

XXX.**Zur Lehre vom Muskelsinn.**

Von

Dr. M. Bernhardt,

Privatdocent u. Assistent der Nervenklinik der K. Charité zu Berlin.

Mehr als bei der Behandlung irgend einer anderen wissenschaftlichen Frage ist bei Untersuchungen, welche den Streit über das Vorhandensein eines specifischen Muskelsinns zu entscheiden bestimmt sein sollen, eine genaue und präzise Definition des Begriffs von Nöthen, da sich sonst diese wichtige Frage, nicht zum Vortheil endgültiger Klarheit, in verschiedenem Sinne beantworten lässt, wie es in der That seither geschehen ist.

„Was zuerst die Eigenschaften des thierischen Lebens in den Muskeln betrifft,“ sagt Bichat,* „so ist die thierische Empfindlichkeit in ihnen im gewöhnlichen Zustande nur sehr dunkel. In den Amputationen, in Versuchen an lebenden Thieren der Quere nach durchschnitten, erregen sie keine sehr merkliche unangenehme Empfindung, nur wenn ein Nervenfaden getroffen wird, äussert sich ein merklicher Schmerz, das eigenthümliche Gewebe des Muskels selbst ist nur wenig empfindlich. Chemische Reizmittel verursachen gleichfalls keinen merklichen Schmerz. Indessen sind die Muskeln der Sitz einer eigenthümlichen Empfindung, der der Müdigkeit nach wiederholten Zusammenziehungen und des Zerschlagenseins, wie es z. B. beim Eintritt vieler Krankheiten beobachtet wird.“

Im Wesentlichen stimmen für diesen Punkt, nämlich das Vorhandensein von Muskelempfindung gegen schmerzhafte Eindrücke die Auslas-

*) Allgemeine Anatomie von Bichat II., 1. S. 213, übersetzt von Pfaff. Leipzig 1803.

sungen Ch. Bell's*) überein, wie weit auch, wie wir weiterhin sehen werden, seine weiteren Ansichten über die Functionen der Muskelsensibilität, von denen anderer Autoren abweichen. Mehrere Erscheinungen beweisen auch nach ihm, das Vorhandensein einer Empfindung des Zustandes, in welchem die Muskeln sich befinden, wir fühlen die Wirkungen der Ermüdung und Anstrengung, die lästige Beschwerde anhaltender Stellungen, die Qual der Krämpfe.

An sich selbst hat namentlich E. H. Weber**) hierüber Untersuchungen angestellt: er erklärt sich das in einer gewissen Reihenfolge nach langdauernder anhaltender Muskelarbeit entstehende Gefühl von Anstrengung, Ermüdung, endlich von Schmerz hervorgerufen durch eine Mischungsveränderung in den Muskeln und ihren Nerven, wie sie auch in fieberhaften Kranken Ursache des Gefühls der Abgeschlagenheit werden kann. Den Widerspruch, dass Gebilde, welche durch so grobe mechanische Verletzungen wie Brennen, Schneiden, Aetzen nicht schmerzhafte Empfindungen auslösen, durch relativ geringfügige chemische Reize (Mischungsveränderung nach anhaltender Thätigkeit) so sollten erregt werden können, dass sie lange Zeit anhaltende Schmerzen erregen, sucht Ludwig***) durch die Bemerkung zu heben, dass auch viele andere nachweislich sensible Flächen (Magenfläche, Speiseröhre u. s. w.) erst schmerzen, wenn die wenigen in ihnen enthaltenen sensiblen Nervenröhren in ganz besonderen Erregbarkeitszuständen sich befinden.

Am entschiedensten gegen das Bestehen einer Muskelsensibilität in dem bisher besprochenen Sinne haben sich Spiess†) und Schiff††) ausgesprochen, ersterer im Hinblick auf Pikford's und Arnold's Versuche, welche durch mechanische und chemische Reizung der Muskeln weder Schmerzen noch Reflexbewegungen auslösten, letzterer nach den Ergebnissen eigner experimenteller Untersuchungen.

Die schmerhaften Muskelkrämpfe haben nach Spiess ihren Grund in dem dabei ausgeübten Druck des harten, contrahirten Muskels auf durchgehende Nervenäste: die Schmerzen beim sogenannten Muskelrheumatismus beweisen überhaupt nichts, da der Sitz der etwaigen

*) Ch. Bell: Untersuchungen des Nervensystems. Uebers. v. Romberg. Berlin 1832. S. 187.

**) Weber: Der Tastsinn und das Gemeingefühl. Wagner's Handwörterbuch III., 2, S. 580.

***) Ludwig: Lehrbuch der Physiologie. S. 359.

†) Spiess: Physiologie des Nervensystems. S. 76.

††) Schiff: Lehrbuch der Physiologie. S. 156.

Veränderungen in den Muskeln noch nicht erwiesen ist. Und erklärt endlich Spiess das Gefühl der Zerschlagenheit im Beginne akuter fieberhafter Krankheiten für eine central erregte Empfindung, so sieht Schiff andererseits in der Beeinträchtigung der Cirkulation des in gezwungener Lage längere Zeit gehaltenen Muskels eine Erklärung für das Gefühl der Ermüdung und des Schmerzes, welches E. H. Weber bei Anstellung dieses Versuches empfand, da er dasselbe Gefühl hatte, wenn der Arm gerade ausgestreckt, wenngleich dabei vollkommen unterstützt, längere Zeit gehalten wurde, so dass von einer Anstrengung der Muskeln nicht die Rede sein konnte.

Bevor wir weiter gehen, scheint es geboten, überhaupt erst darüber ins Klare zu kommen, ob die Muskeln anatomisch nachweisbare Nervenfasern sensibler Natur besitzen, die bei einer etwaigen Gestalts-, Volumens- oder Mischungsveränderung derselben im Stande wären, dem Centralorgan von dem geschehenen Vorgange Kunde zu geben.

In seiner vierten Abhandlung „von dem Nervenzirkel“ glaubt Bell bewiesen zu haben, dass jeder Muskel mit zwei Nerven von verschiedenen Eigenschaften versehen ist, dass zwischen Gehirn und Muskel ein Nervenzirkel bestehe, in welchem der eine Nerv den Einfluss des Gehirns auf den Muskel, der andere die Empfindung vom Zustand des Muskels nach dem Gehirn übertrage. Der geringere Grad von Schmerzgefühl in den Muskeln und ihre Unempfindlichkeit gegen Hitze sei keineswegs ein Beweis dagegen, dass sie Nerven besitzen, welche die kleinsten Veränderungen in der Aktion der Muskelfasern wahrnehmen lassen. Und doch ist dieser und der vorhergehende Ausspruch keine direkte, unumstössliche Folgerung aus anatomischen Untersuchungen, sondern nur ein Schluss der Analogie, indem Bell, wie er selbst sagt, nicht zu der Untersuchung der Spinalnerven, sondern der Kopfnerven seine Zuflucht nahm, hier insbesondere das in der That unbestreitbare Factum anziehend, dass auch Fasern aus der dicken Wurzel des dreitheiligen Nerven in den unter der Haut gelegenen Muskeln des Antlitzes, der Zunge, des Augapfels enden, ohne der Zusammenziehung zu dienen.*)

Der Ruhm, die zwiefachen Functionen der vorderen und hinteren Nervenwurzeln nachgewiesen zu haben, wird Bell von Niemand bestritten werden; dass er aber anatomisch oder experimentell die Versorgung der vom Rückenmark abhängigen Muskeln mit sensiblen, aus

*) Longet: II. S. 129. Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Deutsch von Hein.

den hinteren Wurzeln hervorgehenden Nerven bewiesen habe, kann ich aus seinen Schriften nicht finden.*)

Neben offenbar in den Muskelprimitivbündeln selbst ihre Endigungen findenden Nervenfasern (auf genauere histologische Details einzugehen, ist hier nicht der Ort) fanden Reichert im Hautmuskel des Frosches, Kölliker bei der Maus und beim Frosch Nervenfasern in den Muskeln, welche von diesen Autoren „vermuthungsweise“ als sensible Fasern gedeutet wurden. Während Reichert**) zeigte, dass diese Fasern im Hautmuskel des Frosches keine Endigungen zeigen, und dass demnach eine auf sie beschränkte Empfindung nicht stattfinden könne, giebt Kölliker***) an, die Endigung auch dieser Elemente gefunden zu haben.

Der Verlauf der noch dunkelrandigen „sensiblen“ (d. h. vermutungsweise sensiblen) Fasern ist so, dass die überwiegende Mehrzahl derselben (nicht in die Bahn des motorischen Nervenstämmchens eintretend, sondern für sich und manchmal in ziemlicher Entfernung von demselben verlaufend), der äusseren, der Haut zugewandten Fläche des Muskels zustrebt, um hier unter einer dünnen, den Muskel bedeckenden Faszie zu enden, welche zugleich auch die Wand des an den Muskel angränzenden Lymphraums bildet. Nur wenige Zweige der sensiblen Stämmchen begeben sich zur anderen oder der tiefen Fläche des Muskels, in keiner Weise verästeln sie sich zwischen den Muskelfasern selbst, obwohl, wie sich von selbst versteht, die von den an der tieferen Fläche des Muskels gelegenen Nervenstämmchen gegen die aussen ziehenden sensiblen Fasern, zwischen den Muskelfasern durchzutreten haben, um an diese Fläche zu gelangen, wobei sie nicht immer den kürzesten Weg einschlagen, sondern oft auf langen Strecken zwischen ihnen verlaufen.

Das also würde das factische, durch genaue histologische Untersuchung der bewährtesten Forscher bisher errungene Resultat sein, dass zwischen den Muskeln des Frosches und der Maus sich Nerven verbreiten, welche entschieden in den Muskelbündeln selbst ihre Endigung nicht finden, welche, um es kurz auszudrücken, über den Be-

*) Cfr. noch Ch. Bell I. c. 191, 8. Zeile von unten und Ch. Bell: die menschliche Hand, übers. v. Hauff. 1836. S. 127. Anm. (aus den Bridgewater-Büchern).

**) Cfr. Kölliker: Handbuch der Gewebelehre. 1863. S. 208.

***) Cfr. Kölliker: Untersuchungen über die letzten Endigungen der Nerven. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie von Siebold und Kölliker Bd. XII. S. 157.

reich der betreffenden Muskeln hinausgehen, um eben anderswo zu enden*) und zwar in der den Muskel bedeckenden, der Haut zugewandten Fascie. Dahingegen zeigen die experimentellen, physiologischen Untersuchungen Schiff's,**) dass nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln am Rückenmark stets die ganze peripherie Ausbreitung des Nerven entartet, so dass in den entsprechenden Muskeln auch nicht eine einzige gesunde Primitivfaser mehr aufgefunden werden konnte; und das Gleiche ergab sich, wenn man bei einem Thiere das Rückenmark und die Nervenwurzelanfänge in der Lumbalanschwellung zerstört hatte (l. c. S. 159).

Ebenso kommt Arnold***) in Folge seiner Experimente zu dem Schluss, dass die Entfernung der Haut von gleicher Wirkung sei, wie die Durchschneidung der hinteren Wurzeln, dass letztere, der äusseren Haut allein angehörend, keine Beziehungen zur Muskelbewegung und zum Muskelgefühl haben und dasselbe durch die vorderen Nervenwurzeln vermittelt würde, ein Ausspruch, auf den wir später noch ausführlicher zurückkommen.

Hat man nach Arnold einem Frosch die hinteren Nervenwurzeln des einen Hinterbeins durchschnitten und die Haut des anderen abgezogen, so verhalten sich beide Beine auf gleiche Weise und es lässt sich kein Unterschied an ihnen erkennen.

Ebenso hat auch Leyden†) gefunden, dass die Entfernung der Haut am Schenkel eines Frosches die Bewegungen weniger kräftig und präzise mache und nur Claude Bernard in seinen *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux* 1858 pag. 254 sagt, dass, nachdem man durch Durchschneidung der Hautäste eines Gliedes bei einem Thiere die Haut vollkommen unempfindlich gemacht habe, man beobachten könne, dass das Thier noch sehr gut gehe, „wahrscheinlich weil die Muskelsensibilität erhalten sei“. Eine ausführlichere Mittheilung der Experimente findet sich nicht, aus denen man beurtheilen könnte, auf welche Weise die Durchschneidung der Hautäste ausgeführt worden ist.

Aus dem Angeführten ersieht man, wie wenig histologische und experimentell physiologische Forschungen eine bejahende Antwort auf

*) Cfr. Kölliker l. c. S. 209.

**) Schiff l. c. S. 118.

***) Arnold: Ueber die Verrichtung der Wurzeln der Rückenmarksnerven. 1844. S. 114.

†) Leyden: Die graue Degeneration der hinteren Rückenmarksstränge. 1863. S. 176. Cap. 5.

die Frage zu geben gestatten, ob den Muskeln sensible Nerven zu kommen; so viel wir bis jetzt wissen, muss diese Frage eher verneint werden.

Sind nun aber nach Schiff die Muskeln selbst gegen chemische und mechanische Reize gauz unempfindlich, so ist dies mit den Sehnen und den sie umgebenden Membranen nicht der Fall: sie empfinden. Sie fühlen Druck und reagieren namentlich deutlich auf plötzliches Loslassen nach mässigem und ganz langsam verstärktem Druck. Aehnlich verhält sich die Sensibilität der die Muskeln von aussen umhüllenden Membranen, des Periostes und der sehnigen Aponeurosen.

Durch Streckung und Beugungen an den Fingergelenken, werden die von Rauber*) namentlich in der Nähe der Gelenke und im Periost gelegenen Vater'schen Körperchen einem Druck ausgesetzt, durch sie namentlich das Gefühl vermittelt, welches wir von der Stellung unserer Glieder haben, jenes Gefühls, welches neben dem der Ermüdung und des Schmerzes, als zweite Categorie des sogenannten Muskelsinns aufgefasst worden ist.

Es scheint mir hier am Platze zu sein, auf eine, wie der Verfasser selbst sagt, wenig bekannt gewordene Arbeit Schröder v. d. Kolk**) hinzuweisen, in welcher er den Zusammenhang zwischen Gefühls- und Bewegungsnerven bespricht. Nach ihm gilt es als Gesetz, „dass überall im Körper die Gefühlsäste eines gemischten Nerven zu einer Hautpartie verlaufen, auf welche Muskeln einwirken, die aus dem nämlichen Nervenstamme ihre Bewegungsfasern enthalten“. „Wenn ein Nerv Bewegungsäste an Muskeln abgibt, so verlaufen seine Gefühlsäste nach jenem Theile der Haut, welcher durch die nämlichen Muskeln bewegt wird, oder mit anderen Worten: ein Rückenmarksnerv schickt seine Bewegungsäste zu den Muskeln, den Organen der Bewegung, seine Gefühlsäste aber zu dem bewegten Theile. Der Grund dieses Gesetzes liegt darin, dass wir die Wirkung der Muskeln selbst nicht fühlen und auch nicht den Grad ihrer Zusammenziehung, denn sonst wären wir geborene Anatomen. Die Muskeln selbst erhalten keine wahren Gefühlsnerven, ihre Wirkung erfahren wir aber durch die Veränderung, welche durch ihre Action in der empfindenden Haut hervorgerufen wird. Daher kommt es aber auch, dass uns bei Anästhesie der Maasstab für die Bewegung fehlt und wir sie nicht mehr mit Sicherheit zu beherrschen vermögen.“

*) Rauber: Centralblatt. 1868. S. 126.

**) Schröder v. d. Kolk: Bau und Functionen der Medulla spinalis und oblongata. S. 6. Anmerk.

Und wie Schröder, so haben Spiess, Schiff und Leyden diese zweite Categorie des sogenannten Muskelsinns: das Gefühl für die Lage und Stellung der Glieder, nicht für eine Eigenschaft der Muskeln selbst erklärt; es ist vielmehr eine Function und Aufgabe der die Muskeln bedeckenden und umgebenden Theile, welche durch die Druckschwankungen und Reibungen der theils verdickten und verkürzten, theils gedehnten und verlängerten Muskeln auf die Haut hervorgebracht worden ist.

Bevor ich nun zur Erörterung derjenigen Modification der Muskel-sensibilität übergehe, welche man in allerneuester Zeit Muskelsinn *κατ' ἐξοχήν* oder Kraftsinn genannt hat, bleibt noch diejenige Muskel-empfindung zu besprechen übrig, welche seit Duchenne mit dem Namen der electromuskulären Sensibilität belegt worden ist. Es ist dies jenes eigenthümliche Gefühl von Vibriren, welches man empfindet, wenn die Muskeln, durch Inductionsströme gereizt, sich contrahiren, und welches nach Duchenne auch in einem Falle sich fand, als er die ihrer Hautdecken beraubten Muskeln eines Verwundeten direct reizte. Aber auch diese Empfindung kann, ebenso gut wie die des Schmerzes bei krankhafter Muskelzusammenziehung, ohne Schwierigkeit auf den Druck zurückgeführt werden, den der stark contrahirte Muskel auf durchgehende Nervenäste ausübt, während andererseits das Fehlen dieser electromuskulären Sensibilität je nach den verschiedenen Fällen, in welchen es beobachtet worden ist, verschieden erklärt werden muss.

Die wechselvollen Erscheinungen der Hysterie bieten diesen Untersuchungen das reichste Material. So giebt es Fälle, in denen auch die stärksten Inductionsströme, welche die kräftigsten Contractionen der Muskeln bewirken, den betreffenden, zumeist weiblichen Patienten, überhaupt nicht zum Bewusstsein kommen. Es sind dies jene Fälle tiefster Anästhesie, wo Brennen der Haut so wenig wie Schlägen auf die Glieder und Knochen bei den doch sonst so empfindlichen Patientinnen auch nur das leiseste Verziehen des Gesichts bewirkt. So wunderbar und wenig erklärt wie überhaupt diese Krankheitsform dasteht, so wenig weiss man Thatsächliches zur Erklärung der einzelnen Symptome beizubringen: bei diesem Unerklärten aber macht es keine Schwierigkeit, neben den in Haut, Fascien und Periost ausgebreiteten sensiblen Nervenenden auch die Nervenstämme, welche auf ihrem Wege zur Peripherie die Muskeln durchsetzen, von der Anästhesie ergriffen anzunehmen oder ein Leiden der Centren des Hirns und Rückenmarks zu Grunde liegend zu denken.

Schwieriger schon ist die Erklärung der Thatsache, dass bei wohl erhaltener electromuskulärer Contractilität und intakter electrocutaner Sensibilität, die electromuskuläre Sensibilität erloschen gefunden wurde. Sieht man aber genauer zu (es sind namentlich von Duchenne*) publicirte Fälle, in denen die eben erwähnte Modification der Sensibilitätsstörung zur Beobachtung kam), so können derartige Mittheilungen kaum einer vorurtheilslosen Kritik Stand halten, wenn es sich z. B. um ein 18jähriges hysterisches Mädchen handelt, welches neben fast allgemeiner cutaner Anästhesie auch die electromuskuläre Sensibilität verloren hatte: durch Behandlung mit dem electrischen Pinsel unter Anwendung sehr starker Ströme führte Duchenne während der Untersuchung die gestörte Sensibilität der Haut zur Norm zurück, während die electromuskuläre Sensibilität nicht gehoben wurde, sondern erloschen blieb, sobald nicht starke die Haut durchdringende Ströme die „insensiblen“ Muskeln längere Zeit in Contractionszustand erhalten hatten, Resultate, die, nach des Autors eigener Aussage, schon nach wenigen Stunden andere waren und wechselten, je nachdem neue hysterische Anfälle neue Symptomenkomplexe hervorriefen.

Wenden wir uns zu einer Krankheit, die durch weniger wechselvolle Bilder und bestimmtere pathologisch-anatomische Grundlagen unser Streben nach Erkenntniß mehr befriedigt, als die hysterischen Erkrankungen der Frauen, zur sogenannten Tabes dorsalis, so finden wir hier, soweit eigene Erfahrungen reichen, die mit denen anderer übereinzustimmen scheinen, die electromuskuläre Sensibilität Duchenne's meist in dem Grade erhalten oder herabgesetzt, in welchem die cutane Sensibilität intact geblieben ist oder gelitten hat. Zu wiederholten Malen (es wäre zu weitläufig, detaillierte Krankengeschichten vorzu bringen) gaben die der Untersuchung unterworfenen Kranken an, an den in dieser Krankheit meist weniger affirirten oberen Extremitäten das Vibrire der Muskeln deutlich, an den Unterextremitäten nur undeutlich oder gar nicht zu spüren, eine Angabe, die mit der Beobachtung grösserer oder geringerer Anästhesie der betreffenden Hautgebiete vollkommen harmonirte. Hier, wo es sich doch zumeist um eine Erkrankung der Hinterstränge des Marks, der angrenzenden grauen Substanz und der hinteren sensiblen Nervenwurzeln handelt, wird eben die Erregung der sensiblen Nervenenden oder der durch die in Contraction versetzten Muskeln hindurchtretenden Stämme derselben weniger genau empfunden.

*) Duchenne: Electris. loc. 1855. S. 410—422.

Nicht eher als bis nach Besprechung des Vorangegangenen habe ich geglaubt, mich an die Erörterung der Frage wagen zu dürfen: giebt es einen, den Muskeln als solchen innwohnenden „Kraftsinn“, einer in den Muskeln befindlichen Apparat sensibler Natur, der uns den Grad der Anstrengung empfinden lässt, mit welcher wir uns geleisteten Widerstand überwinden? Man unterscheidet nach E. H. Weber den Unterschied zweier Gewichte durch das Gemeingefühl der Muskeln noch bestimmter und genauer als durch den Tastsinn. „Man unterscheidet noch das schwerere von dem leichteren Gewicht, wenn sich die Gewichte wie 40:39 verhalten.“ „Dieses so feine Gemeingefühl der Muskeln leistet uns also Dienste wie ein Sinn, den wir Kraftsinn nennen können.“

Aber schon Weber selbst macht sich den Einwands, dass jene Empfindung nicht in den Muskelnerven erregt sei, sondern in dem Theile des Hirns seinen Sitz habe, auf den der Wille wirke. Freilich versucht er selbst diesen Einwands dadurch zu entkräften, dass er den an der Handwurzel mit einem Tuchring umgebenen Arm über eine Stuhllehne herabhängen liess und dann Gewichte an einem Haken des Tuchringes aufhing, deren Unterschiede er je nach der Dehnung des betreffenden Muskels, also mit Ausschluss des Willens, bestimmte. Aber, wie er selbst es schon ausspricht, ist es ja von vornherein klar, wie wenig beweisend dieses Experiment ist, in welchem die verschiedensten Hautstellen (Hand, Achselhöhle) den Druck der Gewichte mit empfanden. —

Nach Joh. Müller*) ist es nicht ganz gewiss, ob die Vorstellung von der angewandten Kraft der Muskelzusammenziehung allein von der Empfindung abhängig ist. „Wir haben, sagt er, eine sehr sichere Vorstellung und Vorausbestimmung von dem Maass der vom Gehirn ausgehenden Nervenwirkung, welche nöthig ist, um einen gewissen Grad der Bewegung hervorzubringen. Es könnte wohl möglich sein, dass die Vorstellung des Gewichts und des Drucks beim Heben und Widerstehen auch zum Theil nicht Gefühl im Muskel, sondern ein Wissen von dem Maass der vom Gehirn incitirten Nervenwirkung ist.“

Ebenso äussert sich Ludwig, dass alle Einflüsse, welche durch willkürliche Nerven auf unsere Vorstellungen und sinnlichen Urtheile ausgeübt werden, sogleich durch den Akt der willkürlichen Erregung geschehen, so dass die Willensanstrengung nach einer oder der andern

*) J. Müller: Handbuch der Physiologie des Menschen. II. S. 500.

Richtung hin als ein Element in unser Urtheil aufgenommen würde. Und zu einem ähnlichen Urtheil gelangt auch schliesslich der neueste Forscher über die Erregungsvorgänge im Nerven- und Muskelsysteme, Bernstein,*) wenn er sagt: „Worauf beruht nun unser Urtheil über die Schwere eines Gewichtes? Man könnte sagen, dass die Belastung des contrahirten Muskels eine Empfindung im Muskel verursache, an deren Stärke wir die Belastung bemessen. Aber es ist nicht nachgewiesen, dass der Muskel überhaupt sensible Nerven enthält, welche diese Empfindung vermitteln könnten. Wir wissen wenigstens, dass das Einschneiden der Muskeln am lebenden Thiere keine Schmerzempfindung erzeugt. Es bleibt daher nichts übrig, als anzunehmen, dass wir ein Bewusstsein von der Stärke der Erregung haben, welche wir den motorischen Nerven ertheilen, um eine Contraction von bestimmter Stärke hervorzurufen, und dass diejenige Empfindung, welche dieses Bewusstsein begleitet, auch dem psychophysischen Gesetz unterworfen ist.“

Auf diese Weise würde sich der Widerspruch lösen, den Ch. Bell**) darin findet, dass ein Nerv (der motorische) in einem und demselben Augenblick vom Gebirn nach dem Muskel hin und zugleich in entgegengesetzter Richtung leite, wie es Arnold in Satz 5 l. c. S. 115 ausdrückt, dass in den vorderen Wurzeln nicht bloss eine centrifugale, sondern auch eine centripetale Richtung der Nervenleitung stattfinden müsse, da durch sie der Zustand der Muskeln zum Bewusstsein gelange.

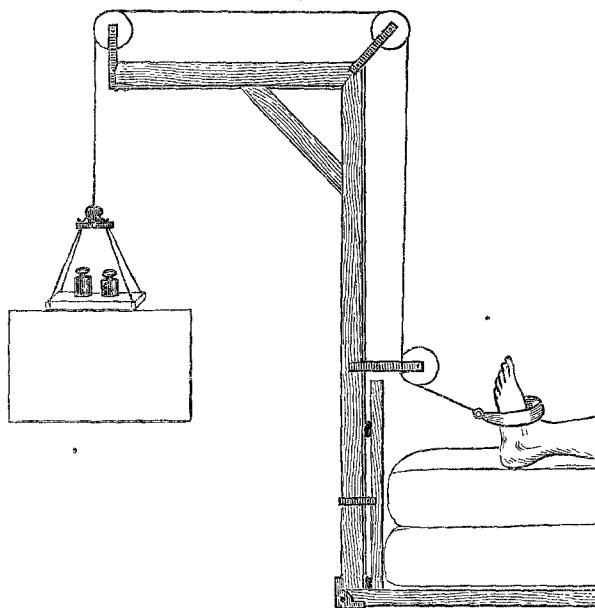
In der Untersuchung der Frage, wie weit das Sensorium bei der Bestimmung von Gewichtsunterschieden betheiligt sei, wandte ich mich zu folgendem Verfahren:

An das Fussende eines Bettess, oder wo er sonst anzubringen war, errichtete ich einen kleinen Galgen, wie ihn umstehende Figur zeigt, an welchem drei kleine Rollen angebracht waren, über welche eine Schnur ohne grosse Reibung lief. Diese Schnur trug an dem einen Ende ein kleines Brett (Cigarrenkistendeckel), welches als Wageschaale benutzt wurde, an dem anderen Ende war die Schnur an einer aus Flanellbindentouren oder Leder hergerichteten Kappe befestigt, welche je nach dem Gliede, dem sie angepasst werden sollte, verschieden geformt war. Diese Kappe wurde entweder einem Finger der Hand (meistens dem Mittelfinger), welcher nebst dem betreffenden Vorderarm wohl unterstützt auf einem Tischchen ruhte, oder dem

*) Bernstein, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871. S. 239.

**) L. c.

Metatarsus eines horizontal auf dem Bett ausgestreckten Fusses aufgesetzt, während auf die wohlgepolsterte Wageschaale, welche, so lange sie nicht gehoben, auf einer Unterlage von Watte auflag, verschiedene Gewichte aufgesetzt und abgenommen werden konnten. Durch Dorsalflexion des Fusses entweder, oder durch Beugung des Fingers hob die Versuchsperson sodann die bis zum Beginn der Contraction unterstützte, mit Gewichten belastete Wageschaale; es wurde alsdann mit den Gewichten gewechselt und beobachtet, wie weit das Unterscheidungsvermögen geht. Um nun den Willen der Versuchs-



person ganz auszuschliessen, bediente ich mich des Inductionsstroms, durch den ich isolirt und nach Belieben (bei Benutzung einer Unterbrechungselectrode mit kleinem Knopf) die betreffenden Muskeln zur Contraction bringen und damit die Gewichte heben lassen konnte. Nach Wunsch forderte ich bald auf, die Muskelecontraction und damit das Heben der Gewichte activ auszuüben, bald hob ich passiv durch den Inductionsstrom und die durch ihn bedingte Muskelzusammenziehung die Gewichte und konnte so die Resultate beider Hebemethoden bequem mit einander vergleichen. Es wäre überflüssig und zu weitläufig an dieser Stelle auseinanderzusetzen, mit welchen Schwierigkeiten

eine derartige Untersuchung zu kämpfen hat: sie erfordert zunächst bei der Versuchsperson einen gewissen Grad von Intelligenz, sodann aber müssen die betreffenden Gewichte in nicht zu langen Pausen hinter einander aufgesetzt werden, jedes klappende Geräusch der Gewichte, aus dessen grösserer oder geringerer Stärke oft schon Schlüsse gezogen werden, ist zu vermeiden, endlich ist es nöthig, dass jedes Geräusch im Versuchszimmer unterdrückt werde, da sonst zu leicht die nöthige Aufmerksamkeit von dem Gegenstand abgezogen wird.

Um einen richtigen Maasstab zu erhalten, nach dem ich an anderen Personen erhaltene Resultate zu beurtheilen vermöchte, liess ich an mir selber von einem Collegen experimentiren. Wenn ich auf die oben angegebene Weise mit meinem rechten Fusse (ihn dorsalflectirend und dann wieder nachlassend) Gewichte hob, so unterschied ich zuerst und stets richtig 3 Loth von keinem, während ich 1 oder 2 Loth von Nichts nicht zu unterscheiden vermochte. Ebenso gelang es mir selbst mit Sicherheit erst dann richtige Resultate zu erlangen, wenn 5 Loth zu einem Pfunde zugesetzt waren, während ich in den verschiedensten Versuchen, 1 Pfd. mit 1 Pfd. + 1 Lth., oder 1 Pfd. + 2 Lth., oder 1 Pfd. + 3 Lth. verwechselte.

Wurde nun der Versuch so wiederholt, dass durch das Ansetzen einer Electrode an dem Capitulum fibulae (die andere wurde auf die Patella aufgesetzt) mittelst des Inductionsstroms mein Fuss dorsalflectirt wurde, so unterschied ich ebenfalls erst 5 Loth von Nichts sicher, nicht ganz so sicher, wenn diese 5 Loth zu einem Pfunde zugesetzt wurden; es bedurfte entschieden eines bedeutenden Zusatzes bis zu $\frac{1}{4}$ Pfd., um mich die Vermehrung deutlich percipiren zu lassen.

Natürlich wurde nur die Stärke des Inductionsstroms gewählt, welche eben im Stande war, den bestimmten Muskel oder Muskelcomplex zur Contraction zu bringen (100—110 Mm. Rollenabstand). Dennoch störte mich und, wie ich weiterhin erfuhr, auch die übrigen Personen, der wenngleich geringe Hautreiz und das Beben der in Contraction versetzten Muskeln.

Noch auffallender trat dies zu Tage bei der Untersuchung einer mit dem Verfahren durchaus vertrauten und intelligenten Person (Dr. Sp.). Der Betreffende unterschied, durch Dorsalflexion seines Fusses Gewichte hebend, mit Sicherheit 0 Lth. von 5 Lth., ja sogar öfter von 3 und 2 Lth.; bei Zusätzen einzelner Lothe zu einem Anfangsgewicht von $\frac{1}{2}$ Pfd. unterschied er 3 Lth. fast sicher, 5 Lth. ohne Ausnahme richtig; und doch war es demselben Manne, sobald

in der vorher erwähnten Weise electrisirt wurde, unmöglich, 1 Pfund von 0, ja sogar 2 Pfd. von Nichts zu unterscheiden.

Derartige Versuche an Gesunden habe ich noch viele angestellt, zumeist an Personen, die, vertraut mit dem Zweck der Untersuchung, ihre ganze Aufmerksamkeit auf dieselben concentrirten: im Ganzen wurden, was die Prüfung der Unterextremitäten in der oben angegebenen Weise betrifft, 5 Lth. von 0 und bei Zusatz kleinerer Gewichte zu einem bedeutenderen Anfangsgewicht (1 oder 1½ Pfd.) 3 oder 5 Lth. richtig unterschieden.

Andere Resultate erhielt ich, wenn ich den Versuch so anstellte, dass durch Beugung des Mittelfingers einer Hand mit Hülfe meiner Vorrichtung Gewichte gehoben wurden: es ergab sich im Grossen und Ganzen (um nicht ausführlich alle Versuche zu wiederholen), ein viel feineres Unterscheidungsvermögen als an den Unterextremitäten, und zwar wurden schon 3 Quentchen von 0, absolut richtig 5 Quentchen von 0 unterschieden, und bei Zusätzen zu schweren Anfangsgewichten bedurfte es ebenfalls nicht mehr als 5 Quentchen oder höchstens 1 Loth, um stets richtige Resultate zu erhalten.

Gesunde Menschen unterschieden in dieser Feinheit aber auch, wenn die Beugung des Fingers und damit das Heben der Gewichte durch den electrischen Strom bedingt war.

Man wird mir hier und zwar mit Recht einwerfen, dass meine Versuche, den Willen bei diesen Muskelsinnprüfungen auszuschliessen, vielleicht gelungen seien, dass ich aber, so wenig wie schon Weber, bei seinen Dehnungsversuchen, den so überaus feinen Drucksinn der Haut zu eliminiren verstanden habe. Schon vorher erwähnte ich, dass die die Gewichte tragende Wageschaale, bevor sie durch die Bewegung des Fusses oder des Fingers gehoben wurde, wohl unterstützt, auf weicher Unterlage ruhte; damit ist aber, wie ich von Beginn an sah, nicht der Druck auf die Haut ausgeschlossen, welcher sich während der Versuchsmomente, so kurz sie auch sein mögen, stets documentiren wird.

Vergebens sah ich mich nach einem Mittel um, diejenigen Hautstellen, um welche ich die Versuchskappe befestigte, so zu anästhesiren, dass von Drucksinn nicht mehr die Rede sein könnte. Ich fand keins, welches ausreichend gewesen wäre: Aetherbestäubung und ähnlich wirkendes Eis sowohl, liessen mich hier im Stich, als auch der Versuch durch Anwendung eines sehr starken electrischen Stromes unter Benutzung der Anode die Sensibilität der betreffenden Hautstellen auf ein Minimum zu reduciren.

Ich wandte mich daher zu den Kranken, welche, an Tabes dorsalis leidend, an den meisten Punkten der Haut eine nicht unbeträchtliche Herabsetzung der Empfindlichkeit darboten. Durch zahlreiche Vorversuche an Gesunden hatte ich mich überzeugt, dass der Drucksinn der Haut z. B. auch am Fussrücken, oberhalb der Metatarsalknochen, schon ein sehr feiner sei: 5 Quentchen ja sogar 3 Quentchen werden (bei Anwendung aller Kautelen) oft sehr deutlich, 1 Lth. sicher empfunden und von 2 Lth. z. B. gut unterschieden.

Bevor nun die Kraftsinsnversuche vorgenommen wurden, stellte ich jedesmal vorher die Beschaffenheit des Drucksinns an den Hautstellen fest, um welche die Kappe später gelegt wurde. Um nicht zu sehr ins Einzelne zu gehen, theile ich nur mit, dass beispielsweise bei einem Kranken auf dem Fussrücken $\frac{1}{2}$ Pfd. von 0 ungenau unterschieden, 2 Pfd. bald gleich bald leichter als 1 Pfd. empfunden wurden, ja dass bei einem andern 3 Pfd. sogar von 1 Pfd. nicht unterschieden werden konnten. Prüfte ich bei diesen Patienten nun den Kraftsinn in der angegebenen Weise, so fand sich derselbe in hohem Maasse herabgesetzt, so dass 2 Pfd., selbst 3 Pfd. von 1 Pfd. nicht unterschieden wurden.

Bei zwei anderen Fällen wiederum, welche hochgradige Sensibilitätsstörungen in der Haut der Finger und Hände, überhaupt der Oberextremitäten neben denen der Unterextremitäten darboten, wurde untersucht, wie Drucksinn und Muskelsinn sich am Vorderarm und der Hand und den die Finger bewegenden Muskeln verhalte.

Wie schwer bei ungebildeten Patienten derartige Untersuchungen anzustellen sind und mit welcher Reserve die erhaltenen Resultate aufzunehmen sind, wird Jeder zu würdiger wissen, der ähnliche Versuche angestellt hat. Ohne also durch Aufzählung und Beschreibung der vielfachen Beobachtungsweisen ermüden zu wollen, will ich kurz als Resultat der Untersuchungen das aussprechen, dass alle von mir geprüften kranken Personen (Tabiker) erstens eine im Vergleich mit gesunden Menschen entschieden herabgesetzte Fähigkeit bekundeten, Gewichte durch ihre Musclecontractionen zu unterscheiden, dass sie aber auch weit entfernt davon, bei der durch den Inductionsstrom erzielten Contraction der Muskeln besser die Gewichtsunterschiede zu percipiren, der Mehrzahl nach ungefragt angaben, wie das Electrisiren sie störe und ihr Urtheil verwirre.

Es ist interessant, diese Aussagen der Kranken mit den Ergebnissen zu vergleichen, die ich bei der Untersuchung des Dr. Sp.... (siehe oben) mittelst des Inductionsstromes erhielt: Durch seine will-

kürlichen Muskelcontractionen wohl ihm Stande selbst feine Unterschiede wahrzunehmen, war es ihm, sobald durch den Strom die Zusammenziehung seiner Muskeln erfolgte, unmöglich richtige Resultate zu erzielen.

Leider ersah ich also, bei der Schwierigkeit, absolut anästhetische Patienten zu erlangen (auch meine Tabiker zeigten nur sehr herabgesetzte, keineswegs ganz aufgehobene Hautsensibilität), wie schwer diejenigen Bedingungen zu erfüllen waren, die ein strenger Kritiker stellen muss und die ich mir selbst gestellt habe, damit die beschriebenen Versuche zu endgültigen, unbestrittenen Resultaten führen. Hätte man einen an einem handgerechten Körpertheil total anästhetischen Menschen, der nicht gelähmt wäre und dessen Muskeln und Nerven ihre Erregbarkeit bewahrt hätten, so würden Untersuchungen des Muskelsinns nach der oben angegebenen Methode vielleicht zu entscheidenden Resultaten führen.

Hysterische Frauen böten vielleicht den Complex der verlangten Bedingungen dar: ich selbst beobachtete längere Zeit eine solche Kranke, die in Bezug auf die Haut total anästhetisch, auch Schläge auf Knochen und Muskeln oder die Zusammenziehung ihrer Muskeln durch den Strom nicht empfand und von der durch den Strom bedingten Lageveränderung ihrer Glieder keine Ahnung hatte; als ich sie aber zu meinen Untersuchungen benutzen wollte, fand ich, dass diese wochenlang vorhanden gewesene Unempfindlichkeit gerade an den Hautstellen, die ich hätte wählen müssen, um die Vorrichtungen anzubringen, wieder gewichen und dass diese Stellen wieder sensibel geworden waren. Es sind eben meiner Meinung nach hysterische Kranke, bei denen mehr oder weniger bedeutende psychische Anomalien nie ganz ausgeschlossen werden können, für derartige Untersuchungen nicht zu verwerthen.

Bei Patienten, welche ihres Hautgefühls im höchsten Grade verlustig gegangen waren, welche über passiv ausgeführte Bewegungen nichts zu berichten wussten, keine Vorstellung von der Lage ihrer Glieder hatten und von den stärksten Inductionsströmen, welche ihre Muskeln energisch in Contraction versetzten, nichts empfanden, fand ich häufig den sogenannten Kraftsinn (namentlich bei zwei derartigen Patienten), die Fähigkeit Gewichte zu unterscheiden, relativ gut erhalten: ein Resultat, zu welchem auch Leyden*) in seinen Untersuchungen über Muskelsinn und Ataxie gelangt ist.

*) Leyden: Ueber Muskelsinn und Ataxie. Virchows Arch. Bd. 47.

Wie Leyden, Bernstein, Johannes Müller und Andere, glaube auch ich demnach, dass der Kraftsinn *καὶ ἐξοχὴν* eine Function der Psyche ist, dass auf der Bahn der motorischen Nerven der Wille, dessen man sich bewusst ist, zu den ausführenden Apparaten, den willkürlichen Muskeln geleitet wird, dass das Sensorium sich der Kraft bewusst ist und wie dieselbe modifizirt werden muss, um einen Widerstand zu überwinden. Damit ist aber die Nothwendigkeit nicht ausgeschlossen, dass auch andere Apparate diese unsere Erkenntniß verbessern und verschärfen helfen: der nach Schröder van der Kolk in einer sensiblen Sphäre eingebettete Muskel wird diesen sensiblen Apparaten, der Haut, den Fascien, dem Periost durch seine Contractionen Eindrücke mittheilen, welche, durch langjährige Erfahrungen befestigt und zurecht gelegt von unserer Seele werden mit benutzt werden, damit sie genauer, namentlich von dem Effect ihrer Intentionen, unterrichtet werde. Leyden fand, dass zur normalen Genaugigkeit der Schätzung eine gewisse Schwere des Gewichts bei seinen Kranken (ebenfalls Tabikern) erforderlich war. Ein leichtes Gewicht wurde gar nicht percipirt, konnte also auch nicht hinsichtlich seiner Schwere verglichen werden, es fehlte eben, wie ich glaube, dem Sensorium die Hülfe der Nebenapparate der Haut etc., um die Schätzung der von ihm ausgehenden Impulse genauer anstellen zu können. Kaum lässt sich wohl eine gewichtigere Autorität für diese Behauptung anführen, als E. H. Weber selbst, welcher zuerst den „Kraftsinn“ der Muskeln untersucht hat. „Viele räumliche Verhältnisse,“ sagt er, „erkennen wir auch vorzugsweise, und zwar noch viel vollkommner, mit dem Auge; die Empfindung der Wirkung unserer eignen Kraft und der Kraft anderer Körper aber verdanken wir nur dem Tastsinn, der daher eigentlich als der „Kraftsinn“ betrachtet werden kann. Um wie viel weniger anschaulich würden unsere Vorstellungen von der Kraft sein, wenn wir den Druck nicht empfänden, diesen Kampf der Kräfte, in welchem sie sich einander das Gleichgewicht halten und daher keine Bewegung hervorbringen, aber doch empfunden werden... Den Druck und seine verschiedenen Grade empfinden wir unmittelbar. Was uns nun aber für die Bildung des Begriffs von Kraft vorzüglich zu Statten kommt, ist dieses, dass wir durch die grösse oder geringere Anstrengung unseres Willens selbst Druck in einem verschiedenen Grade hervorbringen und einen Theil der Tastorgane an den anderen andrücken können. Während wir auf der einen Seite uns unseres Willens und des Grades der Anstrengung dabei bewusst sind, empfinden wir auf der anderen Seite die Wirkung unseres Wollens,

den Druck und Gegendruck in den gegen einander gedrückten Organen unseres Tastsinnes. (l. c. Drucksinn S. 543.)

Der Muskel selbst also, empfindungslos, mit keinerlei besonderen Apparaten ausgestattet, hat keinen eigenen Sinn, es giebt keinen Muskelsinn, keinen Kraftsinn in der Bedeutung, dass specifische Apparate in der Muskelsubstanz uns von deren Wirksamkeit unterrichten.

Die Schmerzen beim **Muskelkrampf**, die Empfindung bei der elektrischen Erregung des Muskels beruhen auf dem durch den contrahirten Muskel auf durehtretende sensible Nervenfasern ausgeübten Druck: das Gefühl von der Stellung der Glieder basirt auf den Empfindungen, die wir durch die von dem gedeihnten oder contrahirten Muskel auf die Haut ausgeübten Faltungen oder Verschiebungen derselben erhalten. Der Kraftsinn endlich ist eine Function der Seele, vielleicht unterstützt durch die sensiblen Apparate, welche durch die Kraftäusserung des Muskels irgend wie beeinflusst und gereizt worden sind, aber nicht ihm, sondern seiner Umgebung angehören.

Wenn etwas die eben ausgesprochene Ansicht noch zu bekräftigen und zu bestätigen im Stande sein kann, so sind es die Beobachtungen von Brown-Séquard*) über die Symptome, welche Menschen mit halbseitiger Rückenmarksverletzung darbieten. Aus den Krankengeschichten geht hervor, dass bei derartigen Verletzungen an der Seite der Läsion die unterhalb der affirirten Rückenmarksparte gelegenen Glieder mehr oder weniger in ihrer Motilität gestört und in Bezug auf ihre Sensibilität hyperästhetisch, die von der nicht lädirten Rückenmarksparte abhängigen Glieder in ihrer Motilität gar nicht, in ihrer Sensibilität aber hochgradig beeinträchtigt sind, wenigstens was den Tast-, Schmerz-, Temperatursinn und das Gefühl für den Kitzel betrifft. Dagegen fand sich der Muskelsinn (Gefühl für Gewichtsdifferenzen) neben der freien Beweglichkeit wohl erhalten.

Es ist hier nicht der Ort, darüber zu discutiren, ob die Leiter der verschiedenen Empfindungsqualitäten sich, wie Brown-Séquard will, im Rückenmark kreuzen, während die der willkürlichen Bewegung und des Muskelsinns sich im Mark nicht kreuzen, genug dass ein Beobachter, wie Brown-Séquard, die Frage über den Muskelsinn vorurtheilsfrei und nur nebenbei behandelnd, constatirt hat, dass neben intakten **motorischen** Nerven auch der Kraftsinn intakt besteht,

*) Archives de Physiologie normale et pathol. 1868. S. 610.

während zugleich die übrigen Gefühlsqualitäten mehr oder weniger geschädigt sind.

Ich selbst habe einen derartigen Fall beobachtet, in welchem bei einer Frau mit halbseitiger linksseitiger Verletzung des Rückenmarks, bei hochgradig herabgesetztem Empfindungsvermögen der Haut, der Kraftsinn sich in keiner Weise gestört zeigte, wie die der immerhin grossen Seltenheit dieser Fälle wegen ausführlicher mitgetheilte Krankengeschichte lehren wird.
