



Aus der medicinischen Poliklinik zu Marburg.

Untersuchungen
über
den sogenannten Kraftsinn
bei Gesunden und Kranken.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

vorgelegt der

Hohen Medicinischen Fakultät der Universität Marburg

von

Rudolf Sunkel

pr. Arzt

aus

Frankenberg (Reg.-Bez. Cassel).

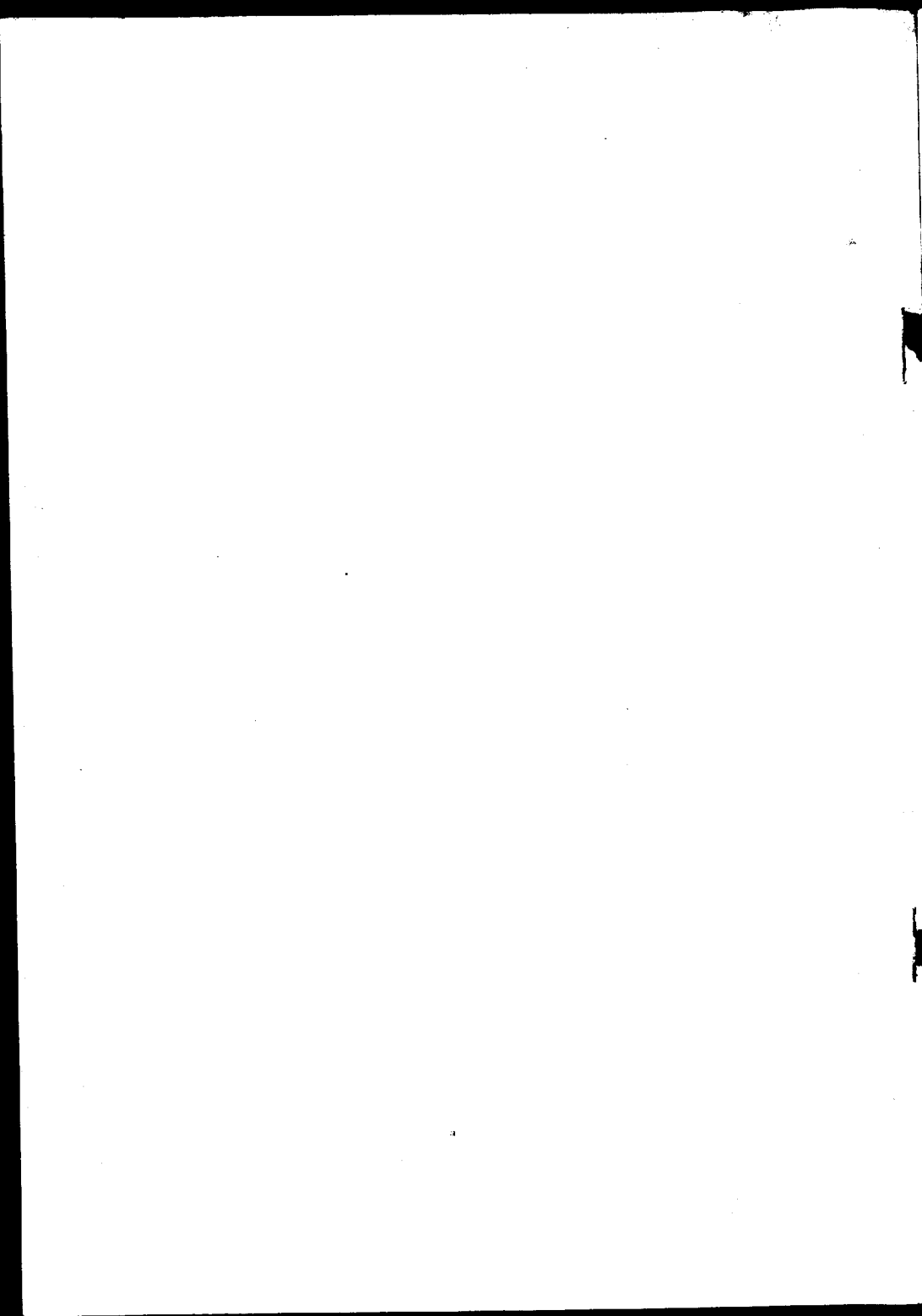


Marburg

Buchdruckerei Fr. Sömmering

1890.





Ch. Bell und *E. H. Weber* haben bekanntlich zuerst den Muskeln eine eigentümliche Empfindung zugesprochen, durch die wir befähigt sind die zu unsern Bewegungen aufgewandte Kraft kennen zu lernen. *E. H. Weber* (*Wagner's Handwörterbuch* 1846 III. b. S. 543) führt aus, dass uns dieses Muskelgefühl befähige, die Grösse eines unseren Bewegungen entgegenstehenden Widerstandes oder die Schwere eines gehobenen Gewichts genau zu beurteilen, dass uns mithin das Muskelgefühl Dienste leiste wie ein Sinn, den man „Kraftsinn“ nennen könnte.

Er hat dann Untersuchungen über die Feinheit dieses Kraftsinns angestellt. Er gab seinen Versuchspersonen die Zipfel eines mit verschiedenen Gewichten beschwerten Tuches in die Hand. Die Zipfel wurden mit grösserer Kraft, als zum einfachen Halten nötig war, zusammengefasst. Auf diese Weise glaubte *Weber* den Drucksinn ausgeschlossen zu haben. Selbstverständlich wurden bei den Versuchsanordnungen die Augen geschlossen.

Das Resultat dieser Versuchsmethode war, dass Gesunde eine Gewichtszunahme, die sich zum Anfangsgewicht wie 1 : 39 verhielt, wahrnahmen, während es mit dem Drucksinn allein nur gelang, Gewichte, die sich wie 29 : 30 verhielten, zu unterscheiden. Zu bemerken ist hierbei allerdings, dass

E. H. Weber nur für ein Gewicht von 78 Unzen (2280 gr) Versuche anstellte. Jedoch glaubte er nach Analogie der für andere Sinne gefundenen Proportionalität zwischen der Unterschiedsempfindlichkeit und der absoluten Grösse des betreffenden Reizes auch für den Kraftsinn eine solche Proportionalität annehmen zu dürfen.

Diese Annahme *Webers* bestätigte *Fechner*. Er konnte allerdings bei seinen Versuchen nicht finden, dass die Unterschiedsempfindlichkeit genau der absoluten Schwere des Gewichts proportional sei. Er stellte die Versuche ebenfalls an den Armen an für die Gewichte 300, 500, 1000, 1500, 2000 und 3000 gr. Die Unterschiedsempfindlichkeit für diese Gewichte war bei einhändigen Versuchen $1/52,1$, $1/58,8$, $1/74,6$, $1/75,2$, $1/70,4$, $1/76,9$ des Grundgewichtes. (*G. E. Müller* Zur Grundlegung der Psychophysik, Seite 196.) Es stieg also die Unterschiedsempfindlichkeit bei Zunahme des absoluten Gewichtes scheinbar etwas an.

Zog *Fechner* aber die Schwere des Armes in Rechnung, so standen seine Resultate in gutem Einklang mit dem von ihm so benannten *Weber'schen* Gesetz.

An diese grundlegenden Untersuchungen knüpften sich bald verschiedene Streitfragen. Zunächst wurde angezweifelt, ob uns die Muskeln derartige genaue Kenntnisse von einer Krafterleistung geben könnten. Es fiel vor allem ins Gewicht, dass man von einer Sensibilität der Muskeln nicht viel wusste, dass in den Muskeln keine sensiblen Nervenfasern nachgewiesen waren, dass die Muskeln beim Durchschneiden etc. keine resp. nur eine sehr geringe Schmerzempfindung hervorrufen, ferner, dass man selbst

wenn man den Muskeln auch Sensibilität von einer grossen Feinheit zugesteht, diese doch nicht ausreichen kann, um uns über die einschlägigen Vorgänge genau zu unterrichten, da ja den verschiedenen Contractionszuständen und mithin verschieden starken Empfindungen je nach der Sachlage ganz verschiedene Leistungen entsprechen können.

Weiterhin musste hervorgehoben werden, dass wir ein ziemlich genaues Maass für die Vorausbestimmung der Kraftleistung, die bei einer beabsichtigten Bewegung notwendig wird, besitzen, dass Gelähmte angeben ihre ganze Kraft zur Bewegung ihrer gelähmten Glieder aufzuwenden, trotzdem keinerlei Bewegung resultirt, dass bei Kranken mit hochgradigen Sensibilitätsstörungen der Kraftsinn keine Abnahme erlitten hat.

Alle diese und zahlreiche andere Beobachtungen führten dahin, dass man das Substrat für den Kraftsinn von der Peripherie nach dem Centrum verlegte. Man nahm an, dass mit einem jeden Bewegungsimpuls eine deutliche Empfindung von der Intensität der Innervation zustande komme und dass diese Empfindung bei der Beurteilung als integrierender Quotient in Rechnung gezogen werde.

Diese Anschauungen vertrat am ausgesprochensten *Wundt* (Grundzüge der physiologischen Psychologie).

Es schlossen sich noch viele andere, als *Bernstein*, *Bernhardt*, *Leyden*, *Lewinski* mehr oder weniger dieser Meinung an. Dagegen sprachen sich entschieden *Lotze* (Medicin. Psychologie) und *Funke* (in *Hermanns Archiv*) aus.

Eine dritte Anschauung verlegte das Vermögen, den gemachten Kraftaufwand und damit die Schwere

zu beurteilen, nicht in die Muskeln, sondern in andere periphere Organe, so z. B. *Schiff* in seinem Lehrbuch der Physiologie des Menschen in die Haut.

Lewinski (Ueber den Kraftsinn. Virch. Archiv Bd. 77, 1879) machte darauf aufmerksam, dass bei der Prüfung des Kraftsinns ein sehr komplizierter Apparat thätig ist.

Er versuchte die Frage durch Analysieren des ganzen Vorgangs zu vereinfachen. Die angewendete Kraft muss gleich dem Product, aus der Länge des Hebelarmes, Schwere des Gewichtes, Grösse des zurückgelegten Weges und der Geschwindigkeit sein. Die Länge des Hebelarmes ist bei den gewöhnlichen Versuchen gleich, kommt also nicht in Betracht; die Grösse des zurückgelegten Weges schliessen wir schliesslich aus einzelnen Lagevorstellungen. Diese sind reine Anschauungsvorstellungen, also sicher peripherer Natur. Er nimmt für sie hauptsächlich die Gelenksensibilität in Anspruch. Verbindet sich nun mit der Vorstellung von der Grösse des Weges eine Zeitvorstellung, so resultirt die Vorstellung von der Geschwindigkeit der Bewegung. Ueber die wirklich aufgewandte Kraft bekommen wir nach ihm nur von der Psyche Aufschluss.

Experimentelle Untersuchungen über den Kraftsinn wurden angestellt von *Eigenbrodt*, *Leyden*, *Bernhardt*, *Biedermann* und *Loewit* unter *Hering's* Leitung, *Hitzig*, *Müller* und *Schumann*, *Goldscheider*.

Eigenbrodt (Ueber die Diagnose der partiellen Empfindungslähmungen, insbesondere der Tastsinnlähmung. Virch. Archiv, Bd. 13, 1862) prüfte ihn bei einem Patienten mit Drucksinnlähmung bei Erhaltung der Wärme-, Schmerz- und Muskelsinnempfin-

ding. Der betreffende Patient empfand nichts, wenn ihm 2 oder 3 Pfund auf die Finger gelegt wurden, oder wenn ihm dieses Gewicht abgenommen wurde, konnte aber bei Heben von Gewichten immer 30 von 32 Loth richtig unterscheiden, was Gesunden nicht immer gelang.

Leyden (Ueber Muskelsinn und Ataxie, Virchow's Archiv, Bd. 47, 1869) fand zwischen Gesunden und Tabeskranken, die mit den hochgradigsten Sensibilitätsstörungen, vor allem mit stark herabgesetzter Muskelsensibilität behaftet waren, keinen wesentlichen Unterschied in dem Unterscheidungsvermögen für gehobene Gewichte. Jedoch trat bei Tabeskranken die genaue Unterscheidung erst bei einem höheren Anfangsgewicht ein.

Er konstruirte sich einen besonderen Apparat und liess durch Heben im Fussgelenk seine Versuchspersonen die Schätzungen vornehmen. Seine Resultate über das Unterscheidungsvermögen Gesunder beschränkten sich auf die Angaben, dass einer

2 Pf. 1,4 von 2 Pf. 6,4 Loth
und zwei andere im Durchschnitt

3 Pf. 11,5 Loth und 3 Pf. 6,5 Loth,
also das Verhältniss von 101,5:96,2 richtig unterscheiden konnten.

Aus der Thatsache, dass seine Tabeskranken hinter Gesunden in dem fraglichen Unterscheidungsvermögen nicht zurückstanden, folgert er, dass der Kraftsinn von der Muskelsensibilität entweder nicht, oder doch nicht zum wesentlichsten Theile abhängig sei, ebensowenig sei er aber auch von der Integrität der motorischen Nerven abhängig. „Trotzdem muss ihm eine Empfindung zu Grunde liegen, denn es

wird eine Veränderung von der Stellung des Fusses und eine Thätigkeit des Hebens wahrgenommen und diese Wahrnehmung kann nur durch sensible Nerven zugeführt werden.“ Die Erklärung für den Widerspruch zwischen der Sensibilitätsherabsetzung und dem dabei normalen Vermögen, verschieden schwere Gewichte zu erkennen, findet *Leyden* eben darin, dass bei Tabeskranken die Empfindlichkeit für das Anfangsgewicht abgenommen hat. Er sieht in der Gewichtsschätzung ausschliesslich eine Funktion des „Sensoriums“. Es ist also die Fähigkeit der vergleichenden Schätzung so lange normal, als die entsprechenden psychischen Vorgänge normal sind.

Bernhardt (Zur Lehre des Muskelsinns, Archiv für Psychiatrie, Bd. III, 1872) richtete seinen Apparat zur Untersuchung des Kraftsinns so ein, dass durch Bewegung des Fussgelenks im Liegen die Schätzung bewirkt wurde.

Er selbst konnte eine Anfangsbelastung von 3 Loth sicher von 0 und dann den Zusatz von 5 Loth zu 1 Pfund, also eine Gewichts Differenz von $\frac{1}{6}$, richtig erkennen. Liess er nun die Hebung durch den elektrischen Strom bewirken, so nahm seine Unterschiedsempfindlichkeit ab. Einer seiner Versuchspersonen (Dr. Sp.) unterschied, auf dieselbe Weise untersucht, sicher 0 von 5 Loth, $\frac{1}{2}$ Pf. von $\frac{1}{2}$ Pf. und 3—5 Loth (ein Ergebnis, das bei den meisten Versuchspersonen wiederkehrte). Wurde bei ihm durch den elektrischen Strom die Muskelcontraction bewirkt, so konnte er nicht 1 Pf. von 0 Loth unterscheiden.

Für die Hand konnte *Bernhardt* eine erheblich feinere Unterschiedsempfindlichkeit konstatieren.

Wurde bei diesen Versuchen die Hebung durch den elektrischen Strom bewirkt, so blieb doch dieselbe Unterschiedsempfindlichkeit bestehen.

Das Schlussresultat seiner Untersuchungen drückt er in den Worten (S. 634) aus:

„Der Kraftsinn endlich ist eine Function der Seele, vielleicht unterstützt durch die sensiblen Apparate, welche durch die Kraftäusserung des Muskels irgendwie beeinflusst und gereizt worden sind, aber nicht ihm, sondern seiner Umgebung angehören.“

Biedermann und *Loewit* stellten auf Veranlassung *Hering's* (*Hering*, Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele. Sitzungsber. der Wiener Academie, Bd. 72, III. Abt., 1875, S. 342 u. ff.) drei grosse Versuchsreihen über die Beurteilung der Schwere verschiedener Gewichte nach der Methode der eben merklichen Unterschiede an.

Die Versuche fanden mit den Armen statt. Zwei der Reihen wurden durch Heben des Armes, eine durch Auffallenlassen von Gewichten auf die zweckmässig unterstützte Fingerspitze gewonnen.

Die erste Reihe wurde genau nach der *Weber'schen* Methode angestellt und hatte folgendes Ergebnis:

Hauptgewicht.	Kleinstes mit Sicherheit fühlbares Zusatzgewicht.	Verhältnis.
250	12	1/21
500	13	1/38
750	13	1/58
1000	15	1/67
1250	16	1/78
1500	17	1/88

Hauptgewicht.	Kleinstes mit Sicherheit fühlbares Zusatzgewicht.	Verhältnis.
1750	19	1/92
2000	20	1/100
2250	22	1/102
2750	28	1/98

Die II. Versuchsreihe wurde so angestellt, dass die Versuchsperson einen kleinen Holzgriff, an dem sich eine Wagschale aus Pappe mit den verschiedenen Gewichten befand, zwischen Daumen und Zeigefinger nahm und nun bei freigehaltenem Arm die Hebungen ausführte. Das Resultat war folgendes:

Hauptgewicht.	Zusatzgewicht.	Verhältnis.
10	0,7	1/14
50	1,7	1/29
100	2,4	1/42
200	3,6	1/56
300	4,6	1/65
400	5,2	1/77
450	6,5	1/69
500	25,5	1/20

Bei beiden Versuchsreihen zeigt sich also eine gute Uebereinstimmung. In beiden nimmt die Unterschiedsempfindlichkeit für grössere Anfangsgewichte allmählich zu, bis sie bei dem letzten Gewichte jeder Reihe einen ziemlich starken Abfall erfährt.

Hitzig (Ein Kinesiästhesiometer nebst einigen Bemerkungen über den Muskelsinn, Neurolog. Centralblatt 1888) gab einen leicht zu handhabenden Apparat an. Die Gewichte werden durch Holzkugeln hergestellt, die mit verschieden schwerer Bleifüllung versehen sind. Bei den Prüfungen mit den Armen giebt er seinen Versuchspersonen die Kugeln einfach

in die Hand, bei denjenigen, die an den Beinen angestellt werden, wird ein Stück Strumpf mit angestricktem Beutel zur Aufnahme für die Gewichte verwandt. Gesunde unterscheiden nach ihm an den Armen eine Gewichts-differenz von $1/10$ des Grundgewichts (100 und 1000 gr) sicher, jedoch gehört schon angespannte Aufmerksamkeit dazu.

Mit den unteren Extremitäten konnte *Hitzig* selbst bei Erhebung der Beine im Hüftgelenk 0 von 100, 200 von 250, 250 von 300 und dann weiter bis zu einer Belastung von 1000 gr jedesmal eine Differenz von 100 gr unterscheiden.

Im Allgemeinen wurden 70—90 gr richtig von 0 unterschieden. 900 und 1000 gr wurden schon öfter nicht mehr richtig erkannt. Wenn zuerst das leichte und darauf das schwerere Gewicht gehoben wurde, so gelang die Schätzung stets besser als umgekehrt.

Hitzig kommt nun weiterhin zu der Ansicht, dass die Fähigkeit, verschieden schwere Gewichte zu beurteilen, einzig und allein von der peripherischen Sensibilität abhängig sei, wenn er auch die Existenz eines „Kraftsinns“ in dem Sinne von Innervationsempfindungen für den normalen Verlauf der Bewegungen für unentbehrlich hält.

Er führt einen Tabeskranken mit hochgradigen Sensibilitätsstörungen an, bei dem er eine entschiedene Abnahme des Kraftsinns konstatieren konnte.

Müller und *Schumann* (Ueber die physiologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Archiv für Physiologie, Bd. 45. 1889) benutzten bei ihren Untersuchungen das Princip der Uebung. Ihre Versuchspersonen gewöhnen sie durch zahlreiche

Doppelhebungen, bei denen ein Grundgewicht und ein davon weit verschiedenes zweites Gewicht in derselben Reihenfolge ruckweise erhoben werden, verschieden starke Impulse bei einer jeden Doppelhebung zu verwenden. Wird an Stelle des schweren Gewichtes ein anderes gesetzt, so ergibt sich, dass (S. 46) „ein Gewicht, welches infolge der hergestellten Einstellung mit dem stärkeren Impulse gehoben wird, leichter erscheint, als ein anderes gleich grosses Gewicht, das infolge der Einstellung mit schwächerem Impulse gehoben wird. Selbst dann, wenn das mit dem schwächeren Impulse gehobene Gewicht etwas kleiner ist, als das mit dem stärkeren Impulse gehobene, erscheint das letztere durchschnittlich kleiner als das erstere.“ Hierbei beobachteten sie, dass die mit dem stärkeren Impulse gehobenen Gewichte auffallend schnell und ausgiebig in die Höhe geschleudert wurden. Der Umstand nun, dass das mit dem stärkeren Impuls gehobene Gewicht für leichter gehalten wird als das andere, spricht entschieden gegen die Auffassung, dass bei den Prüfungen des Kraftsinns mittels gehobener Gewichte eine Innervationsempfindung oder eine Contractionsempfindung des Muskels eine wesentliche Rolle spiele, denn dann müsste ja das Urteil gerade umgekehrt ausfallen. *Müller* und *Schumann* kommen schliesslich zu dem Resultat, dass wir bei der Kraftsinnprüfung mittelst gehobener Gewichte lediglich — wenigstens bei einigermaßen schnellen Hebungen — die Gelenksensibilität prüfen. Weiterhin sprechen sie sich dahin aus, dass Innervationsempfindungen überhaupt nicht existiren und begründeten diese Meinung eingehend.

Die Resultate, die sie durch ihre Untersuchungen



bezüglich der Unterschiedsempfindlichkeit fanden wir stellen sie in folgender Tabelle (S. 109) zusammen.

	Grundgewicht.	Zusatzgewicht.	Verhältnis.
1)	496	17,2	1/28,8
2)	1071	40,3	1/26,6
3)	2131	63,06	1/33,8
4)	3221	74,2	1/43,4.

Goldscheider (Ueber den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie. Zeitschrift für klin. Medicin 1889 und Untersuchungen über den Muskelsinn, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1879) kommt auf Grund sehr zahlreicher Versuche, die in der verschiedensten Weise variiert wurden, zu dem Resultate, dass die Unterscheidung von verschieden schweren Gewichten mittelst Hebungen nicht von einem Innervationsgefühl, sondern von peripheren Empfindungen abhängt. Er glaubt, dass bei derartigen Prüfungen vor allem zwei verschiedene Empfindungsqualitäten in Betracht kommen, einmal die „Widerstandsempfindung“, die uns den Eindruck eines ausserhalb des Körpers befindlichen Widerstandes hervorruft, und zweitens die „Schwerenempfindung“, die uns die Schwere dieses Körpers erkennen lässt. Als Substrat für die erstere Empfindung nimmt er die Gelenksensibilität, im speciellen die Druckempfindlichkeit, für die andere die Empfindlichkeit der Sehnen gegen Spannung in Anspruch. Er glaubt demgemäss, dass bei der üblichen Prüfung mittelst gehobener Gewichte fast ausschliesslich die Sehnensensibilität in Betracht komme, und zwar gerade die der Sehnen, welche das am meisten beteiligte Gelenk drehen.

Auch er kommt auf Grund dieser Versuche und

zahlreicher Beobachtungen zu dem Schluss, dass Innervationsgefühle nicht bestehen können.

Schon bevor die Arbeiten von *Schumann* und *Müller*, sowie von *Goldscheider* erschienen waren, hatte ich auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. *Rumpf* auf der hiesigen medicinischen Poliklinik mit meinen Untersuchungen begonnen.

Zu den Versuchen wurde der von *Hitzig* angegebene Apparat benutzt, der sich als sehr praktisch gegenüber den früheren Untersuchungsmethoden erwies. Es wurde an einem Stück Strumpf aus Baumwollzeug, das bis über die Knöchel reichte, die Zehen jedoch frei liess, ein Beutel zur Aufnahme der Gewichte befestigt, hierdurch wurde erreicht, dass der Druck der Gewichte sich ziemlich gleichmässig auf ein grösseres Stück Haut verteilte.

Als Gewichte wurden die Kugeln des *Hitzig'schen* Apparates benutzt, nur wurde die Zahl der verschiedenen schweren Kugeln etwas vermehrt.

Die Versuchspersonen lagen auf einem Bett. Die Füsse ragten über den unteren niedrigen Bettrand soviel heraus, dass beim Aufheben die Gewichte nicht anstossen konnten. Das betreffende Bein wurde gestreckt erhoben, d. h. so, dass ausschliesslich eine Drehung im Hüftgelenk stattfand, während das Kniegelenk immer steif gehalten wurde.

Die Versuchspersonen hoben immer in möglichst kurzen Zwischenräumen zwei Gewichte und verglichen diese beiden miteinander. Nach einer jeden solchen Doppelhebung wurde eine kleine Pause gemacht. In entsprechenden Zwischenräumen wurden grössere Pausen eingeschoben, da sich schon bei den

ersten Untersuchungen zeigte, dass die Versuchspersonen schnell ermüdeten und dann ganz unsichere Angaben machten.

Ferner wurde darauf gesehen, dass alle Versuchspersonen jede einzelne Hebung in derselben Ausdehnung und mit derselben Geschwindigkeit ausführten. Diese Forderung konnte jedoch nicht genau eingehalten werden. Vielmehr war häufig trotz guten Willens der Versuchspersonen ein deutlicher Unterschied sowohl in der Ausdehnung als in der Schnelligkeit bei zwei aufeinander folgenden Hebungen zu bemerken, ein Punkt auf den ich später noch ausführlicher zurückkommen werde.

Es waren ferner niemals Wägebewegungen gestattet, was auch *Hitzig* mit Recht als störend für die Resultate hervorhob. Die Versuchspersonen durften vielmehr nur das Gewicht einfach hochheben. In den einzelnen Pausen lag der Beutel mit dem Gewicht immer in der Art auf einer weichen Unterlage, dass die Schwere des Gewichtes erst während des Aufhebens zur Geltung kommen konnte. Beim Senken der Beine wurde das Gewicht stets abgefangen.

Von Seiten der Versuchspersonen erforderten die Versuche die gespannteste Aufmerksamkeit. Es musste alles, was irgend eine Störung veranlassen konnte, ferngehalten werden. Die Versuche fanden deshalb bei absoluter Ruhe statt.

Zunächst wurden nun die Gewichte festgestellt, die sicher von 0 (d. h. es fand keine Belastung des Beutels statt), sodann diejenigen, welche von 100 gr, 500 gr, 1000 gr, und in einer geringen Anzahl von

Fällen auch diejenigen, welche von 1500 gr richtig unterschieden wurden.

Die Untersuchungen fanden nach zwei verschiedenen Richtungen statt. Einmal wurde zuerst das leichtere und darauf das schwerere Gewicht gehoben und dann trat die umgekehrte Ordnung ein. Im Folgenden werde ich der Einfachheit wegen die erste Versuchsanordnung „aufsteigend“, die zweite „absteigend“ nennen.

Das Resultat der an zwanzig Personen vorgenommenen Prüfung habe ich in den beiden folgenden Tabellen zusammengestellt. In diesen Tabellen wurden nur diejenigen Angaben aufgenommen, welche als sicher angegeben wurden. Zweifelhafte Unterschiede wurden nicht berücksichtigt.

Die erste Tabelle enthält die Resultate von 8 Personen, die nur mit einem Bein geprüft wurden. Die Untersuchungen sind auch zeitlich die ersten gewesen. Die zweite enthält 15 Personen, bei denen mit beiden unteren Extremitäten die Versuche angestellt wurden.

Drei Personen sind in beiden Tabellen enthalten.

Tabelle I.

	0		100		500		1000	
	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
1. S.	30	30	80	80	450	400	950	600
2. L.	10	20	90	80	400	350	900	900
3. S.	20	20	80	50	400	340	800	750
4. W.	20	20	60	70	400	390	910	800
5. C.	70	150	50	00	300	240	700	580
6. L.	30	40	90	60	400	380	900	870
7. W.	10	10	90	50	410	400	900	740
8. E.	60	60	90	60	400	350	900	680

Tabelle II.

16a.

		0				100				500				1000				1500			
		Aufst.		Abst.		Aufst.		Abst.		Aufst.		Abst.		Aufst.		Abst.		Aufst.		Abst.	
		D. ¹		D.		D.		D.		D.		D.		D.		D.		D.		D.	
1. <i>30L</i>	R. ²	10		10		90		70		450		400		950		800					
	L. ³	10	10	10	10	90	90	70	70	450	450	400	400	950	950	750	775				
2. <i>7</i>	R.	30		40		90		90		450		420		950		950					
	L.	20	25	40	40	70	80	80	85	450	450	440	430	980	965	970	960				
3. <i>3L</i>	R.	10		10		80		80		450		410		950		930					
	L.	10	10	20	15	90	85	75	77.5	450	450	410	410	950	950	880	905				
4. <i>40L</i>	R.	30		30		90		80		490		380		950		880					
	L.	30	30	30	30	90	90	55	67.5	450	470	410	395	950	950	980	930				
5. <i>8L</i>	R.	30		40		90		50		450		330		950		820					
	L.	20	25	20	30	90	90	40	45	450	450	200	265	950	950	600	710				
6. <i>11L</i>	R.	20		60		90		30		450		330		950		680					
	L.	20	20	40	50	90	90	50	40	450	450	350	340	950	950	730	705				
7. <i>40L</i>	R.	30		60		90		60		450		300		950		750					
	L.	30	30	40	50	90	90	60	60	450	450	270	285	950	950	700	725				
8. <i>3L</i>	R.	50		40		40		60		350		350		750		750		1200		1200	
	L.	60	55	80	60	40	40	60	60	450	400	300	325	850	800	750	750	1300	1250	1300	1250
9. <i>3L</i>	R.	10		20		90		40		450		350		950		750		1400		1000	
	L.	10	10	10	15	90	90	90	65	450	450	350	350	900	925	750	750	1400	1400	1300	1150
10. <i>11</i> Frau	R.	20		30		90		90		450		450		950		950		1400		1400	
	L.	20	20	50	40	90	90	90	90	400	425	400	425	950	950	900	925	1300	1350	1450	1425
11. <i>1L</i>	R.	50		50		80		50		400		400		900		800		1400		1300	
	L.	50	50	50	50	40	60	70	60	400	400	350	375	900	900	850	825	1400	1400	1300	1300
12. <i>3L</i>	R.	10		100		90		20		450		350		800		800		1400		1250	
	L.	10	10	30	65	60	75	60	40	450	450	350	350	850	825	750	775	1400	1400	1250	1250
13. <i>3L</i>	R.	10		20		70		70		460		370		950		700					
	L.	20	15	10	15	90	80	30	50	400	430	200	285	950	950	850	775				
14. <i>1L</i>	R.	50		50		50		40		350		250		900		650		1300		1250	
	L.	30	40	30	40	70	60	80	60	450	400	350	300	800	850	850	750	1300	1300	1300	1275
15. <i>1L</i>	R.	100		150		00		00		450		350		900		800		1400		1200	
	L.	150	125	150	150	00	00	00	00	400	425	300	325	950	925	750	775	1400	1400	1300	1250

Die Resultate für 1500 gr von Frau O sind aus später zu erörternden Gründen nicht mit in Rechnung gezogen.

D. = Durchschnitt. ² R. = Rechts. ³ L. = Links.



Der leichteren Uebersichtlichkeit halber habe ich die auf den beiden vorhergehenden Tabellen enthaltenen Resultate für die Gewichte 100, 500, 1000 und 1500 gr in ihrem procentualischen Verhältnis zusammengestellt. In Rechnung gezogen ist die Gewichtssumme, die zu dem zuerst gehobenen Gewichte hinzugelegt oder wegggenommen werden musste, um eine deutliche Empfindung hervorzurufen. Weiterhin wurde das Procent-Verhältnis immer in Beziehung auf das zuerst gehobene Gewicht berechnet.

Tabelle Ia.
Aufsteigend.

Personen	1	2	3	4	5	6	7	8
100	25	11	25	66,6	00	11	11	11
500	11	25	25	25	66,6	25	22	25
1000	5,2	11	25	9	43	11	11	11

Absteigend.

	1	2	3	4	5	6	7	8
100	20	20	50	30	00	40	50	40
500	20	30	32	22	52	24	20	30
1000	40	10	25	20	42	13	26	32

Tabelle IIa.

Aufsteigend.

Per- sonen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	R.L.	R.L.	R.L.	R.L.	R.L.	R.L.	R.L.	R. L.	R. L.	R.L.	R. L.	R. L.	R.L.	R. L.	R. L.
100	11	11	43	25	11	11	11	11	11	11	11	150	11	11	11
500	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1000	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	11	25	19	5	11
1500								25	15,4	7	7	7	7	15	15

Absteigend.

100	30	30	10	20	20	25	20	45	50	60	70	50	40	40	40
1300	20	20	16	12	18	18	24	18	34	60	34	30	40	46	30
500	20	25	5	3	7	12	12	2	18	40	32	27	25	30	25
1000															

Für das Anfangsgewicht ergibt sich also, dass eine erste Belastung von höchstens 60 gr genügt, um als deutlich schwerer erkannt zu werden. Die grösste Zahl der Untersuchten empfand allerdings eine bei weitem niedrigere Belastung und zwar von 10 gr an. Eine einzige Versuchsperson bedurfte eines Gewichtes von 100—150 gr, ehe ein deutlicher Unterschied von 0 bemerkt wurde. Dieser eine hat für beide Beine und zu zwei weit auseinander liegenden Versuchszeiten die schlechtesten Angaben für das Anfangsgewicht gemacht. Ich mache hierauf besonders aufmerksam, weil trotz sorgfältiger Untersuchung keinerlei Abnormität weder in motorischer noch in sensibler Sphäre nachgewiesen werden konnte und weil der betreffende (ein stud.) auch in Bezug auf seinen guten Willen und seine Intelligenz nichts zu wünschen übrig liess.

Auch bei absteigendem Verfahren wurde meistens kein schwereres Gewicht als 60 gr zum deutlichen Erkennen nöthig. Auch hier schwanken die Angaben von 10—150 gr. Doch sind es schon drei Personen, die ein grösseres Gewicht als 60 gr zum Unterscheiden erforderten.

Wenn nun auch im Grossen und Ganzen ungefähr dasselbe Anfangsgewicht bei aufsteigendem und bei absteigendem Verfahren erkannt wird, so zeigt sich doch, dass ein grosser Teil (13) der Untersuchten theils mit beiden, theils mit einem Bein erst eine grössere Gewichts-differenz bei absteigendem als bei aufsteigendem Verfahren richtig erkennt. Zweimal wurde auch das umgekehrte Verhältnis konstatiert.

Es ergibt sich also, dass 60 gr im Allgemeinen richtig von 0 unterschieden werden. Jedoch ist es noch

nicht pathologisch, wenn dieses erst bei 100 und 150 gr eintritt.

Das Anfangsgewicht wurde für die unteren Extremitäten nur noch von *Hitzig* bestimmt. Während er fand, dass im Allgemeinen 70—90 gr richtig von 0 unterschieden wurden, 60 dagegen in der Regel nicht mehr, zeigen meine Versuchspersonen ein besseres Erkennungsvermögen für das Anfangsgewicht. *Hitzig* selbst konnte, wie schon oben erwähnt, erst 100 gr mit Sicherheit von 0 unterscheiden.

Bei der Besprechung der Resultate für die Grundgewichte 100, 500, 1000 und 1500 gr werde ich mich der leichteren Uebersichtlichkeit wegen ausschliesslich der procentualischen Resultate bedienen.

Bei aufsteigendem Verfahren wird für das Grundgewicht 100 gr ein Zuwachs zu der ursprünglichen Belastung von wenigstens 11 % bis höchstens 150 % erfordert, mit Ausnahme des schon oben erwähnten Studenten, der erst 100 gr resp. 150 gr von 0 richtig unterscheidet. Bei absteigendem Verfahren wird eine Gewichtsabnahme von 10 bis 80 % richtig erkannt. Es tritt hier schon deutlicher hervor, dass bei absteigendem Verfahren die Unterschiedsempfindlichkeit eine geringere ist, als bei aufsteigendem Verfahren. Denn bei letzterem werden 11 und weniger Procente 21 mal, bei ersterem nur 4 mal richtig erkannt.

Bei dem Grundgewicht 500 gr werden bei aufsteigendem Verfahren 2 bis 66,6 %, bei absteigendem 10 bis 60 % richtig unterschieden.

11 % und weniger wird bei zunehmenden Gewichten 24 mal, bei abnehmenden nur 1 mal differenziert.

Bei 1000 gr schwanken für das aufsteigende Verfahren die Angaben von 2—33,3 %, bei aufsteigendem Verfahren von 2 bis 42 %. 11 % und weniger werden bei ersterem Verfahren 31 mal unterschieden, darunter befinden sich 5 % und weniger 20 mal, bei absteigendem 7 mal, darunter befinden sich 5 % und weniger 4 mal.

Bei den wenigen (12) Angaben für ein Grundgewicht von 1500 gr schwanken die Resultate zwischen 7 und 25 % bei aufsteigendem, zwischen 13,3 und 20 % bei absteigendem Verfahren. 11 % und weniger werden bei ersterem 8 mal, bei letzterem keinmal richtig erkannt.

In allen Resultaten zeigt sich ein sehr beträchtliches Schwanken für jedes einzelne der Grundgewichte, sowohl bei aufsteigendem, wie bei absteigendem Verfahren. Namentlich sind es aber die leichten Gewichte, bei denen dieses besonders deutlich zu Tage tritt.

Es ergibt sich ferner, dass die Unterschiedsempfindlichkeit bei aufsteigendem Verfahren schärfer zu sein scheint, als bei absteigendem. Eine Beobachtung, die auch schon *Hitzig* (a. a. O.) gemacht hat.

Schliesslich ist sowohl bei aufsteigendem wie bei absteigendem Verfahren die Unterschiedsempfindlichkeit für die höheren Gewichte eine schärfere, wie für die minderen. Deutlich ergibt sich dieses aus der umstehenden Zusammenstellung.

	Aufsteigend.				Absteigend.			
	100	500	1000	1500	100	500	1000	1500
1— 5 ⁰ / ₀	0	1	20	0	0	0	4	0
5,1—11 ⁰ / ₀	22	23	11	8	4	1	3	0
11,1—25 ⁰ / ₀	4	11	5	4	7	14	21	11
25,1—50 ⁰ / ₀	3	2	2	0	18	20	10	1
50,1 ⁰ / ₀ und mehr	9	1	0	0	9	3	0	0

Beim Vergleichen meiner Resultate mit denen, die *Leyden*, *Bernstein* und *Hitzig* gefunden haben, zeigt sich, dass im Allgemeinen die verschiedenen Angaben sich nicht widersprechen, wenn dabei berücksichtigt wird, wie ausserordentlich verschieden die einzelnen Personen sich verhalten.

Leyden fand für ein Gewicht von ca 1100 resp. 1700 gr die Unterschiedsempfindlichkeit von 1/13 resp. 1/20, Zahlen, die sich bei meinen Untersuchungen gerade für ähnliche Grundgewichte sehr häufig finden. Ebenso verhält es sich mit dem Werthe 1/6 *Bernhardt's*, die er für die grösste Zahl seiner Versuchspersonen fand. Auch die Ergebnisse *Hitzig's* 1/4 (bei 200) und 1/10 (900 gr) stehen im Einklang mit den meinigen.

Grössere Versuchsreihen gaben *Fechner*, *Hering*, *Müller* und *Schumann* an. Eine Vergleichung dieser Werthe mit den meinigen ist, soweit wenigstens der Grad der Unterschiedsempfindlichkeit für die einzelnen Gewichte in Betracht kommt, nicht anzustellen, weil ja diese Versuche sich alle nur auf den Arm beziehen und es sehr unwahrscheinlich ist, dass Arm

und Bein eine gleiche Empfindlichkeit der in Rede stehenden Untersuchung gegenüber zeigen. In einer Beziehung zeigen jedoch meine Resultate eine auffallende Uebereinstimmung mit denen von *Fechner*, resp. *Hering*, sowie *Müller* und *Schumann*. Die Unterschiedsempfindlichkeit nimmt mit der absoluten Schwere der Gewichte zu. *Hering* resp. *Biedermann* und *Loewit* fanden nun, wie schon oben erwähnt, dass schliesslich bei weiterem Steigen der absoluten Gewichte ein Zurückgehen der Unterschiedsempfindlichkeit statt hatte, eine Beobachtung, die *Fechner*, sowie *Müller* und *Schumann* nicht gemacht hatte. Bei meinen Versuchen könnte es nun auch so scheinen, als ob bei dem Grundgewichte 1500 gr ein allerdings ziemlich unbedeutender Rückgang der Unterschiedsempfindlichkeit sich ergeben hätte gegenüber dem Grundgewichte 1000 gr. Doch möchte ich selbst das Ergebnis nicht dahin auslegen, da ich bei einigen nachträglich angestellten Versuchen mit dem Grundgewichte 1000 gr fand, dass hier bei aufsteigendem Verfahren die Unterschiedsempfindlichkeit zwischen 1, 6 und 7,1%, bei absteigendem zwischen 3,3 und 16,0% schwankte, diese Resultate also ein Abfallen bis zu dem Gewichte von 3000 gr wenigstens nicht erkennen lassen.

Betrachten wir nun weiterhin noch, wie sich die Resultate für die beiden Beine derselben Person zueinander verhalten und wie diejenigen, die dasselbe Bein zu verschiedenen Zeiten ergab.

Zunächst gab keine einzige der 15 daraufhin untersuchten Personen (Tabelle II) vollkommen übereinstimmende Werthe. Einige zeigen nur geringe Differenzen, die meisten aber lassen bald bei dem

einen, bald bei dem anderen Gewichte mehr oder weniger grosse Unterschiede erkennen. Bei einer Person, Nr. 14, scheint durchgehends das eine Bein (rechts) schlechtere Werthe zu geben als das andere. Bei allen anderen sieht man ein Schwanken bald zu Gunsten des einen, bald des andern Beines eintreten.

Also auch in dieser Beziehung sind die gewonnenen Resultate wenig einheitlich, es macht sich auch hier eine beträchtliche Regellosigkeit geltend. Ebenso deutlich zeigt sich dieses Schwanken, wenn man die Zahlen, welche für die Unterschiedsempfindlichkeit desselben Beines zu verschiedenen Zeiten gewonnen wurden mit einander vergleicht, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

		0		100		500		1000	
		Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
1. C. R.	{	70	150	50	00	300	240	700	580
		100	150	00	00	450	350	900	800
2. M. L.	{	10	10	90	50	410	400	900	740
		20	10	90	30	400	200	950	850
3. E. R.	{	60	60	90	60	400	350	900	680
		50	50	50	40	350	250	900	650

Nach Betrachtung der Versuchsergebnisse für die einzelnen Grundgewichte kommen wir dazu, noch einige Beobachtungen, die beim Anstellen der Versuche gemacht wurden, zu besprechen.

Wurde zu zweit ein leichteres Gewicht gehoben, das keine allzugrosse Differenz von dem zuerst ge-

hobenen Gewichte hatte, so wurde es auffallend häufig für gleich oder schwerer gehalten. Es kam ja allerdings auch vor, dass ein zuzweit gehobenes gleiches oder wenig schwereres Gewicht für leichter gehalten wurde, aber dieses Vorkommnis hatte nicht entfernt die Häufigkeit des andern. Nachdem ich einmal hierauf aufmerksam geworden, suchte ich einen näheren Einblick in die einschlägigen Verhältnisse dadurch zu bekommen, dass ich eine ziemlich grosse Anzahl von Personen gleiche Gewichte vergleichen liess. Dabei stellte sich Folgendes heraus:

Wurde beide Mal das unbelastete Bein gehoben, so wurde es 16 mal richtig erkannt, einmal wurde es beim zweiten Heben für schwerer und einmal für leichter gehalten. Wurden beide Mal 100 gr gehoben, so waren die Angaben 13 mal richtig, 12 mal wurde das zweite Gewicht für schwerer, 7 mal für leichter gehalten.

Beim Vergleichen von 500 gr geschah dieses 12 mal richtig, 14 mal wurde das zweite für schwerer, 8 mal für leichter gehalten, 1000 gr wurden 8 mal richtig erkannt, 17 mal zuzweit für schwerer und 8 mal für leichter gehalten, 1500 gr ergaben in derselben Weise das Verhältniss 6:4:2.

Rechnet man die Angaben auf die Einheit hundert um, so erhält man in Procenten:

Das zweite Gewicht war	schwerer	gleich	leichter
0	5%	90	5
100	38	40	22
500	41	35	24
1000	52	24	24
1500	33	50	17

Hierbei nahmen also wenigstens bis zu dem Gewichte von 1000 gr die richtigen Schätzungen ab und zwar zu Gunsten derer, welche das zweite Gewicht für schwerer halten. Die Angaben, welche das zweite Gewicht für leichter erachten, bleiben sich im Ganzen ziemlich gleich. Auch hier scheint wieder bei dem Gewicht von 1500 gr eine Aenderung und zwar zu Gunsten des richtigen Erkennens einzutreten.

Es muss nun sofort auffallen, dass beim Vergleichen gleicher Gewichte mit zunehmender Schwere eine Verschlechterung eintritt, während ja bei dem Vergleichen verschiedener Gewichte das umgekehrte eintrat.

Es liegt nahe, beide Erscheinungen in Zusammenhang zu bringen und eventuell von einander abhängig zu machen. Beim Vergleichen gleich schwerer Gewichte besteht mit Zunahme der absoluten Schwere eine gesteigerte Tendenz, das zuzweit gehobene Gewicht für schwerer zu halten. Diese Thatsache kann nun die Ursache dafür sein, dass beim Vergleichen verschiedener Gewichte die Unterschiedsempfindlichkeit mit Steigerung der absoluten Schwere zunimmt. Jedoch kann dieses nur für das aufsteigende Verfahren einen Einfluss ausüben, während doch auch auf der anderen Seite bei absteigendem Verfahren eine Besserung der Unterschiedsempfindlichkeit, wenn auch in geringerem Masse, besteht.

Die Beobachtung, dass das zuzweit gehobene Gewicht leicht für schwerer gehalten wird und dass dieses Verhalten bei Zunahme der absoluten Schwere zunimmt, hat auch schon *Müller* und *Schumann* gemacht (a. a. O. S. 100). Noch eine andere Beobachtung

von *Müller* und *Schumann* kann ich bestätigen. Es fiel mir sehr häufig auf, dass die einzelnen Hebungen nicht mit derselben Schnelligkeit und in derselben Ausdehnung gemacht wurden. Wurde die zweite Hebung deutlich schneller gemacht (dabei war sie auch fast ausnahmslos ausgiebiger) so wurde das II. Gewicht auch für leichter gehalten ganz einerlei, ob es in Wirklichkeit leichter, gleich oder schwerer als das erste war. Vor allem war es mir bei einer Versuchsperson No. 14 der Tabelle II so auffällig, dass ich mir fast regelmässig das Urteil der betreffenden Person selbst richtig gebildet hatte, ehe es noch ausgesprochen war.

Bei einer anderen Versuchsperson, einer gracil gebauten, schwächlichen Frau, die im übrigen mit die gleichmässigsten Angaben machte (No. 10 der Tabelle II) trat dieses Verhalten erst bei dem Grundgewicht 1500 auf. Es gelang ihr nicht mit dem linken Bein, welches die fragliche Erscheinung am stärksten zeigte, eine einzige ordentliche Doppelhebung zu machen. Bei der ersten Hebung gelang es ihr niemals das Bein höher als höchstens 10 cm und das noch sehr langsam zu erheben, bei der zweiten Hebung flog dagegen das Bein immer sehr schnell und weit über das Ziel hinaus. Ohne Ausnahme hielt sie denn auch das zweite Gewicht für leichter. Dieses ist auch der Grund, weshalb die Angaben der betreffenden für 1500 nicht in Rechnung gezogen wurden.

Liefen nun die gemachten Resultate und Beobachtungen Anhaltspunkte, durch die es gelingt, nähere Aufschlüsse über das bei der Vergleichung gehobener Gewichte statthabende physiologische resp. psycho-

logische Prinzip zu erhalten? Vor allem ist das Substrat, auf Grund dessen wir unser Urteil bilden, eine periphere Empfindung und ev. welche oder eine centrale Innervationsempfindung? Sind Innervationsempfindungen überhaupt wahrscheinlich?

Zunächst steht der Annahme, dass wir unser Urteil auf Grund von Innervationsgefühlen bilden, denen die peripherischen Empfindungen nur als Hilfsapparat dienen sollen, schon die eine Thatsache im Wege, dass schwerere Gewichte, die mit grösserer Geschwindigkeit gehoben werden, für leichter gehalten werden. Es ist ohne Zweifel, dass in diesem Falle sich das Urteil nach den von der Peripherie zugeleiteten Empfindungen und speciell nach der Schnelligkeit der Aufeinanderfolge dieser Empfindungen richtet hat und nicht nach Innervationsempfindungen. Es müsste ja bei einer schnellen Hebung eines schweren Gewichtes ein stärkerer Impuls gegeben werden, mithin müssten auch die Innervationsempfindungen einen intensiveren Charakter haben; richtet sich nun unser Urteil vornehmlich nach ihnen, so müsste das Gewicht für schwerer gehalten werden. In Wirklichkeit ist es umgekehrt. Also richtet sich unser Urteil nach peripherischen Empfindungen. Ich stimme demnach in diesem Punkte voll und ganz den Ueberlegungen von *Müller* und *Schumann* bei.

Doch welche peripherischen Empfindungsqualitäten bilden den Stützpunkt für unser Urteil?

Müller und *Schumann* kommen zu dem Schluss (S. 63.), dass bei der Prüfung des Kraftsinnes mittelst gehobener Gewichte in der Hauptsache nur die Empfindlichkeit für Bewegungsunterschiede geprüft

wird. Für diese nehmen sie aber die Gelenksensibilität in Anspruch.

Goldscheider sagt dahingegen (Untersuchungen über den Muskelsinn S. 185), dass die Empfindung der Schwere durch die Spannungszunahme der Sehnen ausgelöst wird. An sich ist jedes von beiden und beides zusammen möglich. Doch scheint mir *Goldscheider* zu wenig Gewicht auf die zeitliche Dauer, also auf die Geschwindigkeit der Empfindung gelegt zu haben. Er macht (S. 186) die Bemerkung, „dass die Schwere eines gehobenen Objektes viel intensiver bei vorsichtiger und langsamer Abhebung empfunden wird, als bei schneller“. Man kann doch nun keinesfalls behaupten, dass einer langsamen Abhebung des Gewichtes eine grössere Spannung oder eine Spannungszunahme während des Aufhebens entspreche, bei einer schnellen aber geringere Spannung oder Spannungszunahme nöthig sei. Den einzigen Unterschied, den ich finden kann, ist der, dass in dem einen Fall eine langdauernde Empfindung resp. ein langsames Ablaufen verschiedener Empfindungen statt hat, bei den anderen ein schnelles. Ohne nun weiter zu entscheiden, ob das Urtheil über die verschiedene Schwere gehobener Gewichte auf die Gelenksensibilität oder die Sehnensensibilität oder auch auf beide sich stützt, möchte ich nur hervorheben, dass es mir die grössere oder geringere Geschwindigkeit, mit der eine Reihe von peripheren Empfindungen auf einander folgt, vernehmlich zu sein scheint, die uns das Substrat zu unserer Urtheilsbildung abgiebt.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, dass das Urtheil bei der Prüfung mittelst gehobener Gewichte

sich nicht auf eine einzelne Sensibilitätsqualität stützt, dass somit von einem eigentlichen „Kraftsinn“ der uns genaue Auskunft über die von uns angewandte Kraft geben könnte, nicht die Rede sein kann.

Wir sind vielmehr befähigt, auf Grund einer ganzen Reihe von der Peripherie einlaufender Empfindungen uns ein Urteil über die aufgewandte Kraft und mithin auch über die geleistete Arbeit zu bilden.

Die Leistungen, die man dem „Kraftsinn“ zugeschrieben hat, werden also durch einen psychischen Akt komplizierter Natur hervorgebracht.

Es könnte nun doch noch so sein, dass wir zwar bei unserer Urteilsbildung uns hauptsächlich der peripherischen Empfindung bedienen, dass aber trotzdem noch eine Innervationsempfindung bestände, die in zweifelhaften Fällen zur Urteilsbildung herangezogen werden könnte.

Doch dem widerspricht, dass die Versuchspersonen so wenig gleiche Gewichte als solche erkennen. Die äusseren Versuchsbedingungen waren dabei doch die denkbar günstigsten d. h. absolut gleich. Wurden nun zwei gleiche Gewichte mit verschieden starken Impulsen gehoben, so mussten die peripheren Empfindungen auch verschieden sein und zwar gerade das Gegenteil von dem besagen, was uns die supponierten Innervationsempfindungen sagten. Auf Grund dieser beiden Empfindungen hätten die Versuchspersonen zu einem richtigen Urteil kommen müssen. Nun konnte ich aber öfter beobachten, dass auch bei Vergleichung gleicher Gewichte das Urteil „leichter“ einer schnellen Hebung ent-

sprach, also können Innervationsempfindungen bei dieser Urteilsbildung nicht mitgewirkt haben. Ich schliesse mich daher auch auf Grund meiner Beobachtungen den ausführlichen Darlegungen von *Müller* und *Schumann*, sowie *Goldscheiders* an, dass Innervationsgefühle nicht existieren.

Nachdem wir also zu dem Schluss gekommen sind, dass die wesentlichste Grundlage für die Urteilsbildung über die Schwere verschiedener Gewichte auf periphere Empfindung in Verbindung mit einer Zeitvorstellung zurückzuführen ist, gehen wir dazu über, ob es gelingt, bei Kranken mit Sensibilitätsstörungen auch eine Abnahme des Vermögens, gehobene Gewichte richtig zu beurteilen, zu konstatieren.

Zu diesem Zwecke habe ich vier Fälle von tabes dorsalis mit Sensibilitätsstörungen verschiedensten Grades untersucht.

Fall I.

Herr X, 39 Jahr alt, aus der Privatpraxis des Herrn Professor Rumpf hat schon seit circa 2 Jahren das Gefühl, als ob ein Band um seinen Leib läge, er bemerkte zuerst im Winter 1888/89, dass sich ab und zu reissende Schmerzen in den unteren Gliedmassen einstellten.

Anfangs März d. J. zeigte sich zunächst eine Verschlechterung des Ganges, zugleich nahm Pat. auch eine Abnahme seiner Sehschärfe und eine Erschwerung der Urinentleerung wahr. Schon am 8. II. wurde eine neuritis optica incipiens diagnosticirt.

Die Schkraft des Pat. hat bis jetzt stetig abgenommen, er kann nur noch mit Mühe lesen. Der Gang ist so erschwert, dass er nur an dem Arm

eines Dieners gehen kann. Seit den letzten Wochen fühlt er Kribbeln und Pelzigsein in den Händen. Der Stuhlgang ist erschwert.

Obj. Pat. ist ein grosser Mann mit deutlich atactischem Gang. Beim Stehen mit offenen Augen zeigt sich deutliches Schwanken, welches bei geschlossenen Augen etwas zunimmt. Die motorische Kraft in den Beinen ist vollständig gut.

Bei feineren Bewegungen ist deutlich Ataxie wahrzunehmen, die bei geschlossenen Augen nur wenig zunimmt.

Patellarsehnen- und Achillessehnenreflex vollständig erloschen.

Cremaster und Bauchdeckenreflex gut erhalten, Plantarreflex sehr stark.

Einfache Hautberührungen werden gut empfunden und richtig localisirt. Ebenso ist Schmerzempfindung normal. Eine deutliche Herabsetzung in der Leitungsgeschwindigkeit ist nicht wahrzunehmen.

Tasterzirkelprüfung ergibt nur geringe Herabsetzung (Fusssohle rechts 1,8, links 2,7) ebenso Hautschriftprüfung. Letztere ist an der Fusssohle nicht möglich wegen des sehr starken Plantarreflexes.

In den Fuss- und Kniegelenken ist eine Herabsetzung für passive Bewegungen in keiner Weise wahrnehmbar, auch die minimalsten und langsamsten Bewegungen werden sicher percipirt.

In den beiden Hüftgelenken dagegen zeigt sich Unempfindlichkeit gegen sehr langsame Bewegungen von geringer Ausdehnung, auch werden häufig die Bewegungsrichtungen verwechselt. Raschere Bewegungen werden dagegen richtig angegeben.

Es ergibt sich nun bei der Kraftsinnuntersuchung:

	0		500		100		1000	
	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
R.	150	150	450	400	00	00	900	700
L.	150	150	400	250	00	00	900	750

Die Resultate würden also allerhöchstens eine Herabsetzung des Gefühles für das Anfangsgewicht geben, jedoch kann man diese Herabsetzung noch nicht einmal als auf pathologischen Grundlagen beruhend bezeichnen, denn auch ein Normaler giebt solche Angaben.

II. Fall.

H. Schl., 40 Jahre alt, ist als Kind stets gesund gewesen. Eine Infection mit Lues wird in Abrede gestellt. Im Winter 1888 ist Pat. bei Glatteis eine Treppe herabgefallen und war infolgedessen einige Minuten bewusstlos. Ein halbes Jahr später stellten sich reissende durchschliessende Schmerzen im linken Bein ein. Dieselben waren nicht beständig, kamen ab und zu und hielten meist längere Zeit an. Pat. musste in Folge dessen seine Beschäftigung als Bierbrauer aufgeben und war von da an als Buchhalter in Stellung.

Im Juli 1886 bemerkte Pat. — bis dahin hatte er bis auf die Schmerzen über nichts zu klagen gehabt — dass er roth und grün nicht unterscheiden konnte. Er fand Aufnahme in der Augenklinik zu Marburg. Hier wurde Unsicherheit des Ganges wahrgenommen und beginnende Sehnervenatrophie konstatiert. Seit Sommer 1889 befindet sich Pat. in der medicinischen Klinik.

Es bestehen jetzt seit einem Jahre auch reissende Schmerzen im rechten Bein. Das Sehvermögen hat nach und nach abgenommen.

Im Gebrauch der Hände sind bisher keine erheblichen Störungen aufgetreten, allerdings giebt Pat. an, schlechter zu schreiben als früher.

Obj.: Mitteltgrosser Mann von gracilem Knochenbau. Inguinaldrüsen sind beiderseits etwas geschwollen, sonstige Drüsenschwellungen fehlen.

Stuhlgang und Urinentleerung zeigen normales Verhalten.

Bewegungen beider bulbi nach allen Richtungen gleichmässig und unbehindert. Sehvermögen stark herabgesetzt. Pat. zählt mit dem linken Auge in 2 m Entfernung noch Finger, mit dem rechten nur in $1\frac{1}{2}$ m.

Motilität des Nackens, der Wirbelsäule, des Rumpfes gut erhalten. Die Arme werden nach allen Richtungen ausgiebig und schmerzfrei bewegt.

Beweglichkeit der Beine im Allgemeinen gut erhalten. Beim Hochheben der Beine fällt auf, dass Pat. die erhobenen Beine nicht ruhig halten kann, sondern leichte Schwankungen mit denselben macht. Dasselbe findet auch beim Herunterlegen statt. Bei complicierten Bewegungen mit den Beinen im Liegen tritt die Ataxie deutlicher hervor.

Der Gang ist unsicher, Pat. braucht meist den Stock, vermag jedoch auch ohne denselben kleinere Strecken zu gehen. Beim Gehen hebt Pat. das Knie hoch und schleudert den Unterschenkel nach vorn. Der Fuss wird mit der Spitze aufgesetzt.

Beim Stehen mit geschlossenen Hacken tritt

leichtes Schwanken ein, dasselbe nimmt in bedeutendem Maasse zu, sobald Pat. die Augen schliesst.

Umzudrehen vermag er sich nur auf dem linken Bein. Schnelles Umdrehen ist überhaupt unmöglich.

Rohe Kraft überall gut erhalten. In beiden Armen hat Pat. sehr selten lanzinirende Schmerzen, häufig treten dieselben dagegen in den Beinen auf, und sind hier besonders heftig. Einfache Berührungen werden im allgemeinen gut erkannt und richtig localisirt. Nur an den Streckseiten beider Schenkel scheinen sehr leichte Berührungen öfters nicht percipirt zu werden.

Die Leitung für die Schmerzempfindung ist namentlich an beiden unteren Extremitäten beträchtlich verlangsamt. Es wird bei einem tieferen Stich zunächst eine einfache Berührung und erst nach einiger Zeit eine Schmerzempfindung angegeben.

Die Untersuchung mit dem Tasterzirkel ergibt an den Beinen eine nicht sehr beträchtliche Herabsetzung. Auch die electrocutane Sensibilität ist nur wenig beeinträchtigt.

Lage und Stellung der unteren Gliedmassen vermag Pat. nur sehr unsicher zu beurtheilen, er versucht sich durch willkürliche Muskelbewegung eine deutlichere Wahrnehmung zu verschaffen.

Das Gefühl für passive Bewegungen ist, soweit das Fuss- und Kniegelenk in Betracht kommt, vollständig erhalten. Selbst die möglichst kleinsten und langsamsten Bewegungen werden immer richtig angegeben. Dagegen zeigt das Hüftgelenk eine nicht unbeträchtliche Herabsetzung der Empfindung. Einmal werden langsame Bewegungen von sehr kleiner

Exkursion oft überhaupt nicht gefühlt und dann treten auch bei etwas grösseren Bewegungen häufig Verwechselungen in der Richtung auf.

Die Sehnenreflexe sind völlig erloschen, Hautreflexe dagegen erhalten.

Die Prüfung des Unterscheidungsvermögens für gehobene Gewichte ergibt nun folgende Werthe.

	0		100		500		1000	
	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
L.	70	50	70	60	450	350	750	750
R.	50	40	50	40	380	330	850	800

Also auch in diesem Falle lässt der mit beträchtlichen Sensibilitätsstörungen behaftete Kranke kein Zurückbleiben im Kraftsinn hinter Gesunden erkennen.

III. Fall.

H. R., 45 Jahr alt, Musiklehrer, hat etwa in seinem 25—30 Lebensjahr einen Schanker gehabt, dem keine Zeichen von Syphilis gefolgt sein sollen.

Seit 6 Jahren verspürte Patient rheumatische Schmerzen in beiden Unterschenkeln, vor 3 Jahren nach einer Erkältung ein eigentümliches Ermüdungsgefühl in den Beinen, das allmählich immer mehr zunahm, zu derselben Zeit machte sich ein ziemlich häufig auftretender Schmerz im Leibe geltend. Daneben bestand auch das Gefühl von Taubheit und Pelzigsein in den Füßen.

Seit März 1887 hat Pat. das Gefühl eines gürtelartigen Druckes um Lenden und Bauchgegend. Zugleich entstand ziemlich plötzlich schwankender Gang. Beim Treppensteigen trat starkes Schwindelgefühl auf. Im Dunkeln trat beides noch mehr her-

vor. Bald musste Pat. schon beim Gehen auf ebener Erde einen Stock zu Hülfe nehmen.

Diese Erscheinungen haben in der letzten Zeit immer mehr zugenommen. Dazu ist noch Kribbeln und Taubsein, sowie das Gefühl von Unsicherheit in den Händen gekommen.

Von Seiten der Blase klagt Pat., dass etwa alle $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Jahre stärkere Schmerzen in der Blasengegend und vermehrter Harndrang zeitweise auftreten.

St. pr. Der grosse und ziemlich kräftig gebaute Patient bietet in Bezug auf Respirations-, Digestions- und Circulationstractus nichts Bemerkenswerthes dar.

Im Gebiete der Gehirnnerven ist ebenfalls keine beträchtliche Abnormität zu konstatieren. Motilität des Rumpfes ist gut, ebenso die der oberen Extremitäten. Jedoch glaubt Pat., dass Clavierspielen und Schreiben gegen früher bedeutend erschwert sei. Rohe Kraft der Arme ist völlig erhalten.

Auch in den Beinen sind passive und aktive Bewegungen frei. Jedoch werden hier schon einfache active Bewegungen unsicher und unter Schwanken ausgeführt. Rohe Kraft ist etwas herabgesetzt.

Beim Gehen werden die Beine erst nach längerem unsicheren Schwanken aufgesetzt. Der Gang ist breitspurig, Unterschenkel werden deutlich geschleudert.

Beim Stehen mit offenen Augen nur geringes Schwanken, mit geschlossenen Augen tritt sehr starkes Schwanken ein.

Sensibilität. An den oberen Extremitäten wird über taubes und pelziges Gefühl am Handrücken und in den Fingerspitzen geklagt. Einfache Berührungen (Streichen, Berühren mit der Nadel-

spitze und Kopf) werden gut wahrgenommen und richtig localisirt. Ebenso wenig zeigen der Drucksinn, Temperatursinn und Muskelsinn eine Störung.

In den unteren Extremitäten hat Pat. permanent von der Kniekehle ausstrahlende, leicht ziehende, das Gefühl von Ermüdung hervorrufende Schmerzen. An den Fusssohlen und Zehen ein pelziges Gefühl. An den Oberschenkeln werden einfache Berührungen gut, an den Unterschenkeln weniger gut, jedoch noch sicher erkannt. Dagegen können an den Unterschenkeln Nadel-Kopf und Spitze nicht unterschieden werden. Dabei besteht das Gefühl der Berührung noch 1—2 Minuten lang fort. Die Leitung ist hierbei etwas verlangsamt. (Nach der Berührung mit der Nadel treten oft einige Minuten später noch fibrilläre Zuckungen im Muskel ein.) Drucksinn ist herabgesetzt. An der Fusssohle und am Fussrücken werden Berührungen (Streicheln etc.) gut empfunden. Nadelspitze und Kopf werden hier richtig erkannt. Drucksinn ist weniger als an den Unterschenkeln herabgesetzt.

Langsame Bewegungen werden im Hüftgelenk rechts sowohl als links erst bei sehr grossen Winkelgraden percipirt und dann werden die verschiedenen Richtungen noch häufig untereinander verwechselt.

Ebenso wenig werden langsame Bewegungen in den Knie- und Fussgelenken bei geringen und mittleren Exkursionsweiten empfunden.

Für beide Kniegelenke wurden genauere Untersuchungen vorgenommen und ergab sich hier, dass bei langsamen Bewegungen günstigsten Falls eine Exkursion von 20—30 Winkelgraden genügte, um eine Bewegungsempfindung hervorzurufen. Wurden

dagegen die Bewegungen mit grosser Schnelligkeit und ruckweise ausgeführt, so genügte eine Exkursion von 4—5 Graden zur Hervorrufung einer Bewegungsempfindung. Hierbei muss man allerdings berücksichtigen, dass bei den Bewegungen der letzten Art immer eine ziemlich beträchtliche Erschütterung des Unterschenkels und Fusses hervorgerufen wurde, die unter Umständen mit zum Erkennen verwerthet wurden. Uebrigens ergab diese Prüfung auch für die Arme eine nicht unbeträchtliche, wenn auch nicht so hochgradige Herabsetzung der hier in Betracht kommenden Gefühlsthätigkeit.

Die Sehnenreflexe waren bei dem p. R. erloschen, auch die Hautreflexe zum Theil herabgesetzt.

Die Prüfung mit gehobenen Gewichten ergibt folgende Resultate.

		0		100		500		1000	
		Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
L.	6. VI.	40	50	50	0	300	250	900	600
	11. VI.	40	30	60	20	480	150	950	900
	14. VI.	20	20	90	30	450	250	900	550
R.	14. VI.	10	20	80	50	450	250	950	600

Obwohl also bei diesem Patienten doch ohne Zweifel die Sensibilität in hohem Maasse herabgesetzt war, so sind unter seinen Angaben doch nur zwei, die entschieden hinter den normalen zurückbleiben (einmal am 11. VI. für das linke Bein beim absteigenden Verfahren für das Gewicht 500 gr mit 150! und das zweite mal 14. VI. ebenfalls für das linke Bein bei der absteigenden Anordnung für das Gewicht 1000 gr mit 550 gr). Doch sind zu anderen

Zeiten auch hier Angaben, die wir als normal bezeichnen müssen.

IV. Fall.

Fr. Fl. 46 Jahr alt, seit längerer Zeit in der Marburger medicinischen Klinik.

Im Jahre 1876 begann sein Leiden mit reissenden Schmerzen in den Beinen und später noch in den Armen. Es trat das Gefühl von Pelzigsein und von Kribbeln hinzu. Seit 1877 Erschwerung der Bewegungen in den Beinen, später auch in den Armen.

Bewegungen der Arme sind stark atactisch. Rohe Kraft ist herabgesetzt. Ebenso zeigt die Sensibilität starke Beeinträchtigungen.

Gehen ist nur mit einem Stock möglich, doch muss Pat. dabei mit der zweiten Hand sich noch an der Wand etc. stützen. Beim Gehen sind die Bewegungen der Beine stark atactisch, ebenso im Liegen. Beim Stehen mit geschlossenen Füßen tritt sehr starkes Schwanken ein, bei geschlossenen Augen fällt er sogleich um. Alle Empfindungsqualitäten der Haut sind an den Beinen sehr stark herabgesetzt, ebenso die Empfindlichkeit der Gelenke. Man kann passive Bewegungen schon mit ziemlich grosser Geschwindigkeit und in sehr beträchtlicher Exkursion ausführen, ohne dass Pat. eine Ahnung von der passiven Bewegung seiner Glieder hat. Sehnenreflexe sind erloschen.

Bei der Untersuchung mit gehobenen Gewichten ergibt sich nun, dass Pat. fast immer das zweite Gewicht für schwerer hält wie das erste. Er unterscheidet also wenn man zuerst das leichtere Gewicht erheben lässt und dann das schwerere, anscheinend völlig richtig. Die erhaltenen Zahlen bleiben in

keiner Weise hinter den von normalen Menschen angegebenen zurück.

Anders wird aber dieses Verhalten, wenn man zunächst das schwerere Gewicht heben lässt. Mit dem linken Bein gelingt es ihm erst 1500 gr richtig von 0 zu unterscheiden, während 1000 gr gleich 0 crachtet werden. Mit dem rechten Bein kann er noch nicht einmal 2000 gr richtig von 0 unterscheiden, er hält sie vielmehr für gleich.

Die Untersuchungen der vier Tabeskranken mit Sensibilitätsstörungen verschiedenen Grades lehren also, dass es immer schon sehr beträchtlicher Sensibilitätsstörungen bedarf, ehe man mit Bestimmtheit eine deutliche Abnahme des Unterscheidungsvermögens für gehobene Gewichte erkennen kann.

Mithin ist die vorliegende Methode zur Erkennung von Sensibilitätsstörungen geringeren Grades, insbesondere bei der tabes dorsalis, nicht geeignet, womit jedoch ihre Verwendbarkeit bei anderweitigen Störungen nicht bestritten werden soll.

Schlussätze.

- 1) Die Leistungen des sogenannten „Kraftsinns“ sind das Resultat eines psychischen Vorganges.
- 2) Dieser setzt sich zusammen:
 - a. aus den von der Peripherie her einlaufenden Empfindungen.
 - b. aus der Zeitdauer der einzelnen Empfindungen resp. aus der Schnelligkeit, mit der sich die einzelnen Empfindungen folgen.
- 3) Die peripherischen Empfindungen der Gelenke und ihrer Adnexe bilden die hauptsächlichste Grund-

lage zu der Urteilsbildung. Doch sind auch die einzelnen Empfindungsqualitäten der Haut nicht völlig auszuschliessen.

4) In pathologischen Fällen kann eine Herabsetzung der Leistungen des sogenannten „Kraftsinns“ auf Grund von Sensibilitätsstörungen statthaben. Jedoch müssen diese schon einen sehr hohen Grad erreichen, bevor sich deutliche Differenzen gegenüber der Norm bemerkbar machen. Zur Prüfung von Sensibilitätsstörungen geringen Grades eignet sich die Prüfung mit verschieden schweren Gewichten nicht.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Professor *Dr. Rumpf* für die Anregung und überaus freundliche Unterstützung bei vorliegender Arbeit, sowie Herrn Geheimen Medicinal-Rath Professor *Dr. Mannkopff* für die lebenswürdige Ueberlassung der 3 zuletzt angeführten Krankheitsfälle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, *Rudolf Sunkel*, bin am 21. Juli 1864 zu Frankenberg (Reg. Bez. Cassel) als Sohn des Sanitätsrats Dr. med. *Georg Sunkel*, Kreisphysikus zu Hanau und dessen Gemahlin Luise geb. Hassencamp geboren.

Ich besuchte die Gymnasien zu Hersfeld und Hanau, bestand am 26. II. 84 in Hanau das Maturitätsexamen, studierte von da an in Marburg Medicin, beendete am 21. I. 89 das medicin. Staatsexamen, und bestand am 17. II. 89 das Examen rigorosum.

Meinen hochverehrten academischen Lehrern sage ich meinen herzlichsten Dank.

Es sind die Herren Professoren und Dozenten:
Ahlfeld, Braun, Cramer, Frerichs, Greeff, von Heusinger, Hüter, Külz, Lieberkühn †, Mannkopff, Marchand, Melde, H. Meyer, K. Roser, W. Roser †, Rubner, Rumpf, Schmidt-Rimpler, Strahl, Wagener und Zincke.



14909

