äusserste Endigungen hinein zur Folge hat. Es dürfte Schiff schwer werden, eine solche Deutung wahrscheinlich zu

machen. Wird es gelingen, den Ischiadicus auf reflektorischem Wege künstlich zu einem Hemmungsnerven zu machen, wie das Schiff mittelst direkter galvanischer Reizung versucht hat? In der Schiff'schen Hypothese widerstrebt ferner meinem Gefühl die Annahme, dass die Endigungen der Vagi, also die Endigungen von Nervenröhren, gleichzeitig die Herzmuskeln zur Contraction anregen und für den Blutreiz empfänglich sein sollen. Mir widerstrebt endlich die Annahme, dass im Herzen ausnahmsweise merkwürdige Verbindungen zwischen den motorischen Nervenfasern existiren sollen, wie das nothwendig ist, wenn man im Sinne Schiff's die Lähmung des ganzen Herzens nach Reizung nur Eines Vagus erklären will. — Alles zusammen genommen, scheint mir Schiff's Hypothese weit mehr des Willkürlichen und Unwahrscheinlichen zu enthalten als die Hemmungs-Hypothese, und ich ziehe deshalb diese vor.

Am Schluss sage ich Herrn Professor v. Wittich Dank für die mir gütigst freigestellte Benutzung einiger Hilfsmittel, sowie meinem Kollegen Waldeyer für freundliche Assistenz bei verschiedenen Versuchen.

II.

Das Koppen der Pferde.

Von A. C. Gerlach,

Director der Thierarzneischule in Hannover.

Herr Geh. Medicinalrath Prof. Dr. Heusinger hat in diesem Archiv (Band 24, Seite 286) eine seltene Krampfform beschrieben, welche Aehnlichkeit mit dem Koppen der Pferde zu haben schien, weil sie unter einem ähnlichen Tone auftrat und willkürlich sowohl veranlasst, als auch unterdrückt werden konnte. Hr. Heusinger konnte aber eine weitere Vergleichung nicht anstellen, weil über den häufigsten und alltäglichsten Fehler der Pferde noch ganz ent-