

ZUR LEHRE VON DER REGULIERUNG

DER

WILLKÜRLICHEN BEWEGUNGEN.

Inaugural-Dissertation

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT ZU FREIBURG i/B.

VON

ALBERT SCHÖNIG

APPROB. ARZT

AUS

SÄCKINGEN.



BÜHL.



DRUCK DER AKTIENGESELLSCHAFT KONKORDIA.

1892.



ZUR LEHRE VON DER REGULIERUNG

DER

WILLKÜRLICHEN BEWEGUNGEN.

Inaugural-Dissertation

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT ZU FREIBURG I/B.

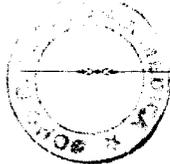
VON

ALBERT SCHÖNIG

APPROB. ARZT

AUS

SÄCKINGEN.



BÜHL.

DRUCK DER AKTIENGESELLSCHAFT KONKORDIA.

1892.

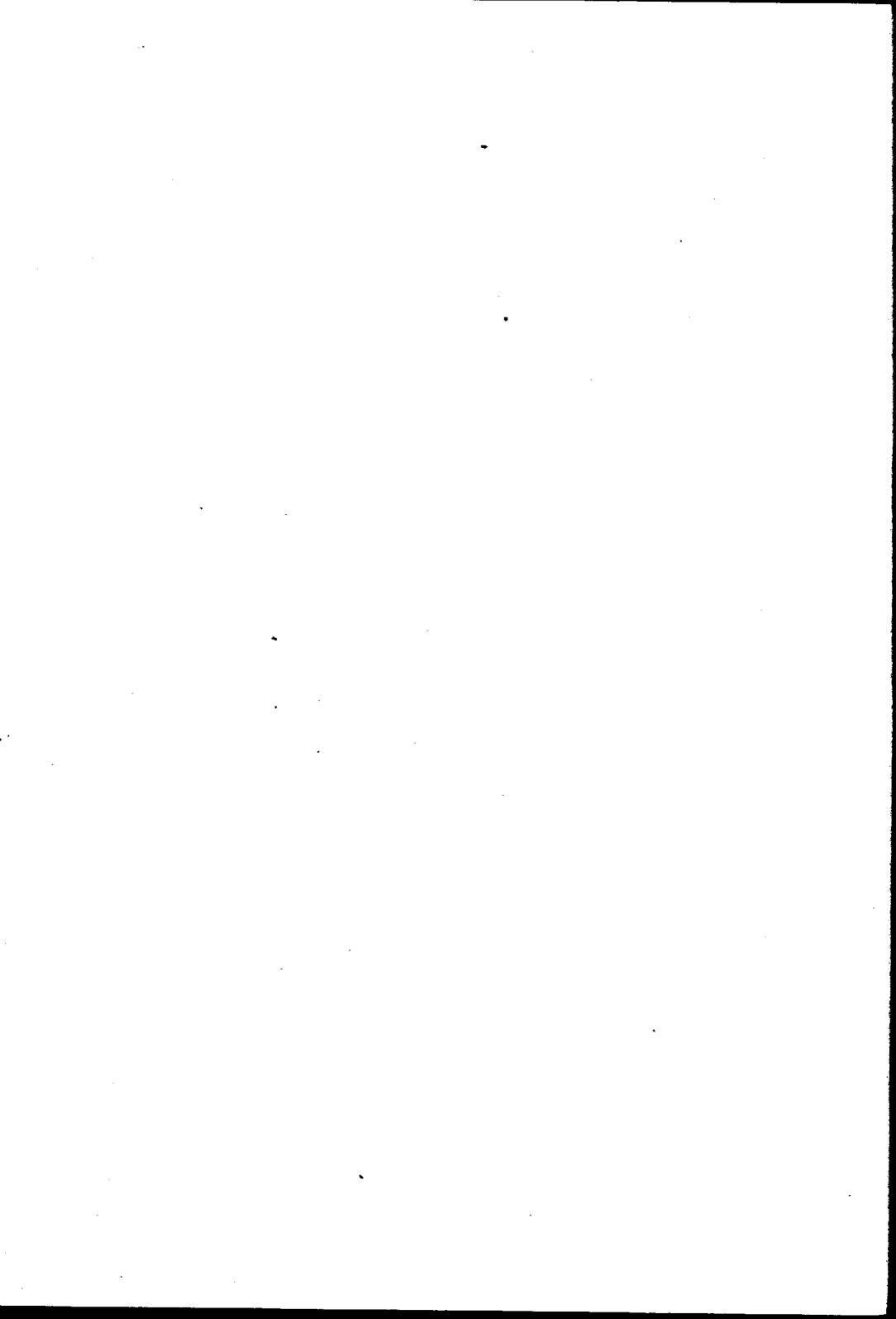
DECAN DER MEDICINISCHEN FACULTÄT:
Prof. Dr. EMMINGHAUS.

REFERENT:
Prof. Dr. JOHANNES von KRIES.

Meinem lieben Onkel

Herrn KONSTANTIN GALL

in Dankbarkeit gewidmet.



I.

Über die Entwicklung der Coordinationstheorie.

Bis in unser Jahrhundert hinein war zur Erklärung des Vorganges, der sich bei den Bewegungen unseres Körpers abspielt, die Ansicht Galens die einzig massgebende. In seinem Werke: »De usu partium« spricht er sich hierüber, wie folgt, aus:¹⁾ »Der kontrahierte Muskel zieht also nach sich hin, während der erschlaffte Muskel in Verbindung mit dem Teile angezogen wird; aus diesem Grunde bewegen sich während der Vollführung dieser beiden Bewegungen beide Muskeln; aber sie sind nicht beide thätig, denn die Thätigkeit besteht in der Anspannung des sich bewegenden Teiles und nicht in der Thätigkeit des Gehorchens; ein Muskel gehorcht aber, wenn er unthätig fortbewegt wird, so gut wie jeder andere Teil der Gliedmasse.« Zwar trat dieser Meinung schon Winslow²⁾ entgegen, indem er sagte: »Um einen Teil zu bewegen, oder um ihn in einer bestimmten Stellung zu halten, wirken alle Muskeln mit, die ihn bewegen können.« Da dieser Forscher aber seine Behauptung nicht weiter begründete, so wurde sie auch nicht beachtet. Erst Duchenne, der berühmte und scharfsinnige französische Physiologe, bewies in seinem Werke: »Physiologie der Bewegungen,« dass die Auffassung Galens nicht mehr haltbar sei und begründete eine neue Theorie über den Bewegungsvorgang. Zunächst legte er klar, dass alle Bewegungen der Gliedmassen und des Rumpfes immer aus einer doppelten Nerven.

¹⁾ Duchenne, Physiologie der Bewegungen. Übers. v. C. Wernicke, 1885. pag. 604.

²⁾ Traité des muscles No. 43.

erregung hervorgehen, vermöge deren zwei Muskelgattungen, die bei ihrer Association eine entgegengesetzte Wirkung entfalten, gleichzeitig in Kontraktion versetzt werden, die einen, um die Bewegungen zu bewirken, die andern, um sie zu mässigen. »Ohne diese Solidarität, dieses Einverständnis der antagonistischen Muskeln verlieren die Bewegungen unvermeidlich an Präzision und Sicherheit.« Zwei Muskelgattungen sind es, die sich an der Ausführung von Bewegungen immer direkt beteiligen, nicht zwei einzelne Muskeln. Dabei ist der Impuls, welcher die einzelnen Muskeln dieser Systeme zur Kontraktion bringt, nicht gleich stark für alle, sondern genau abgestuft für den einzelnen Muskel. Endlich wird es häufig notwendig, damit eine Bewegung vor sich gehen kann, dass zuvor benachbarte Gelenke festgestellt werden. Alle diese Vorgänge, wie die Muskelkombination, die Abstufung der Muskerregung, die Feststellung der Gelenke, die Anpassung der Bewegung an Zweck, Zeit, gegebene Widerstände etc. laufen sowohl bei den willkürlichen wie bei den automatischen Bewegungen vollständig unbewusst ab. Der Wille giebt nur die Anregung zur Ausführung der Bewegung, ohne die einzelnen Details derselben zu regulieren. Dieses harmonische Zusammenspiel, dessen Resultante die Bewegung bildet, nennt man *Coordination*.

Solch einen komplizierten Mechanismus, wie ihn die *Coordination* darstellt, kann man sich nur an centrale Apparate des Nervensystems geknüpft denken. Wie sich die *Coordination* aber in den Zellen abspielt und wo die einzelnen *Coordinationscentren* gelegen sind, darüber ist noch äusserst wenig bekannt.

Johannes Gad¹⁾ und Leyden²⁾ nehmen eine gruppenweise Zusammenordnung solcher *Centren* an, die funktionell zusammengehörige Muskeln versorgen. Hierfür sprechen auch die Erscheinungen, welche G. Graux³⁾ bei einseitiger *Abducenslähmung* be-

¹⁾ Würzburger Festschrift z. III. Säcularfeier Leipzig 1882, Bd. 2: J. Gad. Über einige Beziehungen zwischen Nerv, Muskel und Centrum.

Ders.: Real-Encyclopaedie v. Eulenburg Bd. IV, pag. 547.: *Coordination*.

²⁾ Leyden: Klinik der Rückenmarkskrankheiten. Berlin 1874. Band 1, pag. 57 und 112.

Ders.: Virchows Archiv, Bd. 47. »Über Muskelsinn u. Ataxie.« pag. 331:

³⁾ De la paralysie du moteur oculaire externe avec deviation conjuguee 1878.

obachtete und die Erfahrungen Remaks¹⁾ bei Bleilähmungen. Diese Zusammengruppierung der motorischen Ganglienzellen genügt aber nach Gad nur für die einfachsten Bewegungen. Für die komplizierteren coordinatorischen Vorgänge, wie die Erhaltung des Gleichgewichts, das Gehen etc., stellt er sich vor, dass kleine Ganglienzellen, welche derselben Funktion obliegen, auch zusammen gruppiert seien. Diese kleinen Zellen ständen alsdann mit denjenigen an verschiedenen Stellen des Rückenmarks gelegenen motorischen Ganglienzellen in Verbindung, von welchen aus die zu der betreffenden Funktion notwendigen Muskeln innerviert werden. Es werden also von den Ganglienzellen aus, die einer Funktion obliegen und zusammengelagert sind, zunächst alle notwendigen motorischen Ganglienzellen in Erregung versetzt, und erst von diesen aus wird der Reiz auf die Muskeln übertragen.

Was nun die Localisation der Coordinationscentren betrifft, so gehen in dieser Hinsicht die Meinungen der einzelnen Autoren sehr weit auseinander. Flourens²⁾ war der erste, welcher durch besondere Versuche feststellte, dass das Kleinhirn für die Coordination von grosser Bedeutung sei. Diese Versuche wurden öfters wiederholt und bestätigt (Longet, Bouillaud u. s. w.). Schiff³⁾ sucht durch Experimente nachzuweisen, dass die Coordinationscentren auf das untere Drittel des Kleinhirns beschränkt seien. Nothnagel⁴⁾ hinwiederum kommt nach Sichtung verschiedener Erkrankungsfälle zu dem Schluss, dass dieselben nur im Wurme, aber nicht in den Hemisphären lokalisiert seien. Serres⁵⁾ war der erste, welcher, gestützt auf experimentelle Beobachtungen, die Coordinationscentren in die Vierhügel verlegte. Ihm tritt Goltz⁶⁾ bei, der nach seinen Versuchen an Fröschen zu

¹⁾ Archiv für Psychiatr. Bd. VI pag. 1. Remak: Zur Pathogenese der Bleilähmungen.

Ebenda Bd. IX p. 510: Über Localisation atrophischer Spinallähmungen und spinaler Muskelatrophien.

²⁾ Flourens: Système nerveux 2. édit. 1842.

³⁾ Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiol. Bd. XXXII, pag. 427. Schiff: Über die Funktionen des Kleinhirns.

⁴⁾ Berl. klin. Wöchenschrift 1878 No. 15. Nothnagel: Über Latenz der Kleinhirnerkrankungen und über cerebellare Ataxie.

⁵⁾ Anatomie comparée du cerveau. Paris 1827.

⁶⁾ Centralblatt für d. medic. Wissenschaften 1868 No. 44 und 45.

der Ansicht gelangt, dass die *Lobi optici* (*Corpora quadrigemina* der höheren Tiere) das Centrum für die Erhaltung des Gleichgewichts in sich bergen. Der Ansicht obiger Autoren tritt Duchenne¹⁾ entgegen, der behauptet, dass der anatomische Sitz des Coordinationsvermögens der Locomotion sich nicht im Kleinhirn befinde. Weiter scheinen Versuche, wie sie von Singer²⁾ an Tauben, von Tarchanoff³⁾ an Enten ausgeführt wurden, sehr dafür zu sprechen, dass auch im Rückenmark Centren für die Coordination vorhanden sind. Nach dem heutigen Stande unseres Wissens über die Lokalisation der Coordinationscentren wird man wohl so viel annehmen dürfen, dass sich für einfache Bewegungen auch Centren im Rückenmark finden, für kompliziertere Funktionen dieselben aber höher oben im verlängerten Mark, Pons, Kleinhirn und in den Vierhügeln zu suchen sein werden.

Betrachtet man die schwierige Aufgabe der Coordinationscentren, die einzelnen Bewegungen genau abzustufen und zu regeln, sie an Zweck, Zeit und Widerstände anzupassen, betrachtet man nur die Funktion der Erhaltung des Gleichgewichts, so wird man zur Einsicht gelangen, dass gewisse Vorbedingungen und Einrichtungen vorhanden sein müssen, welche diese Wachtposten des Nervensystems in den Stand setzen, ihre Aufgabe in richtiger Weise zu erfüllen. Diese Einrichtungen haben die Centren immer darüber zu unterrichten, dass eine intendierte Bewegung wirklich auch abläuft und wie dies geschieht. Nur so ist eine Regulation, eine Anpassung denkbar.

Von grosser Wichtigkeit in dieser Hinsicht ist der Gesicht- und Gehörssinn; das wird wohl niemand bestreiten. Aber ebenso sicher ist es, dass ihnen nicht ausschliesslich diese Aufgabe zufällt. Können doch auch Blinde und Taube gehen und stehen, greifen und fassen. Es müssen also noch andere Apparate vorhanden sein, und diese sind in der Sensibilität zu suchen.

¹⁾ Physiologie der Bewegungen, übers. von Wernicke 1885 pag. 619.

²⁾ Wiener Sitzungsberichte LXXXIX Abt. III pag. 167. Singer: Zur Kenntnis der motorischen Funktionen des Lendenmarkes der Taube.

³⁾ Pflügers Archiv Bd. XXXIII. J. Tarchanoff: Über automatische Bewegungen bei enthaupteten Enten.

II.

Über die Beziehungen der peripheren Sensibilität zur Muskelinnervation.

Schon Charles Bell hat es angedeutet, dass nach Durchtrennung der hinteren Rückenmarkswurzeln die Empfindung vom Zustande des Muskels und die Regulierung der Thätigkeit desselben wegfällt. Eine wie hohe Bedeutung für die Muskelinnervation der peripheren Sensibilität zukommt, erhellt auch aus den Versuchen, die von obigem Forscher am Esel, von Magendie am Kaninchen ausgeführt und erst in neuester Zeit von Sig. Exner¹⁾ wieder der Vergessenheit entrissen wurden. Bell²⁾ durchschnitt bei einem Esel beide rein sensorischen Nervi infraorbitales und beobachtete, dass derselbe dadurch die Fähigkeit verlor, die Oberlippe zu erheben, dass er sich überhaupt ähnlich verhielt, wie wenn seine motorischen Nerven für die Schnauze durchtrennt worden wären. Treffend beschreibt Bell selbst diese Erscheinung: »Das Pferd stösst die Oberlippe gegen den Haferkorb oder das Stück Brot, drängt diese von sich weg, kann aber in der Regel die Lippe nicht erheben, um zu fassen.« Ähnliches beobachtete Magendie³⁾ am Kaninchen nach Durchtrennung der Trigeminaäste. Mayo, der später diese Versuche wiederholte, erklärte diese Erscheinungen aus dem Ver-

¹⁾ Pflügers Archiv, Bd. XLVIII pag. 592. Exner: Über Sensomobilität und Wiener klinische Wochenschrift 1891.

²⁾ Chr. Bell's physiol. und pathol. Untersuchungen des Nervensystems. Übers. von M. H. Romberg, Berlin 1883.

³⁾ Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Übers. von G. Krupp. Leipzig 1841.

lust des Gefühls in den Lippen. Denn das Tier fühlte das Futter nicht mehr, wenn es auch dasselbe ergreifen konnte. Das Gleiche ergibt ein von Exner und Pineles¹⁾ ausgeführtes Experiment. Sie durchtrennten nämlich bei einem Pferde den nach Möller²⁾ vollständig sensiblen Nervus laryngus sup. und beobachteten, dass von dieser Zeit an die betreffende Kehlkopfhälfte vollständig gelähmt und die Muskeln atrophisch wurden. Auf Grund dieser Versuche kommt Exner in seiner Abhandlung zu folgendem Schlusssatz: »Störungen der Sensibilität erzeugen je nach der Art der Bewegungen Störungen der Mobilität, die auf dem Ausfall einer oder mehrerer der genannten Regulierungen beruhen.«

Auch ein von Strümpell³⁾ beobachteter und beschriebener klinischer Fall legt Zeugnis dafür ab, welche Bedeutung der peripheren Sensibilität bei der Ausführung von willkürlichen Bewegungen zukommt. Ein 15jähriger Schuhmacherlehrling bot vollständige Anästhesie der Haut, der Schleimhäute und der höheren Sinnesorganen. Verschont war nur linkes Ohr und rechtes Auge. Der Kranke konnte bei Ausschluss der Augen einzelne Muskeln nicht in Funktion treten lassen. Als die Sensibilität sich zu bessern angefangen hatte, vollbrachte er dies in folgender Weise nach eigener Schilderung Strümpells: »Der Kranke hatte damals beim Auflegen der Finger auf eine feste Unterlage, wenn er mit denselben auf die letztere einen festen Druck ausübte, bereits eine deutliche Berührungsempfindung. Sollte er nun von den aufliegenden Fingern einen bestimmten bewegen, so sah man deutlich, wie er zuvor, ehe er die Bewegung anfang, alle Finger teils gleichzeitig, teils nacheinander auf die Unterlage aufdrückte, sich so den zu bewegenden Finger gleichsam heraussuchte, und dann die anderen Finger durch nochmaliges festes Aufdrücken fixierte, bis es ihm auf diese Weise gelang, die Bewegung mit dem angegebenen Finger allein auszuführen.«

¹⁾ Pflügers Archiv, Bd. XLVIII pag. 17. Friedr. Pineles. Die Degeneration der Kehlkopfmuskeln beim Pferde nach Durchschneidung des Nerv. laryng. sup. und inf.

²⁾ Das Kehlkopfpeifen des Pferdes. Stuttgart 1888.

³⁾ Strümpell: Beobachtungen über ausgebreitete Anästhesien und deren Folgen für die willkürlichen Bewegungen und das Bewusstsein. Deutsches Archiv für klinische Medicin. Bd. 22. 1878.

Nachdem es nun feststeht, dass die Sensibilität von grossem Einfluss auf die Ausführung von Bewegungen ist, so fragt es sich weiter, welche Sensibilität diesen Einfluss äussert. Hierüber sind schon seit längster Zeit eingehende Untersuchungen und Beobachtungen gemacht worden, ohne dass sie bis jetzt einen irgendwie befriedigenden Abschluss erreicht hätten. Schon Charles Bell¹⁾ suchte diese Frage zu beantworten und glaubte, dass der Muskelsinn es sei, der uns über die Art und Weise, wie die Bewegungen ausgeführt würden, orientiere. Diese Anschauung bekam eine weitere Stütze durch die Entdeckung Webers²⁾, der fand, dass unser Unterscheidungsvermögen für gehobene Gewichte ein feineres sei, als für lastende, und diese Wahrnehmung den sensiblen Muskelnerven zuschob. Auch Claude Bernard³⁾ schliesst sich der Ansicht obiger Autoren an. Aber auch an Gegnern fehlte es nie; zu ihnen zählen besonders Bichat, Spiess, Schiff und Remak. Ja, einige bezweifelten sogar (Schiff), dass die Muskeln überhaupt sensible Nerven besässen. Auch die klinischen Erfahrungen sprechen gegen die Meinung, als ob die Muskelsensibilität uns allein unterrichte über den Bewegungsvorgang und über die Lage und Haltung unserer Glieder. So beobachtete Leyden⁴⁾, dass die Empfindung von der Stellung unserer Glieder unverändert fortbesteht trotz Degeneration und Sensibilitätsverlust der Muskeln. Die gleiche Anschauung hat Duchenne⁵⁾, der sich hierüber, wie folgt, äussert: »Die Individuen, die nur ihr Muskelgefühl verloren haben, verspüren keine auffallende Funktionsstörung in ihrer Mobilität, wenn sie sich am Sehen verhindert finden. Erst wenn die Gelenke der Gliedmassen, an denen das Muskelgefühl erloschen ist, ausserdem gefühllos sind und die ihnen erteilten Bewegungen

¹⁾ Physiologische und pathol. Untersuchungen des Nervensystems, übersetzt von Romberg 1832. pag. 185—193.

²⁾ Wagner's Handwörterbuch der Physiologie pag. 580—584 »Der Tastsinn und das Gemeingefühl.«

³⁾ Leçons sur la physiologie et pathologie du système nerveux. Paris 1858. I. pag. 246.

⁴⁾ Virchow's Archiv. Bd. 47. pag. 330.

⁵⁾ Physiologie der Bewegungen, übersetzt von Wernicke. Berlin 1885. pag. 612.

nicht gefühlt werden, sieht man die Symptome auftreten, die man fälschlicher Weise der Lähmung des Muskelgefühls zugeschrieben hat.« Eine besonders stichhaltige Thatsache gegen die Meinung, als ob die Muskelsensibilität ausschliesslich für die Coordination der Bewegungen notwendig sei, wurde von Lewinsky¹⁾ angeführt. Er legte klar, dass, da die einzelnen Muskeln sich sicherlich bei mehr als einer Bewegung beteiligen, es wunderbar wäre, wenn dieselbe Empfindung vom Bewusstsein für verschiedene Lageveränderungsvorstellungen benutzt werden könnte, und wenn auf Grund jener Empfindungen Vorstellungen zustande kommen könnten von jener Feinheit, wie wir sie gerade von der Lageveränderung der Glieder besitzen.

Lewinsky glaubt nach seinen Beobachtungen der Ansicht Duchenne's bepflichten zu müssen, dass nämlich der Gelenksensibilität die wichtige Rolle für die Lagevorstellung zukomme, und führt als weitere Stütze noch folgende Erfahrungen an Tabischen an. Er fand nämlich, dass dieselben langsame, passive Bewegungen von geringen Excursionen, welche in den Zehen-, Knie-, Fuss- oder Hüftgelenken ausgeführt wurden, nur dann als solche empfanden, wenn die beiden Gelenkflächen stark gegen einander gedrückt wurden. Diese Thatsache kann doch wohl nur auf die Abstumpfung der Sensibilitätsnerven in den Gelenken zurückgeführt werden.

Wundt²⁾ hinwiederum und auch Schiff suchten die Fähigkeit der Vermittelung von Lageveränderungen den Tastempfindungen zuzuweisen, und Wundt sagt sogar, dass bei Verlust der Hautsensibilität die Lagevorstellungen und auch die Bewegungen deutliche Störungen zeigen. Dies ist jedoch deshalb unmöglich, weil in der Pathologie mehrere Fälle bekannt sind, wo trotz vollständigen Verlustes der Hautsensibilität, ja trotz gleichzeitigen Verlustes der elektromuskulären Sensibilität und der Empfindung der Muskeln auf Druck die Lagevorstellungen in normaler Feinheit vorhanden waren. (Duchenne.³⁾)

Neuerdings wurde die Frage über die verschiedene Bedeutung

¹⁾ Virchow's Archiv. Bd. 77. pag. 134. Lewinsky »Über den Kraftsinn.«

²⁾ Grundzüge der physiol. Psychologie. Leipzig 1874.

³⁾ De l'Electrisation localisée. Paris 1872. pag. 767.

der einzelnen Arten peripherer Sensibilität für die Ausführung von Bewegungen von Alfred Goldscheider¹⁾ einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Da gerade diese Abhandlungen die Veranlassung zu den im hiesigen physiologischen Institute von mir vorgenommenen Versuchen bildeten, so mag es mir gestattet sein, etwas näher auf dieselben einzugehen.

Zunächst sucht er klarzulegen, dass unter dem Namen Muskelsinn verschiedene Fähigkeiten zusammengeworfen wurden und glaubt, dieselben in folgende vier Componenten zergliedern zu können:

1. Gefühl für passive Bewegungen.
2. Gefühl für aktive Bewegungen.
3. Wahrnehmung der Lage und Haltung.
4. Empfindung der Schwere und des Widerstandes.

Als Grundlage zu den Versuchen über das Gefühl passiver und aktiver Bewegungen nahm er nach dem Vorgange von Leyden die untere Grenze derjenigen Winkelbewegungen, welche gerade noch deutlich als Bewegungen percipiert wurden. Dabei suchte er durch künstliche Hypästhesien gewisse Sensibilitätsarten möglichst auszuschalten und beobachtete alsdann, wie sich unter diesen Einflüssen die untere Grenze veränderte. Zur Erzeugung der Hypästhesie verwandte er den Inductionsstrom, da sich die übrigen Mittel, wie Kälteapplikationen, Ätherbestäubung, Anode des konstanten Stromes als unzweckmässig erwiesen. Als Elektroden benützte er rechtwinklige Schwammstreifen, welche um die betreffenden Gliedabschnitte herumgelegt und hier mit passenden Gummiringen befestigt wurden.

Seine Versuche über die Ausführung von passiven Bewegungen erstreckten sich auf die meisten Gelenke sowohl der oberen, wie der unteren Extremität. Sie ergaben zunächst, dass die Lage und Haltung der Glieder, ferner die Richtung der Bewegungen keinen Einfluss ausüben auf die Genauigkeit ihrer Empfindung, dass aber die Geschwindigkeit ihrer Ausführung von Bedeutung ist, indem

¹⁾ Zeitschrift f. klin. Medicin. Berlin 1889. Bd. 15. pag. 82. Über den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie.

Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie. Leipzig. Jahrg. 1889. pag. 369. Untersuchungen über den Muskelsinn.

Dasselbe: Supplement Bd. des Jahrg. 1889. pag. 141.



bei grösserer Geschwindigkeit schon kleinere Elongationen deutlich als Bewegungen wahrgenommen wurden.

Bei Abstumpfung der peripheren Sensibilität fand er, dass, wenn beide Elektroden distal von dem sich bewegenden Gelenke angebracht waren, der untere Grenzwert, bei welchem eine Bewegung gerade noch als solche empfunden wurde, derselbe blieb wie bei normaler Sensibilität. Anders verhält sich die Sache, wenn der Strom das sich bewegende Gelenk passiert. Bei Bewegungen im 1. Interphalangealgelenke des rechten Zeigefingers bekam Goldscheider folgende Werte. (Die Grösse der Bewegungen ist in Winkelgraden, Bruchteile der Grade sind in Decimalen ausgedrückt.)

Eben merkliche Excursionsgrösse bei normaler Sensibilität

1,37—1,59°;

wenn der Inductionsstrom distal vom 1. Interphalangealgelenk den Finger passierte 1,50°;

wenn der Strom durch das Gelenk selbst geht 2,50—2,86°.

Die Ergebnisse seiner Versuche veranlassten Goldscheider zu folgenden Schlussfolgerungen:

Zunächst übt die Hautsensibilität keinen Einfluss aus auf die Bewegungsempfindung. Denn eine so hochgradige Abstumpfung der Hautsensibilität, dass kaum heftigere Nadelstiche empfunden wurden, hatte absolut keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Bewegungspception. Weiter werden die Hautsensationen auch in die Haut verlegt, den Bewegungsvorgang empfindet man aber im Gelenke. Dann sind die eben merklichen Bewegungen auch viel zu klein, als dass sie von der Haut aus empfunden werden können. Endlich fehlen jegliche Beziehungen zwischen den Gelenkempfindungen und den jeweiligen Verhältnissen der Hautdecken.

Auch den Einfluss der Muskelsensibilität stellt er in Abrede und führt als Stütze seiner Behauptung folgende Argumente an. Einmal sind die Bewegungen, welche eben wahrgenommen werden, viel zu klein. Dann spricht gegen den Einfluss der Muskelsensibilität der Umstand, dass die eben merkliche Elongationen sich gleich bleiben bei den verschiedensten Anfangsstellungen der Glieder, obschon auf diese Weise die Dehnung und die Stärke der Muskelkontraktion stark variiert wird. Endlich können Be-

wegungen als solche gefühlt werden, ohne dass eine Sicherheit über die Richtung derselben besteht.

Es bleibt ihm jetzt nur noch die Gelenksensibilität im weiteren Sinne, d. h. die Sensibilität der Gelenkenden, der Kapsel und Bänder übrig, an welche er sich auch ausschliesslich die Empfindung der passiven Bewegungen geknüpft denkt. Diese Annahme sucht er noch mit folgenden positiven Versuchsergebnissen zu stützen: 1) wird der Bewegungsvorgang subjektiv im Gelenke gefühlt; 2) ist für die Vorstellung der Bewegungsgrösse der vom Angriffspunkte der bewegenden Kraft zurückgelegte Weg gleichgültig, ebenso die während der Bewegung vorhandene Lage der distalen Abschnitte des Gliedes; vielmehr ist für dieselbe einzig und allein massgebend der Betrag der im Gelenk stattgefundenen Winkeldrehung; 3) wird die Bewegungsempfindung dann erheblich herabgesetzt, wenn die Gelenksensibilität abgestumpft ist, zeigt sich aber unabhängig von der Abstumpfung der Sensibilität der bewegten Körperabschnitte.

Bei der activen Bewegung jedoch sind viel mehr sensitive Merkmale vorhanden, wie bei der passiven. Denn hier spielen ausser der eigentlichen Bewegungsempfindung noch die Schwere- und Widerstandsempfindungen, gewisse Hautsensationen und auch Muskelgefühle bei stärkerer Kontraktion derselben eine Rolle. Als neues Moment kommt noch die Muskelinnervation hinzu, und es fragt sich nun, ob wir annehmen dürfen, dass die Innervation als solche empfunden wird oder nicht. Goldscheider spricht sich gegen diese Annahme aus; er begründet seine Ansicht mit folgenden Versuchsergebnissen.

Einmal wird bei Abstumpfung der Sensibilität im 1. Interphalangealgelenk erst eine Bewegung von durchschnittlich $3,09^{\circ}$ als solche wahrgenommen, nach Öffnung des Stromes aber schon eine Elongation von durchschnittlich $1,61^{\circ}$. Dann will er beobachtet haben, wenn er sich in der Vorstellung eine Bewegungsempfindung reproduzieren wollte, dass wirklich eine Bewegung vor sich ging und dass letztere bei Abstumpfung der Gelenksensibilität sich vergrösserte. Eine Vergrösserung der Bewegung kann aber nur eintreten bei Vermehrung der Muskelinnervation. Wenn nun eine Innervationsempfindung vorhanden

wäre, so müsste mit der Innervationsvermehrung auch eine Vergrösserung der Bewegungsempfindung Hand in Hand gehen, was aber den wirklichen Ergebnissen widerspricht.

Mit jeder Muskelkontraktion muss sich die dazu gehörige Sehne anspannen zur Überwindung des Widerstandes, welchen das Gewicht des zu bewegenden Gliedes der Bewegung entgegensetzt. Die Grösse der Spannung kommt uns zur Empfindung, und durch sie werden wir auch in den Stand gesetzt, uns über die Richtung der ausgeführten Bewegung zu orientieren. Diese Sehnenspannung muss schon vorhanden sein, bevor die Bewegung vor sich geht, und dies bietet uns einen grossen Vorteil. Denn hierdurch erhalten wir schon, ehe die Bewegung zur Ausführung gelangt, eine Empfindung von der Richtung der bevorstehenden Bewegung und können bereits kontrollieren, ob diese mit der gewollten übereinstimmt oder nicht.

Ein drittes Unterstützungsmittel zur Orientierung, namentlich über die Lage der Glieder und auch über die Bewegungsrichtung bieten die Hautsensationen, welche durch die Bewegung der einzelnen Hautteilchen gegen einander, durch Faltenbildung und durch Verschiebung der Sehnen unter der Haut entstehen.

Es blieb nun Goldscheider noch die Frage zu erörtern, was denn eigentlich der Muskelsensibilität zukomme. Zu dem Zwecke musste zunächst die Hautsensibilität ausgeschaltet werden. Dies erreichte er dadurch, dass er durch eine Cocaininjektion die Haut, das subcutane Zellgewebe und vielleicht noch einen Teil der Muskeln anästhesierte. Zur Injektion wählte er die Gegend des »motorischen Punktes« eines Muskels z. B. der Extensoren der Finger an der Dorsalfläche des Unterarmes und brachte von hier aus den Muskel durch den konstanten Strom zur Kontraktion. Bei stärkeren Strömen empfand er nun in der Tiefe ein eigentümliches Gefühl, welches vollständig demjenigen glich, welches man bei Druck auf den Muskel hat, aber durchaus nicht als Bewegung aufgefasst und auch nicht in die zu bewegenden Finger verlegt wurde. Durch sehr starke Ströme konnte er dieses Gefühl bis zum Schmerze steigern. Jedoch trat dieser Schmerz nur dann auf, wenn der Muskel sich ad maximum kontrahieren konnte. Goldscheider nimmt nun an, dass wir diesen Muskelsensationen das

Gefühl von Müdigkeit und Muskelschmerz verdanken, ferner dass sie uns bei grösserer motorischer Kraftentwicklung ein gewisses Anstrengungsgefühl zugehen lassen.

Dieser Ansicht Goldscheiders, dass der Gelenksensibilität die Hauptaufgabe bei der Perception von Bewegungen zufalle, während die Muskelsensibilität nur für das Auftreten des Müdigkeitsgefühls und des Muskelschmerzes verantwortlich zu machen sei, trat Delabarre¹⁾ in einer erst vor kurzem erschienenen Arbeit entgegen. Derselbe hält die Bewegungsempfindung für die Resultante eines unanalysierten Komplexes von Erregungen aus verschiedenen peripherischen Quellen. Zu diesen Quellen rechnet er Dehnung, Entspannung und Faltung der Haut, Dehnung und Entspannung der Kapseln und ihrer ligamentösen Adnexa, Pressung der Weichteile, Schleifen der Gelenkflächen aneinander und vor allem Spannungen und Verkürzungen verschiedener zusammenwirkender Muskeln mit gleichzeitiger Entspannung der Antagonisten. Diese Behauptung gründet er hauptsächlich darauf, dass auch Bewegungsempfindungen vorkommen, wo kein Gelenk vorhanden ist, z. B. bei Augen, Zunge, Muskeln des Leibes, des Gesichtes etc.

Während Goldscheider als Grundlage seiner Versuche die kleinsten Schwellenwerte der eben merklichen Bewegungen verwandte, glaubte ich die gleichen Ziele in einer etwas anderen Weise erstreben zu dürfen. Ich stellte mir nämlich die Aufgabe, unter den verschiedensten Bedingungen eine gewisse Anzahl möglichst gleichartiger Bewegungen auszuführen und suchte dabei jeweils die Grösse des mittleren Fehlers zu bestimmen. Bevor ich jedoch an die eigentlichen Versuche gehen konnte, waren eine Reihe von Vorfragen zu lösen, z. B. welche Anzahl von Bewegungen die passendste sei, welche Bewegungsart, welches Zeitintervall zwischen den einzelnen Bewegungen etc.

Zunächst begann ich mit Flexions- und Extensionsbewegungen des rechten Mittelfingers im Metacarpo-Phalangealgelenk unter möglichster Ausschaltung der Interphalangealgelenke. Zu dem Zwecke ruhte der rechte Unterarm in horizontaler Richtung auf einem Gestell. Hier konnte er an zwei Stellen durch je zwei huf-

¹⁾ E. B. Delabarre: Über Bewegungsempfindungen. Inaugural-Dissertation. Freiburg i. B. 1891. pag. 60, 61, 54.

eisenförmige, gegen einander verschiebbliche Krücken fixiert werden. Für das Handgelenk bestand eine gepolsterte Stütze. Die Vola manus war nach abwärts gerichtet, so dass die Finger mit Ausnahme des Mittelfingers auf dem Gestell aufgelegt werden konnten. An der diesem Finger entsprechenden Stelle hatte die Unterlage einen Ausschnitt. Über den Mittelfinger wurde ein 25 mm breiter Gummiring gezogen, der gerade das zweite Interphalangealgelenk bedeckte. 20 cm über der Hand befand sich ein zweiarmiger Schreibhebel, welcher um eine horizontale Axe drehbar war und rechtwinklig horizontal zur Richtung des Unterarmes verlief. Er war aus sehr leichtem Material gearbeitet. Derjenige Arm, welcher mit dem Finger in Verbindung gebracht werden sollte, bestand aus leichtem Holz, der andere aus einem Strohhalm und der schreibenden Federpose. In dem hölzernen Arme war ein Doppelhaken befestigt, der direkt vertikal über den Gummiring am Mittelfinger zu stehen kam. An dem unteren Teile dieses Hakens wurde mittelst einer Fadenschlinge der Gummiring aufgehängt. Von dem oberen Abschnitte desselben zog ein zweiter Faden direkt nach aufwärts, schlang sich hier um eine Rolle, deren Ebene in gleicher Richtung mit der des Schreibhebels verlief und ging von da wieder vertikal nach abwärts. An dem anderen Ende trug dieser Faden ein Gewicht. Der Schreibhebel schleifte mit seiner Federpose in tangentialer Richtung auf einer berussten, rotierenden Trommel, deren Axe vertikal von oben nach unten verlief und die durch ein Uhrwerk in gleichmässige Bewegung gesetzt werden konnte. Die Trommel machte in einer Zeit von 5 Min, 20 Sek. eine Umdrehung. Sie hatte einen Durchmesser von 16,5 cm.

Die ersten Versuchsreihen setzten sich zusammen aus 50 möglichst gleichartigen Einzelbewegungen. Dieselben nahmen ihren Ausgang von einer leicht flektierten Stellung der Finger, wobei das Nagelglied des Mittelfingers mit seiner dorsalen Fläche an einen oberen Anprall angelegt war. Die Einzelbewegungen folgten in einem Zeitintervall von 2 Sekunden aufeinander und zwar so, dass mit dem Beginn der Sekunde eine möglichst rasche Flexion des Fingers im Metacarpo-Phalangealgelenk ausgeführt wurde, an die sich sofort eine Extension anschloss, welche an dem

Anprall ihr Ende erreichte. Hier blieb nun der Finger ruhig, um nach Ablauf der 2 Sekunden dasselbe zu wiederholen. Diese Art von Bewegungen sollen zum Unterschiede von den später ausgeführten »schnellende« genannt werden. Die Zeit wurde mittelst eines Metronoms gemessen.

Von den auf diese Weise erhaltenen Reihen wurde jede einzelne Bewegung ausgemessen und aus den erhaltenen Werten die mittlere Bewegungsgrösse berechnet. Alsdann wurde die Differenz bestimmt zwischen der mittleren Excursion und der wirklichen Excursion der Einzelbewegung. Aus diesen Differenzen fand man alsdann durch einfache Rechnung den mittleren Fehler und durch Vergleich desselben mit der mittleren Bewegungsgrösse auch den procentischen Fehler.

Bei der ersten mit oben beschriebener Versuchsanordnung erlangten Reihe konnten nur 48 Einzelbewegungen ausgemessen werden, da zwei Bewegungen wegen mangelhafter Aufzeichnung unberücksichtigt gelassen werden mussten. Sie ergab folgendes Resultat:

Schnellende Bewegungen	Mittlere Bewegungsgrösse	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
1. Reihe 48 Bewegungen	15,3	3,6	23,5
2. " 50 "	11,7	4,0	34,0
3. " 50 "	15,1	3,4	22,5

Wegen des grossen procentischen Fehlers veränderte ich den Bewegungsmodus, indem ich Reihen von 50 langsamen Bewegungen ausführte. Dabei blieb das Zeitintervall dasselbe; nur wurde die ganze erste Sekunde zur Flexion und die ganze zweite zur Extension verwendet, so dass gar keine oder doch eine viel geringere Ruhepause zwischen zwei Bewegungen übrig blieb als bei dem vorigen Modus.

I. Variation der Bewegungsart.

Um die procentischen Fehler der beiden Bewegungsmodi besser vergleichen zu können, stellte ich Serien her, die aus je

fünf Reihen bestanden. Von letzteren setzten sich wieder Nr. 1, 3 und 5 aus schnellenden, 2 und 4 aus langsamen Bewegungen zusammen.

Bewegungsmodus.	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
Nr. 1. Schnellende Bewegungen	23,2	3,5	15,0
„ 2. Langsame „	20,8	2,0	9,6
„ 3. Schnellende „	31,5	4,2	13,0
„ 4. Langsame „	25,9	2,9	11,0
„ 5. Schnellende „	36,4	3,3	9,0

Beim Vergleiche dieser beiden Tabellen wird man erstaunt sein über das Sinken des procentischen Fehlers auch bei den schnellenden Bewegungen. Denn bei den ersten Reihen erreichte derselbe die Höhe von 34 %, bei den letzten nur noch die von 15 %. Dieses rapide Zurückgehen des procentischen Fehlers konnte ich nur durch die mit der Ausführung der Bewegungen erlangte grössere Ruhe und Übung erklären.

Aus diesem Grunde machte ich nun noch eine grössere Anzahl derartiger Serien, bis ich versichert sein konnte, dass durch obige Momente keine störende Beeinträchtigung der Versuchsergebnisse mehr eintreten werde. Von diesen will ich nur noch die letzte Serie hier anführen.

Bewegungsmodus.	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
Nr. 1. Schnellende Bewegungen	28,7	3,4	11,8
„ 2. Langsame „	20,1	1,2	6,0
„ 3. Schnellende „	30,0	2,8	9,3
„ 4. Langsame „	22,0	1,4	6,4
„ 5. Schnellende „	31,3	2,2	7,0

Aus den beiden letzten Tabellen ist nun zunächst zu ersehen, dass die schnellenden Bewegungen viel grössere mittlere Excursionen erreichen, dass aber auch die mittleren und procentischen Fehler höher sind, wie bei den langsamen Bewegungen. Zum

Teil mag der Grund hiefür in der Versuchsanordnung liegen, indem bei den schnellenden Bewegungen das Schleudern des Schreibhebels nicht ganz ausgeschaltet werden konnte. Dies ist jedoch sicherlich nicht die einzige Ursache. Denn unstreitig ist bei den schnellenden Bewegungen die Zeit zu kurz, um den motorischen Impuls derjenigen Muskeln, die sich an der Flexion des Mittelfingers beteiligen, so abzustufen, dass die Bewegung immer die gleiche Grösse erreicht. So kommt es denn, dass ab und zu eine Bewegung über das gewollte Ziel hinausschiesst. Bei den langsamen Bewegungen hingegen ist es möglich, dass von den sensiblen Nerven über jede Phase der Bewegung dem centralen Nervensystem Empfindungen zugehen und nach dem Ausfall derselben der motorische Impuls geordnet und geregelt werden kann.

Weiter kann man aus den Tabellen erkennen, dass sowohl bei den langsamen wie bei den schnellenden Bewegungen die mittlere Excursionsgrösse ansteigt. Das gleiche Ansteigen beobachtet man auch in den Reihen selbst, indem die letzten Einzelbewegungen immer grösser wurden. Für diese Erscheinung müssen wir wohl die Ermüdung verantwortlich machen. Der gewöhnliche Impuls genügt nicht mehr, um eine Bewegung von gewünschter Grösse hervorzurufen. Er muss verstärkt werden. Diese Impulsvermehrung erreicht aber einen zu hohen Grad und dadurch werden nun die Einzelbewegungen zu gross. Um diese Fehlerquellen nun so viel wie möglich zu eliminieren, wurden in allen nun folgenden Versuchsreihen nur noch langsame Bewegungen ausgeführt und die Anzahl derselben für die einzelne Reihe von 50 auf 30 herabgesetzt.

II. Variation der Bewegungsgrössen.

Zur Konstatierung, wie sich der procentische Fehler bei verschiedenen Bewegungsgrössen verhält, stellte ich Serien her, bestehend aus 5 Reihen. Dabei begann ich mit kleinen Bewegungen, vergrösserte dieselben in Reihe 2 und 3, um dann in Reihe 4 und 5 wieder zu den kleineren überzugehen, so dass die Reihen (1 und 5) in ihren mittleren Bewegungsgrössen beinahe übereinstimmten, ebenso die Reihen (2 und 4).

	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
No. 1. Kleine Bewegungen	8,8	0,6	6,8
„ 2. Mittelgrosse „	19,2	1,7	8,9
„ 3. Grosse „	37,5	2,0	5,3
„ 4. Mittelgrosse „	19,2	2,0	10,4
„ 5. Kleine „	9,7	1,0	10,3

Auch in umgekehrter Aufeinanderfolge führte ich Serien aus, wie folgendes Beispiel zeigt:

	Mittl. Excurs.	Mittl. Fehler	Prozent. Fehler	Mittl. Winkel der Bewegg	Prozent. Fehler aus den Winkeln
	mm	mm	%		
No. 1. Grosse Bewegungen	40,9	2,3	5,6	33,04 ⁰	6,4
„ 2. Mittelgrosse „	3,52	2,1	8,9	18,23 ⁰	9,3
„ 3. Kleine „	7,3	1,6	21,9	5,59 ⁰	21,8
„ 4. Mittelgrosse „	17,5	1,6	9,1	13,47 ⁰	9,2
„ 5. Grosse „	36,5	1,9	5,2	29,12 ⁰	5,8

Diese Tabelle weist nun einen bedeutenden Unterschied im prozentischen Fehler auf zwischen den Reihen kleinster und grösster Bewegungen. Diese grosse Differenz konnte aber in der Versuchsanordnung selbst begründet sein, indem der Ansatzpunkt des Fadens am Gummiring bei der Beugung des Mittelfingers nicht in gerader Richtung nach abwärts bewegt wurde, sondern einen Kreisbogen beschrieb mit dem Radius gleich dem Abstand des Gummiringes (resp. des Ansatzpunktes vom Faden an demselben) vom Metacarpo-Phalangealgelenk. Dieser Abstand ist gleich 75 mm. Es ist nun klar, dass die aufgezeichneten Bewegungen nicht proportional wachsen mit den wirklich ausgeführten Bogenbewegungen. Aus diesem Grunde berechnete ich die Winkelgrössen aus den mittleren Bewegungen und dem Radius des Kreisbogens und hieraus alsdann den prozentischen Fehler. Die Differenz wurde zwar bei dieser Berechnungsweise etwas vermindert, blieb aber immer noch sehr bedeutend. Deshalb wiederholte ich nun nochmals die

Serien mit Beginn der kleinsten Bewegungen, vermehrte aber dabei den Grössenunterschied zwischen den einzelnen Reihen.

	Mittl. Excurs.	Mittl. Fehler	Prozent. Fehler	Mittl. Winkel der Bewegg.	Prozent. Fehler aus den Winkeln
	mm	mm	%		%
No. 1. Kleine Bewegungen	4,8	0,6	12,7	3,68 ⁰	12,5
„ 2. Mittelgrosse „	16,2	1,0	6,2	12,46 ⁰	6,2
„ 3. Grosse „	41,0	2,2	5,4	33,13 ⁰	6,2
„ 4. Mittelgrosse „	19,4	1,2	6,2	14,94 ⁰	6,2
„ 5. Kleine „	7,4	1,1	14,8	5,66 ⁰	14,5

Aus den vorstehenden Serien geht nun deutlich hervor, dass mit Vergrösserung der Bewegungen der prozent. Fehler ab-, mit Verkleinerung derselben zunimmt. Auch Delabarre¹⁾ fand, dass längere Strecken viel genauer ausgeführt werden, als die kürzeren. Dies scheint mir daher zu kommen, dass bei kleinen Bewegungen ein viel grösserer Wettstreit herrschen muss zwischen der Stärke des Bewegungsimpulses in den Flexoren und in den antagonistischen Extensoren. Wenn aber dann einmal die Flexoren das Übergewicht erlangt haben, so geht die Bewegung leicht zu weit. Weiter fiel mir bei Ausführung obiger Versuche auf, dass ich immer bei den Bewegungen nach äusseren Orientierungspunkten suchte z. B. vermehrtes Druckgefühl durch den Gummiring, Berührung von Hautfalten etc. Bei kleinen Bewegungen fehlten dieselben, und da richtete ich mich nach der Zeit, indem ich die einzelnen Flexionen mit möglichst gleicher Schnelligkeit auszuführen mich bemühte. Auch dies Fehlen von solchen Orientierungspunkten mag ein Grund sein, dass die prozentischen Fehler bei den kleinen Bewegungen sich so sehr von denjenigen der übrigen Reihen unterscheiden.

III. Belastungsvariierung.

Bis jetzt war an dem Faden, der vom Schreibhebel nach aufwärts und alsdann über eine Rolle ging, bei allen Versuchen nur ein Gewicht von 10 g zur Äquilibration angebracht. Nun

¹⁾ a. a. O. pag. 87.

war es interessant zu sehen, welchen Einfluss eine Gewichtsveränderung auf die Ausführung gleichartiger Bewegungen ausübte. Das Gewicht wurde jeweils an dem oben beschriebenen Faden angehängt und musste durch Beugung des Fingers gehoben werden. Ich fertigte also wieder Serien, bestehend aus 5 Reihen, und verwendete als Belastung in Reihe 1 und 5 zehn Gramm, in der 2. und 4. Reihe 50 gr. und in der 3. Reihe 150 gr., wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

	Mittl. Excurs.	Mittl. Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
No. 1. Belastung 10 gr.	24,8	1,5	6,1
„ 2. „ 50 „	24,1	1,4	5,7
„ 3. „ 150 „	31,0	1,5	4,8
„ 4. „ 50 „	23,4	1,4	5,9
„ 5. „ 10 „	27,8	1,8	6,5

Da sich in dieser wie auch in den anderen, hier nicht weiter verwerteten Serien sowohl der mittlere als auch der prozentische Fehler bei den verschiedenen Belastungen ziemlich gleich blieb, so vermehrte ich die Belastungsdifferenz dadurch, dass ich statt 150 gr. 200 gr. gebrauchte. Dabei wurden Reihe 1 und 5 bei einer Belastung von 200 gr. ausgeführt und Reihe 3 bei einer solchen von 10 gr.

	Mittl. Excurs.	Mittl. Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
No. 1. Belastung 200 gr.	22,4	1,7	7,7
„ 2. „ 50 „	24,1	0,8	3,4
„ 3. „ 10 „	19,3	1,2	6,2
„ 4. „ 50 „	25,7	1,5	5,9
„ 5. „ 200 „	24,7	2,4	9,7

Jedoch trotz dieser Gewichtserhöhung blieb das Resultat unverändert, d. h. negativ. Hiernach hat es den Anschein, als hätten verschiedene Belastungen keinen grossen Einfluss auf die Ausführung

gleichartiger Bewegungen. Auch hierin stimmen diese Ergebnisse mit denjenigen von Delabarre¹⁾ überein.

Bewegungen des linken Mittelfingers.

Nach diesen Versuchen machte ich mit dem linken Mittelfinger unter denselben Bedingungen wie rechts freilich nur zwei Serien und zwar die eine, um den prozentischen Fehler mit den ersten Versuchsreihen des rechten Mittelfingers vergleichen zu können. Diese ergab folgende Resultate.

No.	Mittlere Bewegungsgrösse	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	%
1.	33,7 mm	2,6	7,7
2.	34,5 mm	2,2	6,4
3.	25,8 mm	2,9	11,2
4.	31,1 mm	2,1	6,8
5.	38,1 mm	1,6	4,3

Ich fühlte mich zwar besonders am Ende der ersten Einzelbewegungen ziemlich unsicher. Jedoch sind die prozentischen Fehler im Vergleich zu denjenigen, welche die ersten Versuchsreihen des rechten Mittelfingers ergaben, so klein, dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, dass der linke Mittelfinger zugleich mit dem rechten eingeübt wurde. Die gleiche Beobachtung machte A. W. Volkmann²⁾ bei seinen Versuchen über das Erkennen räumlicher Distancen, indem er fand, dass mit der Verfeinerung der Empfindung in den Fingerspitzen der linken Hand, wie sie durch Übung erzielt wurde, gleichzeitig und in gleichem Grade auch in den entsprechenden Fingern der rechten Hand das Tastempfindungsvermögen vermehrt wurde, obschon dieselben dem direkten Einfluss des Tasterzirkels auf die peripheren Nervenenden entzogen waren. Bei der 2. Serie verwendete ich verschiedene Belastungen mit untenstehendem Ergebnisse.

¹⁾ a. a. O. pag. 104.

²⁾ A. W. Volkmann: Über den Einfluss der Übung auf das Erkennen räumlicher Distancen. Berichte über die Verhandlungen d. königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Bd. X. 1858. pag. 66.

		Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	mm	%
No. 1.	Belastung 10 gr.	30,4	2,5	8,3
„ 2.	„ 50 „	33,1	1,7	5,1
„ 3.	„ 200 „	28,4	2,0	7,2
„ 4.	„ 50 „	26,6	2,1	7,8
„ 5.	„ 10 „	31,7	1,8	5,8

Auch diese Tabelle ergibt wie die entsprechenden des rechten Mittelfingers keinen wesentlichen Unterschied des prozentischen Fehlers bei der Veränderung der Belastung.

Rechtes Handgelenk.

Um die Versuche im rechten Handgelenk ausführen zu können, mussten einige Abänderungen in der Anordnung eingeleitet werden. So war es notwendig, eine andere Unterlage für den Arm herzustellen. Dieselbe bestand aus zwei gepolsterten Krücken, auf welche der Arm in horizontaler Richtung aufgelegt wurde. Die Hand war natürlich ohne Stütze. Die Verbindung mit dem Schreibhebel wurde hergestellt durch einen Gummiring, der um die Hand gelegt war und von welchem aus ein Faden nach dem untern Haken des Schreibhebels führte. Der Arm wurde so in die Krücken gelegt, dass der Handteller nach abwärts sah und deshalb die Beugung im Handgelenk ebenfalls nach abwärts vor sich gehen musste. Die Bewegung nahm ihren Anfang ebenfalls von einem oberen Anschlag. Im Laufe der Versuche erwies sich das Verhältnis der Schreibhebelarme als ungünstig für die grossen Bewegungen, wie sie im Handgelenk vor sich gehen. Ich entfernte deshalb den Haken, in welchen der Faden des um die Hand gelegten Gummiringes eingehängt wurde, mehr von der Bewegungsaxe des Schreibhebels und bewirkte dadurch, dass die Bewegungen in verkleinertem Masstabe aufgezeichnet wurden. Das Verhältnis des Schreibhebelarmes zum Zughebelarm war gleich 13,0 : 17,0.

Wie bei dem Fingergelenk, so wurden auch beim Handgelenk die Versuche begonnen mit möglichst gleichen langsamen Be-

wegungen. Die Belastung betrug 20 gr. zur Äquilibration. Von den drei in dieser Weise erhaltenen Serien will ich nur folgende hier erwähnen.

No.	Mittlere Bewegungsgrösse	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	%
1	29,7 mm	1,6	5,5
2	29,5 „	1,7	5,9
3	28,5 „	1,8	6,5
4	41,8 „	2,1	5,1
5	33,8 „	1,6	4,7

Diese Reihen zeigen einen bedeutend niedrigeren prozentischen Fehler wie die ersten Reihen des Mittelfingers. Freilich ist beim Vergleiche zu berücksichtigen, dass diese durch langsame, jene aber durch schnellende Bewegungen gewonnen sind. Ich ging nun gleich zur Veränderung der Versuchsbedingungen über.

I. Variation der Bewegungsgrösse.

Bei der Grössenvariation konnte eine etwa eintretende vermehrte Übung das Ergebnis deshalb nicht wesentlich beeinträchtigen, weil dieselbe ja allen Bewegungsgrössen in gleicher Weise zugute kam, der Unterschied also zwischen den prozentischen Fehlern der einzelnen Reihen nicht bedeutend umgestaltet werden konnte. Ich begann wie bei den Fingerbewegungen in der ersten Reihe mit kleinen Bewegungen, vergrösserte sie in den nächstfolgenden zwei Reihen, um sie in den letzten zwei wieder kleiner werden zu lassen. Alsdann liess ich die Bewegungsgrössen auch in umgekehrter Reihenfolge aufeinander folgen. Von den vier so ausgeführten Serien mögen folgende zwei als Belege dienen. Wie bei den Bewegungen am Mittelfinger, so war es auch hier notwendig aus den aufgezeichneten Bewegungsgrössen die Winkelgrössen zu berechnen. Da aber die Bewegungen in verkleinertem Masstabe aufgezeichnet wurden, so mussten dieselben zunächst in solche Grössen umgerechnet werden, wie sie wirklich hätten aufgezeichnet werden sollen. Erst aus den auf

diese Weise gewonnenen Werten konnte ich alsdann in der früher beschriebenen Art die Winkelgrade erhalten. Der Abstand des Handgelenks vom Gummiring resp. vom Ansatzpunkte des Fadens an demselben betrug 90 mm.

Bewegungsgrösse		Mittl. aufgez. Excurs.	Mittl. aufgez. Fehler	Prozent. Fehler nach aufz. Grössen	Mittl. wirkliche Excurs.	Mittl. Excurs. in Winkeln	Prozent. Fehler nach Winkeln
		mm	mm	%	mm		%
No. 1.	Kleine	10,3	1,1	10,7	13,5	8,66 ⁰	10,6
„ 2.	Mittelgrosse	30,5	2,4	7,9	39,9	26,34 ⁰	7,8
„ 3.	Grosse	60,0	2,6	4,3	78,5	60,78 ⁰	7,6
„ 4.	Mittelgrosse	41,2	3,2	7,9	53,9	36,85 ⁰	9,3
„ 5.	Kleine	15,6	1,2	7,8	20,4	13,11 ⁰	7,9
<hr/>							
No. 1.	Grosse	59,3	1,4	2,5	77,5	59,72 ⁰	3,6
„ 2.	Mittelgrosse	34,1	2,5	7,3	44,6	29,32 ⁰	6,7
„ 3.	Kleine	8,6	1,3	15,5	11,2	7,23 ⁰	15,1
„ 4.	Mittelgrosse	32,6	2,1	6,6	42,6	28,08 ⁰	6,1
„ 5.	Grosse	55,1	1,3	2,5	72,1	53,35 ⁰	3,5

Trotz der Umrechnung der mittleren Bewegungsgrössen in Winkelgrade zeigt auch der prozentische Fehler, welcher aus den Winkelgraden gewonnen ist, wie bei den entsprechenden Versuchen am Mittelfinger, einen bedeutenden Unterschied bei den Reihen kleiner und denen grosser Bewegungen. Der prozentische Fehler ist nämlich bei den kleinen Bewegungen bedeutend grösser als bei den grossen.

II. Variation der Belastungen.

Ebenso wie beim Finger wurden hier die Reihen hergestellt. Als Belastungen verwendete ich Gewichte von 20, 100 und 500 g, wobei ich das eine Mal mit dem höchsten, das andere Mal mit dem niedersten Gewicht die Serie begann. Von den vier so erlangten Serien seien folgende zwei hier angefahrt.

(Siehe Tabelle Seite 29.)

No.	Belastungsgrösse	Mittlere Excursionen	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	mm	%
1	20 gr.	32,7	1,4	4,4
2	100 „	38,9	2,1	5,5
3	500 „	37,7	1,9	5,2
4	100 „	43,2	1,8	4,1
5	20 „	41,5	1,9	4,6
1	500 gr.	57,9	1,6	2,8
2	100 „	60,0	1,5	2,5
3	20 „	55,3	2,0	3,6
4	100 „	54,6	1,8	3,4
5	500 „	56,6	2,2	4,0

Auch diese Tabellen weisen keine bedeutende Veränderungen des prozentischen Fehlers bei den verschiedenen Belastungen auf.

Gleichartige Bewegungen bei Sensibilitätsabstumpfung,
ausgeführt mit dem rechten Mittelfinger.

Nachdem ich diese Vorversuche gemacht hatte, glaubte ich sicher annehmen zu dürfen, dass eine etwaige Vermehrung der Übung die Resultate nicht mehr weiter würde beeinträchtigen können. Ich ging also dazu über, die Sensibilität zunächst durch ein kaltes Bad von etwa 7° abzustumpfen. Die richtige Mischung wurde in der Weise hergestellt, dass in einem passenden Blechkasten Wasser und Eis in einer solchen Quantität mit einander vermengt wurden, bis die Temperatur der Mischung auf 7° C. sank. In dem Blechkasten war ein Gestell als Stütze des Armes und der Hand, analog der früher bei den Versuchen des Mittelfingers verwendeten Unterlage. Im Übrigen wurde in der Versuchsanordnung nichts als das Verhältnis der Länge des Schreibhebearmes zum Zughebelarme geändert. Die Länge des ersteren war gleich 12,0, die des letzteren 10,7 cm.

Zur Ausführung der Versuche wurde nun der Unterarm fest auf die Unterlage aufgelegt, sodass er vollständig von dem Wasser

umspült war. In diesem Wasser hielt ich ihn volle fünf Minuten vor Beginn der Bewegungen, sodass die Hautsensibilität ziemlich stark abgestumpft wurde, z. B. fühlte ich das Bestreichen des Unterarmes nicht mehr oder nur schwach. Auch das Gefühl des Anpralls bei der Extension an dem obern Anschlag war sehr un- deutlich. Während der Arm in dieser Kältemischung sich befand, stieg die Temperatur gewöhnlich um $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}^{\circ}$, erreichte aber nie mehr wie 8° C. Zum Vergleiche stellte ich alsdann die gleichen Bewegungen unter den gleichen Bedingungen in warmem Wasser von 29 — 33° C. an. Die erste so ausgeführte Versuchsserie war folgende:

	Mittl. Excurs.	Mittl. Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
No. 1. Abkühlung durch Wasser v. 7° C.	38,6	1,9	4,8
„ 2. Erwärmung „ „ 32° C.	51,9	2,0	3,8
„ 3. Abkühlung „ „ 7° C.	50,9	1,6	3,1
„ 4. Erwärmung „ „ 32° C.	50,9	1,7	3,4
„ 5. Abkühlung „ „ 8° C.	37,4	1,3	3,4

Jedoch möchte ich dieser Serie aus folgenden Gründen keine allzu grosse Bedeutung beimessen. 1) Die Bewegungen der einzelnen Reihen sind zu gross, sodass sie beinahe das Maximum der Bewegungsmöglichkeit erreichen, dass aber dieser Umstand die Brauchbarkeit derselben stark beeinträchtigt, liegt auf der Hand. 2) Die Grösse der Bewegungen ist zu ungleich in den einzelnen Reihen und deshalb zu einem Vergleich ungünstig. Namentlich ist dies der Fall zwischen Reihe (1 und 2) und (4 und 5). 3) Die einzelnen Reihen wurden nicht in gleichen Sitzungen gewonnen, sondern an drei auf einander folgenden Tagen, indem immer nur eine Reihe von Bewegungen in kalter und eine solche in warmer Flüssigkeit in einer Sitzung gemacht wurde. Dadurch wurden aber die äusseren Umstände, unter welchen die Bewegungen ausgeführt wurden, sehr verschiedene und so die Vergleichbarkeit der gewonnenen Reihen bedeutend beeinträchtigt. Hierdurch wurde ich veranlasst, in den nun folgenden Reihen zunächst die Grösse der Bewegungen zu verkleinern und dann mit Rücksicht auf die

unangenehmen Einflüsse, die ein zu häufiger Temperaturwechsel auf den Gesamtorganismus ausüben könnte, nicht mehr fünf, sondern nur noch drei Reihen in einer Serie auf einander folgen zu lassen, die aber in einer Sitzung ausgeführt wurden. Dabei liess ich beim Übergang vom kalten in das warme Wasser immer eine Zeit von 20—30 Minuten verstreichen. In dieser Pause kehrte die Sensibilität jeweils wieder, sodass kein Unterschied mehr in der Berührungsempfindung zwischen dem vorher abgekühlten und dem nicht abgekühlten Unterarm bestand. Eigentümlich war, dass die Steifigkeit, welche in der Kältemischung eintrat, noch bedeutend verstärkt wurde, sobald ich aus dem kalten Wasser in die Luft kam. Dies wird man sich wohl so zu erklären haben, dass an der Luft eine Verdunstung der vermehrten Feuchtigkeit, die auf und in der Haut des Unterarmes vorhanden ist, stattfindet und durch diesen Vorgang dem Arm noch mehr Wärme entzogen wird. Es folgen hier nun sämtliche vier Versuchsserien, die ich auf die oben beschriebene Weise gewann.

	Flüssigkeits- temperatur	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
Serie I.	7° (stieg um 1/2°)	13,5	1,6	11,7
	33°	16,4	1,6	9,9
	7° (stieg um 1°)	14,1	1,6	11,3
Serie II.	7 1/2° (stieg um 1/2°)	16,8	1,4	8,4
	33°	17,3	1,4	7,9
	7° (stieg um 1°)	15,9	1,0	6,2
Serie III.	33°	22,3	1,0	4,5
	7° (stieg um 1°)	17,2	2,5	14,5
	33°	21,9	1,4	6,3
Serie IV.	33°	17,8	1,1	6,4
	7° (stieg um 3/4°)	12,5	0,9	7,0
	34°	18,7	1,3	6,7

Aus obigen Versuchsergebnissen kann man ersehen, 1) dass die mittlere Elongation kleiner ausfiel bei den Bewegungen in dem kalten als bei denen im warmen Wasser, obschon ich beachtete, die Grösse der Bewegungen in beiden Fällen nicht zu verändern; 2) dass der Temperaturwechsel auf die Gleichartigkeit der Bewegungen keinen merklichen Einfluss ausübte. Dem scheint Serie III zu widersprechen. Jedoch erreichte hier der prozentische Fehler der bei Kälteeinwirkung gewonnenen Reihe nur deshalb diese Höhe, weil die Einzelbewegungen derselben kontinuierlich aber gleichmässig kleiner wurden. Sonst zeigt diese Reihe absolut nicht mehr Unregelmässigkeiten wie die übrigen.

Bei den nun folgenden Versuchen verwandte ich zur Abstumpfung der Sensibilität den von Goldscheider gebrauchten und empfohlenen Induktionsstrom. Zu dem Zwecke wurde die eine Elektrode, die aus Messing hergestellt war und das Aussehen eines Manchettenknopfes hatte, in ein Gummiband eingefügt und dasselbe in der Weise um die Hand gelegt, dass die Elektrode auf das Dorsum manus und zwar über den dritten Metacarpalknochen zu stehen kam. Die zweite Elektrode, in gleicher Weise in einem Gummiring befestigt, kam auf den Rücken des Mittelfingers, indem der Ring über die Grundphalange gelegt wurde. Die Haut wurde jeweils unter den Elektroden befeuchtet. Der Strom musste also das zwischen den beiden Elektroden liegende Metacarpo-Phalangealgelenk passieren, in welchem die Bewegungen vor sich gingen.

Die einzelnen Serien umfassen wieder fünf Reihen und zwar Reihe 1, 3 und 5 mit und 2 und 4 ohne Anwendung des Stromes.

Hiernach erschien es, als ob der Induktionsstrom gar keine Einwirkung auf die Genauigkeit der Bewegungen hätte, trotzdem

	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
	mm	mm	%
Mit Induktionsstrom	16,8	1,6	9,6
Ohne „	11,8	1,4	12,1
Mit „	15,0	1,1	7,4
Ohne „	13,6	1,3	9,4
Mit „	19,4	1,9	9,9

die Hautsensibilität ganz erheblich abgestumpft war zwischen den beiden Elektroden. Betrachtet man aber die mittlere Bewegungsgrösse, so findet man, dass sie bei den Reihen mit Strom mehr beträgt als bei denjenigen ohne denselben. Ich verstärkte nun den Strom, wobei sich das Ergebnis wesentlich änderte, wie folgende Tabelle beweist.

		Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	mm	%
Serie III	Mit Strom	15,0	1,4	9,2
	Ohne „	14,0	0,8	6,0
	Mit „	16,8	1,8	10,6
	Ohne „	12,2	1,1	9,1
	Mit „	13,9	1,4	9,7
Serie IV.	Mit Strom	11,2	1,8	16,1
	Ohne „	8,5	0,75	8,8
	Mit „	11,1	1,3	12,9
	Ohne „	9,9	1,0	9,8
	Mit „	12,5	1,3	10,1

Hier zeigten sich die prozentischen Fehler bei den Reihen mit Strom wirklich bedeutend höher als bei den Reihen, bei welchen die Sensibilität normal war. Der Unterschied zwischen den prozentischen Fehlern würde noch ein viel grösserer sein, wenn nicht die mittlere Bewegungsgrösse bei den Reihen mit Strom regelmässig eine grössere gewesen wäre. Dabei war die Hautsensibilität zwischen den Elektroden in den letzten Fällen so sehr abgestumpft, dass ich Berührungen und leichte Nadelstiche überhaupt nicht mehr fühlte.

Ich veränderte nun die Anordnung in der Art, dass ich zu den 2 Elektroden noch eine 3. hinzufügte, die ich um die zweite Phalange des Mittelfingers legte. In den ungeraden Reihen ging alsdann der Strom durch die am Mittelfinger angebrachten Elektroden, in den geraden durch die auf der Hand und auf der 2. Phalange des Mittelfingers sich befindlichen Elektroden. In dem

letzten Falle passierte der Strom also das sich bewegende Metacarpo-Phalangealgelenk.

	Induktionsstrom	Mittlere Excurs.	Mittlerer Fehler	Prozent. Fehler
		mm	mm	%
Serie V	durch den Finger	13,7	0,9	6,8
	„ das Gelenk	16,0	2,0	12,4
	„ den Finger	9,7	1,2	12,8
	„ das Gelenk	13,2	2,3	17,5
	„ den Finger	12,8	1,1	8,8
Serie VI	durch den Finger	15,0	1,5	9,8
	„ das Gelenk	14,0	2,5	17,9
	„ den Finger	8,5	1,0	11,8
	„ das Gelenk	13,1	2,1	16,3
	„ den Finger	11,0	0,8	7,3

Auch hier war die Sensibilität jeweils in gleicher Stärke abgestumpft wie früher. Aus obigen Zahlen ist nun zu erkennen, 1) dass, sobald der Strom durch das Gelenk ging, die mittlere Excursion grösser wurde; 2) dass dazu die Einzelbewegungen viel ungleicher wurden, wie wenn der Strom bloss den Finger passierte.

Nachdem ich beobachtet hatte, dass die mittlere Bewegungsgrösse bei der Sensibilitätsabstumpfung sich in so merkwürdiger Weise veränderte, interessierte es mich, wie sich die Sache bei der Gewichtsvariierung verhielt. Ich sah deshalb die mittleren Elongationen der bei Belastungsvariierung gewonnenen Reihen nochmals nach, sowohl in den betreffenden Serien vom Metacarpo-Phalangealgelenk des Mittelfingers als auch vom Handgelenk. Dabei zeigte sich in 6 von 9 Serien, dass mit der Grösse der Belastung auch die mittlere Elongation der Bewegungen vergrössert worden war. Da aber bei der damaligen Ausführung auf die Grösse der mittleren Elongation weniger geachtet worden war, sondern nur auf die Gleichheit der Bewegungen innerhalb der einzelnen Reihen, so war es notwendig, dies nochmals zu prüfen.

Zu dem Zwecke machte ich mit dem Mittelfinger wie früher 15 Bewegungen bei einer Belastung von 10 gr., liess dann durch einen Gehilfen rasch die Belastung auf 100 gr. erhöhen. Bei dieser Belastung suchte ich nun ebenfalls wieder 15 Bewegungen auszuführen, und trachtete darnach, die vorher gebrauchte Bewegungsgrösse beizubehalten. Alsdann wurde die Belastung wieder auf 10 gr. reduziert und nochmals unter denselben Prinzipien 15 Bewegungen ausgeführt. Die gewonnenen Resultate waren folgende:

Belastung	Mittlere Elongationen				
	mm	mm	mm	mm	mm
10 gr.	25,4	13,3	18,9	25,5	13,6
100 „	29,5	20,2	23,6	27,9	20,1
10 „	28,8	16,9	21,3	27,6	15,6

Wie obige fünf Reihen ergeben, stieg die mittlere Elongation konstant mit der Vermehrung der Belastung. Freilich zeigt sich auch eine solche Vergrösserung der mittleren Elongation beim Vergleich des ersten und dritten Wertes, wo doch die Belastung dieselbe ist. Diese Vergrösserung wird man wohl auf die Ermüdung zurückführen müssen. Unstreitig muss man aber für die bei der Belastungsvermehrung erhaltenen Vergrösserung der Elongation einen andern Grund annehmen. Bei einer Belastungsvermehrung ist es notwendig, dass auch der Bewegungsimpuls vermehrt wird, wenn eine Bewegung wirklich eintreten soll. Nun vermögen wir aber nicht den Impuls gerade um so viel zu verstärken, dass eine ausgeführte Bewegung die gleiche Grösse erreicht, wie eine bei niederer Belastung gemachte Bewegung. Der Impuls wird zu stark, die Bewegung deshalb zu gross.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Massgebend sind für die Gleichartigkeit der Bewegungen:
 - a. Die Gelenksensibilität; denn nur eine Abstumpfung dieser ergab einen grösseren prozentischen Fehler.
 - b. Die Bewegungsgrösse; denn bei den Reihen mit kleinen Bewegungen war der prozentische Fehler erheblich grösser als bei denjenigen mit grossen Bewegungen.

- c. Das Zeitverhältnis; denn die schnellenden Bewegungen wiesen einen grösseren prozentischen Fehler auf, wie die langsamen.
2. Der Einfluss der verschiedenen Variierungen kann aber noch in den konstanten Differenzen hervortreten, die sich bei den unter den verschiedenen Bedingungen gewonnenen Reihen ergeben. Ein nach diesen Rücksichten angestellter Vergleich führte zu folgenden Resultaten:
 - a. Verminderung der Gelenksensibilität macht die Bewegungen grösser. Der Grund wird wohl darin zu suchen sein, dass durch die Abstumpfung der Gelenksensibilität die Orientierung der centralen Apparate über den Bewegungsvorgang eine mangelhafte wurde. Der Impuls wurde somit vermehrt, die Excursion eine grössere.
 - b. Eine Vergrösserung der Bewegungen kann man auch bei der Vermehrung der Belastung konstatieren. Diese Erscheinung ist wohl auf eine Übercompensierung zurückzuführen. Vielleicht könnte man auch an eine Abstumpfung der Gelenksensibilität denken, welche durch den mit der Belastungsvermehrung steigenden Druck hervorgerufen wird.
 - c. Eine Vergrösserung der Bewegungen wird endlich durch Ermüdung verursacht. Auch hiefür wird man wohl eine Überkompensierung verantwortlich machen müssen, da infolge der Muskelermüdung eine Impulsvermehrung eintreten muss, wenn derselbe Effekt, den die Muskelgruppe beim Anfange ihrer Thätigkeit erreichte, beibehalten werden soll.

Hierin stehen meine Versuchsergebnisse in Widerspruch mit denjenigen Delabarre's¹⁾. Jedoch leiden die Versuche Delabarre's an verschiedenen Mängeln, wie er selbst zugesteht. Es wurde nämlich eine Ermüdung durch öfteres Auf- und Abheben eines schweren Gewichtes hervorgebracht und es zeigte sich, dass die Bewegungen alsdann kleiner ausfielen, wie vor dem

¹⁾ a. a. O. pag. 108.

Heben des Gewichtes. Dass aber bei dieser Versuchsausführung verschiedene andere Momente eine Verkleinerung der Bewegungsexcursion verursachen können, ist auf der Hand liegend.

- d. Abkühlung bedingt eine Verkleinerung der Bewegungsexcursionen. Dies wird man sich durch die Verlangsamung des Bewegungsvorganges, wie sie durch die Kälteeinwirkung verursacht wird, erklären müssen.

III.

Über die Ataxie.

Nachdem ich obige Resultate, wie sie der normale Bewegungsvorgang ergab, kennen gelernt hatte, so war es von hohem Interesse zu untersuchen, in wie weit sich dieselben auf pathologische Bewegungsvorgänge, insbesondere auf die Lehre von der Ataxie übertragen lassen.

Unter Ataxie versteht man diejenige Bewegungsstörung, welche auf einer mangelhaften Coordination der zur Ausführung einer Bewegung notwendigen Muskeln beruht. Dabei aber kann die Funktion und Kraft eines einzelnen Muskels völlig intakt sein.

Bei weitem am häufigsten beobachtet man diese Störungen an den unteren Extremitäten, indem das Bein beim Gehen nach vorn geschleudert wird, um alsdann stampfend zuerst mit der Hacke auf den Boden aufgesetzt zu werden. Diese ataktische Gangart bezeichnet man auch als Hahnentritt. In anderen Fällen tritt mehr das Breitspurige und Schwankende des Ganges in den Vordergrund, ähnlich wie es die Trunkenen darbieten. Leichtere Grade von Ataxie offenbaren sich erst, wenn man die Patienten etwas ungewohntere Bewegungen, z. B. das Beschreiben eines Kreises mit der Fussspitze ausführen lässt. Dabei fahren sie von Zeit zu Zeit über das gewollte Ziel hinaus. Sehr schwer wird den Ataktischen das Stehen bei geschlossenen Augen und mit geschlossenen Fersen. (Rombergsches Symptom.) Sie geraten in immer stärkeres Schwanken und stürzen zuletzt zu Boden. An den oberen Extremitäten zeigt sich die Ataxie in einer Ungeschicklichkeit bei der Ausführung feinerer Bewegungen, beim Greifen

nach Gegenständen. An den Sprachwerkzeugen führt die Koordinationsstörung zu dem als ataktische Aphasie bezeichneten Zustande, wobei andere als die gewollten Laute hervorgebracht werden. An den Augen sieht man in seltenen Fällen eine besondere Form des Nystagmus (Friedrich), welche sich in transversalen, zuckenden Bewegungen der Bulbi äussert, besonders beim Fixieren eines seitlichen Gegenstandes.

Je nach der Lokalisation der bei Ataxie gefundenen Erkrankungsherde muss man vier Arten unterscheiden, nämlich: Rinden-, cerebellare-, bulbäre und spinale Ataxie.

Die Rindenataxie wurde zunächst experimentell hervorgebracht an Tieren von Fritsch und Hitzig, Nothnagel, Schiff etc. Aber auch klinische Beobachtungen über diese Form liegen vor, wenn auch nur wenige an der Zahl, so z. B. haben Kahler und Pick¹⁾ durch Sektion den Nachweis gebracht, dass die Läsion des Rindengebietes beim Menschen Ataxie erzeugt. Die cerebellare Ataxie wird schon viel häufiger beobachtet. Sie zeichnet sich besonders dadurch aus, dass der Gang demjenigen eines Trunkenen äusserst ähnlich sieht. Die Kranken haben in der Regel eine Neigung, nach der einen Seite hin zu fallen. Daneben bestehen noch Schwindelerscheinungen und Erbrechen. Duchenne²⁾ war der erste, welcher obige für die Differentialdiagnose so wichtigen Symptome richtig erkannte. Gewöhnlich findet man in solchen Fällen Tumoren im Kleinhirn, und zwar muss immer der Wurm ergriffen sein (Nothnagel). Die 3. Form, die bulbäre Ataxie, ist zwar schon längere Zeit bekannt, aber erst durch die Ergebnisse der neuesten Sektionsbefunde wurde es möglich, die Abschnitte festzustellen, deren Erkrankung Ataxie hervorbringt. Vor allem sind es die Schleife und die *Formatio reticularis* der Medulla, während die Fortsetzung der Pyramidenbahnen damit nichts zu thun hat (Kahler und Pick). Am genauesten bekannt und auch weitaus die häufigste Form ist die spinale Ataxie. Man findet sie besonders im Gefolge der *Tabes dorsalis*, dann aber auch im Verlaufe anderer

¹⁾ Beiträge zur Pathologie und pathol. Anatomie des centralen Nervensystems 1879 pag. 50 und 168.

²⁾ Physiologie der Bewegungen. Übers. von C. Wernicke, Berlin 1885, pag. 622.

Rückenmarkserkrankungen, wie der multiplen Sclerose, bei Rückenmarkstumoren, transversaler Myelitis. Ferner hat man sie beobachtet im Gefolge des Ergotismus und beruht hier nach den Untersuchungen von Siemens¹⁾ und Tuczak²⁾ auf einer durch die Intoxication hervorgerufenen Hinterstrangaffektion. Endlich rechnet man hierher die Ataxie, welche zuweilen im Anschluss an Infektionskrankheiten auftritt, obschon ihre anatomische Lokalisation durch Sektionsbefunde noch nicht nachgewiesen ist. Man hat sie auftreten sehen im Gefolge von Diphtherie, Typhus, Dysenterie, Pocken, Masern, Scharlach, Erysipel, Pneumonie und Intermittens [Leubartz³⁾]. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um eine fleckweise Myelitis, welche in den coordinatorischen Centren und Bahnen lokalisiert ist.

In der folgenden Betrachtung soll nun ausschliesslich die bei weitem häufigste Form von Ataxie, nämlich diejenige, welche im Verlaufe der Tabes dorsalis auftritt, berücksichtigt werden. Es fragt sich nun, welche pathologischen Veränderungen findet man bei Tabes und in wie weit sind dieselben für die Ataxie verantwortlich zu machen?

Die Sektion der an Tabes erkrankten Individuen ergibt zunächst regelmässig eine Sclerose der Hinterstränge, welche verschieden grosse Bezirke einnehmen kann, aber stets im Lendenmark ihre grösste Ausdehnung besitzt. Daneben sind gewöhnlich noch die Hinterhörner und hinteren Nervenwurzeln mehr oder weniger affiziert; ferner greift die Degeneration öfters auch auf die Seitenstränge über. Endlich findet man bei fortgeschrittener Tabes immer auch Veränderungen in den peripheren Nervenstämmen (Déjerine, Oppenheim, Siemerling etc.).

Die Degeneration beginnt gewöhnlich im unteren Teil des Lendenmarkes und steigt von hier aus in die Höhe. Nach Charcot⁴⁾ und Pierret⁵⁾ beobachtet man die ersten Anfänge der Sklerose

¹⁾ Archiv für Psychiatrie Bd. XII.

²⁾ idem Bd. XIII.

³⁾ Berliner klin. Wochenschrift 1883, No. 21 und 22.

⁴⁾ J. M. Charcot: Klinische Vorträge über die Krankheiten des Nervensystems. Übersetzt von Dr. B. Fetzner, Stuttgart 1878, II. Abteil., pag. 16.

⁵⁾ Pierret: Notes sur la sclérose des cordons postérieurs dans l'ataxie progressive. Archives de physiologie 1872 pag. 364—379.

im Rückenmark bei Tabes dorsalis stets in den sog. bandelettes externes d. s. die Grundbündel der Hinterstränge (Flechsig). Auf Querschnitten des Rückenmarks stellen sie sich als graue Züge dar, welche von vorn nach hinten und gleichzeitig etwas von innen nach aussen verlaufen. Diese Faserzüge sind von den Goll'schen Strängen nach innen und von den Hinterhörnern nach aussen durch feine Streifchen getrennt, welche normale Nervenfasern enthalten (Charcot). Ähnliches ergaben die Untersuchungen Strümpells.¹⁾ Auch er fand als erste Erkrankungsherde zwei symmetrisch in den seitlichen Teilen der Hinterstränge gelegene graue Streifchen. Daneben sah er noch ein feines radiäres Streifchen jederseits neben der hinteren Fissur. Da im Rückenmark die ersten anatomischen Veränderungen stets in der dem hinteren Horn der Einstrahlung der hinteren Wurzeln zunächst gelegenen Region gefunden werden, so möchte Leyden deshalb mehr zu der Annahme neigen, dass die primäre Erkrankung noch weiter peripher und zwar in den hinteren Wurzeln zu suchen sei.

Was nun die Frage betrifft, welche Region es sei im Rückenmark, deren Erkrankung Ataxie hervorruft, so ist dieselbe schon vielfach diskutiert, aber noch niemals befriedigend beantwortet worden. Die ersten Autoren, welche hierauf näher eingingen, waren ebenfalls wieder Charcot und Pierret. Charcot²⁾ glaubt, dass die äusseren Faserzüge für das Auftreten der Ataxie zu beschuldigen sind. Er spricht sich hierüber, wie folgt, aus: »Die sclerotischen hinteren äusseren Faserzüge, welche sehr schmal und zart bleiben, so lange sich die Symptomatologie auf das Bestehen blitzähnlicher Schmerzen beschränkt, werden plötzlich nach innen und aussen sehr breit, sobald die motorische Incoordination hinzutritt. Was die so gewöhnliche Ausbreitung der Sclerose von den hinteren Seitenbündeln auf die medianen Faserbündel betrifft, so habe ich bisher nicht gefunden, dass sich dadurch das gewöhnliche Krankheitsbild in irgend einer Weise erweiterte.« Eine ähnliche

¹⁾ Strümpell: Die pathologische Anatomie der Tabes dorsualis. Archiv für Psychiatrie Bd. XII, pag. 723.

²⁾ Charcot: Krankheiten des Nervensystems. Übers. von Dr. B. Fetzner, Stuttgart 1878, II. Abt. 1. Tl. pag 17 und 18.

Anschauung hat auch Immermann.¹⁾ Er sagt: »Die Ataxie beruht auf einer Erkrankung der Keilstränge, Sensibilitätsstörungen auf einer Degeneration der angrenzenden hinteren Wurzeln und der grauen Substanz der Hinterhörner.« Erb²⁾ hingegen möchte eher zu der Annahme hinneigen, dass das Auftreten der Ataxie geknüpft sei an die Erkrankung derjenigen Teile der Pyramidenseitenstrangbahnen, welche den Hinterhörnern zunächst liegen. Auf diese Anschauung kam er besonders mit Rücksicht auf den von Späth und Schüppel berichteten Fall, welcher bei den Erörterungen über die Theorien der Ataxie eine grosse Bedeutung erlangt hat.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, welche physiologische Rückenmarksfunktion ausfallen muss, damit Ataxie auftritt. Auch diese Frage, obschon sie bereits eine vielseitige Bearbeitung gefunden hat, ist keineswegs als gelöst zu betrachten. Im allgemeinen lassen sich die hierüber ausgesprochenen Ansichten in drei Gruppen teilen. Die älteste Theorie der Ataxie und auch diejenige, welche heute noch am meisten für sich hat, stammt von Leyden³⁾ (1863). Er beschuldigt für das Auftreten der Ataxie den Ausfall der Sensibilität und drückt sich hierüber wie folgt aus: »Für die normale Coordination der Bewegungen ist die normale Sensibilität notwendig und aus einem mehr oder minder beträchtlichen Ausfall der Sensibilität ist die Störung der Coordination, die Ataxie, zu erklären.« Zwar hatten schon vor ihm französische Autoren wie Longet und Claude Bernard die Bedeutung der Sensibilität für die Bewegungskoordination hervorgehoben. Er war aber der erste, der diese Thatsache für die Theorie der Ataxie benützte. Nur als eine Modifikation dieser Theorie darf die An-

¹⁾ Immermann: Über die Theorie der *Tabes dorsualis*. Centralblatt der schweizerischen Ärzte. 1881. No. 19.

²⁾ Erb: Krankheiten des Rückenmarks. Ziemssen's Handbuch Band XI. 2. Tl. pag. 609.

³⁾ Leyden: Die graue Degeneration der hinteren Rückenmarksstränge. Berlin 1863.

— Klinik der Rückenmarkskrankheiten. Berlin 1875. II. Band, 2. Abt. pag. 364.

— Über Muskelsinn und Ataxie. Virchows Archiv Bd. XLVII.

— *Tabes dorsalis*. Enlenburgs Real-Encyclopädie.

sicht von Takács¹⁾ angesehen werden. Dieser glaubt, dass das Zustandekommen der Ataxie von der Verlangsamung der sensiblen Leitung abhängt. Letztere aber sei darin begründet, dass nach Degeneration der Hinterstränge vicariirend für dieselben die graue Substanz, welche normal nur die Schmerzempfindung leitet (Schiff), auch die Leitung der Tastempfindung übernimmt. Diese Leitungsverlangsamung ist aber absolut nicht konstant bei Tabes dorsalis zu beobachten, wenn auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dass dieselbe, falls sie vorhanden ist, zum Zustandekommen der Ataxie beizutragen vermag. Eine bedeutende Stütze erhielt in neuester Zeit die Leydensche Theorie durch die eingehenden Untersuchungen Goldscheiders.²⁾ Dieser Forscher beobachtete zunächst bei Bewegungen, die er mit dem Zeigefinger ausführte, dass die einzelnen Exkursionen bei Abstumpfung der Gelenksensibilität grösser wurden, rascher verliefen und etwas Ruckiges, Stossweises an sich trugen. Die so erhaltenen Kurven glichen vollständig denjenigen, welche er bekam, wenn er Patienten mit Ataxie der oberen Extremitäten die entsprechenden Bewegungen ausführen liess. Auch meine Versuche ergaben bei Abstumpfung der Gelenksensibilität eine Vergrösserung der Bewegungsexkursionen. Die Unregelmässigkeiten in den einzelnen Kurven traten bei meinen Untersuchungen deshalb nicht hervor, weil die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel im Vergleich zur Geschwindigkeit der ausgeführten Bewegungen eine viel zu geringe war. Wohl aber lassen sich ähnliche Unregelmässigkeiten bei Betrachtung der Reihen konstatieren. Hierbei sieht man, dass ab und zu eine Bewegung erheblich über das gewöhnliche Ziel hinausgeschossen, eine andere von demselben zurückgeblieben ist. Kurz aus den Reihen lässt sich das Unsichere, Ruckige und Stossweise erkennen.

Bald wurden freilich gegen diese sensorische Theorie mancherlei Bedenken geäussert. Besonders war es Cyon,³⁾ der sie in der heftigsten Weise angriff. Namentlich wurde gegen sie ange-

¹⁾ Takács, Eine neue Theorie der Ataxie locomotrix. *Centrallbl. für die med. Wissenschaft.* 1878, No. 50 und *Archiv für Psychiatrie* IX, pag. 663.

²⁾ Goldscheider, *Zeitschrift für klinische Medizin* 1889, Bd. 15. Über den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie.

³⁾ Cyon, Über Tabes dorsalis. 1864.

führt, dass sehr häufig die Intensität der Sensibilitätsstörung in einem bedeutenden Missverhältnis stände zu der Intensität der Ataxie. Ja es wurden sogar Fälle berichtet, wo trotz vollständig normaler Sensibilität sehr starke Ataxie vorhanden gewesen sein sollte [Friedreich¹⁾ und Rüttimeyer²⁾] und auf der anderen Seite Fälle, bei denen trotz vollständigen Verlustes der Sensibilität keine Spur von Ataxie konstatiert wurde. Besondere Berühmtheit in dieser Hinsicht erlangte der von Späth³⁾ und Schüppel⁴⁾ beschriebene Fall, und es dürfte deshalb am Platze sein, hier die wichtigsten Punkte aus der Krankengeschichte und dem Sektionsbefunde desselben anzuführen.

Remigius Leins, im Jahre 1862 42 Jahre alt, hat seit 20 Jahren schon Anästhesie der Hände und Arme, die sich rasch zu hohem Grade steigerte; seit 6 Jahren ähnliche Erscheinungen an den unteren Extremitäten.

Status 1862. Vollständige Anästhesie der oberen Extremitäten. An den Fusssohlen ist Tast-, Druck- Schmerzempfindung erloschen, an den Beinen herabgesetzt. Hinstürzen bei geschlossenen Augen. In der Dunkelheit hat der Patient im Bette das Gefühl des Schwebens in der Luft, da auch der Rumpf anästhetisch ist.

Status 1864. Druckempfindlichkeit und Kraftsinn der oberen Extremitäten ist erloschen; Gefühl für Stellung und für passive Bewegungen der oberen Extremitäten fehlt. Dabei sind die Bewegungen vollständig zweckmässig und kräftig. Auch in den unteren Extremitäten besteht Hautanästhesie und völliger Verlust des Gefühls für passive Bewegungen und die Lage der Glieder. Trotzdem kann Patient ohne Stütze ziemlich rasch, sicher und weit gehen. Wird er aufgefordert, seinen Fuss mit geschlossenen Augen bis zu einer bestimmten Höhe zu erheben, so gelingt es ihm, mit einer vollständig zweckmässigen, ruhigen Bewegung das Ziel zu erreichen.

¹⁾ Virchows Archiv Bd. LXVIII pag. 145. 1876.

²⁾ Virchows Archiv Bd. XCI.

³⁾ Späth: Beiträge zur Lehre von der Tabes dorsualis. Tübingen 1864.

⁴⁾ Schüppel: Über einen Fall von allgemeiner Anästhesie. Archiv der Heilkunde 1874. XV, pag. 44.

III Status 1872 ergab ziemlich dasselbe. Patient kann noch gehen, aber schwerfällig, doch nicht ataktisch.

Sektion vom Jahre 1873. Höhlenbildung vom 1. Halsnerven bis zum 1. Lendennerven in der ganzen Längenausdehnung des Rückenmarks. Hinterstränge vollständig zerstört im unteren Teil des Cervikalmarks. Im Dorsalmark geringe Atrophie und Bindegewebsvermehrung, im Lumbalteil normal. Seitenstränge in derselben Längsausdehnung in der Nähe der Hinterhörner sklerosiert. Graue Substanz ist von der Höhlenbildung zumeist betroffen. Graue Kommissur und Hinterhörner im Cervikal- und Dorsalmark fast völlig zerstört; Vorderhörner fast überall erhalten. Vordere Wurzeln normal; hintere Wurzeln des 3.—8. Cervikalnerven vollständig, von da bis zum Ende des Dorsalmarkes mehr oder weniger atrophisch.

Diese Thatsachen veranlassten Cyon zur Aufstellung einer II., der sogenannten reflektorischen Theorie. Er äussert sich dahin, dass bei spinalen Leiden die Ataxie durch eine Störung der Reflexthätigkeit entstehe, weil unter normalen Verhältnissen die Coordination auf reflektorischem Wege innerhalb des Rückenmarks in der grauen Substanz zustande komme. Hiernach würde also die Ataxie auf einer Erkrankung der Schaltstücke beruhen, welche die einzelnen Centren im Rückenmark verbinden. Diese Anschauung, welche auch von Jaccoud, Topinard, Benedikt u. A. vertreten wird, erscheint aber deshalb wenig wahrscheinlich, weil, wie vorn (pag. 5 und 6) angeführt wurde, das Rückenmark höchstens die Centren der Coordination von ganz einfachen Bewegungen enthält, aber niemals diejenigen der komplizierteren Vorgänge, z. B. für die Erhaltung des Gleichgewichts, für das Stehen und Gehen. Weiter ist auch die Läsion der grauen Substanz ein inkonstanter Befund.

Aus diesen Gründen fand auch die reflektorische Theorie keineswegs allseitige Anerkennung und deshalb stellte Friedreich und nach ihm Erb eine III., die sogenannte motorische Theorie auf. Sie nehmen im Rückenmark besondere, centrifugal leitende Coordinationsfasern an und machen für das Auftreten der Ataxie eine Erkrankung derselben verantwortlich. Freilich sieht sich

Erb,¹⁾ besonders mit Rücksicht auf den Späth-Schüppel'schen Fall in einiger Verlegenheit, wegen der Lokalisation dieses Fasersystems im Rückenmark. Er neigt zu der Ansicht hin, dass dasselbe in den direkten Kleinhirnseitenstrangbahnen (Flechsig) zu suchen sein möge. Die Richtigkeit dieser Lokalisation muss aber deshalb stark in Frage gezogen werden, weil die Erkrankung der Kleinhirnseitenstrangbahnen bei Ataxie absolut nicht konstant gefunden wird. Aus diesem Grunde verlegen die anderen Anhänger dieser Theorie dies Fasersystem mit Charcot in die *bandelettes ext.* Doch auch gegen die motorische Theorie wurden bald ganz gewichtige Bedenken geäußert.

Zunächst erscheint es sehr gezwungen, bloss einer Theorie zuliebe ein centrifugal leitendes Fasersystem in die Hinterstränge zu verlegen, während bisher alle physiologischen Thatsachen dafür gesprochen haben, dass in denselben einzig und allein centripetal leitende Fasern verlaufen. Dann aber spricht direkt gegen eine solche Annahme die aufsteigende Degeneration der Hinterstränge. Weiter ist nicht recht einzusehen, warum zwei motorische Fasersysteme bestehen sollen, da ja weitaus die meisten ausgeführten Bewegungen Coordinationsbewegungen sind.

Es bleibt nun noch übrig, die Vorwürfe, welche gegen die sensorische Theorie vorgebracht wurden, einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Was nun zunächst den Vorwurf betrifft, dass man häufig trotz hochgradiger Ataxie keine Spur von Sensibilitätsstörungen konstatieren könne, so handelt es sich hierbei immer um hereditäre Ataxie. Es liegt aber auf der Hand, dass man in allen diesen Fällen eine angeborene Disposition zur Erkrankung annehmen muss, so dass von vorn herein andere Faktoren als Orientierungspunkte benutzt werden wie in der Norm. Ja, man wird wohl vermuten dürfen, dass hier von Anfang an die Sensibilitätsleitung von anderen Bahnen übernommen wird, dass aber diese Bahnen mit den Coordinationscentren nicht in Verbindung stehen. Auf diese Weise lässt sich dann sehr wohl erklären, dass trotz normaler Sensibilität Ataxie vorhanden sein kann. Endlich ist in Berücksichtigung zu ziehen, dass unsere Untersuchungsmetho-

¹⁾ v. Ziemssens Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie Band XI, 2. Hälfte pag. 107 und 579.

den bei der Sensibilitätsprüfung viel zu grob sind, als dass wir im Stande wären, damit die feinen Sensibilitätsanomalien, wie sie wahrscheinlich zum Zustandekommen der Ataxie genügen, direkt nachzuweisen.

Der wichtigste Einwand gegen die sensorische Theorie bildet immer der von Späth und Schüppel beobachtete Fall. Wie wir jedoch gesehen haben, bietet dieser Fall auch für die motorische Theorie sehr grosse Schwierigkeiten. Dann ist der pathologisch-anatomische Befund so verschieden von demjenigen, welchen man gewöhnlich bei Tabes findet, dass der Fall schon deshalb bedeutend verliert als Einwurf gegen diese Theorie. Dass aber bei demselben mit der Coordination doch nicht alles so in Ordnung gewesen sein muss, beweist schon das Hinstürzen beim Schliessen der Augen. Endlich darf nicht vergessen werden, worauf auch Späth aufmerksam machte, dass es sich hier um einen abgelaufenen Prozess handelte, der sich nicht mehr weiter entwickelte.

Der dritte Einwurf endlich, das häufig bestehende Missverhältnis zwischen der Intensität der Sensibilitätsstörung und derjenigen der Ataxie wird von vielen Autoren direkt bestritten. So behauptet Leyden, dass sich in allen von ihm beobachteten Fällen die Sensibilitätsstörung annähernd proportional verhalten habe zum Grade der Ataxie.

Welche Theorie über das Zustandekommen der Ataxie nun der Wirklichkeit entsprechen mag, soviel steht fest, dass die sensorische einen grossen Teil der Erscheinungen am Leichtesten und Ungezwungensten erklärt. Ja diese Theorie gewinnt dadurch noch bedeutend, dass gewisse Symptome, z. B. die Vermehrung der Erscheinungen im Dunkeln oder bei geschlossenen Augen sich überhaupt auf keine andere Weise als durch die Bedeutung der Sensibilität für die Coordination deuten lassen.

Zum Schlusse erfülle ich die sehr angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. JOHANNES von KRIES für die Anregung zu diesem Thema, für die freundlichen Ratschläge bei der Anstellung der Versuche, sowie für die gütige Durchsicht der Arbeit auch an dieser Stelle meinen ehrerbietigsten Dank geziemend auszusprechen.



13880



22030