

9) Bouillaud, *Journal de physiologie expérimentale et pathologique* par F. Magendie. Tome X. Paris 1830. P. 36.

10) Schiff, *Lezioni di fisiologia sperimentale* Firenze 1873. S. 523. Uebersetzung davon im 3. Bande des *Archivs für experimentelle Pathologie*.

11) Goltz, *Beiträge zur Lehre von den Funktionen der Nervencentren des Frosches*. Berlin 1869.

12) Schiff, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*. Lahr 1858—59.

13) Lussana e Lemoigne, *Fisiologia dei centri nervosi encefalici*. Padova 1871.

14) Vulpian, *Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux*. Paris 1866.

15) Nothnagel, a. *Virchow's Archiv* 57. Bd., b. 58. Bd., c. 60. Bd., d. 62. Band.

(Aus dem physiologischen Institut in Strassburg.)

Ueber lokale Gefässnerven-Centren.

Von

Dr. **E. Gergens**, Assistent am physiol. Institut in Strassburg,
und Dr. **E. Werber**.

Seitdem durch die neueren Arbeiten von Goltz die früher allgemein als feststehend angenommene, von Claude Bernard begründete Lehre von den vasomotorischen Nerven bedenklich erschüttert worden ist, nachdem auch Gegner der Goltzischen Ansichten über gefässerweiternde Nerven, wie Vulpian, Putzeys und Tarchanoff zur Rettung ihrer Anschauungen die von Goltz zuerst vermutheten localen tonusregulirenden Centren, allerdings unter Modificirung der diesen Apparaten zugeschriebenen Eigenschaften haben annehmen müssen, seit dieser Zeit hat sich das Interesse der Physiologen, wie eine Reihe von neueren Arbeiten beweist, in erhöhtem Maasse der Frage von der Abhängigkeit des Gefäss-tonus vom Nervensystem zugewendet. Wir wollen hier nicht eingehen auf das für und wider in Bezug auf gefässerweiternde und gefässverengernde Nerven, uns interessiren zunächst die neuerdings

veröffentlichten Ansichten über die erwähnten localen Centren. Trotzdem eine Reihe der von Goltz publicirten Versuche nur durch die Existenz von mit einer gewissen Selbständigkeit ausgestatteten Centren sich erklären lässt, ist doch in neueren Arbeiten, wie von Nussbaum¹⁾, von Latschenberger und Deahna²⁾, dem Tonus der Gefässe eine ausschliessliche Abhängigkeit von dem nervösen Central-Organ zugeschrieben worden, die mit der erwähnten Goltz'schen Hypothese sich nicht vereinigen lässt. Huizinga³⁾ schliesst aus dem Fortbestehen der rhythmischen Contractionen der Arterien in einer durch Durchschneidung des plexus ischiadicus vom Mark isolirten Froschextremität auf eine locale Ursache dieser Bewegungen; er lässt indessen unentschieden, ob der Anstoss zu denselben von peripher längs den Gefässen gelegenen Nervenzellen oder unabhängig von solchen Organen in der Muskulatur der Gefässe selbst gegeben wird.

Nur Masius aus Lüttich hat auf dem ärztlichen Congress in Brüssel im September 1875 die Versuchsergebnisse von Goltz in allen Punkten bestätigt und sich seinen Ansichten vollkommen angeschlossen.

Es sei uns gestattet in chronologischer Folge eine Reihe von Versuchen zu schildern, in denen wir einige noch nicht näher untersuchte Beziehungen des nervösen Central-Organes zum Gefäss-tonus darlegen, sowie Beweise für die Existenz der fraglichen lokalen tonusregulierenden Apparate beizubringen hoffen.

Zerstört man einem Frosche von einer am Schädel angebrachten Oeffnung aus mit einer Sonde das ganze Mark, oder auch von einer am Brust- oder Halstheil der Wirbelsäule angelegten Schnittwunde die hinter derselben befindlichen Theile des Rückenmarkes, so macht sich sofort ein gewöhnlich mit dem Namen Shok bezeichneter Zustand des Thieres bemerklich. Dieser Zustand besteht in einer Vernichtung oder starken Herabsetzung des Gefäss-tonus. Betrachtet man die Schwimmhaut eines solchen Thieres unter dem Mikroskope, so gewahrt man einen erheblich verlangsamten Kreislauf in stark erweiterten Gefässen, der in vielen Fällen nach einem kürzeren oder längeren Zeitraum zuerst in den meisten capillaren Bahnen, dann

1) Dieses Archiv Band 10,

2) Dieses Archiv Band 12.

3) Dieses Archiv Band 11.

in allen Gefässgebieten stockt. Hängt man das Thier mittelst eines durch den Oberkiefer gezogenen Fadens auf, so sieht man in kurzer Zeit, oft schon nach einer Viertelstunde, Oedem der am tiefsten hängenden Körpertheile auftreten, welches im Laufe von 24 Stunden einen enormen Grad erreichen kann.

Öffnet man dem so behandelten und sofort aufgehängten Thier die Brusthöhle durch vorsichtiges Abtragen des Brustbeines, so sieht man das Herz sich rhythmisch contrahiren, aber dasselbe bleibt in der Diastole blass, seine Volumzunahme ändert sich wenig, die Atrioventrikulargrenze macht nur schwache Lageveränderungen, mit einem Wort, das Herz arbeitet zwar, aber es pumpt leer. Man sieht nicht, wie beim sonst unverletzten Thier, nach Ligatur des *bulbus aortae* bei jeder Systole eine Blutsäule in der oberen Hohlvene aufsteigen, eine verletzte Arterie blutet kaum merklich und schneidet man nach Unterbindung der Aorta die Herzspitze ab, so wird aus dem verletzten Ventrikel kaum ein Tropfen Blut ausgepresst.

Hebt man ein solches Thier an den Beinen bis zur horizontalen Lage empor, so tritt sofort Füllung des Herzens ein.

Offenbar ist der Verlust des Gefässtonus die Ursache, dass das Blut durch die Schwere sich nach unten senkt, in den tieferliegenden nunmehr unelastischen Gefässgebieten sich ansammelt, und trotz aller Anstrengung des Herzens nicht der Schwere entgegen in die Höhe befördert werden kann. Die Inspektion der tieferliegenden Organe scheint diess zu bestätigen: Das Oedem der Beine spricht für eine abnorme Blutstauung daselbst, die Organe des Unterleibes sind im Gegensatz zu der in ihren oberen Parthieen blassen Leber meist hyperaemisch, die Milz sahen wir mehrmals bis zu ihrem dreifachen Volum vergrößert und äusserst blutreich. So verhält sich ein sofort nach der Zerstörung des Markes beobachtetes Thier. Legt man jedoch nach Ausführung der Operation ohne weitere Verletzung den Frosch in frisches Wasser und besichtigt denselben nach 24 Stunden, so wird man in vielen Fällen ihn noch lebend vorfinden und zwar findet man dann den oben geschilderten Zustand von Tonuslosigkeit nicht mehr in dem Grade wie beim frisch ausgebohrten. Man findet einen höheren Grad von Füllung des Herzens, man sieht nach Unterbindung des *bulbus aortae* die gleichsam als natürliches Manometer zu benutzende Blutsäule in der *v. cava superior*, beim Abschneiden der Herzspitze fliesst eine messbare Quan-

tität Blut hervor und das Oedem ist weniger stark, als beim sofort aufgehängten.

Das Thier hat sich also von dem gestrigen Eingriffe, wenn auch nur vorübergehend, erholt. Diese Erholung ist bei einem Frosch, dem vom Schädel aus der ganze Wirbel-Canal ausgebohrt ist, der seltenere, bei einem solchen, dem nur Brust- und Lendenmark zerstört ist, der gewöhnliche Fall. Bei letzterem kann die Wiederherstellung des Tonus eine so vollkommene sein, dass er sich von dem mit unverletztem Central-Nervensystem nur wenig unterscheidet. Fügt man nun zu der bereits bestehenden Verletzung die Zerstörung des noch unverletzten Halsmarks und der medulla oblongata, so bildet sich von neuem der Zustand des verlorenen Gefässtonus, aber immer erst nach kurz dauernder Verengung der Schwimmhaut-Arterien. Ob dieses constante Verhalten einer auf dem Nervenwege durch den Sympathicus sich fortpflanzenden tonischen Erregung oder einfach dem Umstande, dass durch Erweiterung der Gefässe der oberen Körperparthieen den unteren weniger Blut zugeführt wird, zuzuschreiben ist, haben wir nicht zu entscheiden vermocht.

Das Thier gleicht nunmehr dem, welchem vor Kurzem das ganze Mark vom Schädel aus zerstört wurde, es ist aber immerhin noch ein gradueller Unterschied zwischen beiden zu Gunsten des Ersteren nachzuweisen. Von dem erwähnten Eingriff erholt sich auch das Thier häufiger, als von der auf einmal vorgenommenen Zerstörung des gesammten Markes; überhaupt ist jede in verschiedenen Zeitintervallen ausgeführte Zerstörung des ganzen Markes ein weniger verderblicher Eingriff, als die auf einmal vorgenommene vollständige Vernichtung. Jedoch ist es auch nicht ohne Einfluss, welcher Theil zuerst zerstört wird. Wird erst medulla oblongata und Halsmark und nach 24 Stunden Brust- und Lendenmark zertrümmert, so ist die Aussicht auf Erholung geringer als bei umgekehrtem Verfahren.

Benutzen wir nun als Maassstab für den Grad des vorhandenen Gefässtonus bei gleich grossen Individuen nach Unterbindung des bulbus aortae die Höhe der nunmehr bei jeder Systole in der oberen Hohlvene emporsteigenden Blutsäule, sowie die Zahl der nach Abschneiden der Herzspitze aus dem Ventrikel herabfallenden Blutropfen, so haben wir mit einiger Constanz an 5 verglichenen Exemplaren folgende Reihenfolge in Bezug auf den Grad des erhaltenen

Tonus gefunden: Den besten Tonus hat der, dem vor 24 Stunden Brust- und Rückenmark zerstört, ist den zweiten der vor 24 Stunden vom Schädel aus ganz ausgebohrt, den dritten der, dem vor Kurzem nur das Rückenmark, den vierten der, dem vor 24 Stunden Brust- und Lendenmark und jetzt Halsmark und medulla oblongata zerstört ist, und endlich den schlechtesten der, dem soeben in einem Zuge Alles ausgebohrt wurde.

Dem entspricht ganz die mikroskopische Betrachtung des Schwimmhautkreislaufs. Bei dem seit 24 Stunden das Brust- und Lendenmark entbehrenden Thier ist der Kreislauf von fast normaler Schnelligkeit und Allgemeinheit und die Gefässe sind nur wenig erweitert. Um nun die Dauer der Erholung von dem Eingriff festzustellen, haben wir zwei von einem etwas hinter den Armen gelegenen Punkt der Wirbelsäule ab nach hinten im Wirbelkanal vollständig ausgebohrt Thiere aufbewahrt. Die Verletzung geschah im October und die Thiere leben noch jetzt im April. An den hinteren Extremitäten ist natürlich jede Reflexerregbarkeit verschwunden, der Hinterkörper zeigt stets einen wechselnden Grad von oedematöser Schwellung und werden fortwährend grosse Epidermstücke abgestossen. Die Schwimmhautgefässe zeigen bei gutem Kreislauf eine die Norm überschreitende Weite.

Es spräche diese Beobachtung für die Lage des Gefässcentrums in der medulla oblongata und für die Entbehrlichkeit des Brust- und Lendenmarks für den Gefässtonus. Nun haben wir aber bei einer grossen Zahl von Thieren vom Schädel aus die Medulla oblongata nebst Hals- und einem kleinen Stück des Brustmarks zerstört und verschiedene Zeit lang bei denselben das Fortbestehen guten Kreislaufes beobachtet. Bei einem Landfrosch¹⁾ blieb, nachdem mit einer Bleisonde, die vorher an der Wirbelsäule des Thieres gemessen und durch Einschnitte markirt war, nach Zerstörung des oberen Drittels des Wirbelkanalinhaltes vom Schädel aus und trotz in Folge dessen vernichteter Lungenathmung ein guter Schwimmhaut-Kreislauf 30 Tage lang bestehen. Hier musste also, im Falle das centrale Nervensystem allein den Tonus der Gefässe erhalten hat, das Brust- und Lendenmark dazu genügt haben, und spräche diese Be-

1) Die *Rana temporaria* oder, wie sie Huizinga nennt, *variatio esculentoides* hat sich auch bei unsren Versuchen durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit besser bewährt, als die *R. esculenta*.

obachtung im Sinne Nussbaum's für die Verbreitung der Gefässnervencentren über das gesammte Rückenmark, und weiter dafür, dass ein Stück des theilweise zerstörten Markes genügt, um die Funktionen des ganzen zu übernehmen. Anscheinend bestätigt wird diese Hypothese durch die von uns in vielen Fällen constatirte Thatsache, dass die Erhaltung eines kleinen funktionsfähigen Restes die Prognose in Bezug auf Wiederherstellung des Kreislaufs nach eingetretenem Shok erheblich verbessert.

Ueberzeugt aber, durch die häufige Beobachtung von Thieren, die sich nach Zerstörung des ganzen Markes wieder erholten und bis zu 3 Tagen bei allerdings stetig zunehmender Weite der Gefässe einen beim Fehlen von jeglichem Tonus unmöglichen Kreislauf besaßen, richteten wir unser Bestreben darauf, durch allmähliches Zerstören des Markes Thiere zu präpariren, die bei gänzlich fehlendem Centralnervenapparat ein möglichst langes Fortbestehen des Kreislaufes zeigen sollten. Die bisher gemachten Erfahrungen verwerthend, benutzten wir hierzu die braune Spielart der *Rana temporaria esculentoides*. Es wurde an einer dicken Bleisonde die Länge vom Schädel bis zum Ende der Wirbelsäule markirt, diese Länge in drei gleiche Theile getheilt und nunmehr das Mark in drei Perioden vom Schädel aus zerstört, oder auch von einer Oeffnung der Brustwirbelsäule aus erst in zwei Abtheilungen die hintere, dann auf einmal die vordere Parthie ausgebohrt. Immer wurde vor dem Fortsetzen der Operation ein bis zwei Tage gewartet, um eine möglichst vollständige Erholung von dem Eingriff eintreten zu lassen. Eine Reihe von Thieren ging noch vor vollständiger Zerstörung des Markes, andere in den ersten 24 Stunden nach vollendeter Operation zu Grunde. Bis zu 3 Tagen hat eine grössere Zahl noch gelebt, zwei Exemplare aber, denen, wie die später vorgenommene sorgfältige Autopsie ergab, vom Schädel aus alles Mark vollständig vernichtet war, haben 5 resp. 7 Tage lang mit Verlust jeden Restes funktionsfähiger Marksubstanz einen Schwimmhautkreislauf gehabt, der in den ersten Tagen vom normalen wenig verschieden war und unter langsamer Erweiterung der Gefäss-Lumina später zu Grunde ging. Der früher von Goltz aufgestellten und von Nussbaum noch festgehaltenen Ansicht, dass mindestens ein Theil des Markes für das Fortbestehen des Kreislaufs unbedingt nothwendig sei, müssen wir also widersprechen.

Wenn nun auch schon die einfache Thatsache der Wieder-

herstellung des Tonus nach Verlust desselben durch Zerstörung des gesammten Markes, die Erholung nach dem Shok, so kurz dauernd dieselbe auch sei, für einen gewissen Grad von Unabhängigkeit des Tonus von den Centren spricht, so wird durch die beiden letzterwähnten Beobachtungen die Wahrscheinlichkeit eines selbständigen Tonus, dessen Ursache nur peripher zu suchen ist, in hohem Grade gesteigert.

Wir sind ferne davon, aus den geschilderten Versuchen den Schluss ziehen zu wollen, dass der normale Tonus des unverletzt existirenden Thieres jeglichen Einflusses vom Centralorgan aus entbehre. So sehr die Ergebnisse der Forschungen zahlreicher Beobachter hiergegen sprechen, so deutlich sehen wir aus unsren eigenen Versuchen, in wie hohem Grade die das Rückenmark treffenden Eingriffe den Gefässtonus zu modificiren im Stande sind. Man möge die erwähnten Verletzungen als Reize oder einfach als Ausschaltung von centraler Nervensubstanz auffassen, in keinem Falle wird man sich der Annahme wechselseitiger Beziehungen zwischen dem centralen Nervensystem und dem peripheren Tonus entziehen können.

Aber dass es nicht allein die beständig vom Centrum den peripheren Gefässen zugehende Erregung ist, dass ausser dieser noch eine lokale Kraft vorhanden sein muss, die zur Erhaltung des Tonus mit thätig ist, eine Kraft, die je nach individuellen Schwankungen oder äusseren Umständen nunmehr auf einige Zeit die ganze Leistung übernimmt, an der sie vorher nur mit theiligt war, zu diesem Schlusse glauben wir uns berechtigt.

Dass bei Warmblütern nach Zerstörung des Lendenmarks vor dem dieser Operation aus noch nicht erklärter Ursache in kurzer Frist folgenden Tode eine relative Wiederherstellung des Gefässtonus in den Hinterbeinen geschehen kann, hat Goltz gezeigt.

Dass bei Kaltblütern nach Vernichtung eines grossen Theiles des Markes ein auf längere Dauer zur Erhaltung des Lebens genügender Tonus existiren kann, sehen wir aus unseren Versuchen. Weiter sehen wir, wie auch schon früher Goltz¹⁾ angegeben, dass wenn die Zerstörung das Athmungscentrum nicht mit betrifft, die noch folgende Dauer des Lebens und eines allerdings nicht ganz normalen Tonus eine beliebige von dem Eingriff unverkürzte sein kann. Denn über 5 Monate nach Zerstörung von Brust- und Len-

1) Virchow's Archiv Band 29.

denmark noch lebende Frösche sind hierfür wohl genugsam beweisend.

Man wird uns einwenden, dass diese Wiederherstellung keine constante, und auch, dass sie bei gänzlichem Verlust des Markes immer nur eine in Bezug auf Zeitdauer und Grad des Tonus sehr beschränkte sei. Man könnte dann einen trophischen Einfluss des Centralapparates auf die peripheren Organe annehmen, man könnte sagen, dass diese nach Vernichtung ihrer trophischen Centren einer raschen Entartung verfallen, man könnte diess um so mehr, als nach Durchschneidung des Ischiadicus beim sonst gesunden Säugethier die Wiederherstellung des Tonus eine dauernde ist, während der lendenmarklose Hund trotz kurzdauernder Aufbesserung des Tonus rasch zu Grunde geht.

Man müsste aber weiter, wenigstens für Kaltblüter, zugeben, dass, wie aus unsern Versuchen hervorgeht, ein noch erhaltener funktionsfähiger Theil des Markes zur Erfüllung dieser Aufgabe für das ganze Thier genügt, wenigstens in einem für Erhaltung des Lebens genügenden Grade. Wir glauben aber, das rasche Absterben der peripheren Centren auf andere Weise erklären zu können. Wie erwähnt, ist ein hoher Grad von Oedem die constante Folge der partiellen oder vollständigen Zerstörung des Markes. Dieses Oedem, also ein massenhaftes Austreten von Blutflüssigkeit in die Gewebe, muss nothwendig auch eine Eindickung des noch circulirenden Blutes zur Folge haben. Bei einem Frosch mit zerstörtem Rückenmark ist nun die Fähigkeit des Resorbirens vernichtet oder auf ein Minimum herabgesunken, legt man ihn auch in Wasser, so wird die Eindickung seines Blutes, im Fall das primär entstandene Oedem ein sehr bedeutendes war, doch eine solche sein, dass es, abgesehen von mechanischer Behinderung des Kreislaufs als ernährende Flüssigkeit wie für alle Gewebe so auch für die peripheren End-Organe nicht mehr normal verwerthet werden kann. Und in der That spricht Mehreves hierfür: Das Verhältniss der ungünstigen Prognose zur Stärke des Oedems und das mikroskopische Aussehen der Schwimmhaut eines im Shok zu Grunde gegangenen Frosches. Man sieht bei einem solchen das Gefäss-System bis in die kleinsten Capillaren mit dicht aneinander liegenden Blutkörpern förmlich ausgestopft. Durch Injection von einprozentiger Kochsalzlösung in eine Vene lässt sich auf einige Zeit der Tonus wiederherstellen und der Kreislauf beschleunigen. Auch diese Erfahrung spricht für den Mangel

an Flüssigkeit im Blute als der letzten Ursache der Stockung der Circulation und des Todes.

Die bisher erwähnten Versuche würden uns nicht genügen, aus ihnen allein die Existenz selbständiger peripherer tonusregulirender Apparate zu folgern. Es bliebe immer noch der Einwand, dass die Wiederherstellung des Tonus von den Rückenmark-Wurzeln, die in einem Zustand entzündlicher Reizung sich befinden und diesem Reiz vermittels ihrer vasomotorischen Theile durch verstärkten Tonus Ausdruck geben, vermittelt würde. Dem raschen oder langsamen Absterben dieser Theile entspräche dann das über kurz oder lang mit Sicherheit erfolgende Erlöschen des peripheren Tonus. Um mit Gewissheit einen Schluss auf die Thätigkeit von peripheren Organen machen zu können, ist das Studium der physiologischen und pathologischen Veränderungen an dem vom zerstörten Centrum gänzlich nervös isolirten Gefäßgebiet nothwendig.

Es ist eine alte Beobachtung von H. Weber, die später von Vulpian¹⁾ bestätigt wurde, dass an den Schwimmhautgefäßen eines Frosches, dem der betreffende plexus sacralis und nv. ischiadicus durchschnitten ist, durch chemischen oder mechanischen lokalen Reiz eine Erweiterung sich erzielen lässt. Ein viel wichtigerer Versuch ist der von Goltz im Jahre 1860 auf der Naturforscherversammlung zu Königsberg mitgetheilte. Es war einem Kaninchen eine hintere Extremität vom Körper insoweit vollständig abgetrennt, dass nur noch Arteria und vena cruralis von allen umgebenden Weichtheilen entblösst eine Verbindung herstellten. An der Haut dieses Beines rief Goltz durch Auflegen von Senfteig Röthe hervor, die nach einiger Zeit wieder verschwand. Existirten die so oft als Einwand gebrachten sympathischen Nerven in und um die Adventitia der Gefäße nicht, so machte dieser Versuch allein jeden anderen Beweis für selbständige periphere Apparate überflüssig.

Reden wir also zuerst vom einfachen Beobachten des Schwimmhaut-Kreislaufs bei rückenmarklosen Fröschen. Wir sagten oben allgemein: Der Kreislauf geht unter allmählicher Erweiterung der Gefäße zu Grunde. Beobachtet man vermittelst eines Okular-Mikrometers ein arterielles Gefäß des in der Erholungsperiode nach Zerstörung des Markes befindlichen Frosches, so ist neben der im Ver-

1) Leçons sur l'appareil vasomoteur II. 25.

gleich zum gesunden bestehenden allgemeinen Erweiterung auffällig, dass das Lumen durchaus nicht constant bleibt oder auch nur eine allmählich vor sich gehende Erweiterung zeigt. An einem solchen Gefäss bemerkt man vielfache Veränderungen des Lumens, deren Endresultat erst die schliessliche maximale Erweiterung resp. Tonuslosigkeit ist. Wegen des Mangels an Regelmässigkeit in Bezug auf die Zeit zwischen dem jedesmaligen Eintreten von Verengerung und Erweiterung können wir diese Bewegungen nicht mit den von Saviozzi u. A. beschriebenen rhythmischen Contractionen identificiren, wir können desshalb Nussbaum nicht widersprechen, wenn er sagt, dass diese nach Exstirpationⁿ des ganzen centralen Nerven-Systems aufhören, wohl aber können wir behaupten, dass selbständige Gefäss-Contractionen überhaupt nach diesem Eingriff noch möglich sind. Von welchen Bedingungen dieselben abhängig sind, ob von Veränderungen im allgemeinen Kreislauf oder von veränderten äusseren Verhältnissen, vielleicht Temperaturschwankungen, ist uns nicht gelungen, mit einiger Sicherheit zu eruiren. Wir haben diese Contractionen unter den verschiedensten Bedingungen beobachtet, und wollen nur als Beispiel einen Fall genauer anführen, bei welchem irgend welcher nervöser Zusammenhang mit allenfalls noch funktionsfähiger centraler Substanz ausgeschlossen ist. Einem grossen Frosch war am 3. Februar der rechte N. ischiadicus durchschnitten, am 4. das Brust- und Lendenmark zerstört, am 7. ein Stück der doppelt unterbundenen rechten Art. cruralis sowie ein Stück des, wie erwähnt, schon früher durchschnittenen Nv. ischiadicus excidirt. Am 10. existirte in der rechten Hinterpfote ein verlangsamter, aber deutlicher Kreislauf. Es wurde nunmehr Halsmark und medulla oblongata von dem früher gemachten Wirbelloch aus zerstört. 20 Minuten nachher hatte der Kreislauf wieder ganz dasselbe Aussehen, wie vor der letzten Operation, und verengerte sich eine unter dem Mikrometer befindliche Arterie noch von 8 auf 6 Theilstriche, und erweiterte sich auch nach einiger Zeit wieder, ohne dass irgend eine Manipulation während der Beobachtung an dem Thier vorgenommen wurde. In diesem Falle, der nur ein Beispiel aus der Reihe der beobachteten ist, war wohl jede andere als lokale Kraft ausgeschlossen.

Das nächstliegende Mittel, lokale Verengerung in den Schwimmbhaut-Gefässen zu erzielen, ist wohl die Kälte. Wir haben durch Auflegen von Schnee auf ein Zehen-Interstitium von Fröschen mit

ausgebohrtem Wirbelkanal sowol vor als nach Durchschneidung des betreffenden Ischiadicus, Contractionen der Gefässe gesehen, die nach dem Schmelzen des Schnee's einer Erweiterung Platz machten.

Um örtliche Erweiterung der Gefässe zu beobachten, bedienten wir uns einer gesättigten Lösung von Ammonium carbonicum. Es gelingt durch Auftragen derselben auf die Schwimmhaut des rückenmarklosen Thieres auch nach Durchschneidung des Ischiadicus eine auf das betreffende Interstitium beschränkte erhebliche Erweiterung der Gefässe zu erzielen, die auch bei makroskopischer Betrachtung als Injection und dunkelrothe Färbung des Interstitium gegen die anderen lebhaft contrastiren lässt. Diese sämtliche Gefässe betreffende Erweiterung und Ueberfüllung ist mit örtlicher Verlangsamung des Kreislaufs verbunden, die bald in gänzliche Stockung übergeht. Wenn wir auch nie diese Erweiterung und Stockung einer Wiederherstellung des Kreislaufs weichen sahen, so bieten doch diese Versuche das Interesse eines örtlichen Entzündungsvorganges, bei dem jede Reflexwirkung vollständig ausgeschlossen ist.

Es war nun weiter unser Bestreben darauf gerichtet, auf dem Nervenwege Veränderungen im Kreislaufe des marklosen Frosches hervorzubringen. Solche Veränderungen, die einestheils nur in einer plötzlichen noch stärkeren Erweiterung bestanden, und solche, bei denen nach vorgängiger Abschwächung des Tonus eine Verstärkung desselben zweifellos erfolgte, haben wir, wie die folgenden Versuche zeigen sollen, beobachtet.

Im Laufe unserer Untersuchungen war uns folgende Thatsache aufgefallen. Wenn wir bei einem Frosch mit Tags zuvor zerstörtem Mark, der einen trägen, in vielen engeren Bahnen stockenden Kreislauf zeigte, mit einer dicken, das Lumen des Wirbelkanals ganz ausfüllenden Sonde behufs möglichst vollständiger Zertrümmerung von allenfalls noch funktionsfähig gebliebenen Resten des Marks im Wirbelkanal nachbohrten, so wurde hierdurch nicht allenfalls der Kreislauf noch mehr verlangsamt, sondern es zeigte sich mit grosser Constanz eine oft fünfzehn Minuten anhaltende Beschleunigung und Verallgemeinerung des Kreislaufs. Die nächstliegende Erklärung dieser Erscheinung war die Annahme, das die centralen Enden der Spinalnerven gereizt und die in denselben verlaufenden vasomotorischen Fasern eine vorübergehende Aufbesserung des Gefässtonus in den betreffenden Parthieen bewirkt hätten. Genauere Beobachtung mit dem Mikrometer ergab aber im Gegentheil eine durch diesen

Eingriff herbeigeführte Erweiterung besonders der periphersten Gefäss-Bahnen. Es muss diese plötzliche Erweiterung ein Strömen des Blutes und das mechanische Wegschwemmen von allenfalls die Capillaren erfüllenden Thromben ermöglicht haben. Die Erweiterung selbst ist aber nur durch Einwirkung von den spinalen Nerven auf die peripheren Gefäss-Bahnen, als gefässerweiternder, oder, wie wir lieber sagen möchten, die tonische Thätigkeit der Endcentren hemmender Reiz aufzufassen. Dass aber vor der Nachbohrung den Gefässen eine maximale Erweiterung, eine gänzliche Tonuslosigkeit nicht zuzuschreiben war, wird durch die Möglichkeit einer noch vermehrten Erweiterung bewiesen; und dass durch das Zuströmen von Blut durch den hierdurch vermehrten inneren Druck der Tonus der Gefässe zu einer vorübergehenden Thätigkeit gebracht wurde, zeigt uns das weit über die Dauer eines allenfallsigen mechanischen Ausgleiches anhaltende Bestehen des besseren Kreislaufes. Wir modificirten den Versuch dahin, dass wir vermittels einer Pravaz'schen Spritze Glycerin in den leeren Wirbelkanal injicirten und konnte hierdurch derselbe Effekt auf viel längere Zeit erzielt werden. An einer Pfote mit durchschnittenem Ischiadicus kommt die erwähnte Veränderung nicht zu Stande. Meist verschwindet nach der Durchschneidung der wieder in bessere Thätigkeit gekommene Kreislauf sofort ganz. Dass die Ursache bei beiden Versuchsarten Reizung der centralen Enden von spinalen Nerven ist, scheint uns danach ausser Zweifel zu stehen.

Dieselbe Veränderung jedoch nicht so constant und auch immer nur auf kürzere Zeit haben wir auf verschiedene Arten von Reiz des am Oberschenkel durchschnittenen Ischiadicus gesehen, auf mechanischen durch Quetschen und Zerschneiden, auf chemischen durch Benetzung der Schnittfläche mit Glycerin, Schwefelsäure oder Kochsalzlösung.

Eine weitere Reihe von Versuchen, Reizung des Ischiadicus mit Induktionsschlägen, müssen wir ausführlicher besprechen. Tiegell¹⁾ giebt in seiner Arbeit: »Ueber die Zuckungshöhe des gereizten Muskels« an: »Wenn man dem curarisirten bluthaltigen Muskel in regelmässigen Intervallen maximale oder untermaximale Reize zuführt, so röthet sich der Anfangs blassrosa gefärbte Muskel mit zunehmender Arbeit mehr und mehr und geht die Wallung des Blutes nicht selten bis zur Bildung von Extravasaten.«

1) Berichte d. sächs. Ges. d. Wissenschaften 1875.

Was Tiegel hier vom direkt gereizten arbeitenden Muskel aniebt, hat er aber, wie wir seiner mündlichen Mittheilung verdanken, auch gelegentlich durch Reiz vom Nerven aus am Muskel des curarisirten Frosches beobachtet.

Wir haben uns in der That durch mehrere Versuche davon überzeugt, dass, wenn man den freipräparirten und durchschnittenen Nv. ischiadicus eines curarisirten Frosches mit Induktionsschlägen längere Zeit reizt, (die Reizung geschah vermittelst kleiner hakenförmiger Electroden, über die der Nerv auf einem Stückchen feuchten Fliesspapiers liegend gebrückt war,) der musc. gastrocnemius eine dunkelrothe Farbe annimmt und Gefässinjectionen sowie Extravasate unter der Fascie sichtbar werden. Zugleich beobachtet man eine Ueberfüllung der Gefässe des Anfangs etwas verlangsamten, später immer schneller werdenden Schwimmhautkreislaufs bei hochgradiger Erweiterung besonders der arteriellen Gefässe. Mehrere Stunden nach dem Aufhören des Reizes, meist aber am andern Tage erschien der Kreislauf wieder von normaler Beschaffenheit und war dann auch die Röthung des Gastrocnemius zurückgegangen. Man kann die gefässerweiternde Wirkung anhaltender Ischiadicus-Reizung wohl kaum besser ad oculos demonstriren, als durch diesen Versuch. Die von vielen Autoren gesehene primäre Verengerung der Gefässe am Anfang der Reizung ist inconstant und wenn vorhanden gering und von kurzer Dauer. Bei curarisirten Fröschen haben wir sie überhaupt nie gesehen. In weitaus den meisten Fällen bleibt sich die Weite der Gefässe in den ersten Minuten gleich und geht sodann die Erweiterung direkt und allmählich vor sich. Deutliche und einige Minuten anhaltende Verengerung vor Beginn der Erweiterung sahen wir nur in einem unten noch zu erwähnenden Falle von Reizung des in seiner Continuität nicht getrennten Ischiadicus beim nicht curarisirten Thier, eine Beobachtung, die mit einem zu anderen Zwecken an einem Hund angestellten Versuche — Reizung des Ischiadicus in der Continuität, Sinken der Temperatur zwischen den Zehen um 2°, sodann Steigen derselben um 8° — auffallend übereinstimmt.

Wenn nun auch in den vorher angeführten Versuchen der Wiederausgleich des Lumens der erweiterten Arterien an dem mit dem Rückenmark in keiner nervösen Verbindung stehenden Bein für eine von dem centralen Nervensystem unabhängige Wiederherstellung des normalen Tonus spricht, so schien es uns doch wesent-

lich, um jede Einwirkung vom Centrum aus durch irgenwelche andere Bahnen auszuschliessen, an gänzlich ausgebohrten Fröschen den Versuch zu wiederholen. Wir stiessen hierbei auf einige Schwierigkeiten. Einerseits ist das Curarisiren hier nicht gut anwendbar. Denn da das Curare an und für sich den Gefässtonus schon herabsetzt, so geht unter der dazukommenden Shokwirkung bei Zertrümmerung des Markes das Thier meist rasch zu Grunde. Hat man aber durch vorsichtiges nach und nach geschehenes Ausbohren des Wirbelkanals ein Thier mit noch vorhandenem selbständigen Gefässtonus präparirt, so ist dasselbe nach Injection in den Lymphsack des Rückens nicht mehr zum Resorbiren genügender Mengen Curare im Stande. Weiter aber machten wir die Erfahrung, dass das einfache Durchschneiden des Ischiadicus bei einem solchen Thier den offenbar sehr wenig widerstandsfähigen Tonus gänzlich vernichtet, d. h. dass bleibende Stockung des Schwimmhautkreislaufs eintritt. Es ist somit nicht zu verwundern, dass die Zahl der gelungenen Versuche in dieser Richtung nur gering (3) ist, und dass ausserdem wegen des Tetanus das Verhalten der Arterien im Anfang der Reizung nicht immer genau beurtheilt werden konnte. Bei diesen 3 Versuchen aber, die sämmtlich Landfrösche betrafen, von denen 2 vom Schädel aus ganz ausgebohrt waren, einer aber noch medulla oblongata sowie ein Stück Halsmark besass, zeigte sich nach $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde andauernder Reizung als Endresultat wie oben beschrieben: Dunkelrothe Farbe des Gastrocnemius im Gegensatz zu dem der anderen Seite und Erweiterung sämmtlicher Arterien der Schwimmhaut bis fast zur Weite der entsprechenden Venen. Bei jedem wurde eine durch Verlauf und Lage leicht kenntliche Arterie und Vene durch das Okular-Mikrometer in der Breite gemessen, das topographische Bild der betreffenden Stelle sorgfältig gezeichnet behufs Wiederfinden derselben und nachdem das Thier einige Zeit in kaltem Wasser gelegen, wieder gemessen. Es ergaben die Zahlen wie folgt:

I) hatte noch med. oblongata. Beim Sistiren der Reizung Arterie: Vene = 10:12, nach 16 Stunden A:V = 3:10.

II) Beim Aufhören der Reizung: A:V = 8:13, nach 2 Stunden A:V = 4:13.

III) Am Ende der Reizung: eine Arterie hat die Breite von 10 Theilstreichen, nach 2 Stunden die von 7 und am andern Tage die von 9 Theilstreichen.

Bei allen dreien war am Tage nach der Reizung die Farbe beider Wadenmuskel gleich blass. Zu erwähnen ist noch, dass bei II. Aufbringen von etwas Schnee auf die Schwimmhaut sofort nach Beendigung der Reizung eine rasch vorübergehende Verengerung der beobachteten Arterie von 8 zu 5 Theilstrichen zur Folge hatte, und dass bei III. der Anfangs nicht durchschnittene Ischiadicus gereizt wurde und hierbei eine mehrere Minuten anhaltende Verengerung der unter dem Mikrometer liegenden Arterie gesehen wurde. Wie gesagt, war bei den anderen wegen des Tetanus ein genaues Beobachten der Schwimmhaut im Anfange nicht möglich, soviel glauben wir jedoch trotz des störenden Zitterns bemerkt zu haben, dass die Erweiterung nie sofort eintrat. Für eine kurze anfängliche Verengerung oder verzögerte Erweiterung glauben wir aber hier, besonders im Hinblick auf die curarisirten Thiere, eher den Tetanus als gerade vasomotorische Nerven verantwortlich machen zu müssen. Denn wenn sich, wie Ludwig nachgewiesen hat, beim Tetanus des Muskels sämtliche Gefässe desselben erweitern, so ist es wohl denkbar, dass trotz vermehrter Zufuhr zur Extremität der so plötzlich gesteigerte Bedarf nicht sofort gedeckt werden kann, dass also durch vermehrtes Zuströmen zu den Muskeln peripherer liegende Gebilde, wie die Schwimmhaut auf einige Zeit mit weniger Blut vorlieb nehmen müssen. Ausserdem können wir uns, ohne das Dasein von verengernden Fasern im Ischiadicus leugnen zu wollen, dieselben unmöglich im Verhältniss zu den erweiternden, tonushemmenden so erschöpfbar vorstellen, dass sie nach einigen Minuten übermüdet nunmehr die noch lange nicht ermüdeten erweiternden sollten allein zur Geltung kommen lassen. Wenigstens können wir mit dieser Hinfälligkeit nicht ihr angebliches anfängliches Ueberwiegen vereinigen. Wir glauben vielmehr, dass von vornherein bei Reizung des ganzen Nerven die stärkeren erweiternden prävaliren und dass eine nicht sofort erfolgende Erweiterung eher dem Widerstand der tonischen Endcentren gegen den sie von den erweiternden Fasern aus treffenden hemmenden Reiz zuzuschreiben ist, in welchem Widerstande sie durch die zugleich mit gereizten vasomotorischen Nerven gekräftigt werden. Das zum mindesten sehr inconstante und immer nur kurz dauernde, mit der späteren Erweiterung in gar keinem Verhältniss stehende Eintreten von Verengerung nach Reizung des Ischiadicus dürfte wohl anderen Ursachen als vasomotorischer Thätigkeit des gereizten Nerven zuzuschreiben sein. Nur die genaueste

Beobachtung aller in Frage kommenden äusserlichen Umstände wird die hier noch bestehenden Widersprüche lösen können. Doch für die Anwendung der letztgeschilderten Versuche ist diese Frage von untergeordneter Bedeutung. Es haben sich hier periphere Gefässe ohne Mitwirkung des Centralorgans durch Reiz vom Nerven aus erweitert und haben sich später selbständig sowie durch lokalen Reiz wieder verengt.

Es ist also, wie wir gezeigt haben, die Zerstörung des ganzen Markes oder grösserer Theile desselben immer die Ursache dauernder oder vorübergehender Störung des Tonus der peripheren Gefässe, ohne dass aber die rhythmische Herzaktion merkbar beeinträchtigt würde.

Wenn wir auf pathologischem Wege vom Centralorgan aus so ganz direkt eine Funktion in ihrem Geschehen verändern können, so sind wir berechtigt, auf eine während des normalen Lebens existirende physiologische Beeinflussung der betreffenden Funktion von dem zerstörten Gebiete aus zu schliessen. Wenn wir nun weiter sehen, dass ein grosser Theil des für Bestehen des normalen Tonus sicher so wichtigen Organs auf die Dauer ganz entbehrt werden kann, ohne das Leben zu vernichten, so sollte man annehmen, dass in jedem Theile desselben für das ganze Gefässgebiet thätige Centren gelegen sind, von denen die erhaltenen genügen die Arbeit der zerstörten mit zu übernehmen. Diess scheint uns aber aus der Beobachtung der am Leben gebliebenen brust- und lendenmarklosen Frösche nicht hervorzugehen. Denn es spricht das stets wechselnde Oedem und die Weite der Gefässe an den hinteren Extremitäten für immer noch in diesem Gebiete bestehende Störungen der Circulation und glauben wir gerade desswegen annehmen zu müssen, dass ganz bestimmte Gebiete des Markes, auch auf ganz bestimmte Parthieen des Gefässgebietes einen tonusregulirenden Einfluss haben. Auch vom anatomischen Standpunkt aus hätte eine andere Annahme ihre grossen Schwierigkeiten. Durch das Bestehen des für den Gefäss-Tonus eines grossen Körpergebietes wichtigen Theil des Markes und heraus resultirender Existenz von normaler Circulation in den entsprechenden Gebieten mag doch die Blutvertheilung im ganzen Körper einen ausgleichenden Einfluss erfahren. Durch das vermittels der Thätigkeit der lokalen Centren auch in dem übrigen Körper erhaltene unter dem normalen stehende Maass von Tonus genügt der Kreislauf, um ein Fortbestehen des Lebens zu ermöglichen.

Weiter aber sehen wir die positive Anwesenheit von Tonus bei Thieren, die des gesammten Central-Nervensystems und also auch jedes von dort kommenden tonusregulirenden Einflusses entbehren.

Wir können hier als den Tonus beherrschend nur eine lokale Ursache annehmen, und da nicht gut andere als nervöse Gebilde die Quellen einer solchen Kraft sein können, so schliessen wir auf die Existenz örtlicher nervöser Apparate, von sogenannten lokalen Gefässnervencentren.

Auf die Dauer können diese Centren allein den Tonus des gesammten Gefässgebietes nicht in einem die Erhaltung des Lebens bedingenden Grade reguliren. Dass sie aber eine je nach individuellen Schwankungen kürzere oder längere Zeit selbständig thätig fortbestehen können, scheint aus den besprochenen Beobachtungen mit Gewissheit hervorzugehen. Sehr wesentlich ist für das Fortbestehen ihrer Thätigkeit, dass die sie treffende Mehrleistung allmählich herbeigeführt wird, wie diess bei successiver Vernichtung des Markes geschieht, wo in den zuerst betroffenen Gefäss-Geieten die lokalen Apparate durch Bestehen des Tonus in den übrigen eine erhebliche Unterstützung erfahren. So wenig kräftig der selbständige lokale Tonus beim rückenmarkslosen Thier ist, so oft man ihn durch Eingriffe, die den normalen Tonus nur mässig herabsetzen, wie Curarewirkung oder Nervendurchschneidung, gänzlich verschwinden sieht, so deutlich wird doch besonders seine Existenz, sein aktives Wirken in den Fällen bewiesen, wo nach örtlich gefässerweiternden Einflüssen bei Ausschluss jeder Mitwirkung des Central-Nervensystems eine Wiederverengerung eintritt.

Wie überhaupt im thierischen Körper eine so wichtige Funktion niemals von einem einzigen Faktor abhängig ist, so glauben wir auch, dass der normale Gefäss-Tonus immer von 2 Seiten beeinflusst wird, von centralen und von lokalen Ganglien. Eine Verbindung Beider findet statt durch die Gefässfasern, die in jedem gemischten Nerven verlaufen. Sehen wir ab von dem allenfallsigen Ueberwiegen erweiternder, die tonische Thätigkeit der lokalen Ganglien hemmender und verengernder, die lokalen Ganglien direkt erregender Nerven, so lässt sich ihre gesammte Wirkung als eine regulirende, den Tonus den inner- oder ausserhalb des Organismus geschehenden Veränderungen anpassende bezeichnen. Und in der That spricht hierfür das symetrische Vorgehen von Veränderungen

in der Temperatur peripherer Organe beim gesunden Thier, und das fortwährend differente Verhalten symetrischer peripherer Organe, von denen eines des nervösen Zusammenhanges mit dem Central-system entbehrt.

Schliesslich noch Herrn Professor Goltz unsern innigsten Dank für den freundlichen Rath, mit dem er uns bei vorliegender Arbeit stets zur Seite stand!

(Aus dem physiologischen Institut des Herrn Prof. Goltz zu Strassburg.)

Einige Versuche über Reflexbewegung mit dem Influenz-Apparat.

Von

E. Gergens,

II. Assistent am physiologischen Institut zu Strassburg i. E.

Nebst Fig. 3. Taf. I.

Sanders-Ezn¹⁾ hat, ausgehend von der Voraussetzung, dass durch die Reizung abgegrenzter Hautstellen vom Lendenmark des Frosches jedesmal auch eine ganz bestimmte Bewegung oder Bewegungsreihe reflectorisch ausgelöst würde, mit Benutzung von Säure als Reiz die Art dieser Bewegungen für verschiedene Orte festzustellen versucht. Er kommt nach vielen Versuchen, in denen er eine Reihe von den einzelnen Hautstellen entsprechenden Bewegungen ermittelt hat, zu dem Schluss, dass einestheils ein bemerkenswerther Gegensatz zwischen Reflex- und Willkürbewegungen existire, da erstere gegen letztere besonders in der ausgiebigen Benutzung aller anatomisch möglichen Gelenkstellungen und deren Combinationen zurückstehen und dass andernteils auch die vom Rückenmark ausgelösten Reflexe eine constante Beziehung zwischen Applicationsstelle und Bewegung vermissen lassen, welches Verhalten sie wesentlich

1) Sitzungsberichte der k. sächs. Ges. d. Wissensch. 1867.