

Besprechungen.

1. ANG. MOSSO. **Über die Gesetze der Ermüdung. Untersuchungen an Muskeln des Menschen.** *Dubois' Archiv.* 1890. S. 89—168.
2. ARN. MAGGIORA. **Über die Gesetze der Ermüdung. Untersuchungen an Muskeln des Menschen.** Ebenda S. 191—243.
3. WARREN T. LOMBARD. **The effect of fatigue on voluntary muscular contractions.** *American Journal of Psychology*, III (1890). S. 24—42.

Die von MOSSO und dessen Schüler MAGGIORA ausgeführten Untersuchungen besitzen nicht bloß für die Physiologie und die Diätetik der körperlichen Bewegungen, sondern auch für die experimentelle Psychologie eine große Tragweite. Das Versuchsverfahren bestand im wesentlichen darin, daß der Mittelfinger einer Hand durch Willensthätigkeit oder durch elektrische Tetanisierung des betreffenden Nerven oder der betreffenden Beugemuskeln selbst veranlaßt wurde, eine Reihe von Gewichtshebungen mit nur kurzen Zeitintervallen (in der Regel 2 Sek.) zwischen den einzelnen Hebungen auszuführen. In den meisten Fällen wurde die Reihe der Gewichtshebungen nicht eher beendet, als bis die Muskeln nicht mehr im Stande waren, das gegebene, gewöhnlich als Überlastung dienende Gewicht zu erheben. Der Gesamtbetrag der mechanischen Arbeit, welche bei einer solchen Hebungsreihe geleistet worden war, wurde bestimmt. Variiert wurde außer der Art der Muskelreizung die Dauer des zwischen 2 Einzelhebungen verfließenden Zeitintervalles, die Größe des zu hebenden Gewichtes, der Zustand der Muskeln bei Beginn der Hebungsreihe u. a. m.

Die von den beiden Forschern erhaltenen Resultate, von denen wir die für die experimentelle Psychologie bedeutungsvolleren zuerst anführen, sind folgende:

1. Wie sich schon aus Versuchen von FICK ergibt, vermag der Wille eine höhere Spannung und größere Arbeitsleistung der Muskeln zu erzielen, als durch maximale elektrische Tetanisierung der Muskeln selbst oder des zugehörigen motorischen Nerven erzeugt werden kann. Allein es giebt eine Ermüdung des auf Bewirkung einer bestimmten Muskelbewegung gerichteten Willens, die sich, nach MOSSO, darin zeigt, daß der Wille nach einer Reihe von ihm hervorgerufener Gewichtshebungen schließlich gar keine Erhebung des Gewichtes mehr zu erzielen

vermag, während in eben diesem Stadium die elektrische Reizung der Muskeln oder des motorischen Nerven noch sehr wohl wirksam ist und eine nicht unerhebliche weitere Reihe von Gewichtshebungen auszulösen vermag. Wird der Versuch in umgekehrter Ordnung ausgeführt, wird also zuerst die elektrische Reizung zur Hervorrufung der Gewichtshebungen benutzt und bis zum Unwirksamwerden beibehalten und hierauf der Wille in Anspruch genommen, so vermag derselbe trotz des Unwirksamseins der künstlichen Reizung noch eine beträchtliche Reihe von Gewichtshebungen auszulösen. Dieses Verhalten erklärt sich einfach daraus, daß der unermüdete Wille ein wirksamerer Reiz ist als die künstliche, elektrische Reizung.

Läßt man durch Willensanstrengung die Muskeln so lange an dem Gewicht Arbeit leisten, bis die Hebungen nur noch sehr niedrig ausfallen, und veranlaßt hierauf durch elektrische Nervenreizung die Muskeln zu einer kurzen weiteren Reihe von Gewichtshebungen, so erholt sich der Wille während des Zeitraumes, wo letztere Hebungsreihe stattfindet. Dies zeigt sich darin, daß sofort nach Beendigung der durch die elektrische Reizung bewirkten Hebungsreihe der Wille bedeutend ausgiebigere Hebungen auslöst, als er unmittelbar vor Beginn dieser Hebungsreihe bewirkte. Es findet also auch während eines solchen Zeitraumes, während dessen die Muskeln durch periphere, künstliche Reizung zur Arbeitsleistung veranlaßt werden, noch eine Erholung der auf eine Hebungsthätigkeit dieser Muskeln gerichteten Willenskraft statt. Hingegen zeigen Versuche, bei denen in eine Reihe durch elektrische Reizung hervorgerufener Gewichtshebungen eine kurze Reihe willkürlicher Hebungen eingeschoben wird, daß die Muskeln während eines Zeitraums, wo sie infolge von Willensanstrengung eine Anzahl von Hebungen ausführen, für die elektrische Reizung sich nicht erholen.

2. Durch elektrische Tetanisierung des motorischen Nerven oder der Muskeln selbst können die durch den Willen angestrebten Muskelkontraktionen gehemmt werden. Das Minimum der Zeit, das zwischen dem Beginn der elektrischen Reizung und dem Erscheinen der Hemmung verstrich, fand Mosso gleich $\frac{1}{5}$ Sekunde. Mosso teilt nicht die Ansicht Ficks, daß es sich bei dieser Hemmung der durch den Willen angestrebten Spannungen oder Kontraktionen der Muskeln um eine Reflexerscheinung handle. Er glaubt, daß diese Erscheinung eine tiefgehende Analogie zu den vom Vagus ausgehenden Hemmungswirkungen besitze, und daß sie mit letzteren Hemmungswirkungen zusammen „unter das Gesetz falle, welches alle Muskeln und alle Nerven regiert, nämlich, daß durch einen übertriebenen Reiz in der Substanz des Muskels Alterationen entstehen, wodurch derselbe unfähig wird, auf seinen natürlichen Reiz zu reagieren“.

3. Sehr auffallend ist folgendes von Mosso gefundene Versuchsergebnis. Wird einer Versuchsperson, deren Finger Muskeln durch elektrische Nervenreizung zu einer Reihe in konstanten Intervallen aufeinander folgender Gewichtshebungen veranlaßt werden, plötzlich die Oberarmarterie komprimiert, so steigen die Hubhöhen zunächst an, entsprechend der schon von verschiedenen Forschern festgestellten That-

sache, daß die Anämie der Muskeln zunächst erhöhend auf die Erregbarkeit derselben wirkt.¹ Wird nun während der Fortdauer der Muskelanämie in einem Stadium, wo die durch die elektrische Nervenreizung erzielten Hubhöhen noch gröfser sind, als sie vor Herstellung der Anämie waren, die elektrische Reizung sistiert und die Versuchsperson aufgefordert, die Fingermuskeln willkürlich zur Gewichtshebung zu kontrahieren, so gelingt es derselben trotz aller Anstrengungen nicht, das Gewicht auch nur um ein Geringes zu bewegen. Hingegen hat die elektrische Reizung des motorischen Nerven sofort wieder dieselbe Kontraktion wie vorher zu Folge. Gegen den Verdacht, daß die Hemmung der Willenswirkung von der Kompression des Nerven abhängt, schützte sich Mosso dadurch, daß er die Elektroden höher gegen die Achsel zu anlegte und die Kompression tiefer unten vornahm. „Wenn die Hemmung von der Kompression des Nerven abhängt, hätte nun nicht nur die Wirkung des Willens ausbleiben müssen, sondern auch die des Nervenreizes, was aber nicht der Fall war.“ Für denjenigen, welcher die hier in Rede stehende Erscheinung (auf die wir am Schlusse dieser Besprechung bei einer allgemeineren Betrachtung noch zurückkommen werden), vom psychologischen Standpunkte aus erwägt, ist vielleicht die Bemerkung nicht unwichtig, daß während der Anämie des Armes die Tastempfindung in den blutleeren Fingern gut erhalten war, „soweit sich dies durch den Erfolg einfacher Berührungen feststellen liefs“.

4. Mosso stellte ferner Versuche von der Art an, daß die Muskeln bei jeder Kontraktion nur so lange auf das Gewicht wirkten, als ihre Kontraktion einen bestimmten, für alle Versuche konstanten Grad noch nicht erreicht hatte; war dieser Punkt erreicht, so vollzog sich die weitere Kontraktion ohne jede Belastung, abgesehen natürlich von dem Schreibapparate und Zubehör. Wurden nun bei derartigen Versuchen die Muskeln durch Nervenreizung zur Kontraktion veranlaßt, so verringerte sich infolge der Ermüdung im Verlaufe der Versuchsreihe die Strecke, um welche sich die Muskeln nach ihrer Entlastung weiter ver-

¹ Dieser förderliche Einfluß der Anämie auf die Muskeleerregbarkeit ist vom Referenten (*Nachr. v. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen*, 1889, S. 162) durch das von ihm auf Grund einer Analyse der myothermischen Erscheinungen aufgestellte und als myothermisches Grundgesetz bezeichnete allgemeine Gesetz erklärt worden, daß jede Verringerung des osmotischen Druckes, unter dem der Muskelsaft steht, im Sinne einer Zunahme der Muskeleerregbarkeit (im Sinne einer Erleichterung der Auslösung der im Muskelsafte angehäuften chemischen Spannkraft) sich geltend macht. Nach physikalischen Gesetzen muß die Herstellung einer Muskelanämie notwendig von einer Abnahme jenes im Muskelsaft herrschenden Druckes begleitet sein. Da ferner die an der Oberfläche eines ausgeschnittenen Muskels unter Umständen vor sich gehende Verdunstung gleichfalls im Sinne einer Abnahme jenes Saftdruckes wirken muß, so hat Referent als eine Bestätigung des obigen myothermischen Grundgesetzes schon früher (a. a. O. S. 151) auch die von BLIX festgestellte Thatsache angeführt, daß der Muskel bei der Reizung mehr Wärme entwickelt, wenn er von trockener Luft umgeben ist, als dann, wenn er sich in einer feuchten Atmosphäre befindet. Hierzu kommt noch als eine weitere, schöne Bestätigung des obigen Gesetzes die von KUNKEL in seinen Untersuchungen „Über eine Grundwirkung von Giften auf die quergestreifte Muskel-

kürzten, und mithin auch der Gesamtbetrag der Kontraktion. Wurden hingegen die Muskelkontraktionen durch den Willen bewirkt, so nahm jene Strecke und der Gesamtbetrag der Kontraktion allmählich zu.

Mosso glaubt, daß dieser interessante Unterschied zwischen der durch elektrische Nervenreizung bedingten und der durch den Willen bewirkten Kontraktionsreihe „durch den wachsenden Nervenreiz hervorgerufen werde, welchen die Centren zu dem Muskel entsenden, je schwieriger die materiellen Bedingungen der Kontraktion für den Ermüdungsprozeß werden“. Referent glaubt, daß die hier angedeutete Erklärungsweise mindestens etwas unvollständig ist. Die in Rede stehende Erscheinung dürfte sich in ganz ungezwungener Weise einfach folgendermaßen erklären. Die Ermüdung des Muskels durch wiederholte Reizung hat bekanntlich die Wirkung, den Erregungsprozessen, welche in demselben entstehen, eine größere zeitliche Dauer zu geben. Eine solche Vergrößerung der Erregungsdauer ist aber, falls es sich um einen Einzelreiz oder eine nur sehr kurze Zeit dauernde tetanisierende Reizfolge handelt, innerhalb gewisser Grenzen an und für sich förderlich für die Kontraktionsgröße. Es ist eben innerhalb gewisser Grenzen mit einer längeren Andauer des Erregungsprozesses zugleich auch eine längere Andauer der im Muskel erweckten kontrahierenden Kräfte und hiermit wiederum die Erreichung eines höheren Kontraktionsgrades verbunden. Durch diesen Gesichtspunkt hat Referent bereits früher z. B. die Thatsache erklärt, daß nach Versuchen von HEIDENHAIN, FICK und NAWALICHIN bei fortschreitender Ermüdung die Hubhöhe zuweilen eine Abnahme nicht erkennen läßt, während die Wärmebildung sich deutlich verringert. In solchen Fällen wird die durch die Ermüdung bewirkte und an der Wärmebildung deutlich hervortretende Abnahme der Muskeleerregbarkeit hinsichtlich ihres Einflusses auf die Hubhöhe durch die für letztere günstige Verlängerung der Erregungsdauer mehr oder weniger vollständig kompensiert. Soll nun unter den oben angegebenen Versuchsbedingungen durch den Willen eine Reihe von Muskelkontraktionen ausgelöst werden, so wird allerdings die Erregbarkeit der Muskeln im Verlaufe der Versuchsreihe abnehmen, zugleich werden aber die centralen Impulse in dem Maße gesteigert werden, daß durch diese Impulssteigerung jene

substanz“ festgestellte Thatsache, daß Muskelgifte, welche den Wassergehalt der Muskeln verringern, im allgemeinen die Muskeleerregbarkeit und die Zuckungsgröße steigern, während solche Gifte, welche die Muskelsubstanz wasserhaltiger machen, die Muskeleerregbarkeit und die Zuckungsgröße vermindern. In Hinblick auf diesen Thatbestand, sowie in Hinblick darauf, daß nach den Gesetzen der Diösmose eine Änderung, welche der Gehalt des Blutes an Nährmaterial oder Abfallstoffen erfährt, im allgemeinen zugleich auch eine Änderung des Flüssigkeitsgehaltes der Muskelfasern und des innerhalb der letzteren bestehenden Saftdruckes zu Folge haben muß, erhebt sich die Frage, ob nicht die Änderungen, welche die Muskeleerregbarkeit bei durch geistige oder körperliche Thätigkeit, durch Fasten, durch Genuß von Speise u. dergl. m. herbeigeführten Änderungen der stofflichen Zusammensetzung des Blutes erfährt, zu einem gewissen Teile auch auf den Einfluß zurückzuführen sind, den diese Änderungen der Blutbeschaffenheit auf den Flüssigkeitsgehalt der Muskelfasern und den innerhalb derselben bestehenden Saftdruck ausüben.

Abnahme der Erregbarkeit hinsichtlich ihres Einflusses auf die Spannung, mit welcher die Muskeln auf das Gewicht wirken, möglichst kompensiert wird. Die durch den Willen bewirkte Erregung und Spannung machen sich also trotz der fortschreitenden Ermüdung bei allen Hebungen mit annähernd denselben Werten an dem Gewichte geltend. Da nun aber die durch den Willen bewirkten Erregungsprozesse infolge der Ermüdung außerdem noch an Dauer gewinnen, so muß die Strecke, um welche sich die Muskeln nach ihrer Entlastung verkürzen, und der Gesamtbetrag ihrer Kontraktion im Laufe der Versuchsreihe anwachsen. Werden die Muskeln durch elektrische Reizung des motorischen Nerven zu den Kontraktionen veranlaßt, so wird allerdings die Dauer der eintretenden Muskeleerregungen durch die Ermüdung gleichfalls verlängert, aber der Reiz, der vom Nerven aus auf die Muskeln wirkt, wird nicht im Sinne einer Konstanterhaltung der anfänglichen Intensitätswerte der Muskeleerregung verstärkt, sondern bleibt höchstens konstant, und so kommt es, daß infolge der Abnahme der Muskeleerregbarkeit (infolge des Verbrauches des im Muskel angehäuften erregbaren Materiales) der Betrag der Muskelkontraktion allmählich abnimmt.

Vorstehendes dürfte genügen, um darzuthun, daß es mindestens etwas übereilt sein würde, wenn man den Grund der Eigentümlichkeit des obigen, von Mosso erhaltenen Versuchsergebnisses sofort in einer Besonderheit unseres psychologischen Verhaltens, nämlich darin erblicken würde, daß unter den obigen Versuchsbedingungen bei fortschreitender Ermüdung die von dem Willen ausgehenden Impulse mehr gesteigert würden, als zur Konstanterhaltung der auf das Gewicht einwirkenden Muskelspannungen erforderlich ist. Die in Frage stehende Erscheinung erklärt sich ganz ungezwungen auf rein physiologischem Wege durch den Einfluß der Ermüdung auf die Andauer der Muskeleerregungen. Eine gründlichere Darlegung der im Vorstehenden angedeuteten Auffassung jener Erscheinung kann nur in engem Anschlusse an bestimmte theoretische Anschauungen betreffs des Wesens der Muskelkontraktion gegeben werden, wozu hier nicht der Ort ist. Eine experimentelle Prüfung der hier angedeuteten Auffassung jener von Mosso gefundenen Erscheinung dürfte verhältnismäßig leicht, z. B. dadurch möglich sein, daß in eine Reihe willkürlicher Muskelkontraktionen, die unter den oben angegebenen Versuchsbedingungen stattfinden, unvermuteterweise Fälle eingeschoben werden, wo die erregten Muskeln nicht auf das Gewicht, sondern auf einen Spannungsanzeiger wirken. Es muß sich zeigen, daß die durch den Willen hervorgerufenen, zur Gewichtshebung bestimmten Muskelspannungen im Verlaufe der Versuchsreihe nicht, wie Mosso zu schließen scheint, zunehmen, sondern annähernd konstant bleiben.

5. Durch unmittelbar vorhergehende angestrengte Geistesthätigkeit wird die Kraft, welche die Muskeln bei gegebenem Reize entwickeln, geschwächt, mag der Reiz in Willensimpuls oder ein den motorischen Nerven oder den Muskel selbst treffender elektrischer Reiz sein. Nach Mossos Ansicht kommt die hieraus sich ergebende Ermüdung der Muskeln durch angestrengte Geistesthätigkeit dadurch zu stande, daß durch die gesteigerte Arbeit des Gehirns Zersetzungsprodukte in den Kreis-

lauf kommen, welche die Muskeln vergiften und sie unfähig machen, ihre volle Energie zu entfalten.

6. Allgemein sind zwei verschiedene Arten der Ursachen der Ermüdung oder Schwächung der Muskeln zu unterscheiden, die beide natürlich auch gleichzeitig nebeneinander vorkommen können. Die eine Art der Schwäche beruht auf einer Verarmung des Muskels an Stoffen, deren er zur Arbeitsleistung bedarf. Diese Art von Schwäche wird z. B. durch Fasten bewirkt. Sie wird in wunderbar schneller Weise durch den Genuß von Speise beseitigt. Die zweite Art von Muskelschwäche wird durch geistige Anstrengung, durch Nachtwachen, durch angestrenzte Märsche und dergl. bewirkt und beruht wahrscheinlich auf einer Vergiftung der Muskeln „durch Substanzen, welche das Nervensystem während seiner Thätigkeit entwickelt“.¹ Bei Vorhandensein dieser Muskelschwäche hat die Speise wenig stärkenden Einfluß. Die volle Erholung erfordert unvergleichlich längere Zeit und ist nur dann zu erzielen, wenn dem Nervensysteme die Ruhe durch Schlaf zu teil wird.

Den Beweis dafür, daß nach angestrenzter Muskelthätigkeit giftige Stoffe im Blute enthalten sind, hat Mosso dadurch erbracht, daß er das Blut eines Hundes, welcher fast bis zur Erschöpfung im Tretrade gelaufen war, einem anderen, im normalen Zustande befindlichen Hunde injizierte. Letzterer zeigte sofort nach der Injektion die Symptome von Müdigkeit und Niedergeschlagenheit; oft erfolgte sogar Erbrechen. Hingegen rief die Injektion des Blutes keine derartigen Symptome hervor, wenn der Hund, dem das Blut entnommen wurde, nicht durch körperliche Arbeit ermüdet war.

7. Daß durch angestrenzte Muskelthätigkeit nicht bloß die angestrenzten, sondern auch noch andere Muskeln, z. B. durch angestrenktes Marschieren auch die (während des Marschierens möglichst in Ruhe erhaltenen) Armmuskeln, stark an Leistungsfähigkeit verlieren, und daß diese Ermüdung im wesentlichen eine Ermüdung der Muskeln und nicht etwa der centralen Organe ist, zeigt MAGGIORA durch ausdrücklich hierauf gerichtete Versuche, bei denen sich angestrenktes Marschieren auch für die Leistungsfähigkeit der auf elektrischem Wege direkt oder vom Nerven aus gereizten Fingermuskeln als sehr nachteilig erwies.¹

8. Ebenso zeigte MAGGIORA durch besondere Versuche, bei denen der motorische Nerv oder die Muskeln selbst elektrisch gereizt wurden, daß die Schwäche, welche durch Fasten bewirkt wird, in der Hauptsache nicht auf einer geringeren Energie des Gehirns und Rückenmarkes, sondern auf einer Schwäche der Muskeln selbst beruht.²

9. Die überraschende Schnelligkeit, mit welcher die durch Fasten geschwächten Muskeln sich nach einer Mahlzeit erholen — schon $\frac{3}{4}$ Stunde nach einer Mahlzeit, durch welche ein 24stündiges Fasten beendet wurde

¹ Daß nach angestrenktem Marschieren und anderer körperlicher Anstrengung diese Giftstoffe nur dem Nervensysteme, nicht auch den Muskeln selbst entstammen, ergeben die vorliegenden Versuche nicht.

² Was die Erschöpfung durch Nachtwachen anbelangt, so ist aus den Versuchsangaben von MAGGIORA (S. 226) leider nicht mit Sicherheit zu ersehen, ob die dadurch bewirkte Verringerung der von den Muskeln

waren die Muskeln wieder völlig erholt — lassen in Hinblick auf die Länge der Zeit, welche die Verdauung der in den Magen gebrachten Nahrungsmittel erfordert, MAGGIORA die Annahme wahrscheinlich erscheinen, daß die durch Nahrungsaufnahme zu stande kommende Erholung der durch Fasten geschwächten Muskeln „zum Teile auch von der gesteigerten Aktivität der Blutcirkulation abhängt, welche auf die Nahrungsaufnahme folgt“. MAGGIORA erinnert an Untersuchungen von Mosso, aus denen sich ergibt, daß nach der Nahrungsaufnahme die Herzschläge rasch stärker werden und die Tonicität der Blutgefäße wächst. Die erwähnte Annahme von MAGGIORA zeigt sich durch Versuche dieses Forschers bestätigt, bei denen sich ergab, daß ein durch Fasten bewirkter hochgradiger Schwächezustand der Muskeln durch Massage der Muskeln stark verringert, ja sogar fast ganz aufgehoben werden kann.

10. Die weiteren Untersuchungen der beiden Forscher sind mehr von rein physiologischem Interesse. Sie betreffen die Kontraktur und die sogenannten Veränderungen der Muskelelasticität bei der Ermüdung, den Einfluß der Unterstützung auf die Kontraktionshöhe, den erholenden Einfluß der Massage und die Abhängigkeit, in welcher der Verlauf der Ermüdungskurve (im Sinne KRONECKERS) und die GröÙe der bei einer Hebungsreihe geleisteten mechanischen Arbeit zu verschiedenen Faktoren (Individualität, Gewicht, Reizintervall, Erholungspause und dergl. mehr) steht. Die Resultate dieser Untersuchungen bestätigen zum Teil die bereits von anderen Forschern erhaltenen Versuchsergebnisse, zum Teil sind sie neu und von Interesse, wenn sie auch dem Referenten in theoretischer Beziehung wichtige neue Gesichtspunkte nicht an die Hand zu geben scheinen. Wenn Mosso (S. 164 ff.) bei willkürlicher Kontraktion der Fingermuskeln und auch bei kurzdauernder ($\frac{2}{3}$ Sekunden dauernder) Tetanisierung des betreffenden motorischen Nerven gar keinen oder wenigstens keinen sicher eintretenden Einfluß der Unterstützung auf die Kontraktionshöhe gefunden hat, so kann Referent in Hinblick darauf, daß jede willkürliche Kontraktion thatsächlich tetanischer Art ist, in diesem Versuchsergebnisse nur eine Bestätigung der bereits von v. FREY erhaltenen Versuchsergebnisse erblicken, welcher beim Tetanus die Unterstützung gleichfalls ohne Einfluß auf die Kontraktionshöhe fand. Mosso erachtet ferner in Hinblick auf die von ihm erhaltenen Versuchsergebnisse vorläufig die Annahme für wahrscheinlich, „daß für den frischen Muskel während seiner ersten Kontraktionen das Gewicht gleichgültig sei, so daß derselbe, wenn er einmal zur Kontraktion angeregt wird, eine große Verkürzung ausführt, gleichgültig, ob das Gewicht während der ganzen maximalen Kontraktion oder bloß während eines Teiles derselben gehoben werden soll; wenn aber die Energie des Muskels infolge der Ermüdung abnimmt, dann gereicht es ihm zum Vorteile, wenn man ihm mittelst der Unterstützung zu Hilfe kommt“. Referent möchte bemerken, daß diese

geleisteten mechanischen Arbeit bei willkürlicher Erregung oder bei elektrischer Reizung derselben erhalten worden ist. Waren die Kontraktionen willkürliche, so ist das Resultat natürlich zweideutig, weil außer der Muskelschwächung auch noch die psychische Erschlaffung in Betracht kommt.

vorläufige Annahme Mossos in direktem Widerspruche zu den von v. FREY erhaltenen Versuchsergebnissen steht, nach denen der Unterschied, der zwischen den Zuckungshöhen des unterstützten und des frei belasteten Muskels besteht, bei fortschreitender Ermüdung sich verringert und bei hoher Ermüdung es sogar vorkommen kann, daß die Zuckungshöhe des frei belasteten Muskels die höhere wird. Alle diese und andere das Verhalten der Kontraktionshöhe bei variabler Unterstützungshöhe betreffende Thatsachen, insbesondere auch die von Mosso von neuem festgestellte Thatsache, die denselben zu der soeben erwähnten irrigen Annahme bewogen zu haben scheint, nämlich die Thatsache, daß eine Steigerung des vom Muskel zu hebenden Gewichtes den förderlichen Einfluß der Unterstützung auf die Kontraktionshöhe deutlicher (und zwar auch bei kurzdauernden Tetanisierungen) hervortreten läßt, erklären sich ganz ungezwungen aus den vom Referenten früher (a. a. O. S. 147 f. und 160) entwickelten Anschauungen. Was die betreffs der Kontraktur von Mosso erhaltenen Versuchsergebnisse anbelangt, so erklären sich dieselben sämtlich im Sinne der vom Referenten a. a. O. S. 157 ff. gegebenen Ausführungen in ungezwungener Weise als die Folgeerscheinungen einer im Verlaufe der Versuchsreihe stattfindenden Zunahme der Zähigkeit des Muskelsaftes. Die von MAGGIORA (S. 211) gewonnenen interessanten Versuchsergebnisse, welche ergeben, daß die späteren geringeren Kontraktionen einer bis zum Versagen des Hebevermögens fortgesetzten Hebungsreihe der Leistungsfähigkeit der Muskeln nachteiliger sind, als die ausgiebigeren früheren Kontraktionen, möchte Referent in Analogie zu den namentlich von LUKJANOW beobachteten Erscheinungen der Ermüdungsmüdigkeit bringen und im Sinne des vom Referenten a. a. O. S. 161 f. Bemerkten durch den herabsetzenden Einfluß erklären, welchen die durch eine starke Ermüdung bewirkte Erhöhung der Zähigkeit des Muskelsaftes auf den Stoffaustausch zwischen Blut und Muskelfaserinnerem ausübt. Da bei einer Reihe von Gewichtshebungen, welche nach Abschluß des Blutstromes von den Muskeln stattfindet, die bei den einzelnen Hebungen gebildeten Zersetzungsprodukte sich sämtlich in den Muskeln ansammeln und die Zähigkeit des Muskelsaftes in ungewöhnlich hohem Grade erhöhen, so läßt es sich in Hinblick auf den soeben erwähnten Einfluß der Zähigkeitszunahme des Muskelsaftes leicht begreifen, daß, wie MAGGIORA fand, es einer ziemlich langen Ruhepause bedarf, damit die Muskeln nach einer bei Ausschluß des Blutstromes bis zur völligen Erschöpfung fortgesetzten Hebungsreihe unter dem Einflusse der wiederhergestellten Blutzirkulation die Fähigkeit wiedererlangen, das Gewicht zu heben. —

Zum Schlusse möchte sich Referent in Beziehung auf ein bei diesen Untersuchungen von Mosso und MAGGIORA mehrfach zur Anwendung gebrachtes Versuchsverfahren eine namentlich auch im Interesse der Psychologie vielleicht nicht ganz unwichtige Bemerkung erlauben. MAGGIORA hebt gelegentlich hervor, welche Wichtigkeit für die experimentelle Psychologie die bei seinen Versuchen benutzte Methode besitze, die darin bestehe, durch direkte Reizung der Nerven oder der Muskeln „die Aktion der nervösen Centren von der peripherischen Organe, d. h. der Nerven

und der Muskeln, zu trennen“. Wie dem Referenten scheint, ist nun bei Anwendung dieser Methode ein Punkt nicht zu übersehen, der merkwürdigerweise in diesen ganzen Untersuchungen von *Mosso* und *Maggiore* auch nicht mit einem Worte erwähnt wird. Nach den zur Zeit herrschenden, doch keineswegs ganz aus der Luft gegriffenen und erst neuerdings durch die Versuche von *Beaunis* wieder betonten Anschauungen werden nämlich bei einer willkürlichen Muskelbewegung im allgemeinen auch diejenigen Muskeln, welche die Antagonisten der im Sinne dieser Bewegung wirksamen Muskeln sind, in eine hinsichtlich ihrer Stärke und ihres zeitlichen Verlaufes nach der Art der betreffenden Bewegung sich bestimmende Erregung versetzt. Wird also unter gewissen Versuchsbedingungen bei willkürlicher Erregung der Muskeln ein wesentlich anderes Resultat erhalten als bei elektrischer Reizung derselben, so ist der Unterschied der in beiden Fällen erhaltenen Erfolge nicht ohne weiteres sofort darauf zu beziehen, daß der Reiz, der bei der Willensthätigkeit von den nervösen Centren auf die Muskeln ausgeübt werde, von anderer Art sei und anderen Gesetzen gehorche als die elektrische Reizung, sondern man hat sich vor allem zu fragen, ob jener Unterschied seinen Grund nicht einfach darin haben könne, daß bei der willkürlichen Muskelbewegung zugleich auch die betreffenden Antagonisten in Erregung versetzt werden. So erhebt sich z. B. hinsichtlich der oben (auf S. 142 f.) erwähnten Versuche *Mossos*, bei denen sich nach einer Reihe auf elektrischem Wege ausgelöster Kontraktionen der Wille an den anämisch gemachten Muskeln anscheinend als unwirksam erwies, während die elektrische Reizung noch eine erhöhte Wirksamkeit entfaltete, sofort die folgende Frage: Kann dieses eigentümliche Versuchsergebnis nicht einfach darin seinen Grund haben, daß die Antagonisten der bei den Gewichtshebungen wirksamen Beugemuskeln zu der Zeit, wo die Reihe der elektrischen Auslösungen der Gewichtshebung sistiert wurde und der Wille der Versuchsperson für die Gewichtshebung in Anspruch genommen wurde, sich in Vergleich zu jenen Beugemuskeln in einem Zustande beträchtlich höherer Erregbarkeit befanden, so daß die Impulse, welche bei der Willensanstrengung den Antagonisten zugesandt wurden, hinreichend waren, um die beabsichtigte Gewichtshebung ganz zu verhindern? Die Annahme, daß in jenem Momente der Inanspruchnahme des Willens die Antagonisten der Beugemuskeln sich in Vergleich zu diesen in einem Zustande beträchtlich höherer Erregbarkeit befunden haben, ist nämlich keineswegs eine ganz willkürliche. Es ist in Rücksicht zu ziehen, daß jenem Momente eine Reihe auf elektrischem Wege hervorgerufener Gewichtshebungen vorhergingen, bei denen nur die Beugemuskeln, nicht aber auch ihre Antagonisten in Thätigkeit versetzt wurden. In der von *Mosso* näher mitgetheilten Versuchsreihe gingen der ersten Inanspruchnahme des Willens nicht weniger als 99 durch elektrische Reizung hervorgerufene Gewichtshebungen vorher, von denen 40 vor und 59 nach eingetretener Kompression der Oberarmarterie stattfanden. Da nun die Anämie nicht dazu dient, daß das im Muskel vorhandene erregbare Material an Menge zunimmt, sondern nur bewirkt, daß an demselben derjenige mit Wärmebildung verbundene chemische Umwandlungsvorgang, den wir als Erregungsprozess

bezeichnen, zunächst leichter ausgelöst werden kann, und mithin zunächst zu Folge hat, daß der Muskel durch eine gegebene Anzahl von Reizen bestimmter Art und Stärke mehr an erregbarem Materiale verliert, als er bei erhaltener Blutcirculation durch dieselben Reize verlieren würde, so mußten bei dieser Versuchsreihe Mossos die Beugemuskeln durch jene 99 auf elektrischem Wege hervorgerufenen und zwar der Mehrzahl nach bei vorhandener Anämie hervorgerufenen Gewichtshebungen bereits eine bedeutende Einbuße ihres erregbaren Materiales erfahren haben. Diese Muskeln mußten trotz des Umstandes, daß an ihnen der die Auslösbarkeit der angehäuften chemischen Spannkkräfte fördernde Einfluß der Anämie noch zu Tage trat, sich in Vergleich zu ihren Antagonisten, die mit der erleichterten Auslösbarkeit der vorhandenen chemischen Spannkkräfte auch noch den Vorzug eines reichlicheren, durch vorherige Reize nicht geschmälernten Besitzes solcher Spannkkräfte verbanden, im Zustande erheblich geringerer Erregbarkeit befinden. Es erhebt sich also in der That die Frage, ob jenes eigentümliche Ausbleiben der Gewichtshebung bei Inanspruchnahme des Willens nicht einfach nach Analogie derjenigen pathologischen Fälle (NOTHNAGEL) aufzufassen sei, bei denen der Wille die Extremitäten infolge übermäßiger gleichzeitiger Erregung der Antagonisten nur mit äußerster Anstrengung langsam zu bewegen vermag. Referent kann sich bis auf weiteres der Ansicht Mossos nicht anschließen, daß jene von diesem Forscher beobachtete, auffallende Erfolglosigkeit der Willensanstrengung „wahrscheinlich den Beweis für den tiefgehenden Unterschied liefert, welcher zwischen der Wirkung des Willens und jener der elektrischen Erregung besteht“.¹

In ähnlicher Weise, wie in dem Vorstehenden an einem Beispiele gezeigt worden ist, muß auch bei Erwägung anderer Resultate, die sich bei Untersuchungen der hier betrachteten Art im Falle willkürlicher Muskeleerregung ergeben haben, stets vor allem die Frage erhoben werden,

¹ Wenn man derjenigen Deutung der oben erörterten, von Mosso gefundenen Erscheinung, welche Referent durch das zur Zeit Vorliegende nicht für ausgeschlossen hält, die Frage entgegenhalten sollte, weshalb nach einer Reihe elektrisch ausgelöster Gewichtshebungen der Wille sich nicht auch dann als unwirksam erweise, wenn die Blutcirculation in den Muskeln erhalten bleibe, so kann nur nochmals auf die Besonderheit des Falles hingewiesen werden, wo durch die Anämie die Auslösbarkeit der angehäuften chemischen Spannkkräfte zwar in allen in Betracht kommenden Muskeln erhöht worden ist, aber die im Sinne der Gewichtshebung wirksamen Beugemuskeln unter Benutzung dieser erhöhten Auslösbarkeit trotz des Ausschlusses der ergänzenden Stoffzufuhr bereits durch zahlreiche Reize erschöpft worden sind, während die Antagonisten dem ersten sie treffenden Willensimpulse eine sowohl durch die Anämie in ihrer Auslösbarkeit stark geförderte, als auch durch vorhergehende Reize nicht geschmälernte, reichliche Menge chemischer Spannkkräfte entgegenbringen. In diesem Falle muß zwischen der Erregbarkeit der Beugemuskeln und derjenigen ihrer Antagonisten ein wesentlich anderes Verhältnis bestehen als in dem Falle, wo während der Reihe elektrisch ausgelöster Gewichtshebungen die Blutcirculation in den Muskeln erhalten blieb. Versuche, bei denen neben den Beugemuskeln gelegentlich auch die Antagonisten auf elektrischem Wege gereizt werden, können hierüber leicht authentische Auskunft geben.

ob die Eigentümlichkeit der betreffenden Resultate ihren Grund nicht einfach in der Miterregung der antagonistischen Muskeln habe.¹

Die gleichfalls im Institute von Mosso angestellten Versuche von LOMBARD stehen in engem Zusammenhange mit den im Vorstehenden besprochenen Untersuchungen, mit denen sie im wesentlichen auch die Methode gemeinsam haben. LOMBARD ergänzte die oben (S. 141) angeführten, die Willensermüdung ergebenden Versuchsergebnisse Mossos durch den Nachweis, daß, wenn der Wille durch Herbeiführung einer langen Reihe von Bewegungen bestimmter Art ermüdet ist, alsdann diese Willensermüdung sich nur auf die Ausführung von Bewegungen dieser Art, nicht aber auch auf Bewegungen bezieht, bei denen andere Muskeln beteiligt sind. Ferner beobachtete LOMBARD an sich selbst und zwei anderen Personen, daß im späteren Verlaufe einer durch den Willen bewirkten Hebungsreihe starke, sog. periodische Schwankungen der Hubhöhe eintreten. An 6 anderen Personen indessen konnten diese Schwankungen nicht mit Deutlichkeit erhalten werden. Da diese Schwankungen bei elektrischer Nerven- oder Muskelreizung nicht auftraten, da ferner in solchen Momenten, wo der Erfolg des Willens ein Minimum war, die elektrische Reizung beträchtlich größere Hubhöhen erzielte, und da endlich die Schwankungen der Hubhöhe nach ihrem Auftreten durch Massage zwar hinsichtlich ihrer Ausgiebigkeit verringert, aber nicht aufgehoben werden konnten, so glaubt LOMBARD eine centrale Ursache dieser Schwankungen annehmen zu müssen. Des Näheren nimmt er als Sitz der Ursache der Schwankungen diejenigen centralen Teile an, welche speciell der Ausführung der in Frage stehenden Bewegungen (Gewichtshebungen) vorstehen, da durch die von ihm gefundenen Resultate die Annahme ausgeschlossen ist, daß es sich bei derartigen Versuchen um periodische Schwankungen einer Ermüdung des Willens für alle möglichen Bewegungsarten handelt und mithin der Sitz der Ursache der Schwankungen auch nicht in einem Centrum gesucht werden kann, welches für alle Arten willkürlicher Bewegungen gleiche Bedeutung besitze. Vom prinzipiellen Standpunkte aus muß man hier den obigen Ausführungen des Referenten gemäß die Berücksichtigung der Möglichkeit vermissen, daß

¹ Man könnte geneigt sein, von dem hier geltend gemachten Standpunkte aus sogar zu bezweifeln, ob durch die oben (auf S. 141) erwähnten Versuche Mossos überhaupt die Ermüdbarkeit des auf eine bestimmte Bewegung gerichteten Willens bewiesen sei. Denn wenn nach einer großen Reihe willkürlicher Gewichtshebungen der Wille schließlich ganz unfähig sei, eine weitere Gewichtshebung auszulösen, während die elektrische Reizung sich noch sehr wohl als wirksam erweise, so könne jene eingetretene Unfähigkeit des Willens ja möglicherweise nur darauf beruhen, daß infolge der viel stärkeren Ermüdung der im Sinne der Gewichtshebung wirksamen Beugemuskeln die Miterregung der Antagonisten verhältnismäßig zu stark geworden sei. Indessen scheint uns doch die von Mosso dargethane Thatsache, daß der Wille nach einer starken Herabsetzung seiner Fähigkeit, eine Gewichtserhebung zu bewirken, durch Einschlebung einer Reihe auf elektrischem Wege ausgelöster Gewichterhebungen in dieser Fähigkeit wieder gefördert werden kann, zu beweisen, daß hier eine Willensermüdung und Willenserholung im Spiele ist.

die gefundene sog. Periodicität — streng genommen kann man von Perioden hier nicht reden; denn die Zeiträume zwischen den aufeinander folgenden Minima oder Maxima zeigen außerordentliche Variationen — ihren Grund einfach in dem Wechsel des Verhältnisses gehabt habe, in welchem die Erregbarkeit der im Sinne der Gewichtshebung wirksamen Muskeln zu der Erregbarkeit der antagonistischen Muskeln stand. Es ist klar, könnte jemand sagen, daß vom Anbeginn der Versuchsreihe an die ersteren Muskeln zunächst stärker ermüden mußten als die letzteren, die nur von schwächeren Impulsen getroffen wurden. Macht man nun die plausible Annahme, daß das Stärkeverhältnis, in welchem die den ersteren und die den letzteren Muskeln vom Willen zugesandten Impulse zu einander standen, immer dasselbe blieb, so mußte die durch die Willensanstrengung bewirkte Kraft der im Sinne der Gewichtshebung wirksamen Muskeln in Vergleich zu derjenigen der Antagonisten immer geringer werden, und es mußte ein Punkt erreicht werden, wo infolge der verhältnismäßig starken Gegenwirkung der letzteren Muskeln die Hubhöhe nur noch minimal war, obwohl ein elektrischer Reiz, der nur die im Sinne der Gewichtshebung wirksamen Muskeln erregte, noch sehr wohl fähig war, eine nicht unbeträchtliche Hubhöhe zu erzielen. War dieser Punkt erreicht, so mußte der weitere Verlauf der Erregbarkeit in den beiden miteinander kämpfenden Muskelarten einen in komplizierter Weise verschiedenen Verlauf nehmen, so daß leicht noch eine große Anzahl von Maxima und Minima durchlaufen werden konnte. Denn bei Erreichung jenes Punktes befanden sich beide Muskelarten keineswegs in demselben Zustande, und demgemäß mußte auch der weitere Verlauf ihrer Ermüdung ein anderer sein. Hierzu kommt, daß dementsprechend auch der erholende Einfluß des Blutstromes für beide Muskelarten einen verschiedenen Verlauf nahm. Ferner spielt natürlich auch die Verschiedenheit der beiden Muskelarten hinsichtlich ihrer Dicke, Länge, feineren Struktur und dergl. hier eine Rolle u. a. m. Man muß zugeben, daß der hier angedeuteten Erklärung, wenigstens auf den ersten Blick, die Thatsache nicht günstig ist, daß LOMBARD gefunden haben will, daß die Schwankungen der durch den Willen erzielten Hubhöhe nach Einschiebung einer Reihe durch elektrische Reizung ausgelöster Gewichtshebungen zunächst mit etwas geringerer Frequenz auftreten. Indessen ist der Sprung von dem der experimentellen Untersuchung verhältnismäßig so leicht und direkt zugänglichen Peripherischen (dem Muskelkomplexe) zu dem so schwer zugänglichen Centralen ein so gewaltiger, daß aus methodischen Gründen jede irgendwie denkbare Vermutung, welche die Ursache der in Frage stehenden Erscheinungen in die an der Peripherie vorhandenen Verhältnisse verlegt, nach allen Seiten hin in eingehende Erwägung und Prüfung genommen werden muß, ehe man sich dazu entschließen darf, zu dem Centrum seine Zuflucht zu nehmen. Im übrigen ist auch das vorliegende Versuchsmaterial betreffs der hier in Rede stehenden Schwankungserscheinungen, die sich nach obigem überhaupt nur an einem Drittel der bisher untersuchten Personen gezeigt haben, zur Zeit noch zu gering, als daß ein abschließendes Urteil über die Ursache derselben und über die Beziehung, in welcher dieselben zu

den in anderen Gebieten der Physiologie und Psychologie auftretenden ähnlichen Schwankungserscheinungen stehen, jetzt schon gefällt werden könnte.

G. E. MÜLLER (Göttingen).

H. MÜNSTERBERG. **Beiträge zur experimentellen Psychologie.** Heft 3. *Neue Grundlegung der Psychophysik.* 122 S. Freiburg i. B. 1890, Akad. Verlagsbuchhandlung von I. C. B. Mohr. Preis M. 3.—

Das Heft ist zerlegt in drei inhaltlich eng zusammenhängende Teile: I. Theorie der Empfindungsmessung, II. Neue Versuche, III. Das psychophysische Gesetz.

M. erörtert zunächst die Frage, ob Empfindungen gemessen werden können. In den Angriffen eines BOAS, VON KRIES, STADLER, F. A. MÜLLER, ZELLER, ELSASS gegen die Meßbarkeit der Empfindungen findet M. den richtigen Grundgedanken, „daß die starke Empfindung für unser Bewußtsein nicht das Multiplum einer schwachen Empfindung ist, daß die starke Empfindung psychologisch nicht aus schwachen zusammengesetzt ist, vielleicht etwas ganz Neues, in gewissem Grade unvergleichbar ist, so daß einen meßbaren Unterschied zwischen starken und schwachen Schallempfindungen oder Lichtempfindungen oder Temperaturen u. s. w. zu suchen, zunächst nicht mehr Sinn hat, als den Unterschied zwischen salzig und sauer oder zwischen Kopfschmerz und Zahnschmerz mathematisch berechnen zu wollen.“ (S. 3). Die starken und schwachen Empfindungen sind „zwei ganz verschiedene Bewußtseinsinhalte, von denen wir zunächst nichts anderes aussagen können, als daß sie verschieden, d. h. nicht identisch sind.“ Setzt man die Verschiedenheit eines Empfindungspaares gleich der eines andern, so wird eine Eigenschaft der physischen Größen auf das psychische Gebiet in ungerechtfertigter Weise übertragen. (S. 5). Intensitätsunterschiede sind Qualitätsunterschiede. (S. 6. 25). Eine quantitative (intensive) Unterscheidung giebt es nicht.

Was ist denn dann aber die Intensität der Empfindungen? M. antwortet, daß Qualität und Intensität nicht zwei besondere Eigenschaften (Seiten) der einen Empfindung sind, sondern nur die Richtungen bezeichnen, in welchen die eine Empfindung mit anderen Empfindungen verglichen werden kann (S. 10). Der Grund der Unterscheidung (Einkordnung in der intensiven Richtung) muß dann anderswo als in der Empfindung selbst gesucht werden (S. 12). Denn auch die Erfahrung, daß die Reizverstärkungen und -verminderungen intensive Unterschiede begründen, reicht zur Erklärung nicht aus, weil umgekehrt erst die Empfindungsunterscheidung jene Erfahrung ermöglicht (S. 13). Ein accessorisches Moment also, das zu der Reizwahrnehmung hinzutritt, muß die Ursache sein (S. 13). Dies accessorische Moment (es besteht natürlich in Muskelempfindungen) macht die sonst nur qualitativ verschiedenen Empfindungen aber nicht bloß nach ihrer Intensität unterscheidbar, sondern auch meßbar.

Worauf beruht denn überhaupt die Möglichkeit irgend einer Messung? Alle physikalische Messung beruht, so nimmt M. mit VON KRIES an, auf