

## III.

## Ueber den Tonus.

Von Dr. E. Blasius,

Geheimen Medicinalrath und Professor in Halle.

## Einleitung.

## § 1.

Als ich vor mehr als 10 Jahren meine Ansichten über Tonus, die Abhängigkeit desselben vom Nerveneinflusse, die darauf beruhende Stabilität der Theile und über gewisse Nervenkrankheiten, die Stabilitätsneurosen bekannt machte\*), erfuhr die Arbeit zwar vieles Lob, aber es fanden die Ansichten nicht den gehofften, vielmehr nur einen beschränkten Eingang in die Pathologie. Es sind daran jedenfalls mancherlei Verhältnisse schuld gewesen, vor allen Dingen aber die heutige Physiologie, welche mit dem Begriffe des Tonus in eine eigenthümliche und sonderbare Lage gekommen ist. M. Hall hatte eine Hypothese über den Einfluss der Nerventhätigkeit auf den Tonus der Muskeln aufgestellt, und dieselbe fand zwar zunächst Annahme bei den Physiologen, aber wie die meisten M. Hall'schen Hypothesen, blendend auf den ersten Anblick und nicht probehaltig bei eingehender Betrachtung, stiess sie auf Bedenken und nachdem sie Seitens eines deutschen Physiologen zu einer wunderbaren Verzerrung des Begriffs des Tonus geführt hatte, ging dieser den Physiologen ganz verloren, in der Art, dass einer unserer heutigen Physiologen ihn auf theoretischem Wege vergeblich suchte und schliesslich den Tonus als gar nicht existirend erklärte, andere unter Tonus nur die Abhängigkeit des Muskeltonus vom Nerveneinfluss verstanden, diesen aber allen dafür sprechenden, von ihnen wohl gekannten und vielfach angeführten Thatsachen gegenüber,

\*) in Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. 10. Jahrg. 1851. S. 210 bis 275.

auf Grund von Experimenten leugneten. Auf Seiten der Pathologie stand und steht die Sache anders. Die Pathologie hat die Begriffe der Atonie, als des geschwächten Tonus, der Contractur oder des vermehrten Tonus zu keiner Zeit entbehren können; sie spricht von tonisirenden und erschlaffenden Mitteln noch heutigen Tages; ihr drängt sich der Tonus, freilich nicht als vereinzelte Erscheinung an den Muskeln, nicht als blosser Ausfluss des Nervensystems, in seinen krankhaften Abweichungen auf allen Schritten und Wegen auf, so sehr, dass eine Theorie, welche alle Krankheiten auf das Strictum und Laxum zurückführte, sich eine Zeit lang Geltung verschaffen konnte. Das ist nun der alte Hader zwischen Theorie und Praxis, zwischen Physiologie und Pathologie und selbst heute, wo die Pathologie ganz physiologisch geworden ist, hören die Aerzte ohne Rücksicht darauf, dass es in der Physiologie keinen Tonus mehr giebt, doch nicht auf, erschlafften Theilen durch tonisirende Mittel ihren Tonus wieder zu geben und die Chirurgen schneiden noch immer Sehnen und Muskeln durch, deren übermässigen Tonus sie auf andere Weise nicht bewältigen können. Selbst die pathologische Anatomie, welche sich der modernen physiologischen Richtung der Medicin am engsten anschliesst und sich als ihre Begründerin insofern, als sie zu dem modernen Materialismus geführt hat, mit Recht betrachtet, hat sich bis zum heutigen Tage der Erschlaffung und Schrumpfung, der Atonie und Retraction, des verlorenen Tonus und der Contractur in Folge übermässiger Innervation etc. nicht entledigen können.

Inzwischen stellt sich eine Verständigung in Aussicht, indem einerseits die Physiologie in ihrer neuesten Gestaltung nicht umhin kann, einen Einfluss des Nervensystems auf den Tonus gewisser Muskeln, und somit den Tonus selbst anzuerkennen, ja selbst das Experiment wiederum für die tonische Innervation in entschiedener Weise in die Schranken getreten ist, und indem andererseits die pathologische Physiologie in einem ihrer neuesten Werke ausser den Krämpfen und Lähmungen eine Klasse von Krankheiten des Rückenmarks annimmt, welche theils auf gesteigerter, theils auf verminderter Bewegung beruht und deren Unterabtheilungen die Verkrümmungen — Contracturen — durch Muskelthätigkeit und

das krankhafte Zittern (einschliesslich der Paralysis agitans) bilden, also Krankheiten des Tonus, soweit dieser vom Nervensystem abhängt, oder das, was ich Stabilitätsneurosen genannt habe, wenn schon nur einen Theil dieser. — Es ist meine Absicht, zu dieser Verständigung durch nachfolgenden Aufsatz beizutragen, indem ich nochmals für den Einfluss der Nerventhätigkeit auf den Tonus das Wort nehme, ausgehend einerseits von dem nicht durch vorgefasste Ansichten verschobenen Begriff des Tonus, seinem Verhältnisse zu anderen Kräften, seinen materiellen Bedingungen, andererseits von pathologischen Beobachtungen, von gegebenen, nicht wie die heutigen Physiologen, von experimentell gemachten, in der Ueberzeugung, dass die durch das Experiment herbeigeführten krankhaften Zustände in der Regel nicht diejenige Einfachheit der Bedingungen haben, welche man ihnen zuschreibt und um derentwillen man die Schlüsse aus ihnen für sicherer hält, als diejenigen, welche aus der Beobachtung zufälliger pathologischer Zustände für die Physiologie entnommen werden. Eine Würdigung der Experimente, welche in Bezug auf den Tonus bis in die letzte Zeit gemacht worden sind, wird dabei nicht unterlassen werden.

#### Begriff des Tonus. Organischer Tonus.

##### § 2.

Den Begriff des Tonus zuerst zu entwickeln, erscheint bei der Verwirrung, welche die neueste Physiologie in denselben gebracht hat, ganz unerlässlich.

Tonus nennt man den Zusammenhang der Theilchen (Moleküle) eines festen Körpers unter einander, insofern dieser dadurch einer auf ihn wirkenden äusseren dehnenden Kraft Widerstand leistet; es ist also die Molecular-Attraction, welche die Moleküle in einer bestimmten Annäherung unter einander bis zu einem gewissen Grade äusserer dehnender Einwirkung erhält, oder die innere Spannung gegenüber der äusseren, welche letztere als fortgehend gedacht werden muss, da die Körper in einer fortgehenden Einwirkung auf einander sich befinden. Der Tonus ist demnach eigentlich eine Eigenschaft aller festen Körper, er kommt aber bei den organischen und besonders bei den thierischen deshalb ganz vor-

zugsweise in Anbetracht, weil diese sich erstens vielmehr in einer mannigfaltigen und wechselnden Berührung mit anderen Körpern befinden und weil zweitens in ihnen selbst fortgehend Veränderungen statthaben, wodurch ihre einzelnen Theile in immer wechselnde Spannungsverhältnisse zu einander treten.

#### Marshall Halls Tonus.

#### § 3.

Der in neuerer Zeit mehrseitig erhobene Zweifel an dem organischen Tonus würde kaum verständlich sein, wenn dieser Zweifel sich nicht bezöge, nicht auf die Existenz des Tonus überhaupt, sondern auf die Abhängigkeit desselben von dem Nervensystem, oder genau gesprochen, auf die besondere Ansicht, welche Marshall Hall über diese Abhängigkeit aufgestellt hat, und über den daraus resultirenden Modus des Tonus als eines fortgehenden geringen Grades muskulärer Contraction. Diese Ansicht ist freilich schon insofern ganz falsch, als sie die tonische Kraft zu einer Modification der Muskelkraft und den Tonus zu einem Attribut muskulärer Theile macht, während der Tonus allen festen Theilen eigenthümlich und die tonische Kraft als eine allen soliden organischen Theilen anhängende Grundkraft gedacht werden muss, wobei es sich nur darum handeln kann, inwiefern sie den Einflüssen der Organismen besonders eigenen Verhältnisse unterworfen und von ihnen, also auch von dem Nervensystem abhängig ist. So gehen die Einwürfe, welche Ludwig in seinem Lehrbuch der Physiologie (I. S. 152) den „Vertheidigern des Tonus“ macht, gegen eben jene M. Hall'sche Auffassung des Tonus. Ebenso sind die Einwendungen, welche Schiff gegen die Annahme des Tonus bei den freien Skeletmuskeln macht, gegen die Theorie von M. Hall gerichtet, insofern dieser eine fortdauernde antagonistische Thätigkeit der Muskeln annimmt. Diese Annahme eines fortgehenden Kampfes zwischen Muskeln von entgegengesetzter Function ist eine nothwendige Consequenz der Hall'schen Anschauung vom Tonus; sie ist aber ausserdem eine sehr verbreitete und ältere und hat vielleicht mit dazu gedient, Hall zu seiner Tonustheorie zu führen. Sie ist aber in der That eine unbegründete Annahme; ich habe

schon in meinem früheren Aufsätze (S. 211) dagegen sprechende Thatsachen angeführt und lasse hier noch eine treffende Bemerkung Bishops\*) folgen: Mit Ausnahme der Hand und des Vorderarmes sind die Extensoren stärker, als die Flexoren und agiren unter grösseren mechanischen Vortheilen. So ist es im Hüft-, Knie- und Fussgelenk, wo bei den Extensoren die Entfernung der Kraft von der Axe der Bewegung grösser ist, als bei den Flexoren. Daraus lässt sich nun leicht entnehmen, dass sich ein Gleichgewicht zwischen den Kräften der verschiedenen Muskeln durch diese allein nicht erhalten lasse, und das Gleichgewicht lediglich durch die Vermittlung des Nervensystems geschehen müsse.

#### Tonus und Elasticität.

##### § 4.

Andere Einwendungen gegen den Tonus haben in einer nicht hinreichend scharfen Auffassung des Verhältnisses von Tonus und Elasticität ihren Grund. Elasticität ist das Vermögen eines Theils, auf den ihm eigenthümlichen Grad der gegenseitigen Annäherung seiner Molecüle, d. h. auf seinen eigenthümlichen Tonus nach momentaner Ueberwindung desselben durch eine äussere Kraft mehr oder minder vollständig zurückzukehren. Der Begriff der Elasticität involvirt also den des Tonus, ebenso wie den der Dehnbarkeit oder des Vermögens eines Körpers, den Aggregatzustand seiner Molecüle durch eine äussere Kraft ohne gänzliche Aufhebung des Zusammenhanges derselben ändern zu lassen. Je weniger die Fortdauer dieser Aenderung an die Fortdauer der äusseren Einwirkung gebunden ist, desto weniger elastisch ist der Körper und umgekehrt. Nennen wir diejenigen Kräfte, welche die Molecüle eines Theils bis zu einem gewissen Grade äusserer dehnender Einwirkung in einer bestimmten Annäherung zu einander erhalten, die tonischen Kräfte, diejenigen dagegen, welche die Molecüle, nachdem sie durch eine äussere Gewalt von einander verschoben worden, wieder in ihre ursprüngliche Lage und gegenseitige Annäherung

\*) Untersuchungen über d. Wesen u. d. Behandl. d. Deformitäten des menschl. Körpers. A. d. Engl. v. Bauer. Stettin, 1853. S. 44, 45.

zu bringen bestrebt sind, die elastischen Kräfte, so hören demnach die tonischen Kräfte zu wirken auf, wie die elastischen ihre Wirksamkeit beginnen, und in einem Theile, welcher sich auf seinem vollkommenen Tonusgrad befindet, ist die Elasticität als wirkende Kraft gleich Null, und je mehr die tonischen Kräfte überwunden sind, desto wirksamer sind die elastischen, und diese nehmen in dem Verhältniss ab, in welchem sich der betreffende Theil seinem eigenthümlichen Tonus annähert. Das ist ein bekanntes Gesetz der Wirksamkeit elastischer Kräfte. Dass am letzten Ende der Tonus und die Elasticität sich auf ein und dieselbe Grundkraft zurückführen lassen, ist ebenso wenig ein Grund, die Begriffe jener beiden nicht von einander zu scheiden, wie wir die Begriffe von Cohäsionskraft, Adhäsionskraft, Schwerkraft nicht zusammenwerfen, obgleich diese Kräfte alle zuletzt auf eine einzige Kraft, die der Anziehung sich zurückführen lassen.

#### § 5.

Geringer Tonusgrad oder Atonie, Dehnbarkeit und schwache Elasticität sind also verschiedene Begriffe, sie werden häufig confundirt, und am gewöhnlichsten verwechselt man Atonie mit Mangel an Elasticität; wenn diese aber auch häufig zusammentreffen und namentlich organische Theile, wenn sie atonisch werden, auch an Elasticität einbüßen, so bleiben doch immer jene Eigenschaften nicht bloß dem Begriffe nach verschieden, sondern ihre Verschiedenheit lässt sich auch leicht an Beispielen nachweisen. So haben die Knochen bei sehr grossem Tonus eine geringe Dehnbarkeit (Biegsamkeit) und eine geringe, wenn schon sehr vollkommene Elasticität. Ebenso besitzen die Sehnen einen viel grösseren Tonus, als die äussere Haut, dagegen eine sehr viel geringere Elasticität, als diese. Bei der äusseren Haut variirt innerhalb der Grenzen der Gesundheit, mehr noch bei krankhaften Zuständen die Elasticität derselben in sehr auffallender Weise, und ihr Tonus lässt gar keine oder doch keine entsprechend grosse Veränderung wahrnehmen. So verliert sie bei gewissen Darmkrankheiten, namentlich bei der Cholera so sehr an Elasticität, dass während sie die Theile noch überall umschliesst und an diesen glatt anliegt, ihr Tonus also wenigstens keine erhebliche Veränderung erlitten hat,

eine Falte, zu der man sie erhebt, längere Zeit stehen bleibt und nur ganz allmählig sich ausgleicht.

### § 6.

Das Elasticitätsmaass eines Theils steht im umgekehrten Verhältniss seiner Dehnbarkeit, und da diese desto geringer ist, je grösser der Tonus, so steht jenes im geraden Verhältniss zu letzterem. Mit je grösserer Attractionskraft die Molecüle eines Theils einer äusseren Spannung gegenüber zusammengehalten werden, eine desto grössere Kraft ist nöthig, um den Theil, wenn er ein elastischer ist, auszudehnen und ausgedehnt zu erhalten. Man darf aber nicht, wie das von Schriftstellern geschehen ist, Elasticitätsmaass und Elasticität zusammenwerfen und diese Bezeichnungen promiscue gebrauchen; die Elasticität wird von der Dehnbarkeit nicht ausgeschlossen. „Elastisch heisst ein Körper, welcher bei der Einwirkung äusserer Kräfte leicht eine Veränderung in der Lage seiner Theile erfährt, bei nachlassendem Drucke aber seine Gestalt wieder herstellt.“ „Die den Körper zurückführende Kraft ist stets der Weite, um die man ihn aus dem ursprünglichen Zustande entfernt hat, proportional“, sagt Biot\*), d. h. die elastische Kraft steht im geraden Verhältniss zur Dehnung, ist also um so grösser, je grösser die Dehnung, welche sie zu überwinden vermag. Es sind zwei Factoren, welche bei der Elasticität concurriren, grosse Dehnbarkeit und grosse zusammenziehende Kraft, und eine grosse Elasticität setzt eine grosse Dehnbarkeit voraus, nur ist nicht umgekehrt mit grosser Dehnbarkeit nothwendig grosse Elasticität verbunden. Es können daher Theile von geringem Tonus sehr elastisch sein, und Beispiele hierfür geben von normalen Theilen die Bauchwand und der Darmkanal, welche von Contentis oft beträchtlich gedehnt, nach Entfernung derselben durch ihre Elasticität ebenso beträchtlich sich zusammenziehen, von krankhaften Theilen der Markschwamm, welcher bei grosser Weichheit eine grosse Elasticität besitzt, gerade wie ein mit Flüssigkeit gefüllter häutiger Behälter. — Ferner ist zu merken, dass bei animalischen Theilen der Tonus durch besondere Einflüsse gesteigert und durch das Fort-

\*) Lehrbuch der Physik; deutsch v. Fechner. 2te Aufl. Leipzig, 1829. I. S. 389.

dauern jener Einflüsse in der Steigerung erhalten werden kann, während sich die Elasticität der Theile vermindert und ihre Dehnbarkeit vermehrt. Es befinden sich dadurch die Theile in einem höheren Tonusgrade, sie leisten äusserer Dehnung trotz grösserer Dehnbarkeit grösseren Widerstand, ihre Dehnbarkeit und geringe Elasticität wird über- und aufgewogen, bis das Nachlassen, resp. Aufhören jener Einflüsse (bei der Ermüdung) die grössere Dehnbarkeit zur Geltung bringt, wie dies bei den Muskeln während ihrer Contraction experimentell nachgewiesen ist.

#### Stabilität der Theile.

##### § 7.

Man nimmt bei jedem festen Körper eine Stabilität des Gleichgewichts der zwischen den einzelnen Theilchen des Körpers wirkenden Molecularattraction an \*). Auch bei den organischen Theilen ist ein solches stabiles Verhältniss anzunehmen nothwendig, und dadurch wird ein jeder Theil befähigt, bis auf einen gewissen Grad den auf ihn wirkenden äusseren Kräften gegenüber seinen durch die Molecularattraction bedingten Zustand zu behaupten. Dies ist sein normaler Tonusgrad. Durch das gegenseitige Verhalten des normalen Tonus der einzelnen Körpertheile wird ein stabiles Verhältniss in dem Aufeinanderwirken dieser Theile und dadurch eine gewisse Lage und Stellung dieser Theile zu einander bedingt; das ist die Stabilität der Theile, welche insofern als die Lage und Stellung der Körperglieder zwar nicht allein, aber doch zu einem ansehnlichen Theile durch die Muskeln bestimmt wird, auch besonders von dem gegenseitigen Verhalten des Tonus der einzelnen Muskeln abhängt.

#### Veränderlichkeit des Tonus. Hypertonie und Atonie.

##### § 8.

Das stabile Verhalten ist kein unveränderliches, vielmehr kann es abgeändert werden erstens durch äussere Einflüsse, nämlich bei Dehnung und zwar vorübergehend mit diesen Einflüssen bei ela-

\*) J. Müller, Lehrbuch der Physik. Fünfte Aufl. 1858. Bd. I. S. 71.



stischen, mehr oder minder bleibend nach dem Aufhören der Einflüsse bei unelastischen Theilen. Zweitens kann das stabile Verhalten durch innere Veränderungen des Theils abgeändert werden, und insofern organische Theile durch sich selbst innere Veränderungen erleiden, so giebt es bei ihnen einen Wechsel des Tonus, einen normalen, insoweit jene Veränderungen normale, z. B. durch die Entwicklung des Körpers und seiner Theile bis ins höchste Alter hinein, durch Actionen, wie die der Muskeln bedingt sind, — und einen krankhaften, indem die Veränderungen ausser der Norm liegen. Wird der Tonus über das normale oder stabile Verhältniss erhöht, so ist Hypertonie vorhanden, wird er unter jenes vermindert, so ist Atonie eingetreten. Da der Tonus allen festen organischen Theilen zukommt, so ist auch bei ihnen allen Hypertonie und Atonie möglich, indessen bezieht man diese Ausdrücke gewöhnlich nur auf die weichen Theile; bei den Knochen nennt man die Hypertonie Rigidität, die Atonie Osteomalacie, und diese beiden Zustände sind von dem abgeänderten Verhalten der Knochenerde zur Gallerte, also von einer veränderten Vegetation abhängig, wie von einer solchen der Tonus der weichen Theile ebenfalls vielfach abhängig ist. Auch bei den Weichgebilden hat man die Anomalien des Tonus verschiedentlich benannt, so die Hypertonie am häufigsten Contractur, namentlich insofern sie an Muskeln und Sehnen auftritt, an denen man ganz vorzugsweise die Anomalien des Tonus anerkannt hat, ausserdem Stricturen, Stenochorien, insofern Hypertonie an Kanälen vorkommt, wo man jedoch Zustände, welche ihrer nächsten Ursache nach sehr verschieden bedingt sind, unter jenen Namen symptomatisch zusammengefasst hat.

Abhängigkeit des Tonus von äusserer Dehnung.

### § 9.

Der Tonus ist keine eigentlich bewegende Kraft, insofern er aber als innere Spannung fortgehend eine äussere voraussetzt und beide nur als fortgehend auf einander wirkend gedacht werden können, so muss auch die abgeänderte äussere Spannung eine Veränderung der inneren d. h. des Tonus zur Folge haben. Wenn

ein Theil mit unvollkommener Elasticität, wie die Weichgebilde (Muskeln, Haut, Zellgewebe) sind, anhaltend einer sein Elasticitätsmaass überschreitenden Dehnung unterliegt, so wird er länger und dehnbarer, d. h. es wird dadurch seine stabile Molecularattraction, sein Tonus geändert. Wenn in einem Theile durch Minderung seiner äusseren Spannung eine Bewegung (Zusammenziehung) eintritt, so sind es seine elastischen Kräfte, wodurch dies geschieht; wenn aber deren Wirksamkeit am Ende ist und der Theil über das Maass derselben entspannt bleibt und dies andauernd Statt hat, so verdichtet sich der Theil und verliert an Dehnbarkeit, es ändert sich also wiederum sein Tonus. Die elastischen Kräfte haben zu wirken aufgehört und damit treten die tonischen in Thätigkeit. Es giebt also eine Abhängigkeit des Tonus von der äusseren Spannung; der Tonus eines Theils wird durch den Tonus seines Antagonisten bedingt und steigt mit der Verminderung des letzteren und umgekehrt; doch muss diese abgeänderte Einwirkung, wie gesagt, von längerer Dauer sein, wenn dadurch nicht bloß die Elasticität eines Theils afficirt, sondern wirklich eine Veränderung des stabilen Verhältnisses der Molecularattraction, d. h. des Tonus bewirkt werden soll. Wenn also z. B. der Vorderarm aus irgend einem Grunde eine Zeit lang in gleichmässiger Flexion erhalten wird, so ist in den an der Beugeseite gelegenen Theilen zunächst keine Veränderung ihrer Dehnbarkeit wahrzunehmen; wird aber die Flexion lange unterhalten, so tritt in den genannten Theilen eine Hypertonie ein und zwar nicht bloß in dem *M. biceps brachii* und *brachialis internus*, sondern auch in den anderen, an der Flexionsseite des Gelenks liegenden Muskeln, deren Insertionspunkte durch die Lage einander genähert sind, z. B. dem *Supinator longus*, und nicht bloß in den Muskeln, sondern in allen an der Beugeseite gelegenen Theilen von der Gelenkkapsel an bis zur äusseren Haut. Dass diese Hypertonie durch eine anhaltende, allmählig gesteigerte Streckung des Gelenks, z. B. mittelst einer Schienenvorrichtung wieder aufgehoben und der normale Tonus der genannten Theile wieder hergestellt werden kann, dies beweist andererseits, dass eine anhaltende Steigerung der äusseren Spannung eine Verminderung des Tonus zur Folge hat. Wenn eine halbseitige Gesichts-

lähmung, z. B. auf der rechten Seite vorhanden und dadurch der Tonus der rechtsseitigen Muskeln vermindert ist, so treten die linksseitigen Muskeln in eine stärkere Spannung und ziehen das Gesicht schief. Zugleich wird der Tonus der übrigen Weichgebilde der linken Gesichtshälfte sich vermehren, theils weil die Spannung in der rechten geringer ist, theils weil durch den vermehrten Tonus der linksseitigen Muskeln auf dieser Seite alle Weichgebilde mehr aneinandergeschoben sind, und auf dieselbe Weise tritt auf der rechten Seite in allen Theilen Atonie ein. Es hängt also diese, bei Gelegenheit des Tonus viel besprochene Erscheinung nicht mit der gewöhnlich angenommenen fortgehend antagonistischen Thätigkeit der Muskeln zusammen, sie hängt nicht davon ab, dass, sowie die rechtsseitigen Muskeln gelähmt sind, sogleich die linksseitigen ihre fortwirkende Contraction (den M. Hall'schen Tonus) geltend machen und in eine überwiegende Contraction treten, von welcher auch in der That an den betreffenden Muskeln bei der Untersuchung gar nichts wahrzunehmen ist, sondern es stellt sich nur eine Abänderung in dem stabilen Verhältniss der Molecularattraction ein.

Man hat die Gesichtsschiefheit bei einseitiger Facialislähmung dadurch zu erklären versucht, dass man annahm, ein contrahirter Muskel erlange<sup>†</sup>, nachdem der die Contraction veranlassende Reiz, z. B. der Wille zu wirken aufgehört, gar nicht oder nicht vollständig seine frühere Länge wieder, sondern bleibe auch während des vollkommenen Ruhezustandes in der Verkürzung, wenn er nicht durch eine äussere Kraft, wie die seines Antagonisten wieder ausgedehnt werde (Werner, Herrmann). So bleibe der Mundwinkel der gesunden Seite, wenn der resp. M. zygomaticus durch irgend eine Veranlassung in Contraction trete, nach eben derselben Seite verzogen, weil der M. zygomaticus der gelähmten Seite jenen nicht wieder auszudehnen vermöge. Diese Erklärung bedarf keiner weiteren Widerlegung, da es nicht zu bezweifeln ist, dass ein Muskel mit dem Ruhezustande wieder in Erschlaffung tritt und es zu seiner Verlängerung gar nicht erst der Wirkung antagonistischer Muskelthätigkeit bedarf.

Man hat ferner, von der eigenthümlichen Muskelcontraction

absehend, jene Erscheinung aus der Elasticität der Theile erklären wollen, indem man sagte, die antagonistischen Muskeln erhielten sich gegenseitig in einer gewissen Spannung oder Dehnung und es zöge sich, sobald der eine Antagonist gelähmt und dadurch erschlafft sei, der andere vermöge seiner Elasticität auf einen kleineren Raum zusammen. Dies ist nicht genau und nicht richtig. Allerdings ist es dieselbe Kraft, welche dem Tonus nebst seinen Veränderungen und der Elasticität zum Grunde liegt, nämlich die Molecularattraction, aber je nach den verschiedenen Beziehungen, unter denen sich diese Kraft äussert, nennen wir diese Aeusserungen Tonus oder Elasticität, Tonus, sofern durch die Attraction ein gewisses stabiles Verhältniss der Molecüle zu einander unter den gewöhnlichen Einwirkungen erhalten, Elasticität, insofern jenes Verhältniss, nachdem es durch ungewöhnliche Einwirkungen vorübergehend überwunden worden, wieder hergestellt wird. Tonus ist stabile Molecularattraction, Elasticität durch Dehnung oder Druck erregte. Wenn das Gleichgewicht der eigentlichen Elasticität hier in Betracht käme, so würde die Schiefheit des Gesichts, d. h. die Abweichung der Gesichtsmittellinie sofort mit der Lähmung auftreten; doch ist dies nicht der Fall, sondern was man zunächst sieht, das ist abgesehen von dem mangelnden Spiel der Muskeln eine gewisse Glätte, ein Verschwinden derjenigen Falten, welche von den tonisch contrahirten Muskeln herrührten. Erst allmählig tritt die eigentliche Gesichtsschiefheit, die Abweichung der Mittellinie nach der gesunden Seite hin ein und steigert sich allmählig bis zu einem gewissen Punkte.

#### Abhängigkeit des Tonus von Druckverhältnissen.

##### § 10.

Wie der Tonus von relativ und absolut äusserer Dehnung und Spannung abhängig ist, so ist er es natürlich auch von Druck, insofern dieser anhaltend eine relativ äussere Spannung bewirkt. Dies würde keiner besonderen Ausführung bedürfen, wenn nicht geradezu das Gegentheil behauptet worden wäre. Virchow hat Recht, wenn er sagt \*), dass zwischen Tonus einerseits und vitalem

\*) in seinem Archiv Bd. VI. S. 139.

Turgor, Turgescenz, localer Blutmenge und Blutdruck andererseits kein bestimmtes Verhältniss Statt hat; daraus folgt aber nicht, dass Druckverhältnisse überhaupt mit der Tonicität nichts zu thun haben. Namentlich ist es von dem Blutdrucke gar nicht zu bezweifeln, dass er auf den Tonus der Gefässe einen Einfluss hat. Man hat die Varicosität der grösseren Venen von einer auf mechanische Weise gehemmten Fortbewegung des Blutes, von einer Stagnation desselben in ihnen abgeleitet, wo also durch den anhaltenderen, stärkeren Blutdruck die Venen der Länge und Breite nach ausgedehnt werden und dadurch an Tonus, sowie an Elasticität und Contractilität verlieren, und diese Ursache der Varicen lässt sich gar nicht ableugnen, wennschon sie nicht so häufig sein möchte, wie manche Neuere glauben. Was aber für die grösseren Venen gilt, das gilt auch für die kleineren, und man darf nur die Füsse von Schwangeren besehen oder von Personen, welche anhaltend stehen und bei denen der Blutdruck in den Venen der unteren Gliedmaassen nothwendig stärker ist, wie da die Venen der Haut bis in ihre kleinsten Verzweigungen hinein ausgedehnt sind. Dass dies nicht ein rein mechanisches, mit dem Drucke temporäres Verhältniss ist, sondern dass dieser eine Veränderung des Tonus zur Folge hat, ergiebt sich daraus, dass die Venenausdehnungen auch nach beseitigter Ursache, z. B. nach vorübergegangener Schwangerschaft bleiben, natürlich bei dem Einen mehr, bei dem Anderen weniger, während sie sich bei dem Dritten auch ganz verlieren können. Dies ergiebt sich auch sehr gut aus dem Verhalten der Hämorrhoidalknoten, indem diese bald gefüllte, bald leere Säcke darstellen, d. h. indem hier die Venen auch ohne angehäuftes Blut ausgedehnt sind, also permanent durch Atonie. Es ist begreiflich, dass der Blutdruck nicht auf die Venen beschränkt bleibt, sondern durch diese hindurch auf andere Theile seinen Einfluss ausübt, und auch dies sieht man bei den Hämorrhoidalknoten, wo die die Venen bedeckende Schleimhaut atonisch wird und in Folge dessen prolabirt. Der Einfluss des Druckes auf den Tonus zeigt sich auch in entgegengesetzter Richtung, indem Theile, in welchen der normale Druck sich vermindert, hypertonisch werden. Dies sieht man wiederum an den Blutgefässen, überhaupt an Kanälen, welche Flüs-

sigkeiten zu führen bestimmt sind, so an den Ausführungsgängen sehr gut, indem sie, wenn sie nicht mehr von durch sie strömenden Flüssigkeiten ausgedehnt erhalten werden, sich durch Steigerung ihres Tonus allmählig verengern und sich bis zur gänzlichen Verödung zusammenziehen. Aehnliches liesse sich in vielen anderen Beziehungen nachweisen, so an dem Bauche Schwangerer, dessen weiche Wandungen durch den anhaltenden Druck seiner stärkeren Anfüllung atonisch werden und nach der Entleerung durch einen äusseren Druck in entgegengesetzter Richtung, welchen wir mittelst einer Leibbinde ausüben, ihren Tonus wieder gewinnen.

Es genügt indessen hieran und es ist nur nochmals ausdrücklich zu bemerken, dass der Druck, wenn er eine Veränderung des Tonus bewirken soll, ein fortgesetzter sein und in einer bestimmten Art Statt haben muss. Ein vorübergehender heftiger Druck kann eine Erschlaffung zur Folge haben, welche in wirklicher Paralyse begründet ist; ein anhaltender Druck kann durch einen Entzündungsprozess eine Verdichtung der Gewebe und damit eine grössere Resistenz derselben oder durch Atrophirung eines Theils eine geringere Widerstandskraft derselben erzeugen; Blutfülle und der damit verbundene stärkere Blutdruck erzeugt unter Umständen Turgescenz und durch diese grössere Resistenz eines Theils; — alles Zustände, welche von den durch directe Veränderung des Tonus mittelst Druck hervorgebrachten wohl unterschieden werden müssen.

#### Abhängigkeit des Tonus von der Vegetation.

##### § 11.

Der Tonus ist von verschiedenen Einflüssen abhängig. Im Vorhergehenden war von relativ äusseren die Rede; wichtiger sind die inneren und unter ihnen der wichtigste die Vegetation. Das bedarf keines Beweises, dass der Tonus eines Theils von der Vegetation desselben abhängig ist, da die Cohäsion, Festigkeit, der Aggregatzustand und alle aus der Molecularattraction resultirenden Eigenschaften der Körper wesentlich von der materiellen Beschaffenheit derselben abhängen und diese bei organischen Theilen ganz vorzugsweise von ihrer Vegetation bedingt wird. Diese ist aber nicht die einzige innere Bedingung des Tonus und Virchow hat

nicht Recht, wenn er in seinem kleinen Aufsatz über Tonus und Atonie, in welchem der Tonus übrigens mit mehr Klarheit und viel grösserer Unbefangenheit aufgefasst ist, als von den meisten heutigen Physiologen, den Tonus als ein nur von dem Ernährungsvorgänge abhängiges Verhältniss betrachtet. Er kommt zu dieser Behauptung dadurch, dass es sich nach seiner Darstellung bei dem Tonus weder um Contractions-, noch um Druckverhältnisse handle, also nichts anders als das Ernährungsverhältniss übrig bleibe. Indessen giebt es ja ausser den genannten noch andere Verhältnisse und Vorgänge im Organismus, und wenn namentlich durch jene Behauptung die Mitwirkung der Nerven beim Tonus, wenigstens die directe ausgeschlossen wird, so ist dagegen Folgendes zu bemerken. Erstens giebt es ausser der musculären, durch die Nerven bedingten Contraction noch eine andere, die elastische, welche von der Ernährung zwar zum Theil, aber nicht allein abhängig ist. Zweitens ist bei den Nerven noch ein anderer als der motorische Einfluss oder die Bestimmung der zeitweisen, bewegenden Muskelcontraction (welche offenbar unter jener Contraction verstanden ist, wie der sogleich anzuführende Satz beweist) ganz unzweifelhaft, nämlich die Einwirkung auf die Gefässe, und sie dürfte um so weniger ausser Rechnung gelassen werden, als von ihr der Tonus der Gefässe abhängt und sie darauf führen musste, dass auch in anderen Theilen die Nerven den Tonus zu bestimmen wohl im Stande sind, und zwar auf andere Weise, als durch ihren eigenthümlichen motorischen Einfluss d. h. durch Hervorrufung von transitorischen Muskelcontractionen. Darin liegt überhaupt der vorzüglichste irrige Grund für jene Behauptung, dass Contraction mit Muskelcontraction identificirt wird. „Wäre Tonus nur der mittlere Contractionszustand oder die Fähigkeit dazu, so müsste Atonie die Unfähigkeit d. h. die Lähmung bedeuten und mit Paralyse identisch sein.“ Dies ist falsch. Wenn die Mastdarmschleimhaut atonisch geworden ist und einen Prolapsus ex ano bildet, so befindet sie sich unter ihrem mittleren Contractionszustand und besitzt auch nicht die Fähigkeit, in jenen zurückzutreten, obgleich sie nicht an Paralyse leidet, sondern weil ihr bei der Atonie jener Elasticitätsgrad mangelt, vermöge dessen sie sonst, wenn sie ausgedehnt

worden, in ihren mittleren Contractionszustand zurücktrat. Selbst in Bezug auf Muskeln ist der angeführte Satz falsch, schon insofern als darin der mittlere Contractionszustand und die Fähigkeit zu demselben identificirt sind. So befindet sich beim Strabismus convergens der *M. rectus internus* in einem hypertonischen, der *rectus externus* in einem atonischen Zustande, beide also nicht in ihrem mittleren Contractionsgrade; sie haben aber beide die Fähigkeit zu jedem Contractionsgrade, wie dies die Möglichkeit zu allen bezüglichen Bewegungen des Auges beweist. Ebenso verhält es sich bei der Skoliose, wo sich die Muskeln der Wirbelsäule — mag dies nun primär oder secundär sein — auf einer Seite in übermässiger Ausdehnung, auf der anderen in zu starker Zusammenziehung befinden und doch zu jedem Contractionsgrade befähigt sind. Daraus folgt aber, dass bei den Nerven ausser dem eigentlich motorischen Einfluss d. h. demjenigen, wodurch sie mehr oder minder vorübergehende Veränderungen in dem Contractionszustande muskulärer Theile hervorbringen, noch ein anderer denkbar ist, wodurch sie den gewöhnlichen mittleren Contractionszustand bestimmen, oder mit anderen Worten, dass ausser der motorischen Innervation noch eine Stabilitätsinnervation angenommen werden kann, und dass man deshalb, weil es sich weder um Contractions-, noch um Druckverhältnisse handelt, nicht nur noch an Ernährungsverhältnisse zu denken hat. Auch die Innervation vermag, abgesehen von ihrer Beziehung zur Ernährung, ein stabiles Spannungsverhältniss zu erzeugen, nicht blos ein aus einer besonderen Erregung oder Reizung hervorgehendes transitorisches. Jenes stabile Spannungsverhältniss ändert sich oft so plötzlich, dass man es schon deshalb nicht aus Ernährungsvorgängen allein abzuleiten im Stande ist, wovon ich schon in meiner Abhandlung über Stabilität unter Anführung von Beispielen gesprochen habe.

#### § 12.

Mit diesen Bemerkungen soll nur der einseitigen Auffassung, aber nicht der Wichtigkeit des Verhältnisses entgegengetreten werden, welches die Vegetation zum Tonus hat und welches nicht genug den heutigen Physiologen gegenüber hervorgehoben werden kann, die, wenn vom Tonus die Rede ist, nur an die Nerven denken.



Ein unbefangener Einblick in physiologische und pathologische Vorgänge würde Beweise für jenes Verhältniss, wenn es deren bedürfte, in Menge liefern. Man erinnere sich zum Beispiel an die Veränderungen des Tonus, welche die auf dem Wege der Eiterung entstehenden Narben bei ihrer fortschreitenden Ausbildung durch einen reinen Vegetationsvorgang erfahren und welche so bedeutend sind, dass dadurch die Lage der diesen Narben benachbarten Theile oft in der erheblichsten Weise verändert wird, ein Vorgang, der unter anderen für die plastische Chirurgie von so grosser Bedeutung ist. Wie sehr der Tonus der Muskeln von der Vegetation abhängig ist, das lehrt die Pathologie in den Erscheinungen und Folgen der Muskelentzündung. Andernthells ist hier an die Steigerung des Tonus der Muskeln zu erinnern, welche durch methodisches Ueben, durch allmäliges Steigern ihrer Thätigkeit erreicht wird, mit der Vermehrung ihrer Kraft und ihres Umfanges verbunden und jedenfalls von der kräftigeren Ernährung und Ausbildung der Muskelfasern abhängig ist. Wir können dabei von der entgegenstehenden Paradoxie des Orthopäden Werner \*) absehen, welcher Uebung und Uebermüdung von Muskeln nicht unterscheiden zu können scheint, dagegen auf die Erfahrungen der Gymnastiker, z. B. Eulenburg's \*\*) verweisen. Diese finden übrigens ihre Bestätigung in der alltäglichen Beobachtung, so in der permanenten Haltung, welche der Körper und die einzelnen Theile desselben durch wiederholte und vorwaltende Action gewisser Muskeln und Muskelgruppen bekommt, auf welchen Gegenstand wir später (§ 24.) weiter zu sprechen kommen.

#### Tonus und Nervenruhe.

#### § 13.

Eine sehr üble Anwendung von dem Worte Tonus hat Henle gemacht, welcher darunter den mittleren Grad von Thätigkeit in den Nerven versteht, der nach seiner Meinung während der sogenannten Ruhe vorhanden ist. Da nicht von einer mechanischen

\*) Reform der Orthopäd. Berlin, 1851. Thesis XIX.

\*\*) Schwedische Heilgymnastik. Berlin, 1853. S. 25 u. a. a. O.

Spannung der Nerven bei ihrer Thätigkeit die Rede ist, so ist jene Anwendung des Wortes ein ganz willkürlicher Missbrauch desselben, welcher übrigens seinen Ursprung darin hat, dass Henle den Tonus der muskulären und contractilen Theile allein und durchaus von den Nerven, und zwar eben von jener mittleren Thätigkeit derselben ableitet, ihn also in diese seinem Grunde nach verlegt. Es wird nun aber jene mittlere Thätigkeit nicht bloß insofern sie dem Tonus zum Grunde liegt, sondern soweit sie überhaupt und nach irgend einer Richtung hin im Nervensystem Statt hat, mit dem Namen Tonus belegt und dieser damit auf ein ganz fremdes Gebiet herübergezogen. Sehen wir ab von diesem Wortmissbrauch und hin auf die aus jener Ansicht für den eigentlichen Tonus sich ergebenden Folgerungen, so erscheint die Annahme einer fortgehenden Thätigkeit, oder wie ich lieber sagen möchte, einer fortdauernden Strömung im Nervensystem allerdings in gewisser Weise begründet und zwar so, dass sie nicht bloß in centrifugaler, sondern auch in centripetaler Richtung Statt hat, dort in der tonischen Innervation der Theile, hier in dem Gemeingefühl sich äussernd. Die fortgehende Strömung kann aber doch nur eine bedingte sein. Soll sie auch ausser der Zeit der eigentlichen motorischen und sensiblen Erregung (in der Ruhe) immer und unter allen Umständen Statt haben und zugleich die alleinige Ursache des Tonus sein, so wird diesem dadurch eine Unabhängigkeit, Unveränderlichkeit und Permanenz zugesprochen, welche er nicht besitzt.

In der That wird bei jener Ansicht dem Tonus eine Dauer beigelegt, welche nur mit dem Tode ihr Ende erreicht, durch Schlaf, Ohnmacht und dergl. gar nicht unterbrochen werden soll. Man darf aber nur einen Schlafenden oder Ohnmächtigen unbefangen betrachten, um sich zu überzeugen, dass bei ihnen der Tonus, soweit er vom Nerveneinfluss abhängig ist, oder das, was ich Stabilitätsinnervation genannt habe, erlischt, insofern diese nicht durch fortwirkende Reize erregt und unterhalten wird. Allerdings bleiben Sphincteren geschlossen, insofern ihre Stabilitätsinnervation durch die Contenta, welche sie zurückzuhalten haben, erregt wird; wo aber solche besondere fortgehende Erregungen nicht Statt haben,

da hört die Stabilität, insoweit sie durch den Muskeltonus bedingt wird, auf, wie ich dies in der Abhandlung über die Stabilität der Theile auseinandergesetzt habe und auch nachher noch weiter besprechen werde. Ebenso verhält es sich in der Chloroformnarkose, worauf weiter einzugehen, der Verlauf dieser Abhandlung ebenfalls die Gelegenheit darbieten wird; gleichermaassen hört die Stabilitätsinnervation und die davon abhängige Haltung der Theile bei Ohnmächtigen auf, und wenn nach Henle's Angabe (S. 729) nervenschwache Frauen versicherten, dass sie in Ohnmacht gesessen oder gestanden hätten, so ist das eine durch ein Ohnmachtsgefühl bewirkte Täuschung, welche man einer nervenschwachen Dame wohl gestatten darf.

Wäre der Tonus allein abhängig von dem mittleren Grade der Nerventhätigkeit, welcher Ruhe genannt wird, so wäre gar nicht abzusehen, wie relativ oder absolut äussere Einwirkungen auf das Nervensystem den Tonus zu ändern vermögen, denn durch sie alle werden die Nerven in Thätigkeit versetzt, der Tonus also nicht verändert, sondern aufgehoben; mit anderen Worten, es liessen sich durch dergleichen Einwirkungen nur Bewegungen (motorische Nerventhätigkeit), aber nicht Veränderungen der Stabilität begreifen und doch kommen Abänderungen des Tonus durch solche Einwirkungen in grosser Anzahl vor. Auch dies ist ein Gegenstand, über welchen Bemerkungen zu machen, die Veranlassung kommen wird. Es gehören dahin psychische Einflüsse. Wie sehr verändern Gram und Kummer, ganz abgesehen von durch sie bedingten Ernährungsstörungen, den Tonus der Muskeln des ganzen Körpers und des Gesichts insbesondere! Dahin gehören Veränderungen in der Thätigkeit der sensiblen Nerven, welche für die motorischen relativ äussere Reize abgibt; sie haben z. B. bei der Amaurose eine Veränderung der Stabilität des Auges zur Folge. Dahin gehören die Aether- und Chloroformwirkungen.

Der Tonus wird nach jener Ansicht nur aus den Nerven selbst heraus bestimmt und kann daher nur allenfalls insofern, als die Nerven selbst durch Abweichungen ihrer Vegetation sich ändern, Veränderungen unterliegen; im Uebrigen ist er unabhängig. Wenn dies jedoch schon nach den vorstehenden Bemerkungen nicht an-

genommen werden darf, so machen überdies gewisse Umstände sogar eine grosse Abhängigkeit des Tonus der Muskeln sehr wahrscheinlich, insofern nämlich die ihnen zum Grunde liegende Innervation nach der Darstellung, welche ich früher (S. 219) gegeben habe, als eine Reflexinnervation erscheint. Interessant ist in dieser Hinsicht eine genauere Berücksichtigung der Einwirkungen des Chloroforms auf den Tonus der Muskeln und das Zustandekommen von Reflexbewegungen. Wenn die Muskulatur schon schlaff geworden ist, so ist doch oft noch die Fähigkeit zur Abwehr der Verletzungen vorhanden, und diese Abwehr wird als eine reflektorische ganz unbewusst von dem Anästhesirten unternommen. Bei höherem Grade der Chloroformwirkung findet die Abwehr nicht Statt, der Chloroformirte schreit aber, was eine Reflexbewegung auf nicht zum Bewusstsein gelangenden Schmerz ist. In noch höherem Grade gehen Flatus und Faeces ab, der Sphincter ani ist also ausser Thätigkeit, und in einzelnen Fällen cessirt diese sogar in dem Sphincter vesicae urinae, so dass der Urin von selbst abfliesst. Es hört also mit dem immer tieferen Sinken der Reflexthätigkeit der Tonus der Sphincteren auf, und es wird gestattet sein, daraus auf eine Abhängigkeit des Tonus, wenigstens des Tonus der Sphincteren von einer reflectorischen Innervation zu schliessen, mag übrigens in Folge der Chloroformwirkung die Reflexthätigkeit in ihrer sensiblen oder motorischen Richtung oder in beiden zugleich aufhören.

#### Organische Elasticität und Dehnbarkeit.

##### § 14.

Es ist ein eben so grosser Irrthum, den Tonus ganz und allein auf das Nervensystem zu beziehen, als dem letzteren einen Einfluss auf den Tonus abzusprechen; während aber jene Ansicht als beseitigt zu betrachten ist und deshalb kaum der Erwähnung bedurft hätte, ist die letztere eine modern giltige und es wird deshalb unerlässlich, auf sie weiter einzugehen. Zuvor ist noch eine Bemerkung nothwendig.

Man spricht von der Wirksamkeit unorganischer, physikalischer Kräfte im Organismus, so auch von der Elasticität, als wesentlich verschieden von den organischen Kräften; — dies ist nicht ganz

richtig. Alle physikalischen Kräfte hängen mit gewissen Beschaffenheiten der Materie, an welcher sie sich äussern, zusammen und verändern sich mit derselben; da nun die organische Materie Eigenthümlichkeiten hat, so können sich zwar an ihr dieselben Kräfte, wie an der Materie überhaupt äussern, aber nicht ganz in derselben Weise, wie an der unorganischen, d. h. die physikalischen Kräfte werden, insofern sie sich im Organismus äussern, immer eigenthümlich, nämlich organisch bestimmt sein müssen. Dies muss auch von der Elasticität gelten und es kann auch um deswillen nicht anders sein, weil dieselbe nicht von dem Tonus getrennt denkbar, weil sie nichts als eine Aeusserung derselben Kraft, welche dem Tonus zum Grunde liegt, nur unter abgeänderten Verhältnissen ist. Der Tonus selbst ist ja nichts anders, als die in allen Körpern wirksame Molecularattraction an der organischen Materie sich äussernd und zwar, wie diese eigenthümlich ist, so sich auch eigenthümlich äussernd und eigenthümlich bestimmt. Ebenso müssen die mit der Molecularattraction zusammenhängenden Kräfte und Eigenschaften, namentlich die Elasticität und Dehnbarkeit an der organischen Materie sich eigenthümlich gestalten, und das, was zunächst hervortreten muss, ist ihre Veränderlichkeit. Soweit die organische Materie in ihrer Beschaffenheit durch die Nerven bestimmt wird, muss auch, sowie der Tonus, ebenso die Elasticität und Dehnbarkeit von der Innervation abhängen, und zwar kann man dabei nicht blos den Einfluss der Nerven auf die Vegetation im Sinne haben, sondern auch die motorische Innervation muss, insofern sie eine Aenderung in der materiellen Beschaffenheit des Muskels ja ganz handgreiflich zur Folge hat, auch eine Aenderung in der Elasticität und Dehnbarkeit des Muskels für die Zeit der Contraction hervorbringen. Grosse Veränderlichkeit der Elasticität und Dehnbarkeit wird daher auch an den Muskeln die zunächst hervortretende organische Eigenthümlichkeit sein. Das sind Sätze, welche sich a priori ergeben und welche auch durch die Beobachtung bestätigt worden sind, namentlich durch die Versuche von Ed. Weber; sie enthalten nichts Neues und doch ist es nothwendig, an sie zu erinnern, da sie nicht immer gehörig in Rechnung gestellt werden, wie sich im weiteren Verlauf ergeben wird.

Abhängigkeit des Tonus von der Innervation. Einwürfe dagegen.

### § 15.

In meiner Abhandlung über Stabilität bin ich von der Lage ausgegangen, welche die Körpertheile ohne Muskelaction annehmen, und habe darin ein Argument für die Abhängigkeit des Muskeltonus vom Nerveneinfluss gefunden. Zur Entkräftung dessen ist \*) jene Lage der Glieder aus der Gestalt der Gelenkknochen, der Anordnung der Bänder und der mechanischen Anordnung der Muskeln, als elastischer Tragbänder zu erklären versucht worden. Diesen Einwurf glaubte ich im Voraus beseitigt, denn aus dem Verschwinden jener Lage beim Todten (auch bei Ohnmächtigen, Chloroformirten etc.) hatte ich das Argument für ihre Abhängigkeit von einem „vitalen“ Einfluss entnommen; kämen nur mechanische Verhältnisse in Betracht, so müssten sie auch beim Ohnmächtigen und Todten die eigenthümliche Stellung der Körpertheile erhalten, ja durch die Muskeln, als „rein elastische Tragbänder betrachtet“, müsste diese Stellung beim Todten sogar noch verstärkt werden, da die Elasticität der Muskeln sich beim Absterben derselben vermehrt \*\*). Es sind bei derselben Gelegenheit noch gewisse experimentelle Thatsachen meiner Annahme entgegengestellt worden. Von den versuchsweise vorgenommenen Nervendurchschneidungen, mittelst deren man die Unabhängigkeit des Tonus von dem Nerveneinfluss darzuthun geglaubt hat, wird später die Rede sein. Ausserdem ist angeführt worden 1) der intermittirende Typus der Muskelcontraction, auch bei scheinbarem Tetanus, 2) dass das annähernd stetige Fixiren eines Gliedes nicht durch einen geringeren Grad, sondern durch den höchsten Grad der Muskelcontraction bedingt wird, wofür die Berechnungen von Wollaston und Paul Ermann angeführt wurden, 3) dass die einzige, von dem ruhenden Nerven bekannte Eigenschaft, nämlich der ruhende Nervenstrom durch jede physiologische Leistung des Nerven (d. i. bei den mo-

\*) Dr. Braun in der Berliner Gesellschaft für wissenschaftliche Medicin, in der Sitzung vom 10. März 1856, welche Verhandlungen ich freilich nur aus dem, in der Deutschen Klinik 1856. No. 35 abgedruckten Protokolle kenne.

\*\*) Ed. Weber in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. S. 122.

torischen Nerven die Hervorrufung von Muskelcontraction) geschwächt und umgekehrt wird. Diese Thatsachen betreffen aber alle die Muskelcontraction und passen deshalb nicht auf den Tonus, weil dieser keine Muskelcontraction ist; sie betreffen vor sich gehende Veränderungen, nicht den ruhenden Zustand, in welchem sich der Muskel bei der Stabilität befindet und welcher wiederum mit demjenigen Elektrizitätszustande der Nerven, den man unter dem ruhenden Nervenstrom versteht, gar nicht zu identificiren ist. Der von dem ruhenden und umgekehrten Nervenstrom entlehnte Einwand erscheint überhaupt wenig verständlich, da dies sich auf physikalische Eigenschaften entblösster, durchschnittener, herausgeschnittener Nerven bezieht, die tonische Innervation aber auf den physiologischen Zustand eines unversehrten Nerven, und da unter physiologischer Leistung nur die Hervorrufung einer Muskelzusammenziehung verstanden wird, die tonische Innervation aber auf eine physiologische Leistung deutet und über das elektrische Verhalten der Nerven während dieser Leistung gar nichts ermittelt ist.

#### § 16.

Auch Friedberg hat in seiner Schrift über die Muskellähmung (S. 152) einige Einwürfe gegen die Annahme der tonischen Muskelinnervation vorgebracht. Er findet, dass die Chloroformnarkose in dieser Hinsicht nichts beweise, denn durch sie erschlaften nur die Muskeln insofern, als sie durch den, in ihr aufgehobenen Willenseinfluss in Spannung gehalten werden, und sie liessen sich nur darum leichter ausdehnen, weil in der Narkose die Schmerzen nicht empfunden würden, welche die Dehnung sonst bewirken. Das Letztere ist nicht verständlich, wenn damit physiologische Vorgänge, von denen hier doch nur die Rede ist, gemeint sind, z. B. die Dehnung des *M. biceps brachii* bei der vollen Extension des Ellenbogengelenks. Inwiefern auf die Dehnung von Muskeln bei pathologischen Zuständen z. B. bei der Reposition von Verrenkungen die Anästhesirung einen günstigen Einfluss hat, das wird später seinem wahren Verhältniss nach auseinandergesetzt werden, wenn von den Wirkungen der Chloroformnarkose überhaupt die Rede ist, und ebenda wird sich auch ergeben, dass es nicht blos willkürliche Muskeln und willkürliche Muskelactionen sind, welche

dem Einfluss der Chloroformnarkose unterliegen. Hier sei nur beispielsweise angeführt, dass durch dieselbe die Stabilität des Auges aufgehoben wird, welche nicht von einer willkürlichen Contraction, sondern von einer reflectorischen, durch den Sehaet bedingten tonischen Innervation der Augenmuskeln abhängt (S. 212 meiner Abhandl. über Stabilität etc.). Diese Aufhebung des Tonus der Augenmuskeln stellt sich auch deutlich heraus, wenn man Operationen am Augapfel bei Chloroformirten vornimmt, indem das Auge dabei dem operirenden Instrumente nicht denjenigen Widerstand, welcher ausser der Narkose nicht durch den Willen, sondern durch die natürliche Spannung der Augapfelmuskeln gebildet wird, entgegengesetzt und daher durch das Instrument leicht verschoben wird, und indem andererseits nach Eröffnung der vorderen Augenkammer, resp. Herausnahme der Linse das Vortreten der Iris, resp. des Glaskörpers nicht Statt hat, welches sonst durch den Druck der gespannten Augenmuskeln bewirkt wird; Beobachtungen, welche sich nicht blos mir bei meinen Operationen Chloroformirter ergeben haben, sondern schon in der ersten Abhandlung, welche über die Anwendung des Chloroforms bei Augenoperationen erschienen ist, von Jüngken auf Grund reicher Erfahrung wiederholt hervorgehoben worden sind. Es werden durch diese Umstände die Augenoperationen von der Chloroformnarkose erschwert und ich möchte es daraus ableiten, dass die jetzigen jüngeren Augenoperateure ganz gegen den früheren Gebrauch das zu operirende Auge durch Instrumente zu fixiren sich gewöhnt haben.

Zweitens wirft der genannte Schriftsteller gegen meine Ansicht ein, beweihe die Erschlaffung nach dem Tode, welche in den Muskeln im Gegensatz zu den elastischen Geweben eintritt, deshalb nichts, weil sie von einer in den Muskeln früher, als in den elastischen Geweben eintretenden Veränderung in dem Bau und der Anordnung der Constituentien herrühren könne. Das ist indessen aus der Physiologie hinreichend bekannt, dass die Muskeln und die motorischen Nerven nach dem Tode nicht einer so plötzlichen Veränderung ihrer materiellen Beschaffenheit unterliegen, wie das plötzliche Aufhören ihrer Spannung erfordern würde; auch tritt eben diese plötzliche Erschlaffung in der Ohnmacht ein, wo



von jenen Veränderungen wohl nicht die Rede sein kann. Ueberdies wird in der jetzigen Physiologie der Satz vertheidigt, dass die materielle Veränderung, welche in den Muskeln mit dem Tode eintritt, sich zunächst auf ganz entgegengesetzte Weise kund gibt, nämlich in der Todtenstarre. Ueber die ferner herangezogenen physiologischen Experimente werden nachher kritische Betrachtungen angestellt werden; sie haben sich bis in die neueste Zeit hinein vermehrt und sind zum Theil Stützen der von mir vertheidigten Ansicht geworden.

#### Abhängigkeit des Tonus von der Innervation bei den organischen Muskeln und Sphincteren.

##### § 17.

In gewissen Bezirken ist die Abhängigkeit des Tonus von der Innervation ganz unzweifelhaft. Dies gilt zuerst von dem Tonus der Arterien und dies wird von der heutigen Physiologie um so bereitwilliger anerkannt, als es durch die bekannten von Claude Bernard, Brown-Sequard, Waller, Schiff u. a. angestellten Versuche erwiesen ist. Es ist als höchst wahrscheinlich hervorzuheben, dass der Tonus der Arterien nicht vom sympathischen Nerven, sondern vom Rückenmark und den zum Sympathicus gehenden Fasern der vorderen Rückenmarkswurzeln abhängig ist (in welcher Beziehung ich auf die Auseinandersetzung in Funke's Lehrbuch der Physiologie, 3. Aufl. Band II. S. 604 verweise), also von denselben Nerven, von denen auch der Tonus der willkürlichen Muskeln abgeleitet werden muss.

##### § 18.

An den Arterientonus reiht sich der Tonus des Darmes. Dass derselbe ebenfalls von den Nerven abhängig sei, ist zwar meines Wissens nicht durch Versuche dargethan, wohl aber durch die klinische Beobachtung. Nämlich bei motorischer Lähmung des Darmkanals, sei sie Folge von Krankheitszuständen seiner selbst oder von Leiden der Nerven, namentlich der Nervencentra, tritt eine oft enorme Ausdehnung desselben ein. Diese wird allerdings durch die Contenta, namentlich die luftförmigen hervorgebracht, dass diese aber sich anhäufen, resp. zersetzen und Gas entwickeln,

hat in der mangelnden peristaltischen Bewegung seinen Grund, und dass der Darm der Ausdehnung durch die Contenta keinen Widerstand leistet, hat den Grund in der Schwächung seines Tonus, welche mit der mangelnden peristaltischen Bewegung gleichen Ursprungs ist und aus der motorischen Paralyse hervorgeht. Diese Ausdehnung des Darmes geht so weit, als es die weichen Wandungen des Unterleibes irgend gestatten, und wird dann besonders umfänglich, wenn auch, wie das bei Wöchnerinnen (im Puerperalfieber) und bei Rückenmarkslähmungen vorkommt, der Tonus der Bauchmuskeln vermindert ist. Dass an der Ausdehnung des Darmes bei dem auf Paralyse beruhenden Tympanites die Schwächung des Tonus einen wesentlichen Antheil hat, das beweisen besonders die oft enormen Ausdehnungen einzelner Darmstrecken, wo für die Verbreitung der Darmcontenta, namentlich der Gase weder in einer Obstruction, noch in einer krampfhaften oder sonstigen Verschlüssung oder Verengerung des Darmrohrs ein Hinderniss vorhanden ist, in welcher Beziehung ich auf die Beobachtungen und Bemerkungen von Abercrombie\*) verweise. Zu gleicher Anschauung wie die klinische Beobachtung hat auch die pathologische Anatomie geführt, wie das von Rokitsky in der Theorie des spontanen Ileus\*\*) und von Förster\*\*\*) ausgesprochen ist.

#### § 19.

Gleiches wie beim Darm beobachtet man bei der Harnblase, deren Tonus bei Paralyse in dem Grade geschwächt wird, dass sie durch den sich ansammelnden Urin in enormer Weise und so sehr ausgedehnt wird, dass bekanntlich der Anschein eines Ascites entstehen kann. Sehr treffend sagt Sömmering in seiner berühmten Preisschrift über die tödtlichen Krankheiten der Harnblase und Harnröhre alter Männer†): „Wenn die Harnblase im Krampfe sich jeder Ausdehnung aufs kräftigste und nachdrücklichste wider-

\*) Pathologische und praktische Untersuchungen über die Krankheiten des Magens, des Darmkanals etc. A. d. Engl. v. G. v. d. Busch. Bremen, 1830. S. 138 bis 187.

\*\*) Handbuch der patholog. Anat. III. Wien, 1842. S. 301.

\*\*\*) Erweiterung des Darms in d. Handbuch der pathol. Anatomie. II. S. 46.

†) 2te Aufl. Frankfurt a. M. 1822. S. 80.

setzt, so gestattet sie solche in der Lähmung aufs ohnmächtigste und nachgebendste.“ In Folge dieses Umstandes gestaltet sich das Krankheitsbild ganz anders bei denjenigen Harnverhaltungen, welche paralytischen Ursprungs sind, als bei denen aus anderen Ursachen. Dieses ganze Bild zu entwerfen, ist hier nicht der Ort, und ich kann in Betreff desselben auf den in diesen Krankheiten so sehr erfahrenen Civiale\*) verweisen, welcher die paralytische Harnverhaltung sehr bezeichnend als Stagnation von der aus sonstigen Ursachen entstehenden Retention unterscheidet. Hier genügt es, zu bemerken, dass bei der paralytischen Harnverhaltung die Blase, auch wenn sie schon beträchtlich gefüllt ist, keine rechte Spannung bekommt und nicht, wie dies bei anderen Harnretentionen der Fall ist, eine sehr pralle, von den Unterleibseingeweiden sich scharf abgrenzende Geschwulst bildet, ein Umstand, welcher nebst anderen, namentlich dem zeitweise stattfindenden Harnabflusse die Erkenntniss der Harnverhaltung und die Unterscheidung der davon herrührenden Geschwulst von anderen Anschwellungen des Unterleibes sehr erschwert. Diese Beschaffenheit der Geschwulst geht mit mangelhafter motorischer Thätigkeit, mit zu geringer muskulärer Contractilität Hand in Hand, denn wenn man den Katheter in die Blase führt, so kommt nur allenfalls zu Anfang, wo sich noch elastische Contraction und vielleicht ein Ueberrest muskulärer geltend macht, der Urin in einem Bogen heraus, nachher fließt er ohne solchen und langsam aus der Röhre, und es bedarf der Mitwirkung der Bauchpresse und des äusseren Druckes, um den Urin rascher und vollständig zu entleeren. Diese mit der motorischen Paralyse verbundene Atonie kann bei der Harnblase, wie beim Darm local oder mit gleichen Zuständen anderer Theile, z. B. des Mastdarmes verbunden, sie kann in einem krankhaften Zustande der Muskelfaser begründet sein, oft ist sie aber deutlich die Folge von mangelnder Innervation, z. B. bei Krankheiten des Rückenmarkes und dann beweist sie die Abhängigkeit des Blasentonus von den Nerven.

\*) *Traité prat. sur les maladies des organes génito-urinaires. Troisième partie.*  
Paris, 1842. p. 152—263.

## § 20.

An den Tonus des Darmes und der Harnblase reiht sich wieder der der Sphincteren an. Es sei hier beiläufig einer Erscheinung Erwähnung gethan, welche von M. Hall für die Annahme des Tonus angeführt wird, welche sich zwar nicht auf einen Sphincter bezieht, aber auf eine natürliche Körperöffnung und die fortgehende Thätigkeit ihrer Muskeln. Es ist dies das beständige Offensein der Stimmritze und der Einfluss, welchen die Durchschneidung des Nervus laryngeus inferior auf sie hat, indem sie sich danach so stark verengt, dass bedeutende Dyspnoe eintritt. Dieses Tag und Nacht fortdauernde Offenstehen der Stimmritze steht unzweifelhaft mit dem Respirationsacte in Verbindung; insofern aber bei letzterem eine wechselnde Verstärkung und Verminderung motorischer Thätigkeit Statt hat, also eine Instabilität, so müssen wir dies hier, wo von der Stabilität und dem sie bedingenden Tonus die Rede ist, von unserer Betrachtung ausschliessen, indem es uns auf ein wesentlich anderes Gebiet führen würde.

## § 21.

Die Abhängigkeit der Sphincteren der unteren Körperhälfte von dem Nerveneinfluss ist schon durch die Erschlaffung dargethan, in welche diese Muskeln bei spinaler Lähmung verfallen. Man hat dagegen eingewandt, dass der Zustand, in welchem der Sphincter an den Darm vollständig schliesst, der Zustand der Ruhe, der gänzlichen Unthätigkeit sei und dass dieser Muskel erst auf reflectorische Weise und mit Unterstützung des Willens in Thätigkeit trete, wenn Faeces und Gase ihn auszudehnen suchen\*). Das ist irrig und man muss vielmehr beständig einen gewissen Grad von (reflectorischer) Thätigkeit des Schliessmuskels annehmen, indem derselbe, wenn vollständige Unthätigkeit eintritt, wie dies eben bei fehlender Innervation der Fall ist, Flatus und Faeces, auch ohne dass sie andrängen und ihn auszudehnen vermöchten, gar nicht mehr zurückhält. Im Zustand der eigentlichen Contraction befindet sich der Sphincter allerdings nicht beständig, wie das von Manchen angenommen wird, z. B. von Wundt, welcher sagt, es gebe bei

\*) Funke, Lehrbuch der Physiologie. II. S. 471.

den Sphincteren keinen Wechsel zwischen der scheinbaren tonischen Ruhe und einem stärkeren Grade der Zusammenziehung, der einzig mögliche Wechsel sei der Uebergang in den erschlafften Zustand. Von dem Gegentheil kann man sich jeder Zeit am eignen gesunden Leibe überzeugen. Er befindet sich aber auch nicht im Zustande der Erschlaffung, sondern eben in einem mittleren, durch den Tonus bedingten, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man den After bei normalem und erschlafftem Sphincter durch Gesicht und Gefühl untersucht. — M. Hall hat die Abhängigkeit des Tonus des Afterschliessers von der Innervation bereits durch ein Experiment dargethan \*). Er trennte bei einer Schildkröte den hinteren Theil des Körpers mit dem resp. Theil des Rückenmarkes ab und spritzte in den Darm Wasser ein, welches die Kloake ausdehnte, ohne dass der Sphincter etwas durchliess, und erst, wenn dieser durch grössere Gewalt überwunden wurde, stossweise ausfloss. Dann zerstörte er das Rückenmark, und nun war der Sphincter schlaff und das Wasser floss durch ihn leicht in ununterbrochenem Strome ab, und ohne dass Gewalt nöthig war, und die Kloake ausgedehnt wurde. Die Thatsache, welche Ludwig \*\*) gegen diesen Versuch anführt, dass nämlich bei Menschen nach Verletzung des Hals- oder Brusttheils des Rückenmarks, durch welche das Lendenmark vom Gehirn getrennt wird, der Afterschliesser vollkommen erschlaffte, während doch die Sphincterennerven noch mit dem Rückenmark in Verbindung sind, erklärt sich daraus, dass bei solchen Verletzungen das Lendenmark nicht bloß vom Gehirn getrennt, sondern auch durch Commotion, Extravasat und dergl. unthätig geworden ist.

## § 22.

Für den Blasenschliessmuskel ist die gleiche pathologische Thatsache ebenfalls beweisend; auch hier hört mit der bei spinaler Lähmung statthabenden Aufhebung der Innervation des Sphincters die Schliessung der Blase auf, soweit sie abhängig ist von der tonischen Thätigkeit des Muskels, nicht von einer auf reflectorischem

\*) Abhandlungen über das Nervensystem. A. d. Engl. von Kürschner. Marburg, 1840. S. 15. No. 40.

\*\*) Allgem. Physiologie. Leipzig, 1851. S. 422.

Wege oder durch den Willen hervorgerufenen eigentlichen Contraction, welche immer nur eine vorübergehende sein könnte, und von der man auch in der That bei normalem Verhalten der Blasenmuskulatur nichts wahrnimmt, wie das jeder Chirurg beim Einführen des Katheters erfahren hat. Freilich ist aber für die Schließung der Blase in dem Tonus des Sphincters nur ein einzelnes Moment gegeben, und man findet daher bei der Leiche sowohl, als bei Lähmungszuständen die Blase mit Urin oft stark angefüllt.

Heidenhain und Colberg haben die Abhängigkeit des Tonus des Blasensphincters von der Innervation aus Versuchen gefolgert, welche sie darüber angestellt haben \*). So schätzenswerth aber auch diese Bestätigung erscheint, so lassen sich doch Bedenken über den Werth dieser Versuche nicht unterdrücken. Bei denselben wurde einem lebenden Thiere der Bauch kreuzweise aufgeschnitten, die Uretheren ausgelöst, der eine von ihnen unterbunden, der andere durchschnitten und in diesen eine mit einem Zahn versehene Röhre eingesetzt. Der Chirurg, welcher weiss, wie Verwundungen, namentlich des Bauches oft krampfhaft Affectionen der Blase zur Folge haben, wie diese noch viel mehr durch mechanische Reizungen ihrer selbst oder der Uretheren, z. B. mittelst durch letztere gehender oder in ihnen haftender Nierensteine hervorgerufen werden, wird sich des Zweifels nicht erwehren können, ob während dieser Versuche dasjenige Gleichgewicht zwischen Sphincter und Detrusor urinae bestand, welches durch den Begriff des Tonus involvirt wird, ob nicht vielmehr krampfhaft Actionen dabei eine Rolle spielten. Das wird auch durch die in der ersten Versuchsreihe fortwährend eingetretenen Entleerungen der Blase sehr wahrscheinlich. Ausserdem ist der Reiz, welchen der Harn und das bei den Versuchen benutzte warme Wasser auf die Blasenmuskeln ausüben, jedenfalls ein verschiedener. Durch diese Umstände wird der Werth namentlich für die Schätzung des Kraftunterschiedes zwischen dem Tonus des lebenden und des todten Sphincters (dem Tonus und der Elasticität, wie die Experimentatoren sich nicht ganz genau ausdrücken) sehr zweifelhaft, und dies

\*) Müller's Archiv f. Anat. u. Physiol. Jahrg. 1858. S. 437—452.

ist aus zwei anderen Gründen noch mehr der Fall. Die Experimentatoren haben nämlich einen Factor ganz ausser Rechnung gelassen, das ist die Kraft des Detrusor, sei dies die Kraft seiner musculären Contraction oder seines (lebendigen) Tonus, denn letzteren bei diesem Muskel ohne Weiteres in Abrede zu stellen, ist kein Grund vorhanden. Zweitens bringen sie für den Blasenverschluss lediglich den muskulären Sphincter in Anschlag, nicht aber die den Blasenhalshals und die Urethra umgebenden elastischen Theile, namentlich die Prostata, in welcher Hinsicht ich nur auf die vortreffliche Auseinandersetzung dieser Sache durch v. Wittich\*) zu verweisen brauche. Selbst in Betreff der Abhängigkeit des Tonus von der Innervation schlechthin finden wir die vorhin angeführte pathologische Thatsache beweiskräftiger, als die Versuche, da in jenem Fall nur die Aufhebung der Innervation beim Lebenden, in den Versuchen aber eine gänzliche Aufhebung der vitalen Einflüsse Statt hat.

Inzwischen erkennen wir den Werth der Versuche für die Entscheidung der Frage um so lieber an, als mit ihnen eine Widerlegung der Rosenthal'schen\*\*) Versuche verbunden worden ist, durch welche die Abhängigkeit des Tonus der Sphincteren von der Innervation in Zweifel gestellt wurde. v. Wittich hat sich dieser, auf seine Veranlassung angestellten Versuche neuerdings (in dem oben angeführten Aufsatz) angenommen und ihr Resultat auch durch neue Experimente zu stützen gesucht; aber diese, sowie die ganze Auseinandersetzung gehen nur darauf hinaus, darzuthun, dass es zum Blasenverschluss keines tonisch innervirten Sphincters bedürfe, sondern dass dafür der elastische Sphincter genüge, dass durch diesen und namentlich die Prostata der Blasenverschluss „wesentlich, wenn auch nicht allein“ bewirkt werde, und die Eröffnung desselben mittelst der Längsfasern des Detrusor und ihre dehnende Wirkung auf den elastischen Sphincter zu Stande komme. Das Genügen des elastischen Sphincters lässt sich aber nicht aussprechen, so lange man nicht die Tragfähigkeit des Blasenver-

\*) Königsberger medicin. Jahrbücher. Bd. II. Hft. 1. 1859. S. 12—36.

\*\*) De tono quum musculorum tum eo imprimis qui sphincterum tonus vocatur. Diss. inaug. Regiom. 1857.

schlusses beim Lebenden kennt, und diese lässt sich nicht durch Versuche an Todten, an denen Rosenthal und v. Wittich nur experimentirt haben, ja aus den gegen die Heidenhain-Colberg'schen Versuche angeführten Gründen vielleicht nicht einmal durch Experimente an lebenden Thieren ermitteln. Ein directer Beweis gegen das für den Sphincterentonus sprechende positive Resultat der Heidenhain'schen Versuche ist von v. Wittich eigentlich gar nicht angetreten, vielmehr in dieser Hinsicht nur ein Versuch angeführt, bei dem sich ergab, dass bei einem mit Blausäure vergifteten Kaninchen die Contractionen des Detrusor, so lange sie fortdauerten, Wasser aus der Blase trieben, also den Blasenschluss überwandten, dass aber auch nach dem Aufhören jener Contractionen der Wasserabfluss noch bis zu einem gewissen Punkte fortdauerte. Wir würden die letztere Erscheinung aus dem Aufhören der Thätigkeit des muskulären Sphincters, aus der Aufhebung seines Tonus erklären, v. Wittich stellt statt dessen die Hypothese hin, dass nach dem Aufhören der sichtbaren Contractionen des Detrusor noch „schwache, selbst dem Auge entgehende“ statthaben, welche, indem die Längsfasern jenes Muskels senkrecht in den elastischen Sphincter hineingehen, diesen offen erhalten. — Dass die Kraft des Blasenverschlusses eine andere während der Todtenstarre ist, als vor und nach derselben, wie sich aus v. Wittich's Versuchen ergibt, ist ebenfalls ein Beweis für den Antheil, welchen der muskuläre Sphincter an dem Blasenschluss hat.

Schliesslich führt der genannte Physiolog noch eine pathologische Beobachtung zu Gunsten seiner Ansicht an. Bei einem von unvollkommener Paraplegie befallenen Hunde tröpfelte zeitweise Urin ab, und nach dem Tode fand sich die Blase prall voll; sie zeigte auf elektrische Erregungen Runzelungen, und indem v. Wittich annimmt, dass das Harnabtröpfeln während des Lebens durch temporäre Contractionen des Detrusor urinae bewirkt worden sei, schliesst er, „dass dieser Befund jedenfalls mehr als jeder Versuch gegen einen vom Rückenmark abhängigen Muskeltonus des Sphincters spreche.“ Wir können diesem Schlusse nicht beistimmen, da die Wirksamkeit der elastischen Theile für den Blasenverschluss die Annahme eines in derselben Richtung wirksamen Sphincterentonus



keineswegs ausschliesst, und wir glauben auf Grund pathologischer Thatsachen, dass wenn der Tonus des Blasensphincters nicht unwirksam gewesen wäre, die Blase eine noch viel grössere Ausdehnung erfahren haben würde, ohne Harn abtröpfeln zu lassen, in welcher Hinsicht wir auf dasjenige verweisen, was vorhin über das Verhalten des Blasentonus bei Paralyse angeführt worden ist.

Gegen v. Wittich ist wiederum Sauer, ein Schüler Heidenhain's, in die Schranken getreten \*). Die gegen die Experimente des Ersteren gerichteten Einwürfe können wir hier, insofern sie unser Thema zu wenig berühren, übergehen, auch sind sie schon von demselben zurückgewiesen worden \*\*); im Uebrigen aber bestätigen die Sauer'schen Versuche den Tonus des lebendigen muskulären Sphincters im Allgemeinen in derselben Weise, wie die früher besprochenen seines Lehrers. Wenn Sauer den etwanigen Einwurf unerwidert lässt, „dass der Tonus des Sphincters insofern noch immer nicht erwiesen sei, als die active Contraction desselben nicht benöthigt sei, so oft der Druck in der Blase unter eine gewisse Höhe sinkt“, so wird er unseres Erachtens darüber mit Unrecht von v. Wittich getadelt. Letzterer erblickt darin eine Discontinuität des Tonus, der doch nach der gewöhnlichen Definition eine continuirliche Action sein soll; daraus aber, dass der Tonus nicht unter allen Umständen benöthigt ist, dass er nicht immer ins Spiel tritt, folgt ja nicht, dass er temporär nicht vorhanden, dass er discontinuirlich sei, so wenig wie man die elastische Contraction des elastischen Blasenverschlusses für die Zeit leugnen wird, wo die Blase leer ist, jene also nicht benöthigt ist.

#### Abhängigkeit des Tonus der willkürlichen Muskeln von der Innervation.

#### § 23.

Die Sphincteren der äusseren Oeffnungen bilden ihrer Lage und ihrer Thätigkeit nach den Uebergang von den unwillkürlichen

\*) Quonam mechanismo vesicae urinariae efficiatur clausura quaeritur. Diss. in. Vratisl. 1860. Deutsch in Reichert's Archiv f. Anat. u. Physiol. etc. Jahrg. 1861. Heft 1. S. 112.

\*\*) S. 249 der Königsberger medicin. Jahrbücher. 1861.

zu den willkürlichen Muskeln; ihre Thätigkeit und ihre Ruhe wird einerseits von den auf das Organ, dem sie angehören, wirkenden Reizen bedingt, andererseits sind sie wenigstens bis zu einem gewissen Grade dem Einflusse des Willens unterworfen, wie das die Selbstbeobachtung täglich zu lehren im Stande ist. Die Anerkennung der tonischen Innervation bei den Sphincteren leitet daher dieselbe Anerkennung bei den willkürlichen Muskeln ein. Da die Thätigkeit der organischen Muskeln von der der animalischen wesentlich nicht verschieden ist, wie dies aus den neuesten Untersuchungen hervorgegangen ist, da man bei jenen den Tonus als von den spinalen Nerven ausgehend betrachten muss, auf welche man auch bei dem Tonus der willkürlichen Muskeln hingewiesen ist, so liegt es in der That sehr nahe, den bei den organischen Muskeln nachgewiesenen Tonus auch bei den anderen anzunehmen.

Neuere Zeit sind Physiologen auch in dem Zugeständniss des Tonus weiter gegangen, und wir sehen wie z. B. Auerbach und Schiff die Verneinung der tonischen Innervation auf die zu den Bewegungen des Knochensystems dienenden Muskeln beschränken und sie also von den allermeisten Gesichtsmuskeln ausschliessen. — Diese verhalten sich nun zum grossen Theile wie die Radial- und Circulärfaserung der Sphincteren, wie ich das in meiner früheren Abhandlung S. 274 auseinandergesetzt habe, und sind nicht blos dem Willenseinflusse unterworfen, sondern auch, wie andere Sphincteren, den auf das betr. Organ einwirkenden Reizen, was z. B. bei den Muskeln der Augenlider in einer eclatanten Weise der Fall ist. Ausserdem stehen sie aber in einer besonderen Beziehung zur Seele, spiegeln deren Zustände vorzugsweise körperlich ab und bekommen, insofern diese Zustände dauernde oder häufig wiederkehrende sind, eine Stabilität, welche den Gesichtsausdruck begründet und über deren Abhängigkeit vom Nervensystem eo ipso kein Zweifel sein kann.

Schiff, welcher die Abhängigkeit des Tonus von der Innervation bei den „freien Skeletmuskeln“ in Abrede stellt, führt aus der vergleichenden Physiologie einige Thatsachen von der auch während der sogenannten Ruhe fortdauernden, d. h. tonischen Innervation von Muskeln an; ich setze dieselben nach seiner eignen

Angabe \*) hierher. Die Muskeln, welche bei den Singvögeln die Alula in die Höhe halten, wirken beständig, auch im Schlafe, der Schwere der Alula entgegen und diese sinkt herab, sobald das Thier todt ist, oder im Leben die Armnerven durchschnitten werden. Die Schwanzgabel der Poduren wird durch die Muskelkraft beständig nach vorn unter dem Bauch gehalten und nur wenn das Thier springen will, momentan nach hinten gebracht; sobald aber das Thier ätherisirt oder getödtet wird, wird sie durch einen eignen federnden Mechanismus gerade nach hinten getrieben. Bei den Larven vieler Blattwespen sind einzelne Bauchringe anhaltend (bei manchen nur im Wachen) gebogen und mit dem Tode erschlaffen die Muskeln. Diese Beispiele, sagt der genannte Physiolog, liessen sich leicht vermehren; ich bin dies aus der vergleichenden Physiologie zu thun, nicht in der Lage, aber aus der menschlichen will ich ein Beispiel und zwar in Betreff der freien Skelettmuskeln hinzufügen, das ist die fortwährend aufrechte Haltung des Körpers, welche, wie die Haltung der Alula bei den Singvögeln und der Schwanzgabel bei den Poduren, mit der Aetherisirung und dem Tode schwindet. Wir kommen darauf gleich weiter zu sprechen.

Abhängigkeit des Tonus der Skelettmuskeln von der Innervation.

#### § 24.

Bei der Frage nach der Abhängigkeit des Tonus der willkürlichen Muskeln von dem Nerveneinfluss stösst man auf zwei Schwierigkeiten, nämlich auf die Abgrenzung der von dem Muskeltonus bedingten Erscheinungen gegen die von willkürlicher Muskelaction abhängigen, zweitens auf das Verhältniss des Muskeltonus zur Muskelelasticität.

#### Willkürliche Muskelaction und Muskeltonus.

In Bezug auf den ersteren Punkt hat man eine Anzahl von Erscheinungen auf der einen Seite, auf der der Practiker, als Ausdruck des Muskeltonus, auf der anderen, der der experimentirenden Physiologen, als Folge willkürlicher Muskelaction betrachtet und

\*) Lehrbuch der Physiologie. Jahr. 1858. S. 33.

dem entsprechend das Schwinden dieser Erscheinungen, z. B. im Schlaf, in der Chloroformnarkose bald als Beweis für die tonische Innervation betrachtet, bald als solche nicht gelten lassen. Zur weiteren Erörterung der Sache müssen wir an einen bestimmten einzelnen Punkt anknüpfen, denn über die Bestimmung dessen, was willkürliche Bewegungen seien und die Abgrenzung dieser nicht bloß gegen die Stabilitäts-, sondern namentlich gegen die Reflexerscheinungen sind die Meinungen so verschieden, dass es nicht wohl möglich ist, eine allgemein genügende Formel dafür zu finden und daran allgemeine Betrachtungen anzuknüpfen. Wohl gibt es aber gewisse, für die Erörterung geeignete einzelne Erscheinungen und bei ihrer Betrachtung werden sich auch allgemeine Gesichtspunkte für die zu erörternde Frage aussprechen lassen. Eine der in Betracht kommenden Erscheinungen ist die gerade aufrechte Haltung des menschlichen Körpers. Man kann sagen: dass sie ein Akt der willkürlichen Muskelthätigkeit sei, ergibt sich unter anderem daraus, dass wir sie jeden Augenblick durch unsern Willen ändern können, und dass sie mit dem Aufhören des Willenseinflusses im Schlafe schwindet. Dagegen ist nun einzuwenden, dass wir auch auf andere Erscheinungen durch unsern Willen influiren, die man als Ausdruck des Muskeltonus betrachten muss, z. B. auf den Grad der Schliessung der Sphincteren, auf die Stellung der Glieder, welche von dem natürlichen, nicht von willkürlicher Action bedingten Uebergewicht der Flexoren oder Extensoren abhängt u. a., und ferner, dass der Schlaf nicht bloß den Einfluss des Willens, sondern auch den Muskeltonus, soweit er nicht durch besondere Reize bedingt ist, aufhebt. Willkürliche Actionen setzen den Willen, dieser aber das auf die betreffende Action gerichtete Bewusstsein voraus; die Haltung unseres Körpers ist aber eine Action, welche, wensschon wir uns ihrer jeden Augenblick bewusst werden können, doch für gewöhnlich ganz ausser unserem Bewusstsein liegt, sowohl in ihrem Beginn, wie in ihrer Fortdauer und in ihrem Aufhören. Mit dieser Deduction ist indessen auch die Sache keineswegs entschieden, denn es gibt willkürliche Handlungen, z. B. das Gehen nach einem bestimmten Punkte hin, welche nur ihrem entfernteren Zwecke nach und nicht in ihrer Ausführung innerhalb

unseres Bewusstseins liegen, und dasselbe könnte man auch hinsichtlich der geraden und aufrechten Erhaltung des Körpers sagen. Die Schwierigkeit, über diese Gegenstände eine feste Entscheidung zu geben, liegt aber in der Unbestimmtheit ihrer gegenseitigen Grenzen, denn einerseits gehen die willkürlichen Bewegungen in einer nicht zu definirenden Weise in unwillkürliche über, nämlich in Reflexbewegungen, wie das z. B. die auf Abwehr feindlicher Einwirkungen bezüglichen Bewegungen beweisen, und das kommt hier um so mehr in Betracht, als die Stabilitäterscheinungen (wenigstens theilweise) auf Reflexaction beruhen, andererseits kann es keine scharfe Grenzen zwischen motorischer und tonischer Innervation geben, deshalb, weil die der Bewegung zu Grunde liegende Muskelcontraction nur in einer Veränderung des Muskeltonus besteht. Trotz dieser Unbestimmtheit dürfen wir jedoch nicht auf die Entscheidung der Sache verzichten; vielmehr lässt sich an manchen Punkten doch der Gegensatz zwischen Motion und Stabilität fest erfassen.

Wenn sich die willkürlichen Muskeln ausser dem Einflusse des Willens, d. h. in Ruhe befinden und sich in Betreff der ihnen fortgehend beiwohnenden Kräfte ins Gleichgewicht zu einander gesetzt haben, dann ist Stabilität vorhanden. Diesen Zustand sehen wir z. B. im Gesicht in dem Ausdrücke desselben. Ein finsterner oder freundlicher Gesichtsausdruck hat allerdings seinen ersten Ursprung darin, dass gewisse Muskeln (nicht willkürlich, sondern vermöge einer Art von Reflexbewegung, von welcher ich in der Abhandlung über Stabilität S. 254 gesprochen) vorzugsweise und häufig in Contraction treten, aber er wird dadurch, dass die überwiegend thätigen Muskeln einen höheren Tonusgrad erlangen, permanent und ist nun so wenig willkürlich, dass man ihn dauernd abzuschaffen, beim besten Willen nicht im Stande ist. Die Gesichtsmuskeln haben sich vermöge der ihnen jetzt fortdauernd eignen Kräfte für den Zustand der Ruhe in ein Gleichgewicht zu einander gesetzt, ihr relativer Contractionsgrad und mit ihnen ein gewisser Gesichtsausdruck ist stabil geworden. An den Ausdruck des Gesichts oder an die Haltung desselben schliesst sich aber die Haltung des Stammes an; ob man mehr oder minder aufrecht geht,

das ist als dauernde Erscheinung betrachtet, nicht vom Willenseinfluss abhängig, wenn dieser sich auch momentan geltend machen kann, und damit fällt die aufrechte Haltung des Körpers überhaupt aus dem Bereich der willkürlichen Actionen heraus; denn wenn sie von einem fortgehenden Einfluss unseres Willens abhängig wäre, müsste dieser nothwendig auch ihren Grad bestimmen, soweit letzterer nicht durch extramuskuläre Zustände bemessen wird, welche hier natürlich ausser Ansatz gelassen sind. Endlich gilt dasselbe von der Haltung der Extremitäten, auch sie ist nicht von dem fortgehenden Willenseinflusse abhängig, sondern von dem Tonusgrade der Muskeln (wenn auch nicht ausschliesslich der letzteren), welcher übrigens ursprünglich von willkürlichen Muskelactionen bedingt sein kann. Wir erkennen den Cavalleristen an seinem Gange, obgleich es ihm, sobald er nicht auf dem Pferde ist, gar nicht einfallen kann, durch willkürliche Muskelaction die Beine in die schliessende Position zu bringen. Man wird nicht einwenden, dass dies Gewohnheit sei, denn Gewohnheiten, körperliche Gewohnheiten sind nicht Ausfluss des Willens, sondern werden, wenn der Wille auf sie wirkt, durch denselben bekämpft.

#### Muskeltonus und Muskelelasticität.

##### § 25.

Das Verhältniss des Muskeltonus zur Muskelelasticität kommt deshalb in Betracht, weil behauptet worden ist, die Stellung der Glieder während der Ruhe hänge zwar von den Muskeln ab, aber nicht von einem besonderen, durch die Nerven bestimmten Zustande derselben (dem Tonus), sondern lediglich von ihrer (physikalischen) Elasticität. Es mag in dieser Hinsicht zunächst an das früher Gesagte (§ 4.) erinnert werden, dass die beiden Kräfte des Tonus und der Elasticität sich nicht ausschliessen, dass sie keine Gegensätze bilden, im Gegentheil mit einander zusammenhängen und einander voraussetzen. Demnächst ist zu bemerken, dass das Wort Muskelelasticität nicht immer correct gebraucht wird, so wenn das Zurückhalten des Harns in der Blase beim Todten der Elasticität des Blasenschliessers zugeschrieben wird. Die elastische Kraft tritt erst nach einer Dehnung in Wirksamkeit; das, was der Deh-

nung widersteht, ist der Tonus oder wenn man diesen Ausdruck für einen todten Theil nicht gebrauchen will, die innere Cohäsion desselben, die Attraction seiner Moleculë. Wenn in einem todten Körper durch eine Zusammendrückung der gefüllten Blase momentan ein Ausfluss des Harns bewirkt wird, und dieser nach aufgehobener Compression wieder aufhört, so ist es die Elasticität des Sphincters, welche diesen wieder schliesst, und die tonische Kraft, welche ihn geschlossen hält.

Drittens macht man einen viel zu scharfen Gegensatz zwischen Tonus und Elasticität, indem man ersteren als eine lebendige, letztere als eine todte, physikalische Kraft im lebenden Körper ansieht. Der Muskeltonus ist aber nichts anders, als die physikalische Kraft der inneren Cohäsion, organisch bedingt, und die Muskelelasticität muss, insofern sie sich an lebender organischer Materie äussert, nothwendig Eigenthümlichkeiten annehmen, sie hört auf, eine rein physikalische Kraft zu sein, sie ist veränderlich, wie die organische Materie, sie unterliegt den Einflüssen, welche diese Materie bestimmen, und dahin gehört namentlich bei den Muskeln der Einfluss der Nerven, insofern er materielle Veränderungen der Muskeln bedingt. Die Anerkennung dieses Verhältnisses kann um so weniger versagt werden, je mehr man bemüht ist, die Annahme besonderer vitaler Kräfte zu vermeiden und die Erscheinungen im Organismus aus den allgemeinen physikalischen Kräften zu erklären, wobei freilich die Eigenthümlichkeiten des organischen Wirkens nie aufgegeben werden dürfen. — Das ist auch von E. d. Weber durch Versuche bewiesen worden, dass bei den Muskeln die Elasticität von den Nerven aus bestimmt wird, indem dieselbe sich während des Zustandes der Contraction ändert, und es ist daher mit der Behauptung, dass die Stabilität der Theile von der Elasticität der Muskeln abhängt, gar nichts gewonnen, indem dadurch die Mitwirkung der Nerven, die Abhängigkeit der Stabilität von einem gewissen Innervationszustande keineswegs ausgeschlossen wird \*).

\*) Wundt hat (in seiner später anzuführenden Schrift S. 116) die Weber'schen Versuche dahin bestätigt, dass die Elasticitätsverminderung des Muskels von der Verkürzung desselben abhängt und mit ihr in gleichem Verhältnisse stehe. Wenn er dagegen die Elasticitätsverminderung nicht eintreten sah,

Endlich mag noch erwähnt werden, dass bei der Annahme der tonischen Innervation eine fortdauernde Thätigkeit des Nerven- und Muskelsystems vorausgesetzt wird, und dass diese Permanenz der Action Bedenken erregen und zu dem Einwurf führen könnte, dass sie ohne Ermüdung und Erschlaffung nicht möglich sei. Diesen Einwand hat schon Schiff in Betreff seiner bedingten Annahme einer tonischen Muskelinnervation berücksichtigt und dagegen angeführt, dass die Möglichkeit anhaltender Muskelthätigkeit aus inneren Bedingungen durch die anhaltenden wahren Contracturen oder sogenannten tonischen Krämpfe einzelner Muskeln bei krankhaften Zuständen der Nervencentra bewiesen werde, auch, dass sich ja vielleicht die einzelnen Bündel der Muskeln in der Arbeit ablösen könnten, ohne dass dies in der Gesamtwirkung sichtbar würde.

Was wir in dieser Beziehung zu bemerken haben, ist erstens, dass die tonische Innervation doch auch unter Umständen cessirt (im Schläfe), und dass ferner die Innervation am letzten Ende immer nur von einer gewissen materiellen Beschaffenheit des Nervensystems abhängig gedacht werden kann, und dass so wie die Erhaltung einer bestimmten materiellen Beschaffenheit durch die beständig fortgehende Vegetation in allen anderen Theilen Statt hat, so auch jene fortdauernde Innervation sehr wohl denkbar ist.

Tonus während des Schlafes.

## § 26.

Die gewöhnliche Haltung des Körpers ist nach der vorhergehenden Auseinandersetzung ein Zustand, welchen wir von dem Muskeltonus ableiten müssen, und das Aufhören derselben im Schläfe ist einer von den Umständen gewesen, die mich bestimmt haben anzunehmen, dass die tonische Innervation im Schläfe nicht vorhanden sei. M. Hall ist darüber entgegengesetzter Ansicht und auch Eisenmann und Werner haben sich gegen meine Annahme

sobald der Muskel tetanisirt und seine Form zu ändern verhindert wurde, so hat er damit zwei Momente, das Tetanisiren und die gewaltsame Spannung des Muskels in das Experiment eingeschoben, wodurch diesem die Beweiskraft gegen das Weber'sche Resultat genommen wird.



erklärt, indem sie auf die fortdauernde Schliessung der Sphincteren hinweisen. Indessen habe ich meine Annahme von vorn herein sogleich dahin beschränkt, dass die tonische Innervation nur soweit im Schlafe aufhöre, als sie nicht durch besondere fortwirkende Reize bedingt werde (s. S. 226), und das bezieht sich speciell auf die Sphincteren, deren Tonus durch den fortdauernden Reiz der von ihnen zurückzuhaltenden Excrete unterhalten werden kann. Es ist auch die Energie der Sphincteren verschieden stark und dies ist ebenfalls ein Moment, welches für die Beurtheilung der Sache in Betracht kommt, denn das Aufhören des Tonus im Schlafe findet nicht plötzlich Statt und betrifft nicht die ganze betreffende Muskulatur gleichzeitig und gleichmässig, vielmehr nimmt dasselbe der Verbreitung und dem Grade nach zu, und erst beim sehr tiefen Schlafe ist der Tonus in allen, den Körper in seinen einzelnen Theilen haltenden Muskeln geschwunden, so dass der Körper ganz nach den Gesetzen der Schwere auf die Unterlage sich lagert (S. 226).

Nicht in allen Sphincteren dauert der Tonus während des Schlafes fort, so nicht in dem nur leicht schliessenden Sphincter oris, wie sich das durch das Abfliessen des Speichels aus dem Munde während des festeren Schlafes ergibt. Für das Zurückhalten des Harns während des Schlafes, welches man speciell gegen meine Annahme angeführt hat, kommt der Blasenverschluss durch die nicht muskulären, elastischen Theile (s. § 22.) in Betracht; aber selbst in dem Sphincter vesicae, der überdies einen besonders kräftigen Tonus zu besitzen scheint, dauert letzterer nicht unbedingt und unter allen Umständen während des Schlafes fort. Beim gewöhnlichen Harnlassen verhält es sich so, dass, wenn die Blase bis zu einem gewissen Grade gefüllt ist, der Reiz, welchen der Harn auf den Detrusor urinae ausübt, überwiegend wird und dieser alsdann den Tonus, resp. die Contraction des Sphincters überwindet und den Harn austreibt. Sowohl die Reizbarkeit des Detrusor, wie die Kraft des Sphincters variiren bei den Individuen, und wo die erstere im Verhältniss zu letzterer gross ist, wie dies namentlich bei Kindern vorkommt, da weicht im Schlafe der Tonus des Schliessmuskels momentan der Wirkung des Detrusor, und es tritt die

Enuresis nocturna ein. Diese kann daher eben sowohl in einem mangelhaften Tonus des Sphincters (der nicht mit Lähmung zu identificiren ist), als in zu grosser Reizbarkeit des Detrusor ihren Grund haben, und es scheint das letztere ätiologische Verhalten am häufigsten obzuwalten, wobei ausserdem die Beschaffenheit des Urins in Betracht kommt, welcher durch besonders reizende Eigenschaft ebenfalls das Hervortreten jenes Missverhältnisses zwischen Detrusor und Sphincter zur Folge haben kann.

#### § 27.

In sehr augenscheinlicher Weise tritt das Aufhören des Tonus im Schläfe an dem Levator palpebrae superioris hervor. Das Oeffnen des Auges und der Grad der Eröffnung kann allerdings ein willkürlicher Akt sein, gewöhnlich ist er dies aber nicht, sondern wird, wie die Thätigkeit der Augenmuskeln überhaupt von Gesichtseindrücken, andererseits von inneren Bewegungen bestimmt und so wie die motorische Thätigkeit aller Augenmuskeln, einschliesslich des Levator als eine in der Regel reflectorische, unwillkürliche, wenn auch bewusste betrachtet werden muss, so ist der Ruhezustand eben derselben Muskeln während des Wachens dem Tonus angehörig, vermöge dessen sie sich niemals in vollkommener Erschlaffung befinden. Wir erinnern hierbei an die Versuche, welche von Bernard, Remak u. A. über den Einfluss der Durchschneidung des Halstheils des N. sympathicus auf die Stellung des Augapfels und der Augenlider gemacht worden sind, und welche den letztgenannten Physiologen bestimmt haben, den Tonus der Augenlidmuskeln von dem Sympathicus abzuleiten \*); eine Annahme, die wir freilich, soweit sie die Bestimmung des hier wirksamen Nerven betrifft, in Anbetracht der Verbindungen desselben mit den Spinalnerven dahin gestellt lassen wollen. Ob wir die Augen für gewöhnlich weit oder wenig auf haben hängt, wie der Gesichtsausdruck überhaupt, für den der Augenlidheber eine so grosse Bedeutung hat, von der tonischen Innervation ab. Dass diese im Schläfe schwindet, bedarf nicht der Auseinandersetzung und wird selbst von M. Hall zugegeben, welcher die Fortdauer des Tonus

\*) Deutsche Klinik 1855. No. 27. S. 294.

während des Schlafes bei allen anderen Muskeln, vielleicht nur noch mit Ausnahme der 4 geraden Augenmuskeln behauptet, und deshalb diesen 5 Muskeln eine ganz eximirte Stellung als rein cerebralen oder willkürlichen, welche gar keine excito-motorische Fasern enthalten, anweist \*). M. Hall nimmt dagegen an, dass im Schlaf statt des Levator sich der Orbicularis palpebrarum in beständiger Contraction befinde, wie andere Sphincteren. Dass dies falsch ist, davon kann man sich sehr leicht bei Schlafenden überzeugen, indem man bei diesen das untere Lid gar nicht hinauf getreten, dagegen das obere bis zu dem unteren ungehobenen herabgesenkt findet, so dass sein unterer Rand unterhalb des Niveaus der Augenwinkel eine convexe Linie bildet, was Alles bei der Thätigkeit des Orbicularis gar nicht der Fall ist. Weil der Tonus des Levator aufhört, sieht man auch bei Hemiplegia facialis, wenn während des Wachens das Auge nicht zugemacht werden kann, dasselbe während des Schlafes ganz oder bis auf eine schmale Spalte geschlossen. Diese Angabe steht mit der allgemeinen Annahme, wonach das Auge auch während des Schlafes offen bleibt, im Widerspruch, sie beruht aber auf bestimmten Beobachtungen, welche ich in der neueren Zeit, wo ich mein Augenmerk speciell darauf gerichtet, gemacht habe. Es soll nicht in Abrede gestellt werden, dass Fälle vorkommen, wo sich im Schlaf das Auge wenig, vielleicht selbst gar nicht schliesst; dies hat dann besondere Gründe. Indem das Auge bei Tage beständig den äusseren Einwirkungen ausgesetzt ist und diese auch nicht durch Blinzeln abwehren kann, so tritt sehr häufig eine Entzündung der Bindehaut ein, und die mit dieser verbundene fehlerhafte Secretion raubt der Oberfläche des Augapfels und der Innenfläche des oberen Lides diejenige Schlüpfrigkeit, bei welcher das letztere leicht und ohne Mitwirkung des Schliessmuskels über den Bulbus herabgleiten kann. Ein anderer Umstand ist dieser, dass sich wegen der Erschlaffung des Orbicularis die Spannung des Levator mehrt, daher das Auge an der gelähmten Seite bekanntlich grösser erscheint; der vermehrte Tonus des Levator hat

\*) Abhandlungen über das Nervensystem. A. d. Engl. v. Kürschner. Marburg, 1840. S. 39, 51, 84.

aber (nach der § 9. gegebenen Auseinandersetzung) eine Hyper-tonie in den übrigen Geweben des oberen Lides zur Folge, welche die Senkung des letzteren mehr oder minder zu hindern vermag. Dazu kommt noch die Erschlaffung des Orbicularis, vermöge welcher das untere Lid ganz herunter und selbst vom Bulbus abfällt, und das stärkere Hervortreten des Bulbus, welches in übleren Fällen Statt hat; alles Umstände, welche der Senkung des oberen Lides und der Schliessung der Lidspalte hindernd entgegenreten.

### § 28.

Einer Erwähnung bedarf noch für die in Rede stehende Angelegenheit das Verhalten des Unterkiefers im Schlafe. An seinem Anschliessen an den Oberkiefer haben die sämtlichen ihn umgebenden Weichgebilde einen wesentlichen Antheil, indem sie ihn vermöge ihrer Conformation tragen helfen; auch ist die Schliessung der Kiefer im wachen Zustande nur gering, und es kommt daher für dieselbe der Tonus der Hebemuskeln des Unterkiefers nur wenig in Betracht, so dass dieser Tonus, so gross auch die Kraft der genannten Muskeln ist, als ein hochgradiger nicht betrachtet werden darf. Es ist demnach begreiflich, wenn sich die Stellung des Unterkiefers im Schlafe wenig ändert, namentlich wenn der Schlaf in seitlicher Lage Statt hat, wo die Schwere des Kiefers sich wenig geltend machen kann. Bei Personen, welche im Sitzen schlafen, sieht man oft, wie der Kiefer sich weit herabsenkt, indem der Tonus in den Massetern und Schläfemuskeln ganz aufhört, man sieht, wie bei Unterbrechung des Schlafes die Kiefer momentan wieder geschlossen werden und sich beim Wiedereintritt des tieferen Schlafes wieder von einander entfernen. Eine andere Erscheinung, welche durch die Senkung des Kiefers im Schlafe bedingt wird, ist das Schnarchen, denn die Erschütterung des Gaumensegels, wovon dasselbe entsteht, setzt nebst der Erschlaffung oder dem Nachlass des Tonus des Gaumensegels das Eindringen eines volleren Luftstroms in den Mund voraus, als er bei der gewöhnlichen Schliessung der Kiefer Statt hat, und es tritt daher besonders bei tieferem Schlafe und in der Rückenlage ein. Auch ist es eine bekannte Sache, dass das Schnarchen unterbrochen wird, wenn man den Schlafenden anruft und einigermaassen ermuntert, indem hier-

durch der Tonus der betreffenden Muskeln momentan wieder hergestellt wird.

Dieses zeitweise Nachlassen und Wiederauftreten der Stabilität bei Personen, welche zeitweise schlafen und wieder wach werden, oder beim Einschlafen sich wieder ermuntern, ist für die tonische Innervation sehr bezeichnend, und ich habe das schon in meinem früheren Aufsatz S. 226 an dem Kopfnicken der im Sitzen Einschlafenden erläutert. Diess hat zu einem komischen Missverständniss Veranlassung gegeben, dessen ich hier erwähne, damit es nicht von Anderen nachgeschrieben werde. Cohn\*) schreibt mir nämlich ganz ernsthaft die Annahme einer besonderen Form von Paralysis agitans zu, nämlich „das Kopfnicken einzelner Individuen, welche sich beim Einschlafen in sitzender Stellung befinden“; ich habe aber wirklich und ganz deutlich nur von dem ganz bekannten Kopfnicken der im Sitzen einschlafenden Menschen, nicht von einer krankhaften Erscheinung gesprochen. Cohn meint, man finde bei genauerer Untersuchung der Halsmuskeln in jenem Fall jedesmal Zustände der Contraction, wie im willkürlichen Verhalten. Das wird beim Einschlafenden wohl schwer zu constatiren sein, da er eben noch nicht schläft, sondern noch auf alle Reize reagirt und Muskelcontractionen vornimmt, also auch auf explorirende Berührungen.

### § 29.

Eine andere Thatsache, welche das Aufhören der tonischen Innervation im Schlafe beweist, ist das Schwinden gewisser Stabilitätsneurosen während desselben, so der Paralysis agitans, was ich in meiner früheren Abhandlung besprochen habe und was auch durch neuere Beobachtungen bestätigt wird. Kaiser erwähnt\*\*) einer Contractur des linken Kopfnickers, welche im Schlafe verschwand und beim Erwachen sogleich wieder eintrat. Endlich erinnere ich daran, dass beim Trismus während des Schlafes sich die Kiefer öffnen und dass ebenso beim Tetanus, wenn es zum Schlaf kommt, die Muskeln sich in einem erschlafften Zustande befinden.

\*) in seinem Aufsatz über Paralysis agitans in der Wiener medicin. Wochenschrift 1860. No. 18—20.

\*\*) Deutsche Klinik 1853. No. 29. S. 318.

## Tonus im Tode.

## § 30.

Es darf nicht erst auseinandergesetzt werden, dass das Aufhören des Tonus im Schläfe ein Beweis für die Abhängigkeit desselben von dem Nerveneinflusse ist. Wie der Schlaf, so macht auch der Tod, nur sofort mit seinem Eintritt und vollständig den Tonus schwinden; alle Theile des Körpers sind ohne Haltung, die durch das Uebergewicht gewisser Muskelgruppen bedingte Stellung der Glieder, welche man von dem verschiedenen Grade der (todten) Elasticität der Muskeln abzuleiten gesucht hat, ist verschwunden, der Ausdruck des Gesichts, soweit er von den Muskeln desselben abhängt, ist verloren, die finstere Stirn ist geglättet, der oft lange Zeit bestandene und dadurch stabil gewordene Ausdruck des Schmerzes ist verschwunden, das Gesicht hat den Ausdruck der Ruhe bekommen. Wundt meint, wenn der Gesichtsausdruck von dem Muskeltonus abhinge, so müssten alle Leichen die gleiche Physiognomie haben; das kann kaum ernsthaft gesagt sein, da die Physiognomie ausser vom Muskeltonus noch von anderen Verhältnissen abhängt, und Niemand erwarten wird, dass mit dem schwindenden Muskeltonus eine spitze und eine stumpfe Nase, eine hohe und eine niedrige Stirn gleich werden. Auch der Tonus der Sphincteren hat aufgehört und flüssige Darmcontenta fliessen daher von selbst ab, während die consistenteren sich bei Mangel einer sie austreibenden Kraft mechanisch verhalten, selbst der Harn geht unter Umständen in Tropfen und selbst in einem continuirlichen Strom ab (Auerbach), was jedoch in der Regel durch leicht ersichtliche mechanische Verhältnisse und durch den elastischen Blasenverschluss verhindert wird. Bisweilen erlischt der Tonus, namentlich der Sphincteren schon vor dem Tode, daher die unwillkürlichen Abgänge an dem Ende sehr verschiedener, nicht etwa mit spinaler Lähmung verbundener Krankheitszustände.

## Tonus in der Ohnmacht.

## § 31.

Dieselben Erscheinungen, wie im Tode, ebenfalls sofort eintretend, nur in verschiedenem Grade bemerkt man bei der Ohn-

macht und sie bietet oft so ganz und gar das äussere Bild des Todes dar, dass man, um sie davon zu unterscheiden, sorgfältigst auf die Fortdauer innerer Thätigkeiten untersuchen muss. M. Hall's Annahme, dass auch während der Ohnmacht ein gewisser Grad von Muskeltonus fortbestehe, gilt nur für die leichteren Grade des Zustandes. Schon die Etymologie der Benennung Syncope belehrt uns, dass zu den wesentlichen Zeichen der Ohnmacht das Aufhören der Muskelspannung gehört, und dies geht bei einer vollkommenen Ohnmacht so weit, dass der Unterkiefer heruntergesunken und die Sphincteren erschlafft sind.

#### Tonus in der Chloroformnarkose.

#### § 32.

Die Wirkungen des Chloroforms sind ganz besonders als Beweis für die Abhängigkeit des Tonus vom Nervensystem hervorgehoben worden; von anderer Seite hat man aber gesagt, dass nicht der Tonus, sondern nur die willkürliche Contraction der Muskeln in der Chloroformanästhesie aufgehoben sei. Das hängt mit der Ansicht zusammen, welche man über die Haltung des Körpers und seiner einzelnen Theile hat. Betrachtet man sie als einen Akt der Willkür, so kann man die auffälligste Erscheinung in der Chloroformnarkose, die allgemeine Erschlaffung allerdings ohne die Annahme, dass der Muskeltonus aufgehoben sei, abfertigen, besonders wenn die Chloroformwirkung auf einem Grad erhalten wird, über den beim Menschen hinauszugehen Diejenigen oft nicht entschlossen sind, welche mit der Anwendung des Mittels nicht durch häufige Anwendung vertraut wurden. Lässt man die volle Wirkung des Chloroforms eintreten, so trifft man auf Erscheinungen, zu deren Erklärung die Aufhebung der willkürlichen Muskelaction nicht ausreicht. So treten die Vorderarme, wenn sie herabhängen, in die volle Extension, es hört also die mässige Flexion derselben auf, welche die Gegner der tonischen Innervation nicht von einer willkürlichen Contraction, sondern von der grösseren Elasticität der Flexoren des Vorderarms ableiten; es verlieren die Augen ihre convergente, nach vorn gerichtete Stellung, welche nicht von Willkür, sondern von dem durch den Lichtreiz bedingten Reflexonus

herrührt, endlich schwindet der Tonus der Sphincteren, so dass bei seitlicher Lage des Kopfes der Speichel aus dem Munde fliesst, dass, wenn das Rectum gefüllt ist, Flatus und dünne Faeces sich entleeren und selbst der Harn abgeht. Von dieser Wirkung auf die Sphincteren kann man sich direct durch Untersuchung des Afterschliessers überzeugen, welcher, wenn ein hoher Grad von Chloroformnarkose herbeigeführt ist, sich vollständig schlaff zeigt, so dass man den After auseinander und beliebig nach jeder Richtung hinziehen und den unteren Theil des Mastdarms ohne Beihülfe eines Speculum der Besichtigung zugänglich machen kann.

Auch in anderen Beziehungen tritt die Wirkung des Chloroforms auf den Tonus deutlich hervor. Dies ist einmal der Fall bei der Reposition von fehlerhaften Lagen, namentlich von Verrenkungen; wie sehr sie durch eine, jedoch immer bis zur vollen Wirkung fortgesetzte Anwendung des Chloroforms erleichtert wird, weiss jeder praktische Chirurg. Man hat gesagt, dies hänge nicht von einer Aufhebung des Muskeltonus ab, sondern von der Beseitigung „accidenteller unzweckmässiger Gegenanstrengungen der Patienten“ (Werner). Das ist es jedoch nicht, was eine unbefangene Beobachtung der Sache lehrt. Von willkürlichen Gegenanstrengungen der Patienten kann wenigstens, wenn diese erwachsene und verständige Personen sind, überhaupt nicht die Rede sein, und darum handelt es sich doch hier zunächst, ob durch die Chloroformnarkose nur die willkürliche Action der Muskeln aufgehoben wird. Es könnten nur unwillkürliche Gegenanstrengungen, Reflexcontractionen sein, aber davon bemerkt man in der Regel bei der Reposition von Luxationen ausser der Chloroformnarkose nichts. Wird letztere nicht bis zum vollen Maasse gesteigert, dann treten während derselben bei den Repositionsversuchen jene unwillkürlichen Gegenanstrengungen ein und da erfährt man, wie sie aussehen und welche Hindernisse sie darbieten. Das ist auch eine jetzt wohl allgemein anerkannte Thatsache, wie wenig die früher angenommenen Contractionen gewisser Muskelpartien als Hinderniss der Reposition in Wirklichkeit vorkommen; wohl aber muss die natürliche Spannung der Muskeln durch die Extension überwunden werden, und es ist begreiflich, dass dieselbe bei den einzelnen Arten



der Verrenkungen in dem einen Muskel grösser ist, als in dem anderen. Am besten beurtheilt man die Sache nach dem, was man an Gelenken beobachtet, die von einer starken Muskulatur umgeben sind, wie das Schenkelgelenk; ich habe Schenkelluxationen vor und nach Einführung des Chloroforms reponirt und was ich gefunden habe, ist, dass man in der Chloroformnarkose dieselben Hindernisse, wie ausser derselben, nur bei einem viel geringeren Grade von Spannung der Theile zu überwinden hat, oder mit anderen Worten, dass man mit geringerem Kraftaufwand auskommt.

In einer anderen Weise erfährt man den Einfluss der Chloroformnarkose auf den Tonus der Muskeln bei anderen Gelenkleiden. Die fehlerhafte Stellung des Gliedes, welche bei Coxalgie und den gleichen Krankheiten anderer Gelenke vorhanden ist, schwindet, soweit sie durch Muskelhypertonie bedingt und nicht etwa durch organische Veränderungen des Gelenkes und seiner Umgebungen fixirt worden ist, in der Chloroformnarkose entweder von selbst oder unter einer mässigen Kraftanwendung, und das Glied, was bis dahin steif war, wird nach allen Richtungen hin beweglich, aber bei dem Verschwinden der Chloroformwirkungen kehrt mit dem Muskeltonus die fehlerhafte und feste Stellung des Gliedes zurück. Das ist eine Beobachtung, welche zu machen jeder Chirurg Gelegenheit nehmen kann (einen derartigen Fall theilt Ross in der deutschen Klinik 1854, S. 99 mit) und in der wir sehen, wie bei willkürlichen, der Bewegung der Knochen dienenden Muskeln der (übermässige) Tonus durch eine Einwirkung auf das Nervensystem für die Dauer derselben schwindet. Die Gegner der tonischen Innervation werden vielleicht zu der alten Behauptung ihre Zuflucht nehmen, dass die fehlerhaften Stellungen der Glieder bei entzündlichen Gelenkleiden aus willkürlicher, auf Minderung des Schmerzes abzielender Muskelaction hervorgehen, aber das ist eine, längst von mir (Stabilit. S. 246) und Anderen widerlegte Annahme, und es ist auch bei jenen Stellungen gar nicht, wie man sich dies vielfältig vorstellt, Contraction einzelner Muskeln oder Muskelgruppen, z. B. der Flexoren vorhanden, sondern der ganze Muskelapparat des betr. Gelenks befindet sich in einem abnormen Tonusverhält-

nisse, wie ich dies in Betreff der Coxalgie bei einer anderen Gelegenheit auseinandergesetzt habe \*).

In ganz unzweideutiger Weise zeigt sich der Einfluss der Chloroformnarkose auf den Muskeltonus bei der Behandlung der Ankylosen mittelst gewaltsamer Streckung, bei welcher vermittelt eben jenes Einflusses die früher angewandte Durchschneidung der Muskeln und Sehnen unter gewissen Verhältnissen ihrer Contractur unnöthig gemacht worden ist. Wenn die hier in Betracht kommenden Muskelcontracturen wirklich in willkürlichen Actionen während einer, der Ankylose vorhergegangenen Gelenkentzündung ihren Ursprung gehabt hätten, so könnte doch nimmer eine Unterhaltung derselben durch den Willen behauptet werden, und das Chloroform könnte daher nicht durch temporäre Vernichtung des Willenseinflusses wirksam sein. Ebenso unzweideutig tritt der Chloroformeinfluss hervor bei denjenigen Hypertonien, welche als dehnbare bei gewissen Lähmungen vorkommen und welche mit dem Eintritt der Chloroformwirkung verschwinden und mit dem Aufhören derselben wieder auftreten, wie ich dies nach meinen Beobachtungen ausführlicher erörtern werde, wenn es mir möglich sein wird, eine vollständigere Darstellung der genannten Hypertonien zu geben. Hier kann ebenfalls nicht von der Aufhebung des Willenseinflusses durch das Chloroform die Rede sein, denn bei diesen Paralysen, welche zu den cerebralen gehören, hat der Wille auf die Muskeln, auch auf die in Hypertonie befindlichen überhaupt keinen Einfluss mehr. Endlich schwinden auch andere Stabilitätsneurosen während der Chloroformanästhesie, so das Zittern (nach einer Beobachtung von P. Niemeyer \*\*); Strabismus, welcher von Hypertonie des M. rectus internus abhängt, mindert sich und hört selbst ganz auf. Dass der Nystagmus in der Chloroformnarkose verschwindet, ist schon von Jüngken beobachtet worden \*\*\*).

\*) Monatsschrift für Geburtskunde 1859. Bd. XIII. Heft 3. S. 340.

\*\*) Deutsche Klinik 1858. S. 246.

\*\*\*) Ueber die Anwendung des Chloroforms bei Augenoperationen. Berlin, 1850. S. 15.

## Einfluss des Gemüths auf den Tonus.

## § 33.

Noch ein anderer Beweis für die Abhängigkeit des Tonus der Muskeln und speciell der willkürlichen von dem Nerveneinfluss ist in den Wirkungen gegeben, welche Gemüthszustände auf jene ausüben. Deprimirende Affecte, wie Furcht, Angst, Schrecken führen, indem sie die Thätigkeit des ganzen Nervensystems herabsetzen, beim Menschen Zittern herbei, d. h. eine Erschlaffung der Muskeln, wobei diese die Glieder nicht mehr in fester Lage zu erhalten vermögen; diese Erschlaffung zeigt sich überdies in der Haltung des ganzen Körpers und kann bis zum Zusammenbrechen des Körpers und zur Ohnmacht steigen. Selbst der Tonus der Sphincteren unterliegt dem deprimirenden Einflusse, und die Excremente gehen unwillkürlich ab. Denselben Einfluss der Gemüths-affecte wie beim Menschen beobachtet man auch bei Thieren; auch bei ihnen treten die angeführten Erscheinungen einschliesslich der Erschlaffung der Sphincteren auf und zwar um so mehr, je weniger die Thiere durch körperliche Kraft und Gewandtheit oder durch Schlaueit einer auf sie eindringenden Gefahr sich zu entziehen vermögen. Auch nach entgegengesetzter Richtung hin sieht man diesen Einfluss des Gemüths. Wie richtet eine frohe Botschaft den vom Kummer gebeugten Menschen körperlich, wie geistig auf! welche Haltung und welche Festigkeit der Haltung geben Selbstvertrauen, Muth, Stolz dem Körper! Das ist ebenso wenig als Ausdruck einer willkürlichen Muskelthätigkeit zu betrachten, wie die aufrechte Haltung des Körpers überhaupt. Das sieht man auch daran, dass ein Kleinmüthiger eine stolze Körperhaltung allenfalls momentan zu affectiren, auf die Dauer anzunehmen aber nicht im Stande ist. Es fällt auch in der That dem Muthigen nicht ein, muthig aussehen zu wollen, und der affectirte Muth erzeugt nur das travestirte körperliche Bild des wahrhaft Muthigen, welches schwindet, sobald der Affectirende durch einen einschüchternden Eindruck den Kopf verliert, denn das geistige Kopfverlieren ist wie das körperliche mit einem freien Hervortreten aller Reflexerscheinungen verbunden. — Dies hängt Alles damit zusammen, dass sowie körperliche Reize Reflexbewe-

gungen, ebenso psychische Reize ohne Vermittelung des bewussten Willens motorische Reactionen erzeugen, und dass vorherrschende Stimmungen und Bewegungen des Gemüths, die herrschenden Strömungen unseres Geistes, wie ich es früher genannt habe, Eigenthümlichkeiten der Stabilität, welche nicht durch den Willen vermittelt sind, zur Folge haben, was hier weiter auszuführen, ich deshalb unterlassen kann, weil ich diesen Gegenstand früher besprochen habe (über Stabilität etc. S. 255 u. a.). Auch von anderer Seite hat diese Sache dieselbe Auffassung erfahren. „Mimische Gesichtsausdrücke, sagt Piderit\*), wenn sie sich häufig wiederholen, werden zu physiognomischen. Diese Behauptung stützt sich auf die physiologische Thatsache, dass Muskeln, welche häufig in Thätigkeit versetzt werden, sich kräftiger ausbilden, leichter erregbar werden und auch im Zustande der Ruhe in einer gewissen Spannung verharren. Ein physiognomischer Gesichtsausdruck ist also ein habituell gewordener mimischer Ausdruck.“

#### Kritik der Versuche.

##### § 34.

Es ist hier der Ort, schliesslich derjenigen Experimente zu gedenken, welche von Physiologen angestellt worden sind und aus denen man in neuerer Zeit schliessen zu dürfen geglaubt hat, dass der Tonus der Muskeln überhaupt oder wenigstens der zur Bewegung des Knochensystems dienenden nicht unter dem Einfluss des Nervensystems stehe, dass vielmehr ihre Spannung im Zustande der Ruhe auf Rechnung der Elasticität ihrer Substanz zu setzen sei (Auerbach). Diese Versuche sind zahlreich und ihre Geschichte beginnt mit M. Hall\*\*), welcher bei einer enthaupteten Schildkröte sah, dass nach Hinwegnahme des Rückenmarks die Extremitäten schlaff wurden und alle Widerstandskraft verloren, der Sphincter seine runde Form einbüsste und schlaff und hängend war, und dass auch der Schwanz herabhing. Aehnliche Versuche an Fröschen und Tritonen gaben immer dasselbe Resultat. Zwei

\*) in Laehr's Zeitschrift f. Psychiatrie. XVIII. 2. S. 222.

\*\*) Abhandl. üb. d. Nervensystem. S. 14, 96, 97.

Kaninchen wurden enthauptet und dem einen ausserdem das Rückenmark vorsichtig durch ein scharfes Instrument zerstört; bei jenem behielten die Extremitäten einen gewissen Grad von Festigkeit und Elasticität, bei dem zweiten waren sie vollständig erschlaft. Die Verschiedenheit war sehr ausgeprägt, sagt M. Hall; gleichwohl ist gegen diese Versuche eingewandt worden, die Beobachtung ruhe bei ihnen nur auf dem ungefähren Augenschein, und sie seien deshalb als wissenschaftliche Beweismittel für so delicate Fragen ohne Gewicht. Es bedarf indessen nicht des Fernrohrs und Millimetermaasses, um eine ohne dies sehr ausgeprägte Sache wahrzunehmen; die Versuche haben vor den neueren den grossen Vorzug, dass sie verhältnissmässig einfach waren und diejenigen Umstände vermieden, von denen man sagen kann, dass sie an sich die tonische Innervation beeinträchtigen, und es ist sehr bemerkenswerth, dass Brondgeest, der zu der Einfachheit der M. Hall'schen Versuche zurückkehrte, dieselben affirmativen Resultate erhielt. — Kürschner \*) machte einen ähnlichen Versuch an einem decapitirten Frosch und mit demselben Ergebniss wie M. Hall.

Volkman \*\*\*) gibt an, dass der Tonus augenblicklich schwindet, wenn man die motorischen Wurzeln der Rückenmarksnerven durchschneidet, dagegen gar nicht oder doch spät und nur in Folge gestörter Nutrition bei Durchschneidung der sensiblen Wurzeln. Ferner, dass man den nach Durchschneidung eines Nerven verloren gegangenen Tonus dadurch herstellen kann, dass man den durchschnittenen motorischen Nerven einem schwachen Strom des magnet-elektrischen Rotationsapparats aussetzt und das Rad der Maschine so schnell dreht, dass die Wirkung des zweiten beginnt, ehe die des ersten aufhört. Auch durch die Versuche von Stilling \*\*\*), welche von den neueren Schriftstellern über den Tonus fast keiner erwähnt, ist die tonische Innervation bestätigt worden; da nach denselben es jedoch die hinteren Wurzeln der Rücken-

\*) in seinen Zusätzen zu der Uebersetzung von M. Hall. S. 156.

\*\*) in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. (Braunschweig, 1844.) S. 484.

\*\*\*) Archiv für physiologische Heilkunde von Roser und Wunderlich. Jahrg. I. (Stuttgart, 1842.) S. 97 ff.

marksnerven sind, von denen der Tonus der Muskeln abhängt, so wollen wir auf dieselben später (bei Brondgeest's Versuchen) zurückkommen.

### § 35.

Auf diese die tonische Innervation bestätigenden Versuche folgten dann entgegenstehende. Man hat diese in verschiedener Weise angestellt, im Allgemeinen aber so, dass man innervirte und nicht innervirte Muskeln verglichen hat, ob sie sich ungleichmässig zurückziehen oder durch eine gleiche Last ungleichmässig ausgedehnt werden.

Zunächst habe ich hier zu bemerken, dass nach den Versuchen von Ed. Weber der lebende unthätige Muskel, sowie der todt unausdehnbarer, steifer und unbeugsamer als der thätige Muskel ist \*), also dass wenn mittelst Durchschneidung oder sonstiger Erldtung des Nerven der Muskel unthätig gemacht wird, seine Dehnbarkeit abnimmt und sein Elasticitätsmodulus grösser wird. Es war demnach die Erwartung der Experimentatoren, dass wenn es eine tonische Innervation gebe, der nicht innervirte Muskel sich weniger zurückziehen oder durch ein Gewicht stärker ausgedehnt werden müsse, nicht wohl begründet. Wenn der tonisch innervirte Muskel kürzer ist, als der atonische und einer äusseren Dehnung einen grösseren Widerstand entgegensetzt, so geschieht dies nicht vermöge einer Vergrösserung seines Elasticitätsmodulus, sondern vermöge eines veränderten Aggregatzustandes seiner Molecüle, welche näher aufeinandergerückt sind und in dieser Annäherung trotz der grösseren Dehnbarkeit des Muskels durch die fortgehende Innervation erhalten werden, gerade sowie der contrahirte Muskel trotz der experimentell nachgewiesenen Verminderung seiner Elasticitätsgrösse und Vermehrung der Dehnbarkeit kürzer ist und einer Dehnung grösseren Widerstand leistet, als der nicht contrahirte. Es wird demnach im concreten Fall darauf ankommen, ob die durch die aufgehobene Innervation bedingte Veränderung des Aggregatzustandes, oder die durch eben jene erzeugte Verminderung der Dehnbarkeit des Muskels überwiegend ist und in die

\*) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. 2. S. 116, 122.

Erscheinung tritt, oder ob sich beide aufwiegen und gar keine Veränderung hervortreten lassen, gerade so, wie nach Ed. Weber's Versuchen der durch den Rotationsapparat hervorgerufene Thätigkeitszustand eines belasteten Muskels mit einer Verkürzung, einer unveränderten Länge oder selbst einer Verlängerung desselben verbunden sein kann \*).

Das ist ein Einwurf gegen die Schlüsse, welche man aus den die tonische Innervation verneinenden Experimenten gezogen hat, im Allgemeinen. Sehen wir hiernach die Versuche der verschiedenen Experimentatoren im Einzelnen an, so ergeben sich noch mannigfach anderweitige Einwendungen.

### § 36.

Man beginnt die Reihe dieser Versuche gewöhnlich mit denen Ed. Weber's. Dieser fand \*\*), dass nach der Durchschneidung des N. ischiadicus die Discision der Achillessehne eine beträchtliche Zurückziehung dieser Flechse zur Folge hatte, die sich nicht wieder verlor; er folgerte daraus, dass dies nur von der Elasticität, nicht von einer „thätigen Contraction“ der Muskeln herrühren könne, nach welcher sich die Zurückziehung überdies wieder würde verloren haben. Dies ist kein Experiment, welches über den Tonus entscheidet, sondern über eine active Contraction, d. h. über motorische, nicht über tonische, stabile Innervation; es ist damit nur bewiesen, dass die Muskeln vermöge ihres gespannten Zustandes auch während ihrer Unthätigkeit Zugkräfte ausüben, diese schliessen aber die tonische Innervation nicht aus, und Weber hätte, wie schon von anderer Seite erinnert worden ist, zeigen müssen, dass die Achillessehne sich nach Discision des Nerven gerade ebenso sehr zurückziehe, wie ohne diese. Schon früher hatte Pirogoff \*\*\*) beobachtet, dass die Durchschneidung der Achillessehne, wenn sie unter gleichen Verhältnissen im lebenden und im toten Körper unternommen wurde, einen ganz ähnlichen Erfolg hatte, und er leitet deshalb die nach derselben eintretende Zurückziehung der

\*) Weber in Wagner's Handwörterbuch. III. 2. S. 97, 116.

\*\*) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. 2. (Braunschweig, 1846.) S. 107.

\*\*\*) Ueber die Durchschneidung der Achillessehne. Dorpat, 1840. S. 14.

Wadenmuskeln nicht von activer Contraction ab, sondern betrachtet sie als Wirkung der „organischen Elasticität“ der Muskeln. Von diesem Experiment gilt Gleiches wie von dem Weber's, nicht zu gedenken, dass es nicht klar ist, was mit der organischen Elasticität im todten Körper gemeint sein soll.

### § 37.

Werner\*) und Schiff\*\*) stellten Versuche an, welche sich directer auf den Tonus bezogen. Eine Reihe Versuche Werner's, um zu ermitteln, ob während der Ruhe des Gliedes die Muskeln sich in Spannung oder in vollkommener Ruhe befinden, prüfte die Dehnbarkeit der Fingerbeuger vergleichend bei lebenden und todten Menschen; diese Versuche würden, wenn sie einwandsfrei wären, nur den vorausgeschickten Satz beweisen, indem die Flexoren bei Leichen fast durchaus einen grösseren Widerstand leisteten, als bei lebenden. In anderen Experimenten machte Werner an den Extremitäten von Fröschen und jungen Hühnern Kreisschnitte durch die Muskeln bis auf die Knochen und fand beim Messen den Abstand der Wundlücken gleich gross an der gesunden Extremität eines lebenden Thieres, an der mittelst Durchschneidung der Nerven gelähmten, bei todtm Thiere, an einem enthaupteten und an einem, dessen Rückenmark quer durchschnitten war. Schiff machte, da bei eben getödtetem Thiere noch Reste von Nerventhätigkeit vorhanden sein können, ähnliche Versuche bei lebenden, getödteten und bei mit Rhodankalium vergifteten Fröschen, und überall zeigte die Zurückziehung der Muskeln „im Mittel“ dieselbe Grösse. Schiff geht dabei von der Annahme aus, dass durch Rhodankalium alle neuromusculäre Contraction schnell aufgehoben werde; es ist aber nachgewiesen, dass dieses Gift zwar die Leistungsfähigkeit der Muskeln schnell aufhebt und sie todtenstarr macht, aber nicht oder (bei localer Application) nur sehr langsam die Thätigkeit der peripherischen motorischen Nerven vernichtet\*\*\*), dass es also die Eigenschaften der Muskeln durch directe Einwirkung auf diese und nicht von den Nerven aus verändert.

\*) Reform der Orthopädie. Berlin, 1851. S. 3 ff.

\*\*) Lehrbuch der Physiologie. Jahr 1858. S. 32.

\*\*\*) Funke, Physiolog. I. S. 821.



Das gemeinsame Resultat aller jener Versuche kann nach dem vorausgeschickten Satze nur als nichts entscheidend angesehen werden; ich habe aber ausserdem in Betreff dieser Experimente zu bemerken, dass ich zwar nicht Versuchs halber und bei Thieren, wohl aber oft genug beim lebenden Menschen Muskeln quer durchschnitten habe, um sagen zu können, dass danach eine so ungeordnete Thätigkeit in den Muskeln, krampfhaftige Zurückziehungen und Verlängerungen, eintreten, dass ich daraus einen Schluss auf das normale Verhalten derselben, zu dem doch der Tonus gehört, zu machen nicht im Stande sein würde, und wenn nach Pirogoff die Zurückziehung eines quer durchschnittenen Muskels bei eben getödtetem Thiere gerade ebenso gross ist, wie beim lebenden, wenn bei diesem alle sensible Reizung vermieden wird, nämlich so, wie sie durch die Elasticität der Muskeln bedingt ist, so fragt man natürlich, auf welche Weise die sensible Reizung, einschliesslich der zu Reflexcontractionen führenden vermieden wurde. Derartige Versuche sind auch von späteren Experimentatoren als ungenügend betrachtet worden.

### § 38.

In einer berechneteren Weise haben Heidenhain\*) und Auerbach\*\*) ihre Versuche angestellt; aber in Betreff dieser muss zunächst an den Einfluss psychischer Affecte auf den Tonus erinnert werden. Die Vertheidiger der tonischen Innervation können nicht ohne Weiteres zugeben, dass bei den Thieren während des schmerz- und angstvollen Versuchs in den Muskeln, an denen man die Spannung prüfte, noch der Tonus, sofern er vom Nervensystem bedingt wird, fortbestand, und die Gegner können dies nicht beweisen, ohne sich selbst zu widerlegen. Ein Kaninchen wird auf einer eignen Vorrichtung befestigt und ihm jede Bewegung des hinteren Theiles unter starker Anspannung desselben (Auerbach) unmöglich gemacht; in Heidenhain's Versuchen wurde an beiden hinteren Extremitäten ein breites Leinwandband zwischen Knochen und Muskulatur durchgezogen, um sie an das Brett an-

\*) Physiologische Studien. Berlin, 1856. S. 32.

\*\*) Im 34sten Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Breslau, 1856. S. 127.

zuschnüren, ebenso zwischen Achillessehne und Unterschenkelknochen, um auch die Unterschenkel anzuschnüren, und dann wurden noch die rechtwinklig gebogenen Beine auf einem Brette fixirt. Ferner wird dem Thiere die Haut von der Achillessehne abgelöst, diese vom Calcaneus oder nebst diesem abgetrennt, der ischiadische Nerv entblösst; — wie soll man annehmen, dass nach solchen Martern die tonische Innervation noch fortbestand! Es kommt aber hier nicht blos der psychische Einfluss auf den Tonus in Betracht, sondern auch die Entblössung und Verwundung der Sehne auch wohl der dazu gehörigen Muskeln, die Blosslegung des Nerven und was sonst Alles bei den Versuchen Statt gehabt hat, sind Umstände, welche man keineswegs als gleichgültig für die tonische Innervation betrachten darf. Insbesondere muss die bei den Versuchen Statt habende, wenn auch nur theilweise Enthäutung des Gliedes in Anschlag gebracht werden, da von den hierbei zerstörten sensiblen Hautnerven aus nach den übereinstimmenden Versuchen von Müller, Pflüger u. A. vorzugsweise die Reflexerscheinungen bedingt werden und den Tonus zu diesen zu rechnen, alle Veranlassung vorhanden ist. Heidenhain hat noch eine andere Reihe von Versuchen gemacht, nämlich an Fröschen. Nach Unterbindung der Aorta und Freilegung des Nervus ischiadicus der einen Seite wurde der Adductor magnus und Semimembranosus derselben Seite präparirt, dann beide Oberschenkel exarticulirt und entfernt, quer durch die Pfannen ein dreikantiger Spiess gestossen und dieser an einem vertikal stehenden Brett befestigt, an welches der Frosch noch mit den vorderen Extremitäten durch seidene Schnüre festgeschnürt wurde. An dem unteren Ende der Muskelgruppe war das obere Stück der Tibia sitzen gelassen, um es durch eine Klemmschraube mit dem Apparat zum Messen in Verbindung zu setzen. Es lässt sich in der That nicht annehmen, dass nach Unterbindung der Aorta und nach einer solchen Verstümmelung in dem von den Hinterextremitäten gelassenen Fetzen Fleisch ein normales physiologisches Verhalten, wie es doch der Tonus ist, noch fortbestand. Der Experimentator hat diesen Einwurf selbst gefühlt und führt dagegen an, dass das Eintreten willkürlicher Zuckungen die Leitung vom Rückenmark zum Muskel

und die Contractilität des letzteren als intact darthäten, indessen erscheint die Willkürlichkeit der Zuckungen sehr zweifelhaft, da sie auch nach der Nervendurchschneidung noch eintraten und daher viel wahrscheinlicher in dem peripherischen Reiz der Dehnung ihren Grund hatten. Heidenhain hielt es selbst für nothwendig, in einer zweiten Reihe von Versuchen die starke Insultation zu vermeiden und er stellte daher die erwähnten Experimente an Kaninchen an. Dass diese jedoch in der in Rede stehenden Beziehung nichts weniger als einwandsfrei seien, wurde eben besprochen, und wenn Heidenhain darzuthun sucht, dass vor der Durchschneidung der Nerven die Innervation der Muskeln noch fort-dauerte und nach derselben verschwunden war, so ist dagegen zu bemerken, dass Innervation und tonische Innervation nicht einerlei ist. Unter tonischer Innervation ist ein bestimmtes, vom Rückenmark aus regulirtes Maass der Innervation eines Muskels zu verstehen; es kann die Innervation unter dieses Maass gesunken d. h. der Muskel kann atonisch, die Innervation verschwindend klein geworden sein, und der Muskel zieht sich doch noch auf an den Nerven angebrachte Reize zusammen. Dies erläutert sich sehr gut aus den (nachher noch zu erwähnenden) Stilling'schen Versuchen, in denen die Muskeln „ihren Tonus eingebüsst“ hatten, ganz schlaff und dennoch zu spontaner kräftiger motorischer Thätigkeit vollkommen befähigt waren.

Das sind Einwürfe, welche auch gegen andere als Heidenhain's Versuche gehen. Die letzteren sind aber von Auerbach aus einem ganz anderen Grunde zurückgewiesen worden, indem nämlich bei ihnen der Nervus ischiadicus an einer Stelle durchschnitten wurde, wo er schon die wichtigsten der mit der Achillessehne beim Kaninchen verbundenen Muskeln mit Zweigen versorgt hat; dies sind lange und verhältnissmässig starke Oberschenkelmuskeln, welche den Gastrocnemius so sehr überwiegen, dass dessen Einfluss auf Nachgeben der Achillessehne bei mässiger Belastung verschwindend klein sein kann. Endlich ist von verschiedenen Seiten gegen die Heidenhain'schen Versuche das Bedenken ausgesprochen worden, dass bei ihnen wohl der Muskel überlastet worden sei, so dass er überhaupt keiner weiteren Ausdehnung mehr

fähig war. Dies Bedenken erscheint vollkommen begründet, denn die tonische Kraft des Muskels ist nur gering; nach Brondgeest's Versuchen wird derselben in den Muskeln einer hinteren Extremität des Frosches durch 0,5 bis 2 Grammen das Gleichgewicht gehalten, und Heidenhain beschwerte in den Versuchen an Fröschen die Muskeln mit 15 bis 25 Grammen, bei Kaninchen mit 55 bis 105 Grammen. Und dies ist um so erheblicher, je länger vor der Nervendurchschneidung die Belastung begonnen hatte und durch ihre Dauer schon eine Ermüdung und gänzliche Erschlaffung der Muskeln herbeizuführen im Stande war; sie währte bei Fröschen 14—18, bei Kaninchen 12—25 Minuten. Dass eine Ueberlastung wirklich stattgefunden habe, ergibt sich auch aus einem Vergleich mit den Versuchen Auerbach's, denn in diesen zeigte sich immer nach der Nervendurchschneidung eine auffallende Verlängerung des Muskels, „wenn dieser vorher nicht allzusehr ausgedehnt war.“ Dies hatte bei Heidenhain nicht Statt und lässt sich nicht etwa darauf schieben, dass hier nicht alle mit der Achillessehne zusammenhängenden Muskeln vom Nerveneinflusse befreit worden waren, denn bei Auerbach fand dies auch in den Muskeln der anderen Extremität statt, deren Nerven undurchschnitten waren. Endlich wenn man von allen diesen Einwürfen absehen wollte, was wäre für die Entscheidung der Frage über die tonische Innervation damit gewonnen, dass sich der Muskel, dessen Nerv durchschnitten ist, nicht stärker dehnen lässt, als derjenige, dessen Nerv unverletzt ist, da nach dem Eingangs angeführten Satze die Dehnbarkeit eines Muskels in Folge der Durchschneidung seines Nerven sich vermindert und dies die von der tonischen Innervation abhängige Spannung zu compensiren vermag.

#### § 39.

Von Auerbach's Versuchen war das Resultat nicht, dass ein Muskel, dessen Nerv durchschnitten war, durch ein Gewicht ebenso sehr ausgedehnt wurde, wie der gleichnamige, dessen Nerv nicht discidirt worden, wie man für den Schluss, den Auerbach daraus zieht, erwarten sollte; sondern dass vielmehr der Muskel bei durchschnittenem Nerven in den meisten Fällen weniger ausgedehnt wurde, also weniger dehnbar war, als bei unversehrtem

Nerven. Das ist ein Resultat, was eine verschiedene Erklärung zulässt und deshalb nicht ohne Weiteres einen Schluss gestattet. Man muss zunächst fragen, ob nicht die Nervendurchschneidung noch auf andere Weise, als durch die blosse und directe Aufhebung der Innervation auf den Muskel wirke. Es wurde durch die Nervendurchschneidung in den betreffenden Muskeln sowohl, wie in den gleichen Muskeln der anderen Extremität und im ganzen Körper eine Zuckung hervorgerufen, nach welcher erst die Ausdehnung der Muskeln eintrat. Diese Zuckung war in den letztgenannten Muskeln eine Reflexcontraction, in den ersteren dagegen konnte sie dies nicht sein, da mit der Nervendurchschneidung die Leitung zu ihnen vom Rückenmark her aufgehoben wurde; sie war nur von einer directen Reizung des Nerven unterhalb des Schnittes abzuleiten, und so wird man zu der Frage geführt, ob in dem peripherischen Nerventheile nicht durch den Schnitt und nach diesem durch die Einwirkung der Luft auf den verwundeten Nerven, das Trockenwerden desselben an der Luft u. s. w. eine Reizung unterhalten wurde, welche die vorher vom Rückenmarke ausgehende Innervation für die Spannung des Muskels nicht allein ersetzte, sondern sogar übertraf? Man sagt zwar, dass auf eine Zuckung eine Ermüdung des Muskels und damit eine grössere Dehnbarkeit des letzteren folgen müsse. Dass indessen ein vorübergehender Reiz, noch vielmehr also ein andauernder, wie er bei einem durchschnittenen Nerven durch die äusseren Einflüsse (Luft) Statt hat, eine dauernde Zusammenziehung von Muskeln zur Folge haben kann, das beweisen die Versuche, wo eine auf äusseren Reiz bei Fröschen eingetretene Beugung des Beines eine halbe Stunde (Brondgeest), eine nach der Durchschneidung des Rückenmarkes spontan (auf inneren Reiz) eingetretene 3—4 Stunden (Jürgensen) fort dauerte. Harless beobachtete nach Durchschneidung des N. ischiadicus an gewissen Stellen bei Fröschen anhaltende Zusammenziehung (Tetanus) der Unterschenkelmuskeln \*). — Eine andere Erklärung des in Rede stehenden Resultates kann in den nachher weiter zu besprechenden Versuchen

\*) Funke, Lehrb. d. Physiol. I. S. 687.

Wundt's gefunden werden, nach welchen auf die Durchschneidung des Hüftnerven in allen Fällen zwar eine grössere Dehnbarkeit des Muskels eintritt, diese Veränderung der Elasticität aber von der durch die Nervendiscision zugleich erzeugten Muskelzuckung abhängt, und die Dehnbarkeit des Muskels um so grösser ist, eine je stärkere Zuckung die Nervendurchschneidung herbeiführte. Das ist auch im Wesentlichen die Erklärung, welche Auerbach auf Grund seiner Beobachtung, dass jede Zuckung der Muskeln bei stärkerer Belastung derselben eine nachträgliche Verlängerung zur Folge hat, von der Sache gibt. — Am einfachsten erklärt sich das Resultat der Auerbach'schen Versuche, wie es mir scheint, aus dem Anfangs angeführten Satze, dass die Nervendurchschneidung eine Vergrösserung des Elasticitätsmodulus des betreffenden Muskels zur Folge hat.

Wo das Resultat der Versuche so verschiedenen Erklärungen Raum gibt, da lässt sich der Schluss des Experimentators „dass die Befreiung der Muskeln vom Einfluss des Rückenmarkes als solche die Summe der Spannkraften im Muskel nicht verringert“ nichts weniger als berechtigt finden. Im Uebrigen wollen wir nicht unerinnert lassen, dass ein Theil der im vorigen Paragraph erhobenen Einwendungen auch gegen die Auerbach'schen Versuche gültig ist.

Auerbach hat noch auf verschiedene andere Weise, als mittelst der Nervendurchschneidung Versuche über den Gegenstand angestellt. Wenn die Unterbindung der Aorta abdominalis oder die Verblutung aus derselben und der Vena cava keine „wesentliche“ Verlängerung der Muskeln bei jenen Versuchen (welche wie die ersteren bei Kaninchen angestellt zu sein scheinen) zur Folge hatte, so sind dagegen die bekannten Versuche von Brown-Séguard und Stannius anzuführen, nach denen jene Unterbindung bei warmblütigen Thieren Muskelstarre herbeiführt, sowie die Versuche von Wundt\*), nach welchen dieselbe Operation bei Fröschen ebenfalls eine verminderte Dehnbarkeit der Muskeln erzeugt, und diese Veränderung als mit dem Moment der Unterbin-

\*) Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig, 1858. S. 57 ff.

dung beginnend und sich mehr oder minder rasch weiter entwickelnd betrachtet werden muss. Mag man dies auf eine directe Abhängigkeit des Muskeltonus von dem arteriellen Blute oder auf eine Einwirkung desselben auf die peripherischen Nerven beziehen, immer hat es für die Beurtheilung des Werthes der betreffenden Auerbach'schen Versuche seine Bedeutung. — Gegenüber den negativen Resultaten, welche Auerbach bei der Narkotisirung und Tödtung von Thieren durch Chloroform, Morphinum und Coniin erhielt, lässt sich nur an dasjenige erinnern, was die tägliche Beobachtung über Chloroform-Anästhesie, Ohnmacht und Tod lehrt, und es dürfte daher der praktischen Chirurgie vielleicht doch gestattet sein, „die Maassregeln, welche sie oft gegen den Tonus der Muskeln, wo ihr derselbe störend entgegentritt, ergreift“ trotz der experimentellen Prüfung derselben durch Auerbach ferner anzuwenden. Im Uebrigen sind über alle diese Versuche so wenig eingehende Mittheilungen gemacht, dass eine genauere Beurtheilung derselben nicht möglich ist, und wir uns mit den gegen alle derartige Versuche im Allgemeinen gemachten Einwürfen begnügen müssen.

#### § 40.

Endlich sind noch die Versuche anzuführen, durch welche Wundt\*) bestimmt worden ist, sich gegen die tonische Innervation zu erklären. Derselbe hat die Heidenhain'schen Versuche an Fröschen wiederholt und bestätigt und hält damit den Tonus, insoweit darunter eine permanente Contraction der Muskeln verstanden wird, für widerlegt. Er stellte aber andere Experimente an, um zu entscheiden, ob nicht die Elasticität der Muskeln unter dem Einflusse des Nervensystems stehe, und es ergab sich, dass die Durchschneidung des Nerven jedesmal eine Aenderung der Länge und zwar seltener eine Verkürzung, meistens eine Verlängerung der betreffenden Muskeln zur Folge hatte, dass diese Veränderung gewöhnlich vorübergehend war, und dass ausserdem sowohl nach der vorübergehenden Verkürzung, wie nach der Verlängerung eine Zunahme der Dehnbarkeit und gewöhnlich auch

\*) In der angeführten Schrift S. 49 ff.

eine grössere bleibende Dehnung sich zeigte. Gegen die daraus abzuleitende Folgerung, dass die Dehnbarkeit der Muskeln allerdings von der fortgehenden Innervation derselben abhängt, erklärt sich aber Wundt, indem er die eintretende Verlängerung nicht direct von der Nervendurchschneidung, sondern von der dadurch hervorgerufenen Muskelzuckung ableitet. Wir brauchen nicht den verschiedenen Versuchen und Betrachtungen nachzugehen, welche Wundt, um zu diesem Schluss zu gelangen, angestellt hat; die Resultate der Versuche waren allzuschwankend. Er stützt sich vornehmlich darauf, dass ein Muskel, nachdem er auf elektrischem Wege tetanisirt und dadurch so erschöpft worden, dass er auf die Nervendurchschneidung nicht mehr durch eine Zuckung reagierte, nun nach derselben auch keine Veränderung seiner Länge mehr zeigte. Es scheint uns, dass ein so behandelter Muskel einen sicheren Schluss über den Einfluss der Nervendurchschneidung auf ihn nicht mehr zulässt; wir können aber auch davon absehen. Es trat in Heidenhain's Versuchen nach den Zuckungen keine Verlängerung des Muskels ein, es hatte in eben dessen Experimenten an Fröschen die Nervendurchschneidung keine Muskelzuckung zur Folge, und unter Wundt's Versuchen befindet sich einer (S. 52 IV.), in welchem auf die Nervendurchschneidung zwar eine Verlängerung des Muskels eintrat, aber keine Muskelzuckung wahrgenommen wurde; es ist also zwischen Nervendurchschneidung und Zuckung und Verlängerung des Muskels keineswegs das constante Verhältniss vorhanden, um Wundt's Behauptung gerechtfertigt zu finden. Endlich müssen wir den Wundt'schen Versuchen ebenso und aus denselben Gründen wie den Heidenhain'schen jeden Einfluss auf die Entscheidung über die tonische Innervation versagen; auch bei ihnen wurden die Frösche in derselben Weise verstümmelt, um an einem Fleischfetzen die Versuche anzustellen, und es ist nur der Unterschied vorhanden, dass den betreffenden Muskeln nicht durch Gefässunterbindung die Blutzufuhr abgeschnitten wurde; allerdings ein erhebliches Moment, was aber dadurch aufgewogen wird, dass nach Wundt's eigener Angabe die Präparation des Adductor magnus und Semimembranosus beim Frosch ohne Verletzung grösserer Gefässe sehr schwierig ist, dass dabei min-



destens immer kleinere Gefässe durchschnitten werden, und dass deshalb oft bedeutende Capillarblutungen und auch ohne einen Fehler der Präparation sehr grosse Blutverluste erfolgen. Die Haut wird vom ganzen Oberschenkel abgelöst, was bekanntlich für Reflexinnervation von grosser Wichtigkeit ist, und nach Wundt's eigener Erklärung (S. 43) hängt die Elasticität der Muskeln wesentlich von der Geneigtheit des Thieres zu Reflexbewegungen und von dem Blutverluste ab, der aus den blossgelegten Muskeln stattgehabt hat.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass bei allen den zuletzt (§ 38 bis 40) besprochenen Versuchen wegen der Art, wie sie angestellt wurden, ausser der Nervendurchschneidung so viele andere Momente, welche auf die Dehnbarkeit der Muskeln von Einfluss sind, in Betracht kommen, dass man von ihnen keine Entscheidung über den Einfluss der Innervation auf den Tonus der Muskeln entnehmen kann.

#### § 41.

Zu einem ganz entgegengesetzten Resultate, als die bisher besprochenen, haben die Versuche von Brondgeest\*) geführt. Dieser wendet zunächst gegen die von Heidenhain, Auerbach, Wundt angestellten Versuche ebenfalls ein, dass bei ihnen der Muskel überlastet, dass auch zu lange vor der Nervendurchschneidung gewartet, also der Muskel ermüdet wurde; er sagt, die Nervendurchschneidung sei ein zu starker Reiz, wenn man unmittelbar darauf den Wegfall eines jedenfalls sehr geringen Reizes beobachten wolle. Er tadelt die beim Frosch gewählten Muskeln (*Semimembranosus* und *Adductor magnus*), welche nur unter starker Verletzung zu präpariren und isoliren sind, er tadelt die viel zu eingreifende Befestigungsart des Frosches. Brondgeest stellte seine Versuche in der Art an, dass er einem Frosche das Rückenmark quer unter der *Medulla oblongata* und den einen Schenkelnerven durchschnitt und ihn dann an einem durch die Schnauze gezogenen Drath frei aufhing; nun zeigte sich in 62 Versuchen überall das-

\*) Aus dessen zu Utrecht 1860 erschienenen akademischen Preisschrift in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift f. rat. Medicin. 3te Reihe. IX. Bd. S. 193.

selbe Resultat, dass auf der Seite, wo der Nerv durchschnitten, alle Gelenke schlaffer und weniger flectirt waren, als auf der anderen. Brondgeest folgert aus diesem, mit dem der M. Hall'schen Versuche (s. § 34) im Wesentlichen übereinstimmenden Ergebnisse, dass es in den Muskeln, so lange sie mittelst der Nerven mit dem Rückenmark verbunden sind, eine anhaltende Contraction gibt, einen Tonus, dessen Kraft aber sehr gering ist, so dass ihr durch 0,5 bis 2 Grammen das Gleichgewicht gehalten wird.

Brondgeest ist weiter gegangen und hat durch Experimente darzuthun gesucht, dass der Tonus eine Folge reflectorischer Wirkung, von den sensiblen Nerven ausgehend sei; er machte 20 Versuche, erstens solche, in denen die peripherischen Nerven auf der nicht operirten Seite gereizt und dadurch stärkere Beugungen der Gelenke von einer halben Stunde Dauer veranlasst wurden, dann andere, bei denen er auf der einen Seite die hinteren Wurzeln der Schenkelnerven und später das Rückenmark durchschnitt, und sich nun beim aufgehängten Frosch dieselbe Verschiedenheit in der Stellung der Beine zeigte, wie nach einseitiger Durchschneidung des Schenkelnerven. Hiernach und nach ferneren bestätigenden Versuchen an Kaninchen und Vögeln nimmt Brondgeest einen Reflextonus an, einen unwillkürlichen mässigen Contractionszustand der Muskeln, vom Rückenmark zunächst angeregt, hier aber wiederum ausgelöst durch einen anhaltenden Reizzustand, in welchem sich die sensiblen Nerven befinden.

Diese Annahme, dass der Tonus eine Reflexerscheinung sei, ist nicht neu. Sie ist nicht allein von mir, in soweit der Tonus vom Nerveneinfluss abhängt, bereits in der Abhandlung über Stabilität ausgesprochen worden, sondern auch M. Hall erkennt (in den Abhandlungen über das Nervensystem an verschiedenen Stellen) schon den Tonus ausdrücklich als reflectorisch an, während er freilich bei einer anderen Gelegenheit \*) sagt: Alle physiologischen Erscheinungen der Rückenmarksthätigkeit mit Ausnahme einer einzigen werden in jener excitirten und reflectirten Weise

\*) Beobachtungen und Vorschläge aus dem Gebiet der pract. Medicin; deutsch von Posner. Leipzig, 1840. S. 7.

zu Stande gebracht. Die angedeutete Ausnahme besteht in dem Tonus der Muskeln, dieser wird durch eine beständig vom Rückenmark ausgehende Nervenströmung bedingt. — Auch Duchenne rechnet den Tonus zu den Reflexerscheinungen. Er bezeichnet die Tonicität als die vom Rückenmark abhängige Reflexcontraction, welche auch den ruhenden Muskel und dadurch die Glieder durch Zusammenwirken aller Antagonisten in einer bestimmten Stellung und Richtung erhält \*). — Eine Unterstützung finden die letzteren Versuche Brondgeest's und die darauf gestützte Annahme in den schon früher erwähnten Experimenten Stilling's. Dieser sah, dass beim Frosch nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln derjenigen Rückenmarksnerven, welche zu den Hinterpfoten gehen, die Muskeln der letzteren auffallend schlaff waren, wenn der Frosch ruhig sass, und dass sie „offenbar ihren Tonus eingebüsst“ hatten; nur wenn der Frosch Bewegungen machte, traten während derselben die Muskeln wieder in Spannung, welche unmittelbar nachher wieder verschwand. Stilling stützt darauf die Ansicht, dass der Muskeltonus von den sensiblen Rückenmarksnerven abhängig sei, und dies würde jetzt also in dem Sinne zu fassen sein, dass die sensiblen Nerven als vermittelndes Glied betrachtet werden. Es ist gegen Stilling eingewandt worden, dass wenn dessen Ansicht richtig wäre, Durchschneidung des fünften Nerven Verzerrung des Gesichts hervorbringen müsste, während nur Trennung des N. facialis Entstellung nach sich zieht. Dies spricht anscheinend gegen die Auffassung des Tonus als Reflexerscheinung überhaupt, ist aber deshalb nicht zutreffend, weil erstens im Gesicht nicht alle dem Bereich des Reflexes angehörenden Erscheinungen durch den fünften Nerven vermittelt werden, so nicht diejenigen motorischen Reactionen, welche auf psychische Reize eintreten und für den Tonus der Gesichtsmuskeln von besonderer Bedeutung sind (§ 33.), und weil zweitens durch das bei unversehrtem Facialisnerven fortgehende Spiel der Gesichtsmuskeln das Zustandekommen der Gesichtsschiefheit, welches andauernde Erschlaffung der Muskeln der einen Seite voraussetzt (§ 10), verhindert wird.

\*) Schmidt's Jahrbücher der Med. Bd. 80. S. 264.

## § 42.

Gegen die positiven Resultate der Brondgeest'schen Versuche ist auf Heidenhain's Veranlassung Theodor Jürgensen aufgetreten \*). Die Auseinandersetzungen, mittelst deren die von Brondgeest gegen die früheren Versuche erhobenen Einwürfe widerlegt werden sollen, können wir füglich übergehen, da anerkannt wird, dass die Einwürfe theil- und bedingungsweise begründet sind (Ueberlastung des Muskels vor der Nervendurchschneidung, Aufhebung der tonischen Innervation, falls sie eine reflectorische ist, durch die Art, die Versuche anzustellen). Die Zweifel an der Richtigkeit der positiven Resultate Brondgeest's gründen sich darauf, dass letzterer meistens an der rechten hinteren Extremität des Frosches die Nervendurchschneidung vorgenommen hat, und dass nach den gemachten Gegenversuchen bei Fröschen vermöge einer supponirten Verschiedenheit in den anatomischen und physiologischen Bedingungen der Muskeln das linke Bein überhaupt etwa doppelt so häufig höher stehe, als das rechte. Diese Angabe hat J. Cohnstein \*\*) nicht bestätigt gefunden; wenn sie aber auch richtig wäre, so würde dadurch das Resultat der Brondgeest'schen Versuche, insofern es in allen Versuchen und nicht allein bei Fröschen ein durchaus gleichmässiges war, keineswegs entkräftet und ebensowenig durch die Beobachtung, dass Beugungen der Beine, welche bei Fröschen nach der Rückenmarksdurchschneidung bisweilen auf äussere Reize oder spontan (bei 29 pCt.) eintreten, manchmal längere Zeit bestehen bleiben. Vollständig beseitigt wird der Jürgensen'sche Einwurf durch die Ergebnisse der nachher anzuführenden Versuche v. Wittich's, welcher stets an der linken Seite die Nerven durchschnitt und dennoch die asymmetrische Stellung der Beine beobachtete, das rechte also höher stehend fand.

## § 43.

Nicht erheblicher ist dasjenige, was Dr. Ludimar Hermann in Berlin gegen die Brondgeest'schen Versuche vorgebracht

\*) In den Studien des physiologischen Instituts zu Breslau; herausgegeben von Heidenhain. Hft. 1. Leipzig, 1861. S. 139.

\*\*) Allgemeine medicinische Centralzeitung v. Posner. 1861. 101. Stück.

hat\*). Er bemüht sich zu beweisen, dass die Flexionsstellung der Hinterbeine beim aufgehängten Frosche ebenso wie die Schenkelanziehung beim liegenden nicht die Folge eines Ueberwiegens der Thätigkeit der Flexoren über die Extensoren, sondern einer ausschliesslichen Thätigkeit der ersteren sei und argumentirt dann weiter, dass, da der Gastrocnemius nicht als contrahirt zu betrachten sei, der (Müller-Henle'sche) Tonus nicht existire, da er eine schwache Contraction sämmtlicher Muskeln sein soll. Hermann hat zu dem Ende Versuche an Fröschen gemacht, welche jede Thätigkeit in den Extensoren widerlegen sollen, also auch die tonische. Diese Versuche waren alle wie die früheren mit der von Brondgeest vermiedenen starken Verwundung und Marter der Thiere verbunden und können schon deshalb nicht als beweisend betrachtet werden. Dem Frosch wurde an beiden Oberschenkeln an der vorderen Seite ein Einschnitt gemacht und mittelst einer krummen Nadel eine seidene Schlinge um den Knochen geführt; durch die letztere wurde das Thier an ein verticales Brett, die Bauchfläche diesem zugewandt, angeknebelt, dabei „die Oberschenkel mit grosser Kraft unverrückbar an das Brett angezogen.“ Ferner wurde die Achillessehne durch einen kleinen Hautschnitt hervorgezogen und durch einen in sie eingesetzten Haken mit einem Hebel verbunden, dann der Plexus sacralis von der Rückseite her blossgelegt, hervorgezogen, eine dünne Kautschuckplatte unter ihm hindurchgeführt, eine andere auf ihn gesetzt und nun der Nerv durch Ammoniak gelähmt; es trat das Zeichen einer Verlängerung der betreffenden Muskeln nicht ein. Wenn die tonische Innervation als eine reflectorische betrachtet werden muss, so ergibt sich gegen derartige Versuche ganz von selbst der Einwurf, dass jene durch die Behandlung des Thieres aufgehoben wird. Man muss fragen, ob nicht schon die Lösung der Achillessehne von ihrer Insertion die tonische Innervation auf reflectorischem Wege insofern aufhebt, als dadurch die betreffenden Muskeln dem Reize ihrer natürlichen Spannung entzogen werden, der gewaltsamen Behandlung der Ober-

\*) In Reichert und Dubois-Reymond's Archiv f. Anatomie, Physiologie etc. 1861. No. 3. S. 350.

schenkel gar nicht zu gedenken. Die unmittelbar vor dem Versuche gemachte Probe, ob das Bein in der gewöhnlichen Weise auf Reize reagirte, entscheidet über die Fortdauer der tonischen Innervation natürlich gar nicht, da die fortdauernde Fähigkeit zur Thätigkeit nicht die Fortdauer der Thätigkeit einschliesst; ein Satz, der ja bei der Bekämpfung der tonischen Innervation als richtig vorausgesetzt sein muss.

Die den Versuchen beigelegten Bemerkungen über die Brondgeest'schen Experimente und ihre Resultate können wir übergehen von ihrem Anfange an, wo Müller's und Henle's Ansicht vom Tonus identificirt, Marshall Hall's aber gar nicht erwähnt, und der „reflectorische“ Tonus als neu und Brondgeest zugehörig bezeichnet wird bis zum Schluss, wo die mit der theilweisen Abtragung des Hirns und Rückenmarkes theilbare Hirnrückenmarksseele zur Erklärung gewisser Erscheinungen benutzt wird. Der Verf. weiss offenbar den vorübergehenden Akt der (bewegenden) Muskelcontraction nicht von dem fortdauernden Zustande des Muskeltonus zu unterscheiden, und die Einwendungen gegen den letzteren fallen zusammen, wenn man den Marshall Hall'schen Begriff des Tonus und den noch einseitigeren der heutigen Experimentalphysiologie fallen lässt.

#### § 44.

Beachtungswerther erscheint dasjenige, was v. Wittich \*) über die Brondgeest'schen Versuche gebracht hat. Derselbe hat diese Versuche in grosser Anzahl in der Weise wie Brondgeest, nur mit der Abänderung angestellt, dass er bei dem bereits fixirten Frosche den vorher freigelegten Nerven entweder mit einer Schlinge abschnürte, oder mit einer feinen Scheere durchschnitt. Die Endresultate waren „mehr oder weniger dieselben“, wie bei Brondgeest, aber v. Wittich fand sich zu einer anderen Deutung derselben veranlasst. Indem er nach einem Reiz als Quelle des von Brondgeest angenommenen Reflextonus forschte, glaubte er dafür nur einen solchen, welcher continuirlich die Oberfläche trifft, also einen äusseren annehmen, diesen nur in der Luft, in welcher der

\*) S. 185 der Königsberger medicin. Jahrbücher. 1861.

Frosch hängt, und in dieser wiederum nur in der durch sie bedingten Verdunstung an der Oberfläche des Thieres suchen zu müssen. Er hing diesen Suppositionen folgend den in der bezeichneten Weise hergerichteten Frosch in einem abgeschlossenen Raum (unter einer Glasglocke, in einem verstöpselten Glase) auf, und es trat hier die asymmetrische Stellung der Beine nicht ein; zugleich blieb die Haut, welche bei dem in freier Luft aufgehängten Frosch steif und klebrig geworden, feucht und dehnbar. Indem er ferner beobachtete, dass bei in freier Luft hängendem Frosche in dem Schenkel, dessen Nerven nicht durchschnitten, Reflexkrämpfe meistens anhaltender (tonischer) Art eintraten, so schloss er, dass die asymmetrische Stellung der Beine nicht von einem besonderen Reflextonus, sondern davon herrühre, dass durch die Steifheit der Haut und durch ihre Klebrigkeit, vermöge welcher die Glieder sogar aneinander hängen bleiben, die krampfhaft contrahirten Muskeln beim Nachlassen des Krampfes verhindert würden, sich vermöge „ihrer eigenen Elasticität wieder zu strecken.“

Das soll nun nicht in Abrede gestellt werden, dass durch Steifheit und Klebrigkeit der Haut die asymmetrische Stellung der Hinterbeine des Frosches erhalten werden könne, und es lässt sich dies auch kaum bezweifeln, da diese Stellung in manchen Versuchen sogar noch nach dem Tode fortbestand. So gewiss aber die Entstehung der Asymmetrie sich aus jenem Verhalten der Haut nicht erklären lässt, so wenig schliesst dasselbe eine andere Ursache für die Erhaltung der asymmetrischen Stellung aus. Diese ergibt sich nun auch sehr bestimmt aus den Versuchen, indem bei denselben „andauernde (tonische) Reflexkrämpfe“ in dem nicht gelähmten Gliede eintraten und „erst mit ihrem Eintritt sich die in Rede stehende Asymmetrie einstellte.“ Es ist also doch die Innervation, auf welche man die asymmetrische Stellung nicht blos in ihrem Ursprunge, sondern auch wenigstens zum Theil in ihrer Fortdauer zurückführen muss. Das beweisen auch die Versuche noch auf eine andere Weise. Bei den im verstöpselten Glase aufgehängten Fröschen traten in manchen Fällen an dem nicht operirten Schenkel die Reflexkrämpfe wenig oder gar nicht auf, und alsdann fehlte auch die Asymmetrie der Stellung der Hinterbeine.

In dem zweiten der speciell mitgetheilten Versuche trat jedesmal bei geöffnetem Glase auf Reizung der Extremität mit Reflexkrämpfen die Asymmetrie als eine dauernde ein, bei geschlossenem Glase aber schwand sie, und dies zeigte sich in wiederholtem Wechsel länger als 24 Stunden, ohne dass dies von der Steifheit und Klebrigkeit der Haut abgeleitet werden konnte, von der nicht allein nichts erwähnt ist, sondern die doch unmöglich sofort mit dem Oeffnen des Glases eintreten und mit dem Schliessen desselben schwinden konnte. v. Wittich stellt auch die Mitwirkung der reflectorischen Innervation für die asymmetrische Stellung eigentlich nicht in Abrede; aber es handelt sich erstens darum, ob diese Stellung als Ausdruck eines tonischen Reflexkrampfes oder des Reflextonus zu bezeichnen, ob sie oder die symmetrische Stellung als Norm anzusehen sei, soweit von der Norm bei einem Thiere die Rede sein kann, dessen Gehirn und Medulla oblongata abgetrennt und zerstört ist. Wenn sich nun nicht bezweifeln lässt, dass ein Frosch in einem verstöpselten Glase sich unter weniger natürlichen Bedingungen befindet, als ein Frosch in freier Luft, so wird man nicht umhin können, zu sagen, dass die asymmetrische Lage der Hinterglieder bei dem in Brondgeest'scher Weise zugerichteten Frosche ein natürlicherer, normalerer Zustand ist, als das symmetrische Herabhängen der Beine. Dass die Asymmetrie sich in den Versuchen erst einige Zeit nach der Durchschneidung des Nerven einstellte zugleich mit den Krämpfen, würde sich so erklären lassen, dass die Innervation nach dem operativen Eingriffe einiger Zeit bedarf, um ihren Einfluss wieder geltend zu machen, im Uebrigen aber stehen in dieser Hinsicht v. Wittich's Versuche mit denen anderer Physiologen (Auerbach, Wundt) in Widerspruch, wo die Durchschneidung jedesmal sofort Zuckungen und zwar nicht blos in dem nicht operirten, sondern auch in dem gelähmten Gliede zur Folge hatte.

Fürs zweite sucht v. Wittich die Quelle der tonischen Reflexkrämpfe in dem Reiz der äusseren Luft und der durch sie erzeugten Verdunstung und Vertrocknung der Hautoberfläche; seine bezüglichen Versuche sind aber in der That, ja nach seiner eigenen Angabe in ihrem Resultate zu unbeständig, um etwas zu beweisen,



und der vorhin angeführte zweite Versuch ist mit jener Ansicht nach unserem Ermessen ganz unvereinbar. Auch die der Ansicht zum Grunde liegende theoretische Deduction scheint uns unhaltbar; wir sind der Meinung, dass der Reiz, welcher die reflectorische Innervation erzeugt, ein äusserer nicht zu sein braucht, sondern dass jene auch durch innere Reize bedingt sein kann, z. B. durch den Reiz des in einer bestimmten Weise beschaffenen Blutes, durch den Reiz der Spannung, in welcher der eine Theil durch den anderen erhalten wird, und wenn z. B. der erstgenannte der richtige wäre, so begriffe es sich vielleicht, dass bei einem Frosche in dem kleinen abgeschlossenen Raum des zugestöpselten Glases das Blut eben wegen der mangelnden Verdunstung nach einiger Zeit die gehörige Beschaffenheit verloren hat und damit derjenige Reiz fehlt, welcher beim Aufenthalt in der freien Luft die reflectorische Innervation der Muskeln und damit die in Rede stehende asymmetrische Stellung der Beine bedingt.

v. Wittich hat nun selbst seine Versuche nicht entscheidend genug gefunden, um die Verdunstung der Oberfläche als genügend zu der von ihm angenommenen Deutung der asymmetrischen Stellung der Beine zu betrachten, und deshalb ein zweites Moment zu Hilfe genommen, nämlich die Schwere der herabhängenden Extremität, wodurch eine Zerrung des betr. Nervenstammes erzeugt werden könne. Bei darauf bezüglichen Versuchen fand er, dass Frösche, welche in der Brondgeest'schen Art hergerichtet und in Oel oder destillirtes Wasser gehängt wurden, weder Reflexkrämpfe, noch die asymmetrische Stellung der Beine zeigten. Man fragt hier natürlich, warum der im verstöpselten Glase in der Luft hängende Frosch die Asymmetrie nicht zeigt, indem bei ihm die Zerrung des Nerven nicht aufgehoben ist; warum nicht jeder Frosch bei extendirtem Hinterbeine Reflexkrämpfe bekommt? Von dergleichen Einwürfen jedoch abgesehen, lassen diese Versuche eine zu verschiedene Deutung zu, um etwas zu beweisen; wir begnügen uns dagegen zu erinnern, dass schon der Druck der Flüssigkeit, worin der Frosch aufgehängt ist, hinreichend sein kann, um die Stellung der Glieder zu verhindern, welche durch die tonische Innervation hervorgebracht und nach Brondgeest schon durch eine geringe Kraft

äquilibriert wird. Wie stark dieser Druck ist, das erfährt man sehr leicht an seinen eigenen Gliedern, wenn man sich in einem ganz gewöhnlichen Wannenbade befindet.

#### § 45.

Aus den vorhergehenden Erörterungen ergibt sich schliesslich, dass in den v. Wittich'schen Versuchen eine Widerlegung des Schlusses, welchen Brondgeest aus den seinigen zog, nicht gefunden werden kann, dass dieselben aber das thatsächliche Resultat erhärten, um welches es sich zunächst handelt, und welches sich schon aus M. Hall's Experimenten ergab, nämlich den Einfluss der Innervation auf die Stellung der Glieder, und wir haben hier noch zu erwähnen, dass J. Cohnstein (nach einer vorläufigen Mittheilung am oben angeführten Orte) sich auf Grund von Versuchen, welche er angestellt, im Wesentlichen der Brondgeest'schen Ansicht angeschlossen hat. Andererseits muss es aber anerkannt werden, dass durch v. Wittich's Versuche ein Moment nachgewiesen ist, die Steifheit und Klebrigkeit der Haut, welches für die Erhaltung der durch die Innervation hervorgebrachten Lage der Glieder unter Umständen in Anschlag kommt. Es muss aber auch bei dieser Gelegenheit hervorgehoben werden, wie das Resultat physiologischer Experimente oft von geringfügigen oder unscheinbaren Nebenumständen abhängig ist und deshalb nicht dasjenige Vertrauen verdient, welches man ihnen zu schenken heutigen Tages nur allzusehr geneigt ist. Ein Rückblick auf die vorgeführte lange Reihe von Versuchen zeigt, dass zuerst die von Verschiedenen angestellten Experimente der tonischen Innervation günstig waren, dass dann eine Zeit entgegenstehender Resultate eintrat, und gegenwärtig die Wagschale der experimentellen Physiologie wieder zu Gunsten der Abhängigkeit des Tonus von den Nerven ausschlägt, dass aber innerhalb dieser drei Perioden die Ergebnisse der einzelnen Experimentatoren im Specielleren vielfach von einander abweichen und sich bekämpfen und durchkreuzen. Es wiederholt sich also hier die Erscheinung, welche wir gegenwärtig, wo der Versuch die Herrschaft in der Physiologie führt, auf fast allen Gebieten der letzteren finden, dass dasjenige, was durch zahlreiche, oft sehr mühsame und tief berechnete Versuche von dem Einen