

noch so sehr nachlässig ist, hervorgehen und von den betreffenden Behörden die Gesetze der künstlichen Zuchtwahl beherzigt werden. Doch ich breche über diese Rüge ab, da bereits der verdienstvolle Herausgeber dieses Archivs in dieser Hinsicht der Darwin'schen Theorie beredtsame Worte gewidmet hat.

Erklärung der Abbildungen

Fig. II. A Cor. a Vena cava inferior. b V. c. superior. c Auricula dextra links. d Auricula sin. rechts. e Arteria pulmonalis. f Ductus art. Botalli. g Aorta adscendens. h Truncus anonymus. i Carotis dextra. k Art. subclavia dextra. l Aorta descendens. m Pulmo sinister. n Pulmo dexter. o Diaphragma. p Hepar. q Vesica fellea. r Ventriculus. s Lien.

XVI.

Ueber den Tonus der Gefässe und seine Bedeutung für die Blutbewegung.

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

Vorgetragen auf der 38sten Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Stettin im September 1863.

Im XXVI. Bande dieses Archivs habe ich auf Seite 11 unter der Bezeichnung „Klopfversuch“ einen Versuch beschrieben, welcher für mich der Ausgangspunkt einer neuen Reihe von Beobachtungen geworden ist, aus denen ich einige für die Physiologie der Blutbewegung wichtige Schlüsse glaube herleiten zu können. Ich gedenke zu beweisen, dass die Zusammenziehung der Gefässe nicht bloss, wie man bisher allgemein annahm, von rein örtlicher Wirkung ist, sondern dass sie einen mächtigen Einfluss auf das Ganze der Blutbewegung ausübt. Ich werde zeigen, dass der Tonus der Venen, nicht weniger bedeutungsvoll als der der Arterien, vom Centralnervensystem regiert wird. Es wird endlich versucht werden darzustellen, wie weit überhaupt ein, sei es mittelbarer, sei es unmittelbarer Einfluss der grossen Nervencentren auf den Kreislauf und die Herzbewegung insbesondere zu beweisen ist.

I. Ueber die Beziehungen zwischen dem Gefässtonus und der Herzbewegung.

Der so eben erwähnte Klopversuch war im Wesentlichen folgender. Legt man bei einem Frosch das Herz frei, und klopft man dem auf dem Rücken liegenden Thiere wiederholt gegen die unversehrten Bauchdecken, so schlägt das Herz alsbald langsamer und steht zuletzt für einige Zeit im Erschlaffungszustande still. Dieser Stillstand ist, wie ich bewiesen habe, die Folge einer wahren Reflexhemmung durch Vermittelung der Vagusnerven. Nach einem anhaltend und kräftig ausgeführten Klopversuch tritt aber, wenn das Herz nach Beendigung der Reflexhemmung wieder zu schlagen begonnen hat, regelmässig eine andere Erscheinung zu Tage, die, früher von mir übersehen, noch wichtiger für die Physiologie der Blutbewegung zu werden verspricht. Das Herz zeigt dann nämlich eine von seiner normalen Bewegung durchaus abweichende Form der Thätigkeit. Beobachtet man das blossgelegte Herz eines kräftigen, gesunden und blutreichen Thieres, so sieht man, wie während der Diastole Vorhöfe und Kammer sich mächtig mit Blut füllen, das von den Venen her hineingepresst wird. Das Herz erscheint stark vorgewölbt, nach allen Richtungen grösser als das systolisch zusammengezogene Herz. Seine Wandungen sind dünn und lassen den Blutinhalt durchschimmern, welcher in der linken, Lungenblut führenden Herzhälfte schöner roth gefärbt ist. Die Systole der Kammer treibt sodann jedesmal die in ihr enthaltene grosse Blutmasse in die Aorten, welche hiedurch stark verbreitert und verlängert werden. In Folge der Verlängerung der Aorten sieht man während der Systole des Ventrikels die Vorhofkammergrenze deutlich nach abwärts rücken. Ganz anders gestaltet sich die Herzbewegung einige Zeit nach einem anhaltenden Klopversuche. Das Herz nimmt dann während der Erschlaffung nur wenig Blut auf und bleibt, statt sich vorzuwölben, platt, zusammengefallen und blass. Der Ventrikel presst bei der Systole nur eine winzige Blutmenge in die Aorten, welche sich daher während der Systole gar nicht verlängern. Demgemäss verändert auch die Vorhofkammergrenze ihre Stellung während beider Phasen der Herzbewegung

nicht, sondern bleibt in Ruhe. Die Hohlvenen bleiben fast blutleer. In der Schwimmhaut stockt die Blutbewegung völlig. Angeschnittene Arterien der Gliedmaassen bluten fast gar nicht. Kurz, der Zustand der Blutbewegung gleicht demjenigen, welcher nach kolossalen Blutverlusten beobachtet wird. Alle diese Erscheinungen einer ausserordentlichen Herabsetzung der Blutbewegung treten am Handgreiflichsten hervor, wenn man nach Beendigung des Klopversuchs das Brettchen, auf welchem das Thier befestigt wurde, aufrecht stellt, so dass der Kopf des Frosches aufwärts, seine Beine abwärts gerichtet sind. Ueberlässt man nun ein solches Thier sich selbst, so werden nach Verlauf einiger Zeit die Herzbewegungen wieder ausgiebiger, bis sie endlich nach ungefähr einer halben Stunde ganz die frühere Form wiedergewinnen, womit der normale Zustand der Blutbewegung hergestellt ist.

Wie ist nun jene nach dem Klopversuch regelmässig eintretende Veränderung der Herzthätigkeit zu erklären? Sie ist ganz so, wie sie nach kolossalen Blutverlusten entsteht. Man fragt sich in der That erstaunt, wo die Blutmenge geblieben, welche die zuvor prall strotzenden Gefässe füllte. Man fragt, von wo die verlorene wiederkehrt, sobald der normale Zustand sich herstellt. Der Klopversuch, wenn nicht gar zu roh angestellt, verursacht keine nennenswerthen Zerreibungen von Blutgefässen. Von einer Veränderung der Menge des die Gefässe füllenden Blutes kann also bei unserem Versuch nicht die Rede sein. Die Erscheinungen können daher nur abhängen von einem veränderten Zustande der Herzthätigkeit oder der Gefässe.

Jene merkwürdige Butleere des Herzens und der Gefässe tritt ein nach Beendigung des Klopversuches, also nach einer intensiven Reflexhemmung. Man vermuthet daher zunächst, dass sie mit dieser Reflexhemmung innig zusammenhängt. Man kann sich vorstellen, dass die ersten, nach Beendigung der Hemmung auftretenden Herzzusammenziehungen das während des Stillstandes reichlich in den Hohlvenen aufgestapelte Blut schnell in die Arterien schleudern, dass in Folge dessen einige Zeit nachher relativ weniger Blut in den Hohlvenen zu finden und demgemäss die Füllung des Herzens bei der Diastole eine weniger ergiebige werde, so lange bis

eine Ausgleichung dieser Störungen bewirkt sei. Aber diese Vermuthung ist eine irrige. Stellt man nämlich den Versuch bei einem ohne Blutung enthaupiteten oder bei einem solchen Thiere an, dem man zuvor die Vagusnerven durchschnitten, so wird man auch da während des Klopfens und danach jene vorübergehende Blutleere des Herzens und der grossen Gefässe beobachten. In diesem Falle kommt es also ohne alle Herabsetzung der Frequenz der Herzschläge sofort zu dem Ohnmächtigwerden der Zusammenziehungen. Reflexhemmung des Herzens und das nachherige Blutleerwerden desselben stehen also in gar keiner nothwendigen Verbindung miteinander. Der Vagus hat mit der von uns neubeschriebenen Erscheinung Nichts zu thun. Wäre jene Blutleere lediglich eine Folge des vorausgegangenen, vom Vagus abhängigen Stillstandes, so müsste übrigens auch jede unmittelbare Reizung dieses Nerven ähnliche Folgen haben. Man überzeugt sich aber zum Ueberfluss leicht, dass nach anhaltendster directer Reizung der Vagusnerven und möglichst hingezogenem Herzstillstande niemals, wenn das Thier sonst unversehrt blieb, jene Blutleere der grossen Venen und des Herzens auftritt. Wenn der Vagus mit der Erscheinung, deren Ursachen wir ermitteln wollen, nichts zu schaffen hat, so thun wir wohl, seine Nebenwirkung auszuschneiden und den Versuch, wie er am geköpften Thier gelingt, fortan zur Grundlage unserer Untersuchung zu machen. Die Frage stellt sich also jetzt so: Wie ist die nach einem Klopffersuch am geköpften Frosch eintretende Blutleere des Herzens und der grossen Gefässe zu erklären?

Wird die Annahme uns Licht schaffen, dass die Herzthätigkeit auch nach Verlust der Vagusnerven vielleicht vermittels anderer Nervenbahnen auf reflectorischem Wege abgeschwächt sein kann? Wenn ein anhaltender, durch Vagusreizung bewirkter Herzstillstand nicht nothwendig späterhin Blutleere des Herzens zur Folge hat, so wird auch wohl eine blosser Abschwächung, und wenn noch so lange dauernd, an sich ebensowenig jene Wirkung hervorbringen. Doch prüfen wir immerhin noch auf anderem Wege. Wie ich vor Jahren im XXI. Bande dieses Archivs beschrieben habe, können wir eine künstliche Abschwächung der Herzthätigkeit ohne gleichzeitige directe Störung anderer Organe erzeugen, indem wir eine fest zu-

gezogene Schlinge um die Vorhöfe legen und darauf entfernen. Die Wegsamkeit der Blutbahnen ist nach Fortnahme der Schlinge ungestört, aber die Intensität der Blutbewegung ist enorm herabgesetzt, weil nur die oberhalb der Einschnürung gelegenen Herztheile fort pulsiren und statt des ganzen Herzens also nur ein kleiner Abschnitt desselben als Triebkraft thätig ist. Aber trotz dieser enormen Abschwächung der Herzthätigkeit kommt es nicht zu jener merkwürdigen Blutleere des Herzens, wie sie nach dem Klopffversuch eintritt. Jener Zustand der Blutleere kann demnach nicht aus einer Abschwächung der Herzthätigkeit erklärt werden. Sehen wir zu, ob die entgegengesetzte Annahme einer Erhöhung der Herzthätigkeit uns mehr befriedigt.

Man könnte an krampfhafte, kleine Zusammenziehungen des Herzens denken, wie man sie nach Lösung eines Herztetanus beobachten kann *). Das Herz erschlafft vielleicht während der Diastole nicht völlig, sondern lässt nur ein Wenig in der Zusammenziehung nach, um das hiebei eindringende Tröpfchen Blut sofort mit einer kräftigen Systole wieder auszutreiben. Aber zu einer solchen Annahme stimmt nicht das Aussehen des Herzens während der Diastole. Das blutarme Herz sieht während der Diastole schlaff, platt und zusammengefallen aus. Man bemerkt wohl gar an seiner Fläche grubenförmige Vertiefungen, vom Druck der atmosphärischen Luft herrührend. Es fehlt ihm offenbar nicht an Platz für eindringendes Blut, sondern es fehlt ihm an Zufluss selbst. Doch, abgesehen von diesen Betrachtungen, überzeugt der folgende Versuch schlagend, dass es sich in dem Klopffversuch nicht um krampfhafte Zusammenziehungen handeln kann.

37. **) Man befestige zwei kräftige, gleich grosse Frösche auf dem Rücken liegend an einem Brettchen und schnüre beiden mit einem starken Bindfaden den Kopf ab, um bei dem nachfolgenden Verfahren Blutungen möglichst zu verhüten. Sodann schneide man beiden den Kopf vor der Ligatur ab und zerstöre von der Wunde aus bei dem einen den Rest des Hirns mit Einschluss des verlängerten Markes, bei dem anderen ausserdem noch das ganze Rückenmark mit Hilfe einer

*) S. meine Abhandlung: „Ueber die Ursachen der Herzthätigkeit“ im XXIII. Bande dieses Archivs, Versuch 14.

**) Die Nummern der Versuche schliesse ich an diejenigen früherer Abhandlungen verwandten Inhalts im XXI., XXIII. und XXVI. Bande dieses Archivs.

Sonde. Nun lege man bei beiden das Herz bloss. Es klopft lebhaft und ausgiebig bei beiden. Jetzt richte man das Brettchen auf und klopfe abwechselnd beiden mit einem Spatel so lange auf den Bauch, bis die beschriebene Blutarmuth des Herzens und der grossen Gefässe ersichtlich wird. Darauf überlasse man beide Thiere in derselben aufrechten Stellung sich selbst. Bei demjenigen Frosch, welcher noch das Rückenmark besitzt, wird sich allmählig die normale, ausgiebige Herzbewegung wieder herstellen, während bei dem Rückenmarklosen die Herzschläge für immer ohnmächtig und wirkungslos bleiben, so lange bis sie überhaupt ganz aufhören.

Wäre jene ohnmächtige, mit Blutarmuth der grossen Gefässe gepaarte Herzthätigkeit Ausdruck eines Krampfes, so müsste sich ein solcher über kurz oder lang lösen. Da sie, wenn Rückenmark und Hirn zerstört sind, immer ausgeprägter hinfällig wird, bis sie mit dem Erlöschen aller Lebenserscheinungen in ewigem Stillstand des Herzens endigt, so kann es sich also um keinen Krampf handeln.

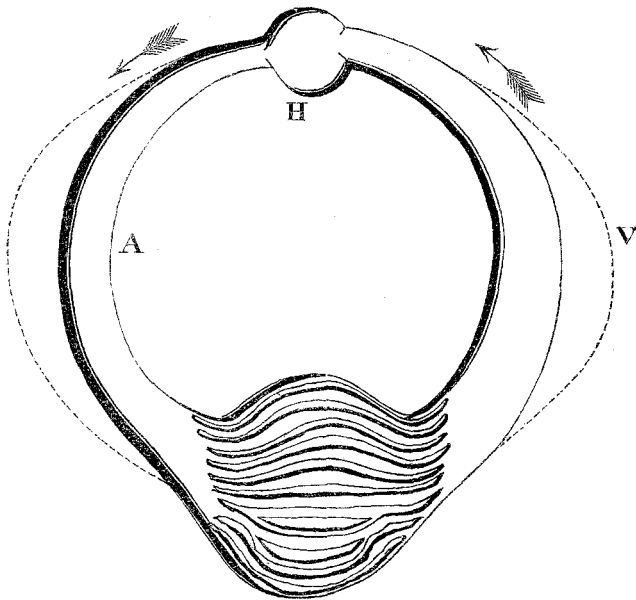
Wir haben nunmehr gesehen, dass die nach dem Klopffversuch eintretenden Erscheinungen sich weder erklären lassen aus einer Verminderung noch aus einer Vermehrung der Herzthätigkeit. Sie können also überhaupt gar nicht von einer Veränderung der Herzthätigkeit abhängen. Sie müssen demnach von einer Veränderung der Gefässe abhängen, und zwar von einer solchen, die beeinflusst wird vom Rückenmark, also von der muskulären Zusammenziehbarkeit der Gefässe. Worin besteht diese Veränderung, und wie erklärt sie die Erscheinungen?

Oeffnen wir bei einem Thier, das dem Klopffversuch unterworfen wurde, die Bauchhöhle, so finden wir die Gefässe der Mesenterien, des Darms u. s. w., zumal die Venen stark erweitert und strotzend mit Blut gefüllt, in grellem Gegensatz zu dem Blutmangel der übrigen Gegenden. Diese Blutfülle entsteht in Folge der Erschlaffung derjenigen Gefässe, welche durch die mechanischen Erschütterungen getroffen wurden. Mechanische Erregung von einer gewissen noch nicht näher bestimmten Intensität hebt nämlich, wie bereits bekannt ist, den Tonus der Gefässe auf. So entsteht Röthung der Haut nach Reibung derselben, Injection der Conjunctiva durch den Reiz fremder Körper u. s. w. Es kann uns also nicht auffallen, dass nach der mechanischen Erregung durch den Klopffversuch ein örtlicher Turgor der Bauchgefässe gefunden wird. Diese

Erschlaffung der Bauchgefäße ist übrigens, wie wir uns leicht überführen können, von den grossen Nervencentren nicht abhängig; denn sie wird ebenso bei solchen Thieren beobachtet, denen man vor dem Klopfen das ganze Gehirn und Rückenmark zerstört hat. Die notorisch durch das Klopfen hervorgebrachte Erweiterung der Bauchgefäße erklärt nun völlig ausreichend die nach dem Klopfversuch auftretende Blutleere des Herzens der grossen Gefäße und eines grossen Theils des übrigen Körpers.

Zeichnen wir uns mit E. H. Weber in Figur 1 ein Schema des Blutkreislaufes, so kommt die Blutbewegung zu Stande, indem

Fig. 1.



die Zusammenziehungen des Herzens Spannungsunterschiede im Gefäßrohr erzeugen dadurch, dass die Systole jedesmal eine Portion Blut in die Arterien wirft, die den Venen während der Diastole entzogen wurde. Eine unabweisbare Bedingung für die ausgiebige Blutbewegung ist aber, dass das gesamte Gefäßrohr strotzend mit Blut gefüllt sei. Im normalen Zustande wird dieser Bedingung genügt; denn, abgesehen von aller Herzarbeit, steht auch

das ruhende Blut in den Gefässen stets unter einer gewissen Spannung. Sobald aber durch Erschlaffung der muskulären Wandung eines bedeutenden Gefässgebiets der gesammte Gefässraum eine erhebliche Vergrösserung erfährt, wird jene nothwendige Vorbedingung nicht mehr erfüllt. Wir wollen an unserm Schema den Vorgang näher verfolgen. Nach dem Klopfen erschlaffen die von der mechanischen Reizung getroffenen Gefässe, das heisst ihr Umfang vergrössert sich, und sie können demgemäss, ohne Spannung zu erleiden, eine grössere Blutmenge beherbergen als zuvor. Die Vergrösserung, welche durch diese Erschlaffung Arterien- und Venenraum erfahren, wollen wir auf unserer Zeichnung (Figur 1) durch punktirte Linien verdeutlichen. Was geschieht nun nach beendetem Klopversuch? Das Herz wirft mit jedem Schlage eine Portion Blut in die Arterien, welche diese begierig aufnehmen, ohne gespannt zu werden, weil sie eben jetzt mehr Blut fassen können als früher. Ebenso halten die erschlafften Venen das ihnen etwa noch zufließende Blut fest zur Füllung des in ihnen verfügbar gewordenen Raumes. So bereichern die erschlafften Gefässe ihren Inhalt auf Kosten der normal gespannten. Sie entziehen letzteren den Inhalt und damit die Ursache der Spannung. Mit der nachlassenden oder erlöschenden Spannung in den Gefässen leidet aber mehr und mehr auch die Thätigkeit des Herzens. Anfänglich sind die grossen Venen noch gespannt, d. h. sie beherbergen eine Blutmenge, die grösser ist als ihr Rauminhalt bei der Ruhelage. Sie streben, sich des Ueberschusses bei jeder Diastole ins Herz zu entledigen, und dieses hinwiederum schleudert die ihm übertragenen Massen schleunigst wie in ein plötzlich entstandenes Aneurysma in jene erweiterten Gefässe, welche dieselben nicht weitersenden. Das Blut kehrt nur zum geringsten Theil oder gar nicht zu den Hohlvenen zurück. Schnell sinkt nun in diesen die Spannung, und kleiner und kleiner wird demgemäss die Blutmenge, welche sie bei jedesmaliger Diastole dem Herzen überweisen. Das Herz vermag bei der Systole wenig mehr zu spenden, weil es bei der Diastole wenig empfängt, weil die Quelle versiegt, die es mit zuströmender Flüssigkeit versorgte. So arbeitet es mühevoll wie ein Pumpwerk, dem kein Wasser zufließt, mit Kraftvergeudung die winzigen Blut-

tropfen weiterfördernd, welche ihm die schlaffen Hohlvenen noch überliefern.

Das sind die ursächlichen Vorgänge, welche jene merkwürdige Blutarmuth veranlassen, die wir nach dem Klopffversuch am Herzen und den grossen Gefässen beobachten. Wir wissen jetzt, wo die Blutmenge bleibt, welche aus den vorher prall gefüllten Gefässen entschwand. Wir erkennen jetzt auch, dass wir jenen Zustand zutreffend mit demjenigen verglichen, welcher nach grossen Blutverlusten eintritt. In der That, auch in unserm Falle ist das Blut entwichen, aber nicht um den Körper ganz zu verlassen, sondern um in jenen Ausweitungen der Bauchgefässe sich zu verbergen.

Die Mechanik des Zustandekommens jener Blutleere des Herzens ist wohl klar und dürfte keine wesentliche Anfechtung erfahren. Dass eine beträchtliche Vergrösserung des Gefässraumes bei gleichbleibender Blutmenge die Herzarbeit schwer gefährden muss, ist unbestritten. Wir haben diese Vergrösserung des Gefässgebietes in der Erweiterung der Bauchgefässe nachgewiesen und damit alle ihre Folgen begründet. Es wird jetzt auch einleuchten, weshalb die aufrechte Stellung des Frosches dem Zustandekommen der Erscheinung förderlich ist. Offenbar wird bei solcher Stellung durch den Einfluss der Schwere die Aufstauung des Blutes in den Bauchgefässen begünstigt, das Aufsteigen des Blutes zu den grossen Hohlvenen aber sehr erheblich erschwert. So kommt es denn schneller zum Verlust der Spannung in den grossen Venen, die dann ihrerseits die Blutleere des Herzens und damit seine Unwirksamkeit für die Blutbewegung bedingt. Die Erklärung, welche wir so für unsere Erscheinung gefunden haben, hat uns zu Folgerungen über die Bedeutung des Tonus geführt, welche von den herkömmlichen Lehren über den Tonus sehr stark abweichen. Seit Weber's klassischen Arbeiten weiss man, dass der Kreislauf des Blutes nur dann regelrecht von Statten gehen kann, wenn das Blut sich überall in den Gefässen in einer gewissen Spannung befindet. Diese Spannung, dachte man sich gemeinhin, wird dadurch erzeugt, dass das elastische Gefässrohr durchweg strotzend mit Blut überfüllt ist. Die Herzthätigkeit schafft an sich keine neue Spannung, da sie ja keine Flüssigkeiten erzeugt, deren Masse allein die Span-

nung bedingt. Die Herzthätigkeit schafft nur Spannungsverschiedenheiten zwischen Venen und Arterien und veranlasst dadurch die Blutbewegung. Wird die Herzthätigkeit aufgehoben, so gleichen sich die Spannungsunterschiede aus, und die Strömung des Blutes hört auf, aber nicht die Spannung. Das jetzt ruhende Blut tritt, wenn das Gefässrohr verletzt wird, der Richtung der Schwere entgegen, aus dem Gefässrohr hervor, weil das überfüllte Gefäss sich des Ueberflusses durch elastische Zusammenziehung seiner Wandung entäussert. Diese Vorstellungen von der Spannung des Blutes sind irrig. Das unthätige Gefässrohr an sich ist keineswegs so weit mit Blut überfüllt, dass es überall über seine Ruhelage hinaus ausgedehnt wäre. Im Leben ist es allerdings überfüllt, aber nur deshalb, weil es sich im Zustande tonischer Zusammenziehung befindet. Nur der Tonus, nicht die elastische Zusammenziehung erzeugt die Spannung des ruhenden Blutes. Erlischt der Tonus, so hört die Spannung auf, weil das unthätige, schlaaffe Gefässrohr bequem die Blutmassen bergen kann, die das tonisch contrahirte Gefäss schon überfüllten. Ja, das Aufhören des Tonus nur in einer grossen Gefässprovinz, wie in dem Bauch, verursacht, wie wir uns überzeugt haben, eine Beeinträchtigung, ja völligen Verlust der Spannung in den übrigen normal tonisch contrahirten Gefässen.

Indem wir uns vorbehalten, die allgemeinen Betrachtungen über den Tonus weiter unten fortzusetzen, fahren wir einstweilen in der Deutung des Versuchs 37 fort. Wir haben ermittelt, wovon die merkwürdige Blutleere des Herzens und der grossen Gefässe nach dem Klopffversuch abhängt. Wir werden nunmehr zu erforschen haben, durch welchen Mechanismus bei demjenigen Frosch, dem man das Rückenmark gelassen, der normale Status quo ante hergestellt wird. Dass das Herz, blutarm geworden, durch eigene erhöhte Thätigkeit nicht etwa wieder blutreich werden kann, liegt auf der Hand. Die Blutmasse, welche es weiter fördert, verdankt es der Spannung in den Hohlvenen, und diese Spannung wird durch erhöhte Herzarbeit verringert, nicht erhöht. Die grossen Hohlvenen erhalten ihre Spannung und Blutfülle offenbar nur erst dann wieder, wenn die Ursache beseitigt wird, welche den Verlust

der Spannung bedingte. Diese Ursache war das nach dem Klopfen mit der Erweiterung der Bauchgefäße eintretende Missverhältniss zwischen Gefäßraum und Gefäßinhalt. Der Raum war zu gross geworden für die vorhandene Blutmenge. Das Missverhältniss könnte gehoben werden entweder dadurch, dass der Inhalt vermehrt wird, indem etwa reichlich Wasser in die Gefäße aufgenommen und so ihr Inhalt hinreichend vermehrt würde, um den erweiterten Gefäßraum zu füllen. Der andere Weg zur Ausgleichung des Missverhältnisses ist: abermalige Verengerung des Gefäßraums, wodurch derselbe wieder dem Flüssigkeitsquantum angepasst wird. Die Natur wählt den letzteren Weg. Bei dem Frosch in No. 37, der noch das Rückenmark besitzt, ziehen sich allmählig die erschlafften Bauchgefäße wieder zusammen, und gleichzeitig verengern sich auch die anderen normal tonisch contrahirten Gefäße desselben so lange und so stark, bis der gesammte Gefäßraum wieder auf das für die Wirksamkeit des Herzens nothwendige Maass herabgesetzt ist. Führen wir den Klopffversuch wie in No. 37 durch, und öffnen wir, nachdem bei dem einen Thier die ausgiebige Herzbewegung sich wieder hergestellt hat, bei beiden Fröschen die Bauchhöhle, so überzeugen wir uns in der That leicht durch den Augenschein, dass bei dem Thier mit wiederhergestelltem Kreislauf die Bauchgefäße viel weniger gefüllt sind als bei dem rückenmarklosen. Im Vergleich zum normalen Zustande sind zwar auch bei ersterem die mechanisch insultirten Adern noch etwas erweitert; aber die Raumvergrößerung, welche sie noch zeigen, wird in ihrem Einflusse auf die allgemeine Blutbewegung ausgeglichen durch die Verengerung, welche gleichzeitig die anderen normalen Gefäße erfuhren. Bei dem Frosche, dem Hirn und Rückenmark zerstört wurden, hat dagegen gar keine ausgleichende Verengerung von Gefäßen Statt, und deshalb erholt sich auch das Herz nicht mehr. Die Wiederherstellung des Kreislaufs vermittels Verengerung von Gefäßen kommt also nur zu Stande unter dem Einfluss des centralen Nervensystems, d. h. in unserem Versuch 37: des Rückenmarks. Diese Thatsache hat nichts Auffälliges, da wir ja seit Claude Bernard's Entdeckungen zahlreiche Versuche kennen, welche dar-

thun, dass der Tonus der Arterien wenigstens vom centralen Nervensystem abhängig ist.

Die Veränderungen der Blutbewegung nach dem Klopfversuch hängen also ab von einer Erschlaffung der Bauchgefässe, und die Wiederherstellung der ursprünglichen Ausgiebigkeit der Herzthätigkeit wird bewirkt durch Zusammenziehung der Gefässe. Das Wesentliche der Erscheinung liegt demnach ausserhalb des Herzens und muss also auch ersichtlich werden nach Entfernung desselben. Diesem Anspruch genügt der folgende Versuch:

38. Man stelle bei zwei aufrecht befestigten Fröschen den Klopfversuch an. Dann durchschneide man bei beiden die Aorten und schneide ausserdem auch den Ventrikel ab. Man lasse der hierauf folgenden, geringen Blutung einweilen freien Lauf und zerstöre nun bei dem einen Thier das Gehirn, bei dem anderen Gehirn und Rückenmark. Hierauf wische man die Herzwunde rein, drücke die Hohlvenen und die Vorhöfe mit einem Schwamm aus, so dass sie blutleer werden und lege schliesslich bei beiden Thieren eine Ligatur um die Wunde des zurückgebliebenen Herztumpfes. Dann überlasse man die Thiere etwa 10 Minuten und darüber sich selbst. Man wird sich überzeugen, dass das Blut in der unteren Hohlvene des Thieres mit erhaltenem Rückenmark wie in einem Manometer emporsteigt, der Richtung der Schwere entgegen in den Vorhof, ja selbst bis in die oberen Hohlvenen und die Lungenvenen vordringt. Die untere Hohlvene des rückenmarklosen Thieres dagegen bleibt leer. Klopft man ersterem Thier wiederholt gegen den Bauch, so sinkt die in den Hohlvenen emporgehobene Blutsäule schnell wieder in die erschlafften Venen zurück. Nach einiger Zeit steigt das Blut abermals empor, und so kann man Sinken und Heben mehrmals beobachten, bis das Rückenmark abgestorben ist. Sobald man aber das Rückenmark zerstört hat, hört die Fähigkeit auf, die Blutsäule von Neuem zu heben.

Das Aufsteigen des Bluts in der unteren Hohlvene ist in dem beschriebenen Versuch offenbar verursacht durch die Zusammenziehung der kleinen Gefässe in der unteren Körperhälfte, welche ihren Inhalt in jene Venen entleeren. Etwaige Bewegungen des Thiers haben daran keinen Theil; denn diese bewirken jedesmal nur eine ganz vorübergehende Hebung der Blutsäule, die zugleich mit der allgemeinen Muskelbewegung aufhört. Uebrigens wird man bei dem Thiere ohne Hirn nur selten durch allgemeine Körperbewegungen gestört, weil solche nur nach Einwirkung von Reizen zu Stande kommen. Als Reiz wirkt allerdings mitunter schon die andauernde Fesselung des Thieres in ungewohnter Lage. Dass nach Ausschneidung des Herzens durch Zusammenziehung der

Gefässe ein Hinströmen des Bluts nach den grossen Venen und eine Stauung in diesen stattfindet, ist eine bekannte Thatsache. Unser Versuch lehrt uns nun, dass diese nach Entfernung des Herzens noch wirksame Triebkraft der Blutbewegung abhängig ist vom centralen Nervensystem, welches den vitalen Tonus der Gefässe regiert.

II. Ueber den Tonus der Venen und seine Abhängigkeit vom centralen Nervensystem.

Wir haben im vorigen Abschnitt erfahren, wie wichtig der Tonus der Gefässe für die Mechanik der gesammten Blutbewegung ist. Wir haben immer vom Tonus der Gefässe im Allgemeinen gesprochen, ohne besonders zu erwähnen, welcher Gefässe Tonus gemeint sei. Einen Tonus der Arterien kennt man. Man kennt auch seine Abhängigkeit vom centralen Nervensystem. Ist es nun ausschliesslich dieser Tonus der Arterien, welcher bei den beschriebenen Erscheinungen mitspielt, oder theiligt sich dabei auch die vitale Contractilität der Venen? Das zu prüfen, sei jetzt unsere Aufgabe.

Oeffnen wir bei einem Frosch, der so eben dem Klopversuch unterworfen war, die Bauchhöhle, so finden wir Venen und Arterien derselben stark erweitert. Dass die Erweiterung der Arterien hier nur die Folge der Erschlaffung ihrer Wandungen sein kann, wird Niemand bestreiten. Von einem erhöhten Blutdruck des Inhalts der Arterien kann sie ja unmöglich herrühren, weil das Herz, von dem jene Erhöhung des Blutdrucks doch ausgehen müsste, in Folge seiner Blutleere fast leistungsunfähig geworden ist. Die Thatsache, dass die angeschnittenen Arterien nicht mehr bluten, beweist auch in der That handgreiflich genug, dass die Spannung der erweiterten Arterien eine sehr geringe ist im Vergleich zu ihrer früheren Spannung. Wie verhält es sich aber nun mit den Venen? Bei oberflächlicher Prüfung könnte Jemand behaupten wollen, dass die Erweiterung der Venen einfach secundär eine Folge der Arterienerweiterung sei. Von den verbreiterten Arterien ströme mehr Blut zu den Venen, deshalb werden auch diese nun stärker anschwellen. Eine solche Behauptung wäre aber eine irrthümliche

Uebertragung von Erfahrungen, die unter ganz anderen Verhältnissen gemacht und nur da richtig sind. Die Thatsache, dass die Arterien erweitert sind, bedingt noch nicht, dass sie deswegen nun mehr strömendes Blut an die Capillaren und Venen abgeben. Es kommt wesentlich auf die Spannung der erweiterten Arterien an, und diese Spannung ist in unserem Falle so gesunken, dass kaum noch von Blutströmung die Rede ist. In der Arterienenerweiterung darf man also den Grund für die Venenerweiterung nicht suchen. Man wird sich übrigens vergeblich bemühen, eine Erklärung zu finden, so lange man an der Annahme festhält, dass die Vene ein todttes elastisches Rohr darstellt. Doch überzeugen wir uns specieller, zu welchen Widersprüchen diese Annahme führt. Man betrachte eine Mesenterialvene eines gesunden Frosches. Das Gefäss hat eine gewisse Weite, die man sich merken mag. In der Vene ist das Blut in Bewegung. Es steht also unter einer gewissen Spannung, die grösser ist als diejenige der unteren Hohlvenen; denn sonst würde es eben nicht fliessen. Die Vene ist sonach mit Blut überfüllt. Unterbinde ich das der Arterie zugewendete Ende der Vene, so wird ein Theil ihres jetzt ruhenden Inhalts gegen die Hohlvenen hin abfliessen, bis ihre Spannung so weit gesunken ist, um nur noch dem Blutdruck der näher dem Herzen gelegenen Venen das Gleichgewicht zu halten. Die Vene wird sich also verengern, wenn man den von den Arterien her auf sie geübten Blutdruck abschneidet oder doch wenigstens sehr herabsetzt. Unterwirft man das Thier nun dem Klopversuch, so wird sich die in's Auge gefasste Vene und alle ähnlich wie sie mechanisch gemisshandelten erweitern, und sie werden erweitert bleiben, sobald man das Hirn und Rückenmark zerstört hat. Die erweiterten Venen werden sich auch dann nicht verengern, wenn man die zuführende Arterie unterbindet. Ein mechanisches Hinderniss für den Abfluss aus ihnen ist nicht vorhanden; denn die Hohlvenen sind leer und zur Aufnahme von Blut bereit. Irgend ein Verschluss des Venenrohrs auf dem Wege zu den Hohlvenen kann auch nicht bestehen; denn, kehrt man das Thier so um, dass sein Kopf der tiefste Theil wird, so fliesst das Blut ohne Anstand den Hohlvenen zu. Die erweiterten Venen ziehen sich daher offenbar nur

deswegen nicht zusammen, weil ihre Wandungen zu wenig gespannt sind, um den Druck der auf ihnen lastenden Blutsäule zu überwinden. Die dünne Vene des normalen Frosches, welche diesen Druck überwinden konnte, zeigt also eine höhere Spannung als die erweiterte des geklopften. Das ist eine Erfahrung, die mit der Annahme ganz unvereinbar ist, dass die Venen nur elastische todte Schläuche darstellen. Diese Erfahrung zwingt vielmehr zu dem Schluss, dass die dünne normale Vene sich in tonisch contrahirtem Zustande befindet. Die Venen stehen somit wie die Arterien im Leben normaler Weise unter einem gewissen Tonus, und dieser Tonus ist wie jener der Arterien beeinflusst vom centralen Nervensystem. Mechanische Reizung hebt den Tonus der Venen auf. Unter dem Einfluss des centralen Nervensystems stellt er sich wieder her. Zum Belege diene noch der folgende Versuch:

39. Man befestige zwei gleich grosse, gesunde Frösche auf einem aufrecht gestellten Brettchen und lege beiden das Herz frei. Dann führe man bei jedem eine Schlinge um die Aorten und knüpfe diese über einem runden Klötzchen der Art zusammen, dass die Aorten fest gegen das Klötzchen angedrückt und undurchgängig werden. Diese Manier der Unterbindung hat den Vortheil, dass man später die Ligatur im Nu zu lösen im Stande ist, indem man sie über dem Klötzchen einschneidet und Klötzchen sowie Faden entfernt. Die Arterien werden ferner auf diese Weise, da sie nur platt gedrückt werden, weniger geschädigt als bei einer unmittelbaren Umschlingung. Eine Minute nachdem man auf solche Weise den Kreislauf des Blutes unterbrochen hat, öffne man bei beiden Fröschen die Bauchhöhle. Man wird den Darm blass, die Gekrösarterien leer, die entsprechenden Venen fast leer finden. Klopft man jetzt bei beiden Fröschen mässig stark, aber wiederholt auf Darm und Gekröse, so füllen sich die vorhin leeren Venen alsbald stark mit Blut, welches von der unteren Hohlvene her der normalen Richtung des Blutlaufes entgegen in sie eindringt. Auch die kleinen Venen des Darmes selbst, welche vorhin gar nicht sichtbar waren, füllen sich von den grösseren Venenstämmen her, so dass der früher blasse Darm jetzt von einem lebhaft rothen Venengeäder durchzogen erscheint. Diese Strotzung der Venen verdankt ihre Entstehung offenbar einer Erschlaffung der vorhin tonisch contrahirten Venenwandungen, einer Erschlaffung, die hier wie in den früher beschriebenen Versuchen durch den mechanischen Reiz des Klopfens herbeigeführt wurde. Hat man sich von der lebhaften Injection der Venen überzeugt, so schliesse man bei beiden Thieren die Bauchwunde. Dann zerstöre man dem einen Frosch von einer Oeffnung des Schädeldaches her mit einer Sonde Hirn und Rückenmark und stelle gleich darauf bei beiden Thieren mittels Wegnahme der Ligaturen den Kreislauf her. Nun überlasse

man beide Thiere sich selbst. Nach Verlauf einer Stunde etwa wird man finden, dass die Fülle der Venen bei dem Frosche ohne Hirn und Rückenmark dieselbe geblieben, während sie bei dem nicht verstümmelten Thiere gewichen ist. Unter dem Einfluss des centralen Nervensystems hat sich bei letzterem eine allmähliche Zusammenziehung der erschlafften Venen wiedereingestellt und den normalen Zustand herbeigeführt. Während der Beobachtungsstunde wird man ausserdem wichtige Veränderungen in dem Herzschlage des verstümmelten Thieres wahrnehmen. Sein Herz wird je länger, desto weniger ausgiebig und desto seltener schlagen im Vergleich zu demjenigen des anderen Frosches mit erhaltenem Hirn und Rückenmark.

In dem so eben beschriebenen Versuche dürfte von besonderem Interesse sein, dass darin gezeigt wird, wie eine lebhaft Hyperämie in einem vorher blutleeren Organ auch erzeugt werden kann durch eine von den grossen Venen her vordringende rückläufige Blutbewegung. Der Versuch beweist ferner, dass der Tonus der kleinen Venen so gross ist, dass diese nach Unterbrechung des Kreislaufes mit blossem Auge gar nicht sichtbar sind, sondern erst deutlich werden nach Aufhebung des Tonus.

Der Tonus der Venen ist für die Blutbewegung ebenso wichtig wie derjenige der Arterien. In dem Versuch No. 37 war es hauptsächlich die Aufhebung des Venentonus, welche den verderblichen Einfluss auf die Herzbewegung und damit auf die gesamte Blutbewegung ausübte. Da der Venen nämlich viel mehr sind, da sie bei Erschlaffung ihres Tonus sich weit stärker erweitern als die Arterien, so wird ihre gesamte Volumzunahme im Vergleich zu der der Arterien eine weit bedeutendere sein. Vorzüglich die Venen sind es also, die in jenem Versuche die Raumvergrösserung der Gefässbahn verschulden und dadurch den übrigen Gefässen und dem Herzen seinen Inhalt entziehen. Wenn man bedenkt, dass der Durchmesser der nach dem Klopffversuch strotzenden Venen das Vierfache des normalen erreichen kann, wenn also diese Venen dann das Sechzehnfache des früheren Inhalts fassen, so wird man sich nicht weiter wundern, dass ihre Erschlaffung so wirken kann auf den übrigen Körper, als wenn diesem eine grössere Blutmasse durch einen Aderlass entzogen wäre.

Auch im Versuch No. 38 sind es im Wesentlichen die Venen, deren Thätigkeit die Erscheinungen erklärt. Die kleinen, stark con-

tractilen Venen treiben durch ihre tonische Zusammenziehung ihren Inhalt in die grossen Hohlvenen.

Dass die Venen contractil sind, war längst bekannt; aber über die Bedeutung dieser Contractilität für die Blutbewegung, über den Tonus der Venen, über seine Abhängigkeit vom Nervensystem habe ich nirgend mehr als dunkle Vermuthungen gefunden. Ob und in wie weit es möglich sein wird, den Tonus der Venen durch künstliche Reizung des Rückenmarks oder der Nervenstränge zu erhöhen, müssen spätere Untersuchungen lehren. Die am Ende des Versuchs 39 erwähnten Veränderungen des Herzschlags werden uns im nächsten Abschnitt beschäftigen.

III. Ueber den Einfluss des centralen Nervensystems auf den Tonus der Gefässe und das Herz.

Arterien sowohl wie Venen sind, wie wir gesehen haben, während des Lebens tonisch zusammengezogen, und dieser Tonus ist abhängig von den grossen Nervencentren. Wir sahen ferner, dass der Verlust des Gefässtonus, und sei es auch nur in einer grösseren Gefässprovinz, von höchst schädlichem Einfluss ist auf die Leistungsfähigkeit des Herzens. Man wird also erwarten müssen, dass nach Zerstörung des centralen Nervensystems, nachdem somit die Quelle des Gefässtonus abgeschnitten, sich eben dieselben üblen Folgen für die Herzthätigkeit und die Blutbewegung in ihrer Gesamtheit einstellen müssen. Dieser Erwartung entsprechen die Erfahrungen, zu welchen man durch den Versuch gelangt, durchaus.

Man verfare wie in Versuch 37, aber ohne den Thieren gegen den Bauch zu klopfen. Man befestige also zwei Frösche in aufrechter Stellung, lege bei beiden mit Schonung des Herzbeutels das Herz frei und zerstöre auf möglichst unblutige Weise bei einem derselben Hirn sammt verlängertem Mark, bei dem anderen ausserdem auch das Rückenmark. Darauf überlasse man beide Thiere sich selbst. Unmittelbar nach Beendigung obiger Operation folgt bei beiden Thieren gewöhnlich ein vorübergehender Stillstand des Herzens in Diastole, hervorgebracht durch Erregung der Vagusnerven während der Zerstörung des verlängerten Marks. Dann

beginnen die Herzen wieder zu schlagen, und zwar bei beiden Thieren gleich stark und mit annähernd gleicher Frequenz. Dieses Stadium haben diejenigen Forscher im Auge gehabt, welche der Ansicht sind, dass das Rückenmark gar keinen Einfluss auf die Herzthätigkeit hat. In der That, die Zerstörung des Rückenmarks bringt in den ersten Minuten keine leicht merkbare Veränderung der Herzbewegung und des Kreislaufes hervor. Aber man warte ruhig beobachtend ab, und die Folgen werden augenscheinlich. Nach Verlauf von etwa zehn Minuten wird ein Unterschied in der Thätigkeit beider Herzen bemerkbar. Das Herz des rückenmarklosen macht weniger ausgiebige Bewegungen, weil es sich weniger gut füllt als das des anderen Thieres. Es schlägt auch meistens langsamer. Mit jeder Minute wird nun die Abweichung zwischen den Lebensäusserungen beider Thiere handgreiflicher. Nach einer halben Stunde etwa zeigt sich das Herz des rückenmarklosen ähnlich blutarm wie das eines geklopften Thieres. Seine Schläge folgen sich in weit längeren Pausen. Die Arterien sind platt, blass und leer. Angeschnitten, bluten sie kaum. Kurz, der Kreislauf scheint, entsprechend der ganz unwirksamen Herzbewegung, fast völlig aufgehoben. Inzwischen arbeitet das Herz des anderen Frosches mit erhaltenem Rückenmark noch verhältnissmässig lebhaft und kräftig. Schliesslich stirbt das Herz des rückenmarklosen Thieres viel früher ab als das des anderen, vorausgesetzt, dass man bei beiden der atmosphärischen Luft den freien Zutritt zum Herzen verwehrt.

Die Deutung dieser Erscheinungen ist jetzt sehr naheliegend und einfach. Das Herz des rückenmarklosen wird nach einiger Zeit so blutleer wie das eines geklopften Frosches, der Kreislauf stockt eben so wie bei diesem aus dem Grunde, weil eben bei dem rückenmarklosen ganz ähnliche Veränderungen der Blutbahn zu Stande kommen wie bei dem auf den Bauch geklopften Thiere. Nach Zerstörung des centralen Nervensystems erlischt allmählig der Tonus der Gefässe. Allmählig erweitern sich also gleichmässig alle Arterien und Venen. Ueberall sinkt die mittlere Spannung, und die natürliche Folge dieser erheblichen Vergrösserung des gespannten Gefässrohrs ist, wie wir früher ausführlich nachwiesen, die

Herabsetzung, ja die völlige Ausserdienststellung der Herzthätigkeit. Das Herz vermag Nichts mehr zu leisten, weil die für seine fruchtbare Thätigkeit nothwendige Bedingung fehlt, nämlich die Spannung des Gefäßsrohrs. In dem Klopffversuch tritt die Blutarmuth des Herzens so schnell ein, weil die Aufhebung des Tonus in Folge der mechanischen Misshandlung der Gefässe eine plötzliche ist. Zerstört man, ohne den Gefässtonus örtlich zu stören, nur das centrale Nervensystem, so erlischt der Tonus nur langsam, und es kommt demgemäss auch erst allmählig und spät zu jener gewaltigen mechanischen Störung der Blutbewegung. Die allgemeinen Störungen, welche dann die Aufhebung des regelrechten Kreislaufs ihrerseits hervorbringt, verdeutlicht der folgende Versuch, den mir eine zufällige Beobachtung an die Hand gab.

40. Man nehme zwei kräftige, frisch grün gefärbte oder sonst hellfarbige Wasserfrösche, schnüre beiden den Hals hinter dem Kopf mit einem Bindfaden zusammen und schneide jedem vor der Ligatur den Kopf ab. Dann zerstöre man dem einen von der Wunde aus mit einer Sonde den Rest des Hirns mit Einschluss des verlängerten Markes, dem anderen das ganze centrale Nervensystem. So hat man also mit möglichst wenig Blutung dem einen Hirn und Mark genommen, dem anderen das Rückenmark gelassen. Nun setze man beide Thiere der Einwirkung der sommerlichen Mittagssonne aus *), indem man jedem die bekannte hockende Stellung giebt, welche, einmal eingenommen, von dem geköpften Thiere nicht mehr verlassen wird. Nach einiger Zeit (in meinen Versuchen etwa nach einer halben Stunde) zeigen beide Thiere ein sehr verschiedenes Aussehen. Die Haut des Markhabenden bleibt frisch und lebendig glänzend, während der andere Frosch ein hässlich bleifarbiges, leichenhaftes Aussehen bekommt. Hält man, wenn dieses Stadium der Verschiedenheit zwischen beiden Thieren am Ausgeprägtesten erscheint, beide Thiere, den Verlust der Köpfe verdeckend, einem Unbetheiligten vor, so wird dieser das rückenmarklose Thier für eine bereits in Fäulniß übergegangene Leiche, das andere für ein lebendes oder frisch getödtetes erklären.

Als ich die Beobachtung, von welcher dieser Versuch handelt, zuerst machte, vermuthete ich, dass das rückenmarklose Thier vielleicht deshalb sich anders verhielte, weil seine Hautdrüsen nicht mehr genug reflectorisch angeregt würden, um die Haut dem schädlichen Einfluss der trockenen Wärme gegenüber frisch zu erhalten. Zur

*) Es liegt auf der Hand, dass ich den Versuch hier nur beschreibe, wie ich ihn zufällig gemacht habe, weil es mir damals so am Bequemsten war. Wer den Versuch wiederholen will, wird das Wesentliche vom Unwesentlichen zu unterscheiden wissen.

Kontrolle stellte ich daher folgende Versuche an. Ich verfuhr ganz wie in Versuch 40, durchschnitt aber dem Thiere mit Rückenmark auf der einen Seite den Plexus ischiadicus. Der gelähmte Schenkel blieb aber von lebendiger Frische, als die Schenkel des rückenmarklosen schon leichenhaft aussahen. Ja, ich vermochte nicht einmal einen deutlichen Unterschied zwischen dem gelähmten und nicht gelähmten Schenkel des rückenmarkführenden Frosches zu bemerken. In einem anderen Versuche zerstörte ich dem einen Frosche das ganze centrale Nervensystem, dem anderen nahm ich allein das Rückenmark und liess ihm das Hirn und das verlängerte Mark. Dann setzte ich beide Thiere wie oben der Sommerwärme aus. Es zeigte sich nun zwischen diesen beiden Fröschen nach einiger Zeit derselbe Unterschied des Aussehens der Schenkel wie in Versuch 40. Das Frischbleiben der Haut hängt also mit ihrer Innervation selbst nicht zusammen. Es kommt lediglich darauf an, dass man einen Theil des centralen Nervensystems erhält, sei es die Medulla oblongata, sei es das verlängerte Mark, und die Haut erhält sich frisch. Ich finde eine wenigstens theilweise Erklärung des Versuchs 40 und der eben erwähnten Kontrolversuche in Folgendem. Zerstört man das ganze centrale Nervensystem, so erlischt allmählig der Tonus sämtlicher Gefässe. In Folge dessen wird, wie früher hewiesen, das Herz leistungsunfähig, und die gesammte Blutbewegung stockt. Sobald dies aber eingetreten ist, hören auch die anderen Lebenserscheinungen auf, und der Körper verfällt der Fäulniss. An der Haut machen sich die durch die hohe Temperatur der Sommerwärme geförderten Zersetzungserscheinungen bemerkbar, so wie die Blutbewegung in ihr stockt. Oeffnet man übrigens das leichenhaft gewordene Thier, so wird man finden, dass das Herz wirklich entweder bereits seine Thätigkeit eingestellt hat, oder dass seine Bewegungen doch nicht mehr so beschaffen sind, um den Blutumlauf der Haut noch in Gang zu erhalten. Bei dem Thier dagegen, welches noch einen Theil des centralen Nervensystems, daher entweder das Rückenmark oder das verlängerte Mark besitzt, wird auch der Tonus der Gefässe im Ganzen noch hinreichend gewahrt *). Demgemäss bleibt

*) Zerstört man verlängertes Mark und Rückenmark, so stirbt der Rest des

die Herzthätigkeit wirksam, und der Blutumlauf geht von Statten. Die Haut, welche von stets wechselnden Bluttheilchen durchströmt wird, vermag so einige Zeit hindurch den schädlichen Einflüssen von aussen Widerstand zu leisten. Ob diese rein mechanische Erklärung ganz genügt, ist mir selbst zweifelhaft, aber ein sehr wesentliches Moment für eine zukünftige vollständige Erklärung bringt sie wohl jedenfalls bei.

Der Versuch 40 scheint mir übrigens, abgesehen von allen in's Einzelne gehenden Erklärungsversuchen, recht geeignet, um darzutun, wie wichtig auch das Rückenmark für die Erhaltung alles dessen ist, was wir Leben nennen. Wir haben zwei Thiere, beide unter übrigens gleichen Bedingungen; aber das eine mit, das andere ohne Rückenmark. Das zweite wird nach einiger Zeit zur faulenden Leiche. Ersteres macht um diese Zeit noch den Eindruck eines den Einflüssen der Atmosphäre standhaltenden, lebendigen Organismus. Das Fortbestehen des Rückenmarkes ermöglicht diese Verlängerung des Lebens. Wir können also immerhin unbefangen das Prinzip des Lebens in diesem Falle im Rückenmark suchen. Wie dieses Prinzip nun das Leben wahrt, das zu erklären ist Sache der besonderen Forschung. Ich finde einstweilen sichergestellt den Einfluss des Rückenmarkes auf die Blutbewegung mit allen seinen mittelbaren Folgen für Ernährung, Secretion u. s. w. Wen erinnern nicht diese Betrachtungen an die Lehre eines vor einem halben Jahrhundert gefeierten, dann fast vergessenen, neuerdings wieder erwähnten, aber leider leichtfertig verunglimpften und doch in Wahrheit so scharfblickenden Forschers und Denkers? Ich meine Cäsar Gallois. Doch davon später mehr!

Zerstörung des centralen Nervensystems hebt den Tonus auf und richtet die Leistungen der Herzthätigkeit zu Grunde. Diese verderblichen Folgen treten aber nur langsam und allmähig ein, weil der mässige Tonus, welchem die Gefässe im Leben unterliegen, eben nur langsam nachlässt. Um nun diese Folgen rascher zu bewirken, war ich darauf bedacht, ein Mittel zu finden, das den Tonus im Leben steigere, indem ich hoffte, dass der Verfall

Gehirns zu bald ab, als dass auf diesem Wege ein selbständiger Einfluss desselben auf die vegetativen Functionen zu beweisen wäre.

des künstlich gesteigerten Tonus nach plötzlicher Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes ein weit jäherer werden würde. Dies Mittel fand ich in der schon älteren Physiologen, wie Parry und Hunter, bekannten Erfahrung, dass nach starken Blutentziehungen die Gefässe gewaltig schringen, und ich verwerthete diese Erfahrung in dem folgenden Versuch:

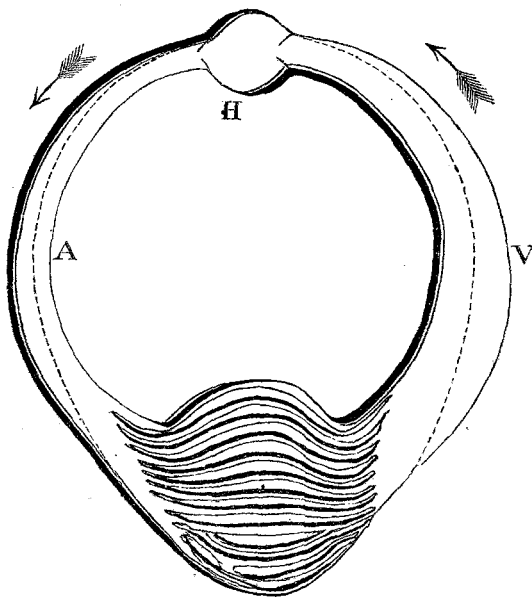
41. Man nehme zwei recht gesunde und kräftige Frösche und bringe jedem von ihnen mit möglichst wenig Blutung eine kleine Oeffnung am knöchernen Schädeldache bei. Dann befestige man sie auf einem aufrecht gestellten Brettchen und lege bei beiden mit Schonung des Herzbeutels die Herzgegend frei. Nun amputire man jedem mit scharfer Scheere ein Bein im Kniegelenk. Eine reichliche Blutung wird unmittelbar folgen. Aus bekannten Gründen wird das Herz und die grossen Gefässe bald blutleer. Die Blutbewegung hört damit auf, und auch aus der Amputationswunde fliesst kein Blut mehr. Um indess auch für die Zukunft etwaige Blutungen zu verhindern, schnüre man bei beiden den Schenkelstumpf über der Wunde zusammen. Darauf gehe man bei dem einen Thier durch die Schädelöffnung mit einer Sonde ein und zerstöre Hirn und Rückenmark. Jetzt überlasse man beide Thiere sich selbst. Nach und nach wird sich bei dem seiner grossen Nervencentren nicht beraubten Thier der Kreislauf wiederherstellen. Die Bewegungen des Herzens werden von Minute zu Minute ausgiebiger, d. h. es wird während der Diastole wieder stark von Blut ausgedehnt, welches bei der Systole entleert wird. Die grossen Arterien und Venen in unmittelbarer Nähe des Herzens, welche vorher leer waren, füllen sich gleichfalls wieder mit Blut. Dagegen bleiben die übrigen Organe blass und blutarm. Inzwischen hat sich die Herzthätigkeit des zweiten Frosches ohne Hirn und Rückenmark nicht bloss nicht erholt, sondern sie ist in jeder Beziehung noch mehr heruntergekommen. Das Herz desselben bleibt blutleer und ebenso die grossen zum Herzen tretenden Gefässe. Allmähig sinkt auch die Frequenz seiner Pulse im Vergleich zu der des anderen Thieres. Unter dem Einfluss der Centraltheile des Nervensystems hat sich bei dem ersten Frosch der Blutkreislauf trotz des starken Blutverlustes wiederhergestellt. Bei dem seiner Nervencentren beraubten Thiere erlischt die Blutbewegung unwiderrufflich für immer. Wenn man sich von der Wiederherstellung der normalen Herzbewegung bei jenem vollständig überzeugt hat, so schliesse man den Versuch damit ab, dass man nun auch diesem durch die provisorisch angelegte Schädelöffnung hindurch das Hirn und Rückenmark zerstört. In wenig Minuten wird die Herzthätigkeit ihre Fülle und Ausgiebigkeit verlieren, und in nicht langer Zeit wird das Herz so blutleer und unwirksam schlagen wie das des anderen Thieres.

Wer sich die Mühe nehmen will, die von mir aufgestellten Behauptungen zu prüfen, dem empfehle ich dringend, diesen Aderlassversuch zu wiederholen. Er wird, wenn man gesunde, kräftige Thiere benutzt, nie misslingen. Auch als Versuch für Vorlesungen

dürfte er sich eignen. Wenn der Vortragende zum Eingang der Vorlesung die einleitende Operation, d. h. die Aderlässe und die Zerstörung der Nervencentren bei dem einen Frosch vornimmt und dann während der Vorlesungsstunde die beiden zu vergleichenden Thiere sich selbst überlässt, so wird gegen das Ende der Vorlesung die Herstellung der Blutbewegung bei dem einen, das nahe Verlöschen bei dem anderen sehr deutlich hervortreten. Eine gewisse nicht geringe Beobachtungszeit beanspruchen die geschilderten Versuche alle deshalb, weil sie die Thätigkeit organischer Muskelfasern zum Gegenstande ihrer Aufgabe haben, und von diesen ist es ja bekannt, dass sie nur langsam ihre Wirkungen äussern.

Verfolgen wir mit Hilfe unseres Schemas den Vorgang beim Aderlassversuch. (Siehe Figur 2.) Die nach Abtrennung des Unter-

Fig. 2.



schenkels stattfindende Blutung verringert die gesammte vorhandene Blutmasse sehr bedeutend. Der übrig bleibende Rest füllt den vorhandenen Gefäßraum nicht mehr prall aus. Die nothwendige Span-

nung der Gefässe hört somit auf. Das Blut kehrt nicht mehr zum Herzen zurück, sondern verbleibt in den abhängigeren Partien des Körpers. Das Herz wird blutleer, seine Thätigkeit nutzlos. Schliesslich stockt die Blutbewegung im grössten Theile des Körpers völlig. In den durchschnittenen Gefässen bilden sich Blutgerinnsel, welche die weiteren Blutverluste verhindern. Inzwischen arbeitet aber der Tonus der Gefässe daran, die Bedingungen für die Möglichkeit einer Wiederherstellung des Kreislaufes zu schaffen. Das gesammte contractile Gefässrohr schringt zusammen und treibt den spärlichen, ihm gebliebenen Inhalt dem Herzen zu. Allmählig wird dieses wieder von mehr Bluthheilchen erreicht, und sofort beginnt auch seine Thätigkeit eine fruchtbare zu werden. Es fördert, was ihm von den Venen her zufliesst, in die Arterien. Der Kreislauf ist im Gange. Seine frühere Lebhaftigkeit aber wird er erst dann wiedererlangen, wenn die Gefässe sich so weit zusammengezogen haben, dass sie auf ihren flüssigen Inhalt den ehemaligen Druck ausüben vermögen. Da der Tonus, welcher diese Wiederherstellung des Kreislaufes vermittelt, vom centralen Nervensystem abhängt, so wird die Möglichkeit einer Wiederherstellung des Kreislaufes aufgehoben durch Zerstörung des Hirns und des Rückenmarkes. Vernichtet man Hirn und Rückenmark, nachdem die Wiederherstellung bereits erzielt war, so wird der Tonus der Gefässe schwinden, der Gefässraum sich wieder vergrössern und damit abermals die Veranlassung zu jener oft erwähnten Herabsetzung der Herzthätigkeit und zu ihrem endlichen Erlöschen gegeben sein. Die Vernichtung des centralen Nervensystems wird ihre Wirkungen auf das Herz weit schneller und intensiver äussern bei einem Thier, das vorher viel Blut verlor, als bei einem vorher unverletzten, weil bei jenem der Nachlass der erhöhten Zusammenziehung ein viel plötzlicherer und eher sichtbarer sein muss.

Der Aderlassversuch 41 ist in vieler Beziehung das Gegenstück zu dem Klopffversuch 37. In beiden Versuchen erzeugten wir eine enorme Herabsetzung, ja völlige Stockung der Blutbewegung dadurch, dass wir ein Missverhältniss herbeiführten zwischen Gefässraum und Gefässinhalt. In dem Klopffversuch vergrösserten wir künstlich durch örtliche Erschlaffung der Gefässwandung den

Raum der Blutbahn, der dadurch für den gegebenen Blutinhalt zu weit wurde. Im Aderlassversuch dagegen verringerten wir den Inhalt, der nun zur Füllung des vorhandenen Raumes nicht mehr ausreicht. Das erzielte Missverhältniss, in beiden Fällen wesentlich ähnlich, hatte dieselben verderblichen Folgen für die Herzthätigkeit. Die Ausgleichung der gefährlichen Störung dankt man in beiden Fällen dem Tonus der Gefässe, indem dieser den Raum der Blutbahn soweit verengte, bis er sich genau dem vorhandenen Inhalt anpasste und die nothwendige Spannung erreicht war.

Hiermit hätte ich die Darstellung des sachlich Neuen, welches ich zu bringen habe, im Wesentlichen erschöpft. Die Auffassung von dem Wesen des gesammten Kreislaufes, wie ich sie auf Grund dieser Erfahrungen gewonnen habe, ist eine andere als die herkömmliche, welche man in den Lehrbüchern findet. Man weist gewöhnlich dem Herzen allein eine specifisch vitale Rolle für den Kreislauf zu und betrachtet die Gefässe als rein elastische Röhren. Dass auch die Gefässe vitale Contractilität haben, hat man wohl gewusst; aber man hat dieser Contractilität gemeinbin nur örtliche Wirkungen zugeschrieben und ihr jede Bedeutung für das Ganze der Blutbewegung bestritten. Die Gefässmuskeln der Arterien sollten lediglich dazu dienen, das Maass von Blut zu bestimmen, welches den von den Arterien ernährten Körpertheilen zukommen darf. Sie sollten also gleichsam die Dienste von Krähen verrichten, damit durch die Arterien nur so viel Blut ströme, als zweckentsprechend sei. Die Blutbewegung im Grossen und Ganzen, also Geschwindigkeit und Blutdruck in der Aorta, so sagt man, hängt allein ab vom Herzen. Die Blutvertheilung ist allein Aufgabe der Gefässmuskeln, zumal der Arterien. Mit dem Zwecke der Venencontractilität wusste man übrigens im Grunde nichts Rechtes anzufangen. An jener Lehre, welche man mit der Unfehlbarkeit eines Dogma umgiebt, ist nicht Alles richtig. Die Gefässmuskeln haben unbestritten einen Einfluss auf örtliche Blutvertheilung; aber sie haben ausserdem einen mächtigen Einfluss auf die Gesammtheit der Blutbewegung, einen Einfluss, der nicht weniger bedeutungsvoll ist als der des Herzens, wenn er auch von ganz anderer Natur ist. Die Blutbewegung im Grossen und Ganzen

hängt ab von zwei vitalen Faktoren, erstens vom Herzen und zweitens vom Tonus der Gefässe. Der eine Faktor, die rhythmische Zusammenziehung des Herzens, ist das die Bewegung erzeugende Element des Kreislaufes, der andere Faktor, der Tonus der Gefässe, ist das die Bewegung ermöglichende Element. Beide Faktoren müssen zusammenwirken, wenn der Blut-umlauf fortbestehen soll. Die Leistungsfähigkeit des Herzens hört auf, wenn der Tonus erlischt. Der Tonus andererseits vermag nach Ausschliessung der Herztätigkeit keine dauernde Blutbewegung zu erzeugen, weil seine Wirkung keine rhythmische ist. Wenn eine Aufhebung des Tonus die Leistungen des Herzens lahm legt, so wird eine Mässigung desselben, also eine Herabsetzung der allgemeinen Gefässspannung, jedenfalls die Leistung des Herzens wenigstens schwächen. Dagegen wird, Alles andere gleichgesetzt, eine Steigerung des Tonus die Leistung des Herzens erhöhen. Die Ausgiebigkeit der Herzbewegung, die Fülle des Herzens bei der Diastole und demgemäss das Quantum von Blut, welches dasselbe bei jeder Systole in die Arterien zu schleudern im Stande ist, sind eine Function der mittleren Gefässspannung, also eine Function des Tonus. Von dem Maass der Füllung des diastolischen Herzens kann man schliessen auf das Maass der Spannung in den Gefässen. Das Herz kann uns also als Werthmesser dienen zur Schätzung der Gefässspannung.

Die Quelle des Tonus fanden wir im Rückenmark und im verlängerten Mark. Ob vom übrigen Gehirn ausserdem auch eine selbständige Erregung des Tonus möglich ist, vermochten wir nicht festzustellen. Rückenmark wie verlängertes Mark sind durchaus selbständig in ihrem Einfluss auf den Tonus und die Blutbewegung; denn das verlängerte Mark wahrt auch nach Zerstörung des Rückenmarkes noch das Bestehen des Tonus, und andererseits behält das Rückenmark seine Einwirkung auf den Tonus nach Vernichtung des verlängerten Markes. Die Nervenröhren, welche den Einfluss der grossen Nervencentren auf den Tonus der Gefässe vermitteln, treten wohl alle durch den Grenzstang des Sympathicus; denn ich fand, dass die Blutbewegung für immer lahm gelegt wurde bei einem Frosch, dem ich mit möglichster Verhütung von Blutungen den

Grenzstrang des Sympathicus auf beiden Seiten zerstört hatte. Ob der Tonus der Gefässe durchweg gebietweise nur von ganz begrenzten Punkten der grossen Nervencentren abhängt, ist mir mehr als zweifelhaft geworden. Ich fand nämlich Fortdauer des Tonus der Bauchgefässe sowohl bei Thieren, denen ich das Rückenmark zerstört und das verlängerte Mark gelassen, als auch bei solchen, denen ich allein das Rückenmark gelassen hatte. Vermuthungsweise halte ich für die nächsten Centren des Tonus der Bauchgefässe die Ganglien der Bauchhöhle. Diese aber sind nicht absolut selbständig. Sie beziehen Erregungsquellen aus der ganzen cerebrospinalen Axe, und wenn ein Theil dieser Quellen versiegt, so fliessen die anderen vielleicht um so reichlicher und ersetzen durch stellvertretende Thätigkeit die Einbusse.

Dass der Tonus der Gefässe von den grossen Nervencentren aus angeregt werden kann, gilt für eine ausgemachte Sache. Ob das Herz, selbst ein Theil des Gefässrohres, in ähnlicher Weise durch Vermittelung einer directen Verbindung mit den Nervencentren zu erhöhter Thätigkeit gebracht werden kann, ist ein bis jetzt ungelöstes Problem. Von vorn herein scheint das Dasein solcher anregender Herznerven, die etwa die grossen Centren mit den Herzganglien verbinden, nicht unwahrscheinlich, aber so lange ihr Dasein nicht bewiesen ist, sind diese erregenden Herznerven für die Wissenschaft nicht da. Prüfen wir einmal die angeblich zum Beweise dienenden Thatsachen! Erinnern wir uns zuvor aber an die Momente, von denen wir jetzt schon bestimmt wissen, dass sie Veränderungen der Herzthätigkeit vom centralen Nervensystem her hervorbringen können. Die grossen Nervencentren beeinflussen direct die Herzthätigkeit vermittels der Vagusnerven, sie beeinflussen dieselbe indirect durch Vermittelung der Gefässnerven. Will man einen dritten Einfluss, und zwar einen direct wirkenden sicher stellen, so muss man jene beiden bekannten Einflüsse erst ausschliessen. Diesem Anspruch ist aber von keiner Seite genügt. Die Vagusnerven hat man allerdings durchschnitten und damit den hemmenden Einfluss dieser Nerven aus den Folgeerscheinungen ausgeschieden; aber um die mittelbaren Folgen, welche aus der gleichzeitigen Veränderung des Tonus der übrigen Gefässe und der

Kranzgefässe des Herzens selbst entstehen, hat sich Niemand bekümmert. Wenn man z. B. Durchschneidungen oder Zerstörungen im Gebiete des Rückenmarkes oder verlängerten Markes vornahm und danach eine Schwächung und Verlangsamung der Herzschläge sah, so war das vielleicht nur eine Folge des nothwendig gleichzeitig mit gestörtem Tonus der Gefässe; und andererseits kann eine Steigerung der Herzthätigkeit nach Reizung des Rückenmarkes die Folge einer gleichzeitigen Erhöhung des Tonus sein. Auch die Veränderung der Herzthätigkeit bei Gemüthsbewegungen ist nicht nothwendig eine directe, zwischen Hirn und Herzganglien vermittelte Nervenwirkung; denn mit den Veränderungen der Herzthätigkeit gehen in solchen Fällen regelmässig notorische Tonusstörungen einher — man denke an das Erröthen und Erbleichen — und es bleibt also auch hier noch der Verdacht auszuschliessen, dass diese Störungen des Tonus das Primäre, die Veränderungen der Herzthätigkeit das Secundäre sind. Ich selbst habe vielfach Versuche gemacht, um nach Ausschluss der Vagusnerven und des Tonus den etwaigen direct erregenden Herznerven auf die Spur zu kommen, habe aber nur negative Ergebnisse erhalten, mit deren Schilderung ich den Leser nicht aufhalten mag. Damit ist natürlich die Frage nicht entschieden. Die Möglichkeit erregender Herznerven wird man immerhin zugeben, aber bewiesen ist ihr Dasein nicht.

Wie bei der Frage nach der Existenz erregender Herznerven, so ist auch bei anderen Versuchen der indirekte Einfluss des Gefässtonus nicht zu vernachlässigen. Neuerdings hat man von verschiedenen Seiten die Wirkung gewisser Gifte geprüft. Der Blutdruck in den grossen Arterien, die Geschwindigkeit der Blutbewegung und die Frequenz der Herzschläge wird nach Einführung derselben sehr verändert. Da liest man denn, dass alle diese Erscheinungen einer sehr veränderten Blutbewegung ohne Weiteres auf Rechnung der Einwirkung des Giftes auf das Herz gesetzt werden. Ja, man hat aus diesen Folgerungen spitzfindige Schlüsse auf das Wesen der Innervation des Herzens machen wollen. Aber alle diese Folgerungen halten keine strenge Kritik aus. Es liegt nahe, dass jene Gifte nicht bloss auf das Herz, sondern auch auf den Tonus der Gefässe einwirken, und es ist daher zu ermitteln,

wie viel von den zu beobachtenden Veränderungen der Blutbewegung auf Rechnung des Tonus der Gefässe, wie viel auf Rechnung des Herzens kommt. Diese Vernachlässigung des Tonus muss man namentlich Traube vorwerfen. Seine Versuche sind korrekt anstellt und bieten werthvolles Material für die Zukunft; aber seine Deutungen der Wirkungen des Nicotin, der Digitalis u. s. w. sind unzuverlässig, weil er den einen wichtigen vitalen Factor des Blutumlaufs, den Tonus, in jenen Versuchen unbeachtet gelassen hat.

Ich will hier einige Bemerkungen für die praktische Medicin anfügen, welche sich ungezwungen aus den beschriebenen Versuchen ableiten lassen. Plötzliche Aufhebung des Tonus in einem grösseren Gefässgebiet hat, wie wir sahen, aus rein mechanischen Gründen eine gewaltige Schwächung der Herzthätigkeit zur Folge. Man kann daran denken, ob die Kleinheit des Pulses bei akuter Peritonitis, die Blässe des Gesichts und andere Erscheinungen von Blutarmuth des übrigen Körpers nicht rein mechanisch sich erklären lassen von der Ueberfüllung des Bauchs mit Blut.

Der Versuch 41 giebt uns ein Musterbild von den Vorgängen, wie sie auch beim Menschen nach grösseren Blutverlusten eintreten. Zuerst unmittelbar nach dem Blutverlust Erlöschen der Herzthätigkeit, Aufhören des Pulses, Stockung der Blutbewegung und Ohnmacht. Die Blutung aus der Wunde stillt sich damit auch von selbst, und die Gerinnelsbildung beginnt. Nach einiger Zeit aber wird der Puls wieder fühlbar. Er ist jetzt klein und hart. Durch tonische Zusammenziehung sämtlicher contractiler Gefässe ist der Gefässraum nämlich inzwischen so weit verkleinert worden, dass der Rest des noch vorhandenen Blutes zu seiner prallen Füllung ausreicht. Das Herz kann wieder wirksam arbeiten. Der Kreislauf kommt in Gang, und der Verwundete erholt sich. Jetzt, nachdem der Blutdruck wieder eine der früheren annähernd gleiche Höhe erreicht hat, entsteht aber die Gefahr neuer Blutungen, indem die neugebildeten schwachen Blutgerinnsel leicht aus den durchschnittenen Gefässenden hinaus und fortgeschwemmt werden. Das ist der Grund, weshalb so häufig Nachblutungen bald nach Anlegung des ersten Verbandes eintreten. Weshalb eine starke

Blutentziehung die Arbeit der Herzthätigkeit stört, ist von jeher richtig beurtheilt worden, aber über den Mechanismus der Wiederherstellung des lebhaften Kreislaufs macht man sich meistens nicht ganz correcte Vorstellungen. Gewöhnlich nimmt man an, dass das nach dem Aderlass entstandene Missverhältniss zwischen Gefässraum und Gefässinhalt dadurch seine Ausgleichung findet, dass der Inhalt theils durch Aufnahme von Lymphe, theils durch Aufsaugung von Wasser vom Darm aus sich wieder auf sein früheres Maass vermehrt. Diese neuerdings noch von Panum im XXVII. Bande dieses Archivs S. 453 vertretene Ansicht ist aber, wie aus Versuch 41 hervorging, nicht durchaus richtig. Ohne den wichtigen Antheil, welchen die allmälige Flüssigkeitsvermehrung an der Herstellung hat, verkennen zu wollen: sie allein bewirkt dieselbe nicht, sondern die tonische Zusammenziehung der Gefässe thut im Anfang die Hauptsache zur Ausgleichung des Missverhältnisses.

Die tödtlichen Folgen kolossaler Blutverluste hat man in manchen Fällen vermittels der noch immer nicht hinreichend oft verwertheten Transfusion glücklich abgewendet. So viel mir erinnerlich, hat man die wohlthätigen Folgen der Transfusion vorzugsweise nur in der Vermehrung des Ernährungsstoffes gesucht, welche dieselbe gewährt. Aus meinen Versuchen scheint mir nun aber hervorzugehen, dass der Hauptwerth der Transfusion in Fällen von Verblutung in der Verbesserung der mechanischen Verhältnisse zu finden ist, welche durch jene hervorgebracht wird. Der plötzliche, tödtliche Ausgang nach Blutungen wird nicht sowohl dadurch veranlasst, dass die Ernährung aufhört, sondern dadurch, dass die Blutbewegung stockt, und diese letztere stockt, weil das Herz nach der plötzlichen Verringerung des Gefässinhaltes nicht mehr mit Erfolg arbeiten kann. Die in solchen Fällen in den Gefässen noch vorhandenen Blutreste wären im Stande, das Leben wenigstens nothdürftig noch eine Weile zu fristen, wenn man sie nur in Bewegung brächte, wenn man die mechanischen Bedingungen für den Kreislauf herstellte. Ob meine Ueberzeugung eine begründete ist, würde sich durch folgende Probe feststellen lassen, welche anzustellen, ich bisher noch nicht Gelegenheit fand. Man spritze

einem verbluteten Thier statt Blutes eine entsprechende Menge erwärmter, gut mit Luft durchgeschüttelter Eiweisslösung von der Concentration des Blutes ein. Ich bin fest überzeugt, dass das Thier sich erholen wird, vielleicht nur auf kurze Zeit, vielleicht auch dauernd.

Mit therapeutischen Vorschlägen hat die Physiologie kaum jemals Glück gehabt. Die vorurtheilsfrei herumtastende und prüfende Erfahrung des Praktikers erringt in dieser Beziehung dauerndere Erfolge als die meist befangene, von vorgefasster Meinung geleitete Forschung des Theoretikers. Häufig gelingt es aber wenigstens nachträglich dem Physiologen die innere Begründung dessen nachzuweisen, was die Empirie längst als bewährt und wohlthätig anerkannt hat. Menschen, welche starke Blutverluste erlitten, giebt man die horizontale Lage, damit die Blutzufuhr zu den edelsten Theilen, zum Gehirn möglichst erleichtert werde. Die horizontale Lage führt aber vor allen Dingen den anderen noch wichtigeren Vortheil mit sich, dass die Rückkehr des Blutes zum Herzen durch sie begünstigt wird. So lange das Herz noch Blut empfängt, giebt es auch aus und unterhält die Blutbewegung. Vielleicht ist es nützlich, dem Menschen, welcher viel Blut verloren, Rumpf und Kopf horizontal zu lagern, Beine und Arme aber emporhalten zu lassen, um den Rest des Blutes vorzugsweise den lebenswichtigen Organen zukommen zu lassen. Die emporgehobenen Gliedmaassen werden sich so lange mit einer Vita minima begnügen müssen, bis anderweitig Rath geschafft wird.

An der Herstellung der Blutbewegung nach starken Blutverlusten hat, wie wir sahen, der Tonus den wichtigsten Antheil. Es wird zu untersuchen sein, ob man nicht Mittel findet, die Wirkungen des Tonus zu steigern. Ich vermuthete, dass manche von den Mitteln, welche bei Blutungen verabreicht werden, z. B. die metallischen Säuren, den Tonus erhöhen und so nicht bloss den Verschluss der blutenden kleinen Arterien herbeiführen, sondern auch durch Verkleinerung des gesammten Gefässraumes die mechanischen Bedingungen für die Herzthätigkeit verbessern.

IV. Geschichtliche Bemerkungen.

So lange man Physiologie treibt, so lange hat schon die Frage nach der Abhängigkeit der Herzbewegung von den grossen Nervencentren die Geister bewegt. Der Kampf zwischen den streitenden Meinungen währt auch heute noch mit ungeschwächter Heftigkeit fort. Es hat wenig Befriedigendes, sich einer der streitenden Parteien zuzugesellen und den Streit mit den alten Mitteln fortzusetzen. Ich glaube dieses nicht thun zu dürfen, sondern hoffe, dass meine Versuche dazu beitragen werden, in mancher Beziehung die streitenden Parteien zu versöhnen, indem ich beweise, dass man sich vielfältig missverstanden hat. Man muss auseinanderhalten die Frage nach dem Einfluss des centralen Nervensystems auf die Blutbewegung im Allgemeinen und die Frage nach dem Einfluss auf's Herz. Diese beiden Fragen sind aber fast immer zusammengeworfen, indem man das Herz für den einzigen vitalen Factor der Blutbewegung hielt, und daraus ist eine namenlose Verwirrung entstanden. Wenn Haller erklärt hat, dass das Herz unabhängig ist von den grossen Nervencentren, so hat er, wenn wir von dem hemmenden Einfluss des Vagus absehen, Recht, sofern die Herzbewegung zunächst nur von den Herzganglien selbst abhängt und eigene erregende Herznerven nicht nachgewiesen sind. Andererseits hat der grosse Gegner von Haller's Theorie, Cäsar Legallois, nicht weniger Recht, wenn er behauptete, dass das centrale Nervensystem einen ungeheuren Einfluss hat auf die Blutbewegung. Wichtige thatsächliche Angaben Legallois', z. B. das Aufhören des Kreislaufes nach Zerstörung des Rückenmarks bei geköpften Thieren, haben wir ja selbst bestätigen können. Ich habe meinerseits aus Legallois' Schriften die Ueberzeugung gewonnen, dass meine, nur durch Experimente am Frosch gewonnenen Ansichten von der Mechanik des Blutumlaufes auch für die höheren Thiere zutreffen werden; denn ich finde bei Legallois viele Versuche, deren Ergebniss vortrefflich stimmt zu meinen Angaben über das Wesen des Tonus. Wäre nun Legallois bei dem schlichten Satz stehen geblieben, dass der Kreislauf bei geköpften Thieren vom Bestehen des Rückenmarks abhängt, so hätte

er damit die einfache Mittheilung einer unzweifelhaften und wichtigen Thatsache gemacht. Er liess sich aber verleiten, die Folgerung zu thun, dass das Rückenmark das Herz belebe, weil er währte, dass das Herz allein die Blutbewegung bestimme. Wie wir gesehen haben, war diese Folgerung eine irrige. Die Thatsachen, welche Legallois beibringt, lassen sich alle erklären aus dem Nachlass des Tonus der Gefässe, wie er nach Zerstörung des centralen Nervensystems erfolgt. Immerhin aber bleibt Legallois das Verdienst, zuerst klar und entschieden den mächtigen Einfluss des centralen Nervensystems auf die Blutbewegung nachgewiesen zu haben. Er fehlte, insofern er vorzugsweise dem Rückenmark jenen Einfluss zuschrieb und die Bedeutung des verlängerten Marks für die Blutbewegung unterschätzte. Er fehlte, insofern er durch seine Versuche einen directen Einfluss des Rückenmarks auf das Herz glaubte bewiesen zu haben. Unter denen, welche Legallois' Versuche einer Kritik unterzogen, war Flourens wohl derjenige, welcher der Wahrheit am Nächsten kam, indem er schloss, dass das centrale Nervensystem einen mittelbaren Einfluss habe auf die Herzbewegung. Näher präcisirt hat er aber diesen mittelbaren Einfluss nicht *).

Da ich mich hier nicht mit der behaglichen Breite einer Monographie auslassen darf, so will ich nur noch zum Schluss mit einigen Worten einer jüngsten Schrift gedenken, welche den Anspruch erhebt, die Existenz eines „excitirenden“ Herznnervensystems zweifellos darzuthun. Ich meine v. Bezold's Buch: „Untersuchungen über die Innervation des Herzens. Leipzig, 1863.“ Das Buch hat keinen angenehmen Eindruck auf mich gemacht, und ich habe mir nach Durchlesung desselben gesagt: Viele hübsche Versuche, sehr viele Worte, aber wenig Licht! Der Verfasser glaubt, beweisen zu können, dass das verlängerte Mark der Sitz eines excitirenden Centrums für die Herzbewegung ist, das seinen Einfluss auf dieselben durch Fasern ausübt, welche im Rückenmark herablaufen und von diesem aus abtretend durch die Bahnen des Sympathicus endlich zum Herzen gelangen. Der Grenzstrang

*) Flourens, *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*. Paris, 1862. S. 214 u. s. w.

des Sympathicus wäre danach ein grosser motorischer Herznerv. Diese Theorie weicht also von der Legallois' nur darin ab, dass dieser das Rückenmark für das fragliche Centrum erklärte. Uebereinstimmend ist, dass der Sympathicus der motorische Herznerv sein soll. Bezold fühlt sich berufen, Legallois' Versuche in einer Weise zu verurtheilen, die man nicht ungerügt hingehen lassen kann. Der Pariser Akademie, welche Legallois' Versuche feierte, wirft er „Kopflösigkeit“ vor, ausdrücklich erwähnend, dass ein Mann wie Alexander von Humboldt unter den drei Commissairen war, welche Legallois' Arbeit prüften. Selbst wenn Humboldt irrte, so war es wohl durchaus unziemlich, sich so zu äussern. Doppelt unbesonnen ist ein solches Urtheil, wenn es unbegründet ist. Und es ist unbegründet. Der Kern der That-sachen in Legallois' Versuchen ist ein durchaus richtiger, dass nämlich das Rückenmark einen selbständigen Einfluss auf die Blutbewegung hat. Nach Bezold hingegen „beweisen die sämtlichen Versuche Legallois' gar Nichts.“ Man soll angeblich alle Resultate Legallois' erklären erstens durch die Blutungen bei Zerstörung des Rückenmarkes, zweitens durch die Zerrungen der Medulla oblongata, welche einen Tetanus der Vagusnerven veran-lassten. Es ist schwer zu begreifen, wie Jemand, der Legallois' Schrift kennt, solche Einwände erheben konnte. Legallois hat sehr oft in seinen Versuchen den Kaninchen durch Amputation von Beinen künstliche Blutungen gemacht und gefunden, dass solche kolossale Blutentziehung niemals auf die Dauer den nachtheiligen Einfluss auf die Herzbewegung ausübt wie die Zerstörung des Rückenmarkes, bei welcher doch weit weniger Blut fliesst. Er hat deshalb mit Recht geleugnet, dass die Ursache seiner Versuchsergebnisse in der Blutung zu finden sei. Der zweite Vorwurf Bezold's, dass Vagusreizung bei den Versuchen Legallois' eine wesentliche Rolle spiele, ist noch weniger stichhaltig. Einmalige Zerrung der Medulla oblongata kann dauernde Erregungen der Vagusnerven nicht bewirken. Die Erlahmung des Herzens in Legallois' Versuchen ist eine dauernde. Vor Allem aber finden sich in Legallois' Versuchen nicht wenige, bei welchen von einer Vagusreizung gar keine Rede sein konnte. Ueberall, wo er

an geköpften Thieren operirte, hat er ja die Vagusnerven so gründlich eliminirt, als man es nur wünschen kann. Am Kleinlichsten ist es endlich wohl, wenn v. Bezold an Legallois bemängelt, dass er keine einzige Messung des arteriellen Blutdruckes gemacht hat. Nun ja, Legallois war praktischer Arzt. Er verfügte nicht über jene Fülle von Stahl, Messing und Elfenbein und die hübschen Apparate, mit deren Hülfe es heute so bequem wird, Entdeckungen zu machen. Er verstand es nicht, Kurven zeichnen zu lassen, weil das damals noch nicht erfunden war. Aber um so mehr bewundere ich den Scharfblick des einfachen Arztes, der ohne jede Hilfsmittel zu Erfolgen kam, die anderen, besser ausgerüsteten Forschern entgangen sind. Wenn Legallois sagt, dass das Blut einige Zeit nach Zerstörung des centralen Nervensystems aus der angestochenen Arterie nicht mehr spritzt, so ist dies für mich deutlicher gesprochen, als wenn er ein Dutzend Kurven über den Blutdruck beigefügt hätte.

Wenn ich jetzt daran gehe, Bezold's eigene Versuche zu beurtheilen, so will ich mich weniger scharf über sie ausdrücken, als Bezold es Legallois gegenüber gethan hat; ich will sagen, dass Bezold's Versuche wohl Manches beweisen, aber nicht nothwendig ein excitirendes Herznervensystem. Die Versuche bestätigen, was so viele ältere Forscher behauptet haben, und was sicher feststeht, dass das verlängerte Mark einen mächtigen Einfluss hat auf die Herzbewegung. Dass aber dieser Einfluss auf das Herz, abgesehen vom Vagus, durch eigene, direct von der Medulla oblongata zum Herzen gehende Nerven vermittelt wird, das beweisen sie nicht. Nach Durchschneidung der Verbindung zwischen verlängertem Mark und Rückenmark erlahmt nach v. Bezold die Herzbewegung. Angeblich soll dies nun deshalb geschehen, weil durch diese Operation die den erregenden Tonus zum Herzen leitenden Nervenfasern durchschnitten werden. Eine andere Erklärung für das Abfallen des Blutdruckes nach jener Operation hält Bezold für „absolut undenkbar.“ Harmlos haben ältere Physiologen, Nichts ahnend von dem Einfluss des Nervensystems auf den Tonus der Gefäße, jede Veränderung der Herzthätigkeit ganz ohne Rücksicht auf die Vitalität der Gefäße gedeutet.

Bezold hat dem Tonus Rechnung getragen. Er erwägt die Möglichkeit, dass nach Durchschneidung des Rückenmarks der Tonus in vielen oder selbst allen Arterien schwinden könne, und er erwägt auch die Folgen, welche eine allgemeine Erweiterung der Blutbahn für das Herz haben mag. Dabei aber verfällt der Verfasser in Irrthümer, welche sich wunderlich genug ausnehmen in einem Buch, das den Gebrüdern Weber gewidmet ist, Irrthümer, welche verhängnissvoll sind für den, der eine so scharfe Zunge hat für die Irrthümer älterer Forscher, deren Ruhm bereits feststeht. Bezold kommt nämlich zu dem ungeheuerlichen Schluss, dass eine allgemeine Aufhebung des Tonus eine allgemeine Beschleunigung der Blutbewegung zur Folge haben müsse. Nun, ich habe, glaube ich, klar bewiesen, dass das Umgekehrte stattfindet. Eine allgemeine Erweiterung der Blutbahn führt zur Verlangsamung und schliesslich zum völligen Stillstande aller Blutbewegung. Unter der Annahme, welche Bezold ja selbst verstattet, dass nach Durchschneidung der Grenze zwischen verlängertem Mark und Rückenmark der Tonus in vielen Gefässen aufhört, würden also die von Bezold beobachteten Erscheinungen am Herzen und den grossen Arterien sich ungezwungen erklären als secundäre, von der Erlahmung des Tonus der Gefässe abhängige Wirkungen. Ich gebe es auf, die übrigen Versuche Bezold's einzeln durchzugehen, in denen allen der Tonus der Gefässe keine richtige Würdigung erfahren hat. Der Tonus der Gefässe kann aber nicht bloss eine Rolle spielen in den Bezold'schen Versuchen, er muss sie spielen. Manche Versuche Bezold's sind nämlich ohne Berücksichtigung des Tonus hämodynamisch gar nicht verständlich. Wenn z. B. Bezold findet, dass nach Reizung des Rückenmarkes bei einem geköpften Thier 1) die Herzschläge häufiger, 2) die Herzschläge voller werden, 3) der Blutdruck im Aortensystem auf das Sechsfache steigt, — so ist es rein unmöglich dieses Alles durch eine Erhöhung der Herzthätigkeit zu erklären, wie das Bezold will und für unumstösslich richtig ausgiebt. Gesetzt nämlich, das Gefässrohr verhielte sich in diesem Versuche nur wie ein elastischer Schlauch, so wird, da der Druck in den Arterien auf das Sechsfache stieg, eine erhebliche Erweiterung

sämmtlicher Arterien statthaben müssen, und diese Erweiterung wird geschehen auf Kosten des Inhalts der Venen. Die Venen werden an Inhalt verlieren, ihre Spannung muss also sinken. Demgemäss wird deshalb von den weniger gespannten Venen her auch weniger Blut bei der Diastole in's Herz treten können, zumal wenn das häufiger schlagende Herz öfter zu füllen ist. Also müssten in solchem Falle die Herzschläge kleiner werden. Sie sind aber faktisch voller als zuvor, mithin sind die Annahmen nicht haltbar.

Das Thatsächliche in Bezold's Arbeit bestreite ich um so weniger, als Manches davon sich bereits bei Schriftstellern findet, die demselben unbekannt geblieben sind. So hat schon Lister angegeben, dass Reizung des Rückenmarkes nach Durchschneidung des Vagus und Halssympathicus eine Steigerung der Herzthätigkeit zur Folge hat. Aber auch Lister *) hat so wenig wie Bezold die Rolle des Tonus beachtet.

Ich glaube übrigens, man kann es nicht bedauern, dass Bezold's Behauptungen unerwiesen sind; denn sie haben a priori gewiss nichts Ansprechendes. Das Herz soll fortwährend einem Tonus zweier sich widerstreitender Gewalten unterliegen, erstens dem hemmenden Tonus des Vagus und zweitens dem anregenden Tonus des Sympathicus. Im gemeinen Leben findet man es nicht vortheilhaft, die Pferde vorn und hinten an den Wagen zu spannen und nach entgegengesetzten Richtungen a tempo loszukutschieren. Nach Bezold soll die Natur dies merkwürdige Verfahren einschlagen. Wünschen wir uns Glück, dass wir einstweilen nicht daran zu glauben brauchen. — Nach Bezold steigen die motorischen Herznerven vom verlängerten Mark im Rückenmark herab, zum Theil bis zum Lendenmark, um in gewaltigen Bögen erst an's Herz zu treten. Wenn's sein muss, wird man auch glauben müssen, dass so absonderliche Wege der Herznerven ihre Bedeutung haben, aber wir haben es eben noch nicht nöthig. Bezold theilt uns ferner mit, dass jede Reizung der motorischen Herznerven zuerst latent bleibt, bevor sie sich äussert. Dafür aber soll man durch ein Stadium der Nachwirkung nach aufgehobener Reizung für die Latenz von vorher entschädigt werden. Diese Latenz scheint

*) Proceedings of the royal society of London. Vol. IX. London, 1859. S. 367.

mir verdächtig genug darauf hinzudeuten, dass ein guter Theil der von Bezold beobachteten Erscheinungen eben secundärer Natur ist und deshalb erst einiger Zeit zu der Aeusserung bedarf.

Am Schluss angelangt, wiederhole ich, welches mein Standpunkt zur Frage ist. Die „excitirenden“ Herznerven sind erst dann für mich da, wenn sie bewiesen sind. Die Wissenschaft darf nur das anerkennen, was sich als unverfälscht und wirklich „eindeutig“ legitimirt.

E r g e b n i s s e.

1) Es giebt einen Tonus der Venen, der wie derjenige der Arterien von den grossen Nervencentren beeinflusst wird.

2) Lähmung des Tonus in einem grösseren Gefässgebiet hat aus rein mechanischen Gründen eine Herabsetzung der Leistung des Herzens zur Folge.

3) Vernichtung von Hirn und Rückenmark hebt nach einiger Zeit den Kreislauf auf, weil mit dem Erlöschen des Tonus der Gefässe die Herzthätigkeit eine unwirksame wird.

4) Der Tonus wird in hinreichendem Maasse gewahrt, wenn vom centralen Nervensystem entweder nur das verlängerte Mark oder nur das Rückenmark übrig gelassen ist.

5) Die Herstellung der Blutbewegung nach starken Blutverlusten wird zum grossen Theil vollbracht durch den Tonus der Gefässe.

N a c h w o r t.

Im Centralblatt vom 9. Januar d. J. theilt v. Bezold zwei neue Versuche mit und versichert am Schluss, dass meine gegen die Beweiskraft seiner Versuche vorgebrachten Einwände „haltlos“ seien. Haltlos! Gegenüber wem? Vermuthlich gegenüber diesen neuen Versuchen. Habe ich denn aber gegen diese, bei Veröffentlichung meiner vorläufigen Mittheilung noch ungeborenen Versuche überhaupt Einwände machen können? v. Bezold musste wohl wenigstens abwarten, ob ich dieselben Einwände auch diesen Versuchen gegenüber aufrecht erhalten würde, bevor er sie „haltlos“ schelten durfte. Ich habe meine Einwände erhoben gegenüber

dem umfangreichen Buch Bezold's. Ich habe behauptet, dass derselbe schwere fundamentale Irrthümer begangen, indem er darin Versuche für beweisend ausgiebt, die nicht beweisend sind. Jetzt fühlt sich v. Bezold plötzlich veranlasst, ohne sich von jenen Anklagen zu reinigen, zwei neue Versuche anzugeben, welche einen Beweis „vervollständigen“ sollen, der damals so unfehlbar war, dass er „auch dem Zweifelsüchtigsten alle Zweifel benehmen musste.“ Will v. Bezold die schon todtgemachten Zweifler nun noch todter schlagen, oder war Etwas faul an seinen früheren „eindeutigen“ Beweisen? Nun, dann waren meine Einwände wohl weder „haltlos“ noch unwirksam.

Ob und welche Einwände ich gegen Bezold's neue Versuche vorzubringen habe, wird die Prüfung lehren, welche aber erst dann möglich sein wird, wenn derselbe seine Versuche verständlich vorgetragen haben wird. Ich wenigstens kann mich aus dem 1ten Versuch nicht vernehmen, welcher also lautet:

„Unterbindet man bei einem durch Pfeilgift gelähmten Kaninchen, dessen beide Sympathici und Vagi am Halse durchschnitten sind, in der Nähe des Herzens alle Arterien und Venen mit Ausnahme der Carotiden und Jugularvenen, so kann man durch Reizung des Rückenmarkes noch sehr deutliche Beschleunigung des Herzschlages und Steigerung des Blutdruckes in der Arterie erzeugen. Dieser Versuch zeigt, dass die Thätigkeit des Herzens auch dann noch durch Erregung des Rückenmarkes vergrößert wird, wenn die Circulation durch Gefässe geschieht, deren vasomotorische Nerven gelähmt sind.“

Hat v. Bezold an neugeborenen Kaninchen gearbeitet, bei denen die unverschlossene Vorhofscheidewand eine Communication zwischen rechtem und linkem Herzen verstattete, oder hat er etwa doch nicht alle anderen Gefässe unterbunden, sondern den Lungenkreislauf freigegeben? Wie hat er dann aber die vasomotorischen Nerven der Lungen entfernt?

Eindeutigen Versuchen will auch ich gern glauben, da ich a priori gegen die Möglichkeit excitirender Herznerven Nichts einzuwenden habe; aber die Eindeutigkeit ist eben erst noch zu begründen.

Königsberg, den 13. Januar 1864.