

II.

Der faradische Leitungswiderstand des menschlichen Körpers.

Aus der medicinischen Poliklinik zu Leipzig.

Von

Dr. med. F. Windscheid,

Privatdocent und Assistent an der neurologischen Abtheilung der medic. Poliklinik.

(Mit 18 Abbildungen.)

Während über den galvanischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers aus den letzten Jahren eine recht ansehnliche Litteratur vorliegt, und die Methoden zur Bestimmung desselben vielfach modificirt und ausgebildet wurden, sind Untersuchungen über den faradischen Leitungswiderstand bisher nur sehr wenige gemacht worden, und diese wenigen ergeben ein recht unzureichendes Resultat. Insbesondere fehlt es für den faradischen Widerstand noch fast vollkommen an Angaben über die Grösse desselben in absoluten Zahlen, in Ohms, während für den galvanischen Widerstand derartige Maassbestimmungen in ausreichender Menge vorhanden sind.

Diese bisherige, etwas stiefmütterliche Behandlung des faradischen Widerstands erklärt sich wohl vor allen Dingen aus der Schwierigkeit, eine geeignete Methode zur Bestimmung desselben zu finden. In dieser Hinsicht musste es als ein bedeutender Fortschritt begrüsst werden, als Kohlrausch ¹⁾ seine schöne Methode zur Bestimmung des faradischen Widerstands in Elektrolyten mittelst des Telephons als Indicator mittheilte. Indessen stiess die Anwendung dieser Methode auf den menschlichen Körper auf grosse Schwierigkeiten, welche namentlich darin bestanden, dass es nicht gelingen wollte, den Ton im Telephon zum Verschwinden zu bringen, resp. ein gut abgestuftes Minimum zu erzielen. Von fehlgeschlagenen Versuchen

1) Wiedem. Annal. Bd. II. S. 653; Bd. XXVI. S. 168. Die Methode wurde modificirt von Ostwald, Zeitschr. f. physik. Chemie. Bd. II. S. 561.

dieser Art berichten Stintzing und Gräber¹⁾, Gärtner²⁾, Silva und Pescarolo.³⁾ Wie die Zahlen von Kundt und Kohlrausch⁴⁾ gewonnen worden sind, ist mir nicht bekannt.

Um das Telephon wegen der oben genannten Schwierigkeiten zu umgehen, haben Stintzing und Gräber⁵⁾ ferner Gärtner⁶⁾ und Mann⁷⁾ versucht, auf andere Weise den faradischen Widerstand zu bestimmen.

Die Untersuchungen von Stintzing und Gräber beziehen sich nur auf die Frage, ob der faradische Strom den Widerstand des Körpers herabsetzen könne, ohne dass die Autoren absolute Zahlen für den Widerstand angeben. Ausserdem versuchten sie die Messungen des faradischen Widerstands mittelst des galvanischen Stromes auszuführen, was sicher keine einwandsfreie Methode ist.

Gärtner ging von der Thatsache aus, dass, wenn der menschliche Körper in den Kreis der mit einem Galvanometer verbundenen secundären Spirale eingeschaltet wird, der Oeffnungsschlag einem kleineren Widerstande begegnet, als der Schliessungsschlag. Er bestimmte dann durch Substitution von Rheostatwiderständen den Widerstand des menschlichen Körpers. Die so gefundenen Zahlen schwanken zwischen 4400 und 29000 Ohms.

Die von Gärtner gefundenen Werthe sind aber nur der Ausdruck des Widerstandes, welchen einzelne Oeffnungs-, bzw. Schliessungsschläge im Körper finden, wenn der Hammer des Apparates niedergeschraubt ist, ein Verfahren, welches nicht den Verhältnissen entspricht, mit welchen wir es bei dem gewöhnlichen Gebrauch des Schlittens zu thun haben. Ob darauf die grosse Differenz zwischen Gärtner's Widerstandswerthen und den von mir gefundenen Zahlen beruht, will ich dahingestellt sein lassen.

Mann weist nur nach, dass ein Rheostatwiderstand, welcher bei galvanischer Messung den Körperwiderstand ersetzt, also ihm gleich ist, denselben weit übertrifft bei Messung von Wechselströmen. Es fehlen also auch hier positive Zahlenangaben über die Widerstandsgrösse. Ausserdem werden wiederum faradischer und galvanischer Widerstand nicht von einander getrennt.

Eine absolut reine Beurtheilung der Grösse des faradischen Wi-

1) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. XXXIX.

2) Wiener med. Jahrbücher 1888. S. 510.

3) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. XLVII.

4) s. Jolly, Untersuchungen über den elektrischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. Anmerkung auf S. 18. 5) l. c. 6) l. c.

7) Deutsches Archiv f. klin. Medicin. Bd. XLV.

derstands kann meines Erachtens nur erfolgen, wenn die Untersuchung mit dem Inductionsstrom selbst vorgenommen worden ist. Ebenso lässt sich der diagnostische Werth einer faradischen Erregbarkeitsprüfung sicher nur abmessen an der Hand des faradischen Widerstands, nicht aber des galvanischen. Ich halte auch daher die bisher allgemein geübte, von Erb¹⁾ angegebene Methode, nach welcher für die faradische Reizung der Widerstand an den gereizten Punkten galvanisch ausgedrückt wird, für unzureichend. Zur faradischen Erregbarkeit müssen vielmehr ebenso gut die Werthe für den faradischen Widerstand hinzugefügt werden, wie zur galvanischen Prüfung diejenigen für den galvanischen Widerstand, und beide Bestimmungsarten müssen als gleichberechtigt neben einander stehen.

Dass die Messung des faradischen Widerstands nothwendig ist, geht vor allen Dingen daraus hervor, dass derselbe weitaus kleiner ist, als der galvanische. Die Angabe Rieger's²⁾, nach welcher der faradische und galvanische Widerstand „im Wesentlichen“ derselbe ist, kann ich also keinesfalls bestätigen.

Von obigen Gesichtspunkten wurde ich bei meiner Untersuchung geleitet. Ich stellte mir die Aufgabe, absolute, in Ohms ausgedrückte Zahlen auch für den faradischen Widerstand ausfindig zu machen, deren individuelle Differenzen an verschiedenen Menschen und an verschiedenen Körperstellen zu bestimmen und schliesslich auch in pathologischen Zuständen nach Abweichungen von der Norm zu suchen. Um dieses Ziel zu erreichen, galt es zunächst, eine zuverlässige Methode ausfindig zu machen. Ich habe mich daher, Dank der Anregung meines verehrten Chefs, des Herrn Professor Dr. F. A. Hoffmann, wiederum der Telephonmethode zugewandt. Nach vielen Misserfolgen betheiligte sich Herr Prof. Dr. v. Frey an der Arbeit, und ihm vorzugsweise habe ich es zu verdanken, dass meine Untersuchungen nicht ganz resultatlos verlaufen sind.

Wir haben über unsere Methode schon eine kurze Mittheilung erscheinen lassen³⁾, ausserdem hat v. Frey auf dem diesjährigen medicinischen Congress zu Wiesbaden darüber berichtet.⁴⁾ Meine Aufgabe soll daher vor allen Dingen die sein, die klinische Verwendbarkeit der Telephonmethode darzuthun und derselben ein Bürgerrecht in der Elektrodiagnostik zu verschaffen.

Wie schon erwähnt, scheiterten bisher alle Versuche mit dem

1) Elektrotherapie. 2. Aufl. S. 152.

2) Grundriss der medicinischen Elektrizitätslehre. 2. Aufl. S. 25.

3) Neurol. Centralblatt 1891. Nr. 10.

4) Verhandlungen des X. Congresses für innere Medicin 1891. S. 377.

Telephon daran, dass es nicht gelang, den Ton gänzlich zum Schweigen zu bringen, oder wenigstens auf ein brauchbares Minimum zu reduciren. v. Frey und ich (l. c.) haben bereits den Grund hierfür gezeigt.

Das Haupthinderniss ist die Polarisirbarkeit des Körpers, insbesondere der Haut. Kohlrausch hat bei seinen Widerstandsmessungen in Elektrolyten die elektromotorische Kraft der Polarisationsproducte unschädlich gemacht, indem er die eintauchende Elektrode auf 10—15 cm² vergrösserte. Für den Menschen ist eine noch viel grössere Fläche nöthig. Mit einem gewöhnlichen Stöpselrheostaten ist für den menschlichen Körper ein brauchbares Tonminimum nur dann zu erzielen, wenn der ganze Unterarm in Flüssigkeit eingetaucht wird. Hierdurch fällt aber die Möglichkeit fort, den Widerstand mit kleinen Elektroden an verschiedenen Stellen des Körpers, z. B. an den motorischen Punkten, zu bestimmen, was doch gerade in Hinsicht auf die Elektrodiagnostik von der grössten Wichtigkeit erscheint. Es musste daher eine andere Anordnung getroffen werden. Indem ich die verschiedenen von uns in dieser Beziehung gemachten Versuche, deren nähere Mittheilung wir uns noch vorbehalten, hier übergehe, bemerke ich nur, dass wir schliesslich als Vergleichsrheostaten ein halbkreisförmig gebogenes Glasröhrchen benutzten, an dessen Enden dünne Platinstiftchen angeschmolzen waren. Dies Röhrchen kann durch einen in der Mitte angebrachten senkrechten Schenkel mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und als Rheostat durch Variirung der Concentration der Schwefelsäure auf 1000 oder 500 Ohms geeicht werden. Dieser Flüssigkeitsrheostat ist für Inductionsströme von der nöthigen Stärke nicht polarisationsfrei. Er giebt aber dem Körper gegenüber geschaltet ein scharfes Minimum, wenn man darauf achtet, dass zwischen der Grösse der zur Messung benutzten Elektroden und der Grösse des eintauchenden Stückes der Platinstiftchen ein bestimmtes Verhältniss besteht, und zwar kann man, wie v. Frey schon in Wiesbaden hervorgehoben hat, annehmen, dass auf jeden Quadratmillimeter Platinfläche im Rheostaten etwa 10 Qcm. Hautfläche zu rechnen sind.

Praktisch geschieht die Bestimmung der zulässigen Elektrodengrösse in folgender Weise: Wenn man in ein mit den Enden der secundären Spirale verbundenes, mit Zinklösung gefülltes Gefäss die Finger verschieden tief eintaucht und bestimmt, bei welcher Fingerstellung der Ton verschwindet, so gelingt es, sich für jede beliebige Elektrodengrösse einen Rheostaten von der angegebenen Art zu construiren und für jeden Rheostaten die zugehörige Elektrodengrösse zu finden.

Nachdem der Rheostat geaicht ist, wird der senkrechte Schenkel abgebrochen und das Röhrchen zugeschmolzen. Der Vergleichsrheostat ist dann unveränderlich und kann dauernd in die Leitung eingeführt werden. Auf diese Weise lässt sich also ein Verschwinden, resp. ein scharfes Minimum des Tones im Telephon erzielen. Dagegen verbessert die Helmholtz'sche Vorrichtung den Ton nicht, wie Gärtner¹⁾ behauptet. v. Frey und ich konnten uns durch mehrere Versuche hiervon überzeugen. Ebenso gab die Anwendung eines Sinusinductoriums ein negatives Resultat.

Zweitens ist der Neusilberdraht der Wheatstone'schen Brücke nicht zu gebrauchen für die Messung des faradischen Widerstandes im menschlichen Körper, weil sein Widerstand im Verhältniss zum Widerstand des menschlichen Körpers viel zu klein ist, so dass immer nur ein sehr kleiner Theil des Stromes durch die Brücke in das Telephon geht. Wir gebrauchten daher an Stelle des Neusilberdrahts eine in einer Glasplatte ausgeschliffene Rinne von 1 Cm. Querschnitt und 50 Cm. Länge, welche, mit concentrirter Zinklösung gefüllt, einen genügend grossen Widerstand darbot. Derselbe beträgt nach unserer Messung bei ganz gefüllter Rinne mehrere 1000 Ohms. In der Rinne wird ein mit dem Telephon verbundener Zinkstift als Zeiger herumgeführt, dessen Stand an einer am Rande der Platte angebrachten Scala abgelesen werden kann.

Meine Versuchsanordnung bestand nun in Folgendem: Im Nebenzimmer war ein kleines Tascheninductorium aufgestellt, von welchem die Drähte der secundären Spirale in das Beobachtungszimmer geleitet wurden. Die Entfernung der Stromquelle aus dem Beobachtungszimmer ist unerlässlich, weil das Geräusch des Stromunterbrechers die Bestimmung des Tonminimums im Telephon sonst zu sehr beeinträchtigt. Der zur Untersuchung selbst dienende Theil des Apparates besteht aus der Glasplatte mit Zinkrinne, dem Vergleichsrheostaten und den beiden an dem Körper anliegenden Elektroden. Ausserdem benutzte ich noch eine Anordnung, welche es gestattet, die Tonstärke zu variiren. Bei dem gewöhnlichen Schlittenapparat lässt sich dies ja sehr leicht erreichen durch Verschiebung der secundären Spirale. Da aber in dem von mir gebrauchten Tascheninductorium die beiden Spiralen fest über einander stehen, so lässt sich nur eine einzige Tonstärke erzielen. Um aber doch die Möglichkeit zu haben, dieselbe zu variiren, habe ich zwischen beiden Ableitungen zur Zinkrinne einen kleinen Stöpselrheostaten eingefügt,

1) Wiener med. Jahrbücher. 1888. S. 522.

welcher aus 4 auf 1, 2, 3 und 4 Ohms geachten Widerstandsrollen besteht. So gelingt es leicht, durch Einschaltung einer oder mehrerer dieser 4 Rollen den Ton nach Belieben zu verstärken. Für die meisten Fälle habe ich es am bequemsten gefunden, die Widerstandsrolle mit 1 Ohm einzuschalten, und auf diese Weise immer eine brauchbare und gleichmässige Tonstärke erhalten.

Zur Vornahme der Untersuchung wird zunächst die Messrinne mittelst einer Pipette mit der Zinklösung gefüllt, wobei zu beachten ist, dass die Flüssigkeit gleichmässig die Ränder der Rinne benetzt. Ferner ist besonders vor Beginn der Messung grosses Gewicht zu legen auf eine absolute Horizontalstellung der Platte. Bei der geringsten schiefen Stellung derselben wird auf der tiefer stehenden Hälfte natürlich mehr Flüssigkeit vorhanden und damit der Widerstand in dieser Hälfte ein geringerer sein, als in der anderen, höher stehenden. Die Prüfung auf Horizontalität der Platte lässt sich nun auf zweierlei Arten vornehmen. Einmal lässt sich auf der Platte dauernd eine Libelle anbringen, und zwar gebrauche ich eine Dosenlibelle, deren Luftblase durch die Stellschraube auf die Marke gebracht wird. Eine zweite absolut untrügliche Methode zur Bestimmung der Horizontalität der Platte ist aber die mittelst des Inductionsstroms selber. Sucht man in der Rinne das Tonminimum, wenn zwei gleiche Metallwiderstände einander gegenüberstehen, so muss, wenn die Platte absolut horizontal steht, der Ton genau in der Mitte der Messrinne, also am Scalentheil 25, verschwinden. Besteht aber nur die geringste Abweichung von der horizontalen Stellung, so wird die Stellung des Zeigers, bei welcher der Ton verschwindet, nach der Seite der grösseren Flüssigkeitsmenge, also der tiefer stehenden Hälfte hin, verschoben, und man kann dann leicht durch die Stellschraube die betreffende Hälfte etwas in die Höhe drehen.

Die absolute Horizontalstellung der Platte ist also Vorbedingung für die Messung; es empfiehlt sich daher, jedesmal vor jedem Versuch die Prüfung auf Horizontalität vorzunehmen, indem man entweder sich von dem Stande der Libelle überzeugt, oder noch besser, indem man elektrisch in der angegebenen Weise nachprüft.

Als Elektroden gebrauchte ich constant für die indifferente ein an der Stirne mittelst eines Gummibandes befestigtes feines Drahtgewebe von 50 Qcm., welches an der Innenseite mit Putzleder überzogen ist. Dieses Drahtgewebe ist sehr zu empfehlen, da es sich ungemein leicht an den betreffenden Körpertheil anschmiegt, und das Putzleder eignet sich sehr gut als Ueberzug, weil es, einmal mit Flüssigkeit durchtränkt, dieselbe ausserordentlich lange behält.

Als differente Elektrode gebrauchte ich immer eine runde Erb'sche Normalelektrode (ca. 10 Qcm.), welche auf der Metallplatte einen Badefilz und auf diesem einen Leinwandüberzug trägt. Die Erb'sche Normalelektrode eignet sich sehr gut, weil man sie fast überall an den motorischen Punkten anbringen und auf diese Weise den Widerstand von kleinen Hautstellen messen kann. Als Durchtränkungsflüssigkeit für beide Elektroden diente eine 1% Zinksulfatlösung.

Ich möchte gleich hier bemerken, dass auf die Reinhaltung der Elektroden das grösste Gewicht zu legen ist. Wenn man auch im Allgemeinen für die Dauer der einzelnen Untersuchung annehmen kann, dass die Polarisationsvorgänge in den Elektroden nicht störend auf die Bestimmung einwirken, so ändert sich dies Verhältniss doch, wenn ein- und dieselben Elektroden längere Zeit gebraucht werden. Es tritt dann allmählich eine solche Verschlechterung des Tonminimums auf, dass die Bestimmung desselben unmöglich wird. Diese Verschlechterung lässt sich aber sofort beseitigen durch neue Elektroden. Für die indifferente Elektrode habe ich daher mehrere Drahtnetze in Reserve vorrätig, für die differente genügt es, wenn man die nicht mehr blanke Metallfläche mit Schmirgelpapier wieder reinigt und Badefilz sowie Leinwandüberzug erneuert.

Nachdem nun der Apparat in der eben angegebenen Weise zu- rechtgemacht und auf Horizontalität geprüft ist, wird die indifferente Elektrode an die Stirne applicirt und die differente auf den zu untersuchenden Körpertheil aufgesetzt. Durch Drehung des Zinkstabes wird man sehr leicht die Stellung desselben herausfinden, bei welcher der Ton verschwindet, resp. ein scharfes Minimum vorhanden ist, und die dem Zeiger entsprechende Scalenzahl wird abgelesen. Es ergibt sich dann aus der bekannten Proportion die Widerstandszahl. Natürlich ist die Zeigerstellung eine verschiedene, je nachdem der Rheostat rechts oder links von dem zu untersuchenden Objecte eingeschaltet wird. Ich habe mir unter Voraussetzung eines Vergleichsrheostaten von 1000 Ohms der Bequemlichkeit halber die Widerstandswerthe für jeden Millimeter von 350—140 Mm. (höhere und niedrigere Werthe kommen nur selten in Betracht) logarithmisch ausgerechnet und auf einer Tabelle zusammengestellt, so dass für jeden Millimeter leicht die betreffende Widerstandszahl abgelesen werden kann.

Ich komme nun zu der wichtigen Frage, in wie weit man von einem Verschwinden des Tones im Telephon, oder von einem scharfen Minimum reden kann. Ob der Ton gänzlich verschwindet, oder nur

in ein tiefes Thal herabsteigt, um sich dann gleich darauf wieder zu erheben, ist verschieden an verschiedenen Körperstellen und wahrscheinlich abhängig von der Beschaffenheit der Haut. So liess sich z. B. an der Hohlhand niemals ein totales Verschwinden des Tones erzielen, während dies an dem unteren Ende des Unterarms, auf der Beugeseite, fast ausnahmslos der Fall war. Zu bemerken ist aber hierbei, dass auch in den Fällen, wo der Ton nicht total verschwand, das Minimum entweder ganz scharf abzugrenzen war, oder doch wenigstens durch Einstellung zweier Punkte von gleicher Tonintensität auf der Scala aus dem arithmetischen Mittel der beiden Zahlen leicht berechnet werden konnte.

Es gelingt also jedesmal, die Widerstandszahl für die betreffende Körperstelle mittelst der Telephonmethode auf rasche und sichere Weise zu bestimmen. Die Hauptvorzüge, welche die Methode besitzt, liegen meines Erachtens einmal in der absoluten Empfindungslosigkeit für den untersuchten Menschen, weil die benutzten Stromstärken die Reizschwelle nicht zu erreichen brauchen. Es ist dies im Hinblick auf die Bereitwilligkeit des Materials ein gewiss nicht zu unterschätzendes Moment. Hierzu kommt noch die Schnelligkeit, mit der die Bestimmungen ausgeführt werden können. Einige Drehungen des Zeigers in der Messrinne genügen, um das Tonminimum zu bestimmen, man bedarf keiner schwierigen Galvanometerablesung, wie bei Bestimmung des galvanischen Widerstandes. Dann aber liegt ein Hauptvorzug der Methode gerade gegenüber der galvanischen Widerstandsmessung darin, dass der Widerstand während der Dauer der Untersuchung fast absolut constant bleibt. Allerdings hat natürlich die mehr oder minder grosse Durchfeuchtung der Haut an der gemessenen Körperstelle einen Einfluss auf den Widerstand, welcher indessen in sehr engen Grenzen bleibt. v. Frey und ich fanden z. B. an der Hohlhand den Widerstand zuerst 860 Ohms, sodann nach längerer Durchfeuchtung 824 Ohms, am Unterarm auf der Streckseite anfänglich 550, später 514 Ohms, also ganz geringe Differenzen, welche den Zahlenunterschieden, die bei längerer Dauer des galvanischen Stromes vorkommen, nicht im Entferntesten an die Seite zu stellen sind. Die mühsame Bestimmung des relativen und constanten Minimums, welches sich, wie Stintzing und Graeber gezeigt haben (l. c.), für den galvanischen Strom nöthig macht, fällt für den faradischen gänzlich fort, und die geringen Schwankungen gleichen sich während der Dauer der Bestimmung vollkommen aus.

Die mit der Telephonmethode für den faradischen Widerstand gewonnenen Zahlen sind — bei gleicher Elektrodengrösse — durch-

weg kleiner als die für den galvanischen Widerstand. Wie schon v. Frey und ich gezeigt haben, liegt dies hauptsächlich daran, dass infolge des raschen Stromwechsels erhebliche Polarisationen vermieden werden, wodurch die Genauigkeit der Messung sich natürlich bedeutend erhöht. Was mit dem Inductionsstrom gemessen wird, ist sicher Körperwiderstand + Hautwiderstand, und es liegt, wie oben schon gezeigt wurde, in der Hand des Untersuchers, durch Vergrößerung der Elektrodenfläche den Hautwiderstand beliebig klein zu machen. Bemerkenswerth erscheint hierbei, dass Jolly (l. c.) nach Abtragung der Epidermis ungefähr dieselben Zahlen für den galvanischen Widerstand erhielt, wie sie für den faradischen Strom mit der Telephonmethode nachgewiesen werden. Selbstredend soll damit nicht behauptet werden, dass die Haut für den faradischen Widerstand überhaupt gleichgültig wäre. Der faradische Widerstand ist vielmehr ebenfalls abhängig von der Dicke und dem Feuchtigkeitsgrade der Haut. Der Unterschied vom galvanischen Widerstand besteht nur darin, dass der Inductionsstrom durch die Haut nicht die Veränderungen erleidet, wie sie für den galvanischen Strom infolge der Polarisation gegeben sind.

Die Messung des faradischen Widerstands mit der eben beschriebenen Methode habe ich zunächst an Gesunden vorgenommen, resp. an solchen Patienten der Poliklinik, bei denen der untersuchte Körpertheil als gesund vorausgesetzt werden durfte. Ich bestimmte zuerst den Widerstand der oberen Extremitäten an folgenden Stellen:

1. Hohlhand,
2. Handrücken,
3. Unterarm am Handgelenk (Beugeseite),
4. Unterarm am Handgelenk (Streckseite),
5. Unterarm nahe der Ellenbeuge (Beugeseite),
6. Unterarm nahe der Ellenbeuge (Streckseite),
7. Ellenbeuge,
8. Mitte biceps,
9. Mitte triceps.

An diesen 9 Stellen wurde also jedesmal die Erb'sche Normal-elektrode aufgesetzt, während die andere Drahtelektrode an der Stirne befestigt war. Alle folgenden Zahlen gelten natürlich nur für diese Elektrodengrösse.

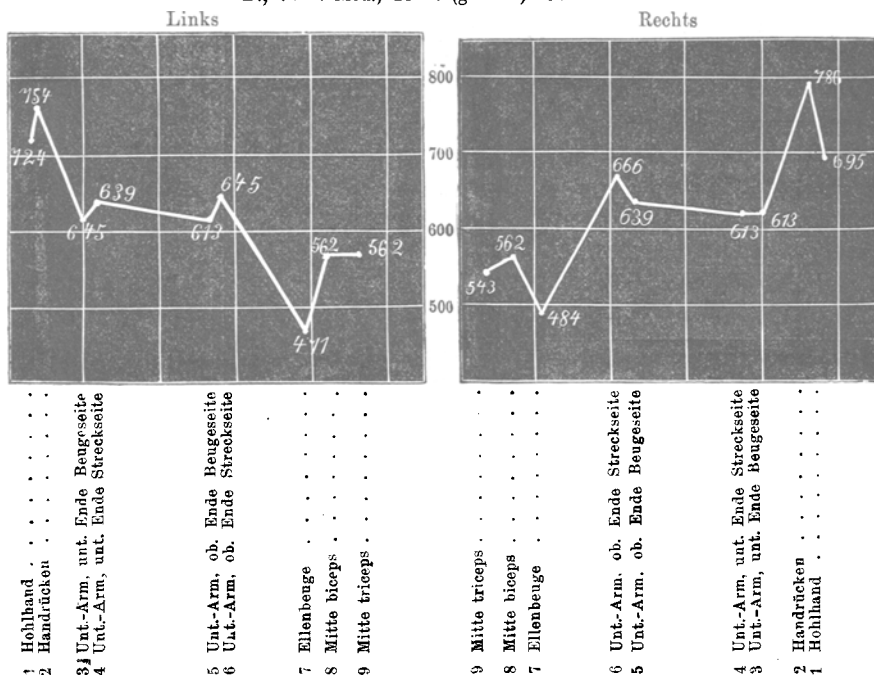
Ich lasse zunächst die Resultate der Widerstandsmessung an den Armen normaler Menschen folgen.

<i>Schuster</i> , 40 J., Diener (gesund)	724 786	852 887	923 961	852 887	786 852	724 786	852 887	923 961
<i>Windsch</i> , 63 J., Lohndiener (Ischias)	852 887	1083 1000	786 852	786 754	724 786	724 724	666 666	852 887
<i>Kirchner</i> , 28 J., Bleivergiftung (Anämie)	887 786	666 655	639 618	695 587	724 724	666 754	562 562	736 678
<i>Körner</i> , 45 J. (Ischias) (sehr gross)	923 852	1381 1273	961 887	1000 1041	818 786	1000 1000	724 754	818 887
<i>Gebhardt</i> , 34 J. (Neur. V, 1)	1083 1128	887 923	923 887	786 786	666 724	724 666	613 562	695 666
<i>Stereken</i> , 35 J., Schriftsetzer (Cephalaea)	818 887	786 724	613 562	587 613	471 492	562 562	427 388	471 492
<i>Lastmann</i> , 23 J., Strickmacher (Neurasthenie)	786 754	1000 923	724 724	887 887	786 852	852 923	724 724	887 923
<i>Walther</i> , 27 J., Landwirth (Lähmung d. r. Oculomot.)	587 613	538 515	471 471	471 449	471 492	562 577	388 388	471 492
<i>B.</i> , 23 J. (Cand. med.) (gesund)	695 724	786 754	613 613	613 639	639 613	666 645	484 471	562 562
<i>Schumann</i> , 40 J., Arbeiter (Tub. pulm. incip. ?)	724 712	736 748	695 701	724 639	603 623	582 629	475 501	543 582
<i>Wernicke</i> , 39 J., Zimmermann (Neuralg. Trigem.)	961 976	623 629	582 562	634 562	666 666	690 695	529 534	582 597
	{r. l.	{r. l.	{r. l.	{r. l.	{r. l.	{r. l.	{r. l.	{r. l.
Hohlhand	{r. l.							
Handrücken	{r. l.							
Unterarm am Handgelenk	{r. l.							
(Beugeseite)	{r. l.							
Unterarm am Handgelenk	{r. l.							
(Streckseite)	{r. l.							
Unterarm an der Ellenbeuge	{r. l.							
(Beugeseite)	{r. l.							
Unterarm an der Ellenbeuge	{r. l.							
(Streckseite)	{r. l.							
Ellenbeuge	{r. l.							
4* Mitte biceps	{r. l.							
Mitte triceps	{r. l.							

Zur besseren Uebersicht habe ich die an dem cand. med. B. gefundenen Zahlen in Curvenform dargestellt, wobei die Abscisse die untersuchten Punkte zeigt, und zwar in ihrer in Centimetern ausgedrückten Entfernung von der Medianlinie auf dem Sternum.

Curve 1.

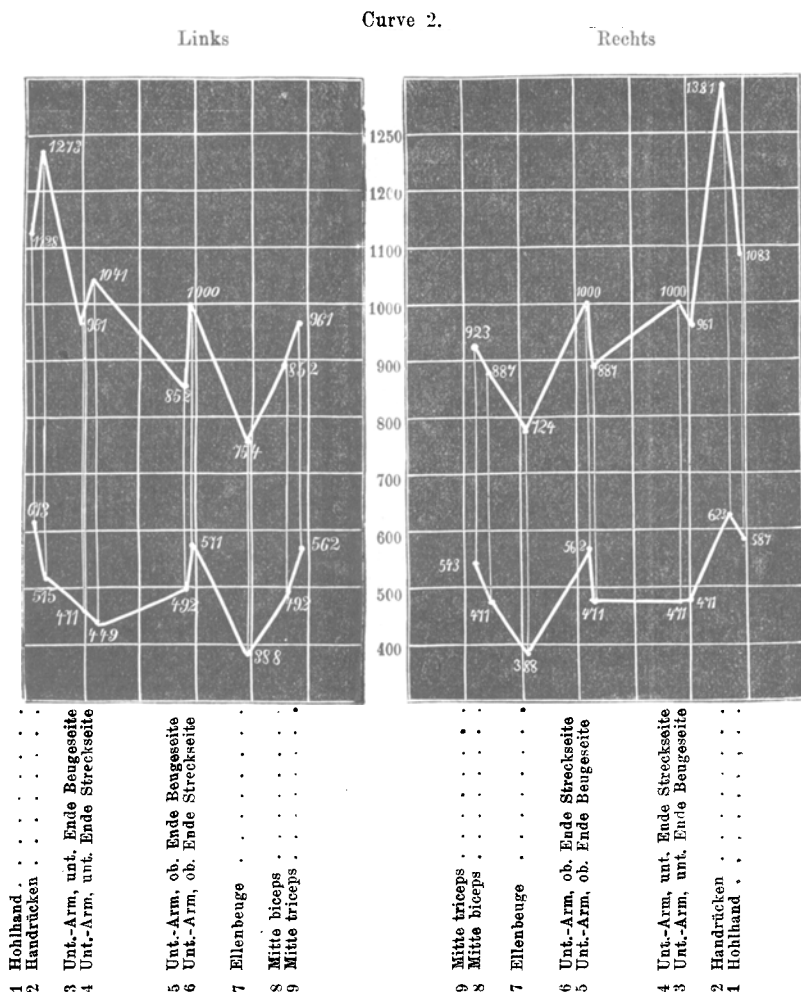
B., cand. med., 23 J. (gesund). Ob. Extr.



Man sieht, die gefundenen Zahlen differiren einigermaassen, und zwar sind Differenzen vorhanden zwischen rechts und links, und Differenzen zwischen den Zahlen an ein- und derselben Stelle für verschiedene Untersuchte. Die Differenzen zwischen den einzelnen Untersuchten stellen sich folgendermaassen: Es schwankt der Widerstand

	L.		R.
für Punkt 1	von 587—1083	von 613—1128	
" "	2 " 623—1381	" 515—1273	
" "	3 " 471—961	" 471—961	
" "	4 " 471—1000	" 449—1041	
" "	5 " 471—887	" 492—852	
" "	6 " 562—1000	" 577—1000	
" "	7 " 388—724	" 388—457	
" "	8 " 471—887	" 492—887	
" "	9 " 543—925	" 562—961	

Um die Differenzen zwischen den einzelnen Punkten für die 11 Untersuchten klarer zu zeigen, habe ich die Grenzwerthe ebenfalls auf eine Curve aufgetragen, an welcher die Abscisse wiederum die 9 Punkte in ihrer Entfernung von der Mittellinie darstellt (s. Curve 2).



Was nun die Topographie der einzelnen Widerstandszahlen anbelangt, so ist zunächst zu bemerken, dass die Hohlhand stets den grössten, oder doch wenigstens den zweitgrössten Widerstand zeigt. Die Resultate von Jolly (l. c.), welcher für den galvanischen Widerstand an der Hohlhand auffallend kleine Zahlen erhielt, kann ich

also für den faradischen Widerstand nicht bestätigen. Die Grösse des Widerstands an der Hohlhand hängt im Allgemeinen von der Dicke der Epidermis ab. Auffallender Weise zeigen 7 Untersuchte an der linken Hohlhand einen höheren Widerstand als an der rechten, obwohl man eigentlich das Umgekehrte erwarten sollte.

Die Differenzen in dem Widerstand des Handrückens für die 11 Untersuchten sind am grössten von allen 9 Punkten, der grösste Unterschied beträgt sowohl links wie rechts 758 Ohms. 6 Untersuchte hatten auf dem Handrücken einen höheren Widerstand als in der Hohlhand, obwohl eine besondere Zartheit der Hohlhand bei keinem vorhanden war. Diese Erhöhung des Widerstandes auf dem Handrücken hängt aber wahrscheinlich damit zusammen, dass die Elektrode daselbst sich nicht so eng an die Haut anschmiegen kann, wie an den anderen Stellen, und auf diese Weise eine Verkleinerung des Elektrodenquerschnittes zu Stande kommt.

Was nun die folgenden 7 Untersuchungspunkte anbelangt, so ergibt sich zunächst eine wichtige Thatsache: der Widerstand ist an der oberen Extremität durchgehends am niedrigsten in der Ellenbeuge. Die Haut scheint hier doch am zartesten, vielleicht auch am feuchtesten zu sein. Dieses constante Vorkommen ist nicht ganz gleichgültig für die Beurtheilung der faradischen Reizwerthe für den in der Ellenbeuge zu reizenden nervus medianus.

Am Unter- und Oberarm wird zunächst die Frage zu erörtern sein, ob der Widerstand auf der Streck- und Beugeseite ein verschiedener ist. Im Allgemeinen ist zu sagen, dass sowohl rechts wie links der Widerstand auf der Streckseite ein durchweg höherer ist als auf der Beugeseite, wenn auch die Differenzen nicht bedeutend sind und auch in einigen Fällen sich für beide Seiten die gleichen Zahlen ergeben. Ferner macht sich der Einfluss der stärker entwickelten Musculatur des rechten Armes in Form eines geringeren Widerstands in folgender Weise deutlich bemerkbar:

Der Widerstand rechts war geringer als links:

für Punkt 3 an 3 Personen von 11

=	=	4	=	3	=
=	=	5	=	6	=
=	=	6	=	5	=
=	=	8	=	7	=
=	=	9	=	8	=

Am biceps und triceps, also an den Muskeln, welche sich auf der rechten Seite durch Arbeit am stärksten entwickeln, ist der Widerstand bei den meisten Personen geringer als links, am Unter-

arm bei den wenigsten, und zwar ist die Verringerung des Widerstandes am unteren Ende des Unterarms, wo die Sehnen liegen, welche nicht hypertrophiren können, ein kleinerer als am oberen Ende, wo der Widerstand Muskelmassen zu überwinden hat.

Ein absolut einheitliches Verhältniss des Widerstandes an der oberen Extremität liess sich also für die 11 Untersuchten nicht herstellen. Indessen zeigt doch die Anordnung der Widerstandszahlen jedesmal einen gewissen Typus, wie ein Blick auf die Curven lehrt: der Widerstand erreicht stets sein Maximum an Hohlhand oder Handrücken, sein Minimum an der Ellenbeuge. Zwischen diesen Punkten schwankt die Curve in verschiedenen Variationen, welche aber immer bei ein- und demselben Individuum, in Bezug auf rechts und links, sich ziemlich gleichmässig abspielen und nur zwischen verschiedenen Individuen an ein- und derselben Stelle grössere Verschiedenheiten zeigen.

Im Allgemeinen lässt sich für die oberen Extremitäten Folgendes feststellen:

1. Der Widerstand der oberen Extremität ist immer am geringsten in der Ellenbeuge.
2. Der höchste Widerstand liegt entweder an der Hohlhand, oder am Handrücken, wobei der Einfluss der schlechteren Befestigung der Elektrode auf dem Handrücken nicht zu vernachlässigen ist.
3. Der Widerstand ist auf der Streckseite im Allgemeinen höher als auf der Beugeseite.
4. Der Einfluss der stärker entwickelten Musculatur der rechten Seite macht sich als Verringerung des Widerstandes von der Peripherie nach dem Centrum hin deutlich bemerkbar und ist am grössten am triceps.

An die obere Extremität schliesse ich die Resultate der Untersuchung am Gesicht. Ich habe mich hier beschränkt auf die Reizstelle des Facialisstammes vor dem Ohr. Gemessen wurde hier der Widerstand an 8 Personen und ergab folgende Tabelle:

	R.	L.
Stercken, 35 J., Schriftsetzer (cephalaea) . . .	427	388
Walther, 27 J., Landwirth (Oculomot. Lähmung) . . .	613	613
Wiemann, 63 J., Tischler (Beschäftigungsneurose) . . .	515	613
K., 23 J., cand. med. (gesund)	786	639
Windsch, 63 J., Lohndiener (Ischias)	562	587
Nohl, 18 J., Notenstecher (Anämie)	471	471
Megerle, 48 J., Arbeiter (Brustschmerzen) . . .	666	666
Frau Jahn, 38 J. (Anämie)	613	515

Maximalwert	{	rechts 786
		links 666
Minimalwert	{	rechts 471
		links 388.

Die grösste Differenz zwischen rechts und links war 147, die kleinste 15, in 3 Fällen war der Widerstand auf beiden Seiten gleich.

Von Facialislähmungen habe ich, um einige pathologische Erfahrungen gleich vorauszunehmen, 3 untersucht, aber mit negativem Resultat.

1. Frische Facialislähmung links (seit 3 Wochen), elektrisch nur herabgesetzte Reaction

Facialis	rechts 852
=	links 818.

2. Alte Facialislähmung links (seit 3 Jahren bestehend) mit Contractur des Gesichtes und Ea. R.

Facialis	{	rechts 515
		links 471

3. Alte Facialislähmung links (seit 3 Jahren bestehend), Nerv vom Stamm aus nicht mehr reizbar

Facialis	{	rechts 786
		links 724

also nirgends irgendwie erhebliche Differenzen zwischen der gesunden und kranken Gesichtshälfte.

Ich komme nun zu den Resultaten der Widerstandsmessung an den unteren Extremitäten, vorgenommen an 6 gesunden Personen. An diesen habe ich die Erb'sche Normalelektrode an folgenden Punkten aufgesetzt, während die indifferente Drahtnetzelektrode wieder auf der Stirn befestigt war.

1. Oberschenkel in der Mitte der Vorderseite.
2. Oberschenkel in der Mitte der Hinterseite.
3. Kniekehle.
4. Mitte der Wade.
5. Fussrücken.
6. Fusssohle.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

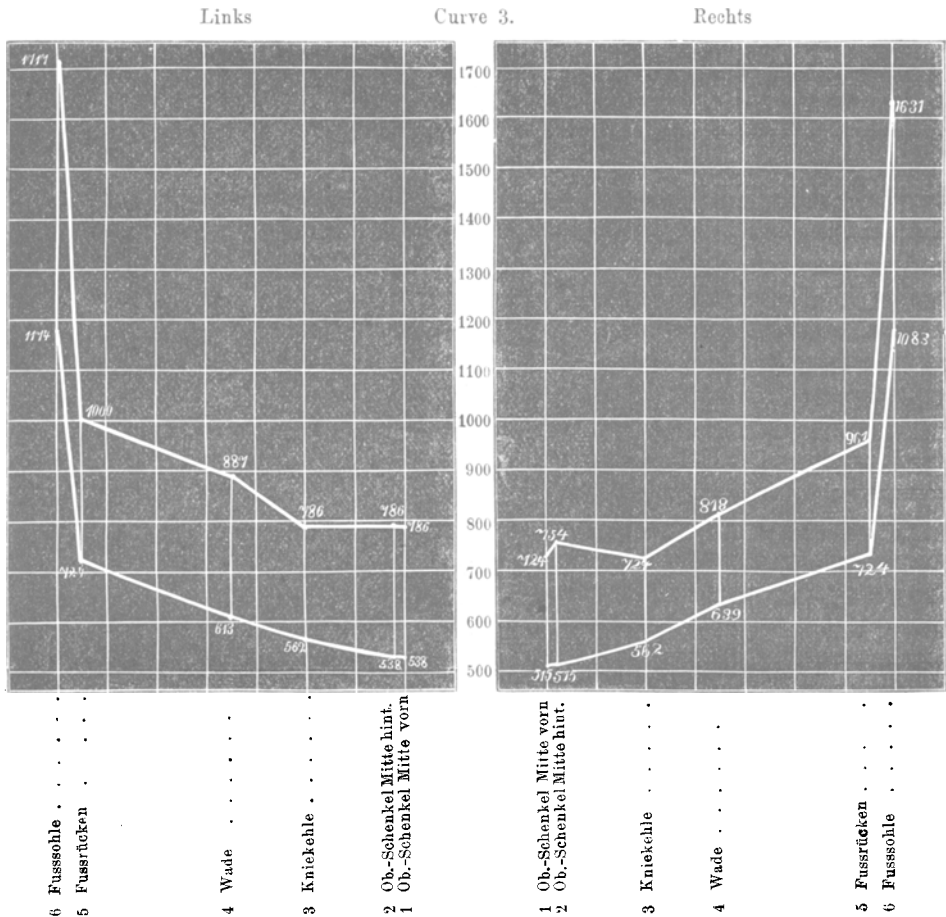
		<i>Proff.</i> , 40 J., Tischler (Rheumismus am Arm)	<i>Werner</i> , 17 J., Notenstecher (Blutarmuth)	<i>Nohl</i> , 18 J., Schuh- macher (Stoss auf die Brust)	<i>Sterken</i> , 35 J., Schriftsetzer (Cephalaea)	<i>Wernicke</i> , 39 J., Zimmermann (Trig. Neuralg.)	<i>Walther</i> , 27 J., Landwirth (Lähmung d. rechten Oculomot.)
Oberschenkel Mitte vorn	{r.	695	724	515	562	724	666
	{l.	666	695	538	613	786	695
Oberschenkel Mitte hinten	{r.	613	587	515	562	754	613
	{l.	562	666	538	613	786	639
Kniekehle	{r.	613	695	562	613	754	724
	{l.	562	695	613	613	724	786
Mitte der Wade	{r.	666	695	639	695	818	666
	{l.	639	724	613	754	887	852
Fussrücken	{r.	887	724	754	818	961	923
	{l.	852	724	818	852	1000	1000
Fusssohle	{r.	1631	1174	1083	1223	1362	1273
	{l.	1717	1223	1174	1273	1273	1273

Ein Blick auf die Tabelle und die Curve No. 3 (s. u.) lehrt, dass sich an den unteren Extremitäten die Widerstandsverhältnisse viel gleichmässiger gestalten, als an den oberen, indem der Widerstand vom Oberschenkel nach den Fusssohlen zu mit ganz geringen Schwankungen zunimmt, um constant an den Fusssohlen sein Maximum zu erreichen. Das Minimum hingegen liegt nicht, wie es etwa analog dem geringsten Widerstand in der Ellenbeuge zu erwarten gewesen wäre, constant in der Kniekehle, sondern auch vielfach am Oberschenkel. Die Differenzen an ein- und derselben Stelle für verschiedene Individuen sind im Allgemeinen kleiner als an der oberen Extremität. Die Zahlen schwanken

			R.	L.
für Punkt 1	von		515—724	538—786
"	"	2	515—754	538—786
"	"	3	562—724	562—786
"	"	4	639—818	613—887
"	"	5	724—961	724—1000
"	"	6	1083—1631	1174—1717.

Die grösste Differenz findet sich beiderseits an den Fusssohlen, die kleinste an der Kniekehle. Im Uebrigen vergleiche die graphische Darstellung der Differenzen auf der Curve No. 3.

Von der Wade bis zur Fusssohle nimmt der Widerstand constant an Grösse zu, niemals ist, wie dies bei dem Handrücken gegenüber der Hohlhand mitunter der Fall war, der Widerstand auf dem Fussrücken grösser als auf der Fusssohle. Am Oberschenkel war der



Widerstand an der Streckseite in 5 Fällen grösser als auf der Beugeseite. Ferner ist am Oberschenkel, sowohl an Streck- als an Beugeseite, der Widerstand fast durchweg rechts geringer als links, eine etwas auffällige Erscheinung, da man doch von einem Mehrgebrauch des rechten Beines und dadurch bedingter stärkerer Muskelentwicklung nicht gut reden kann.

Für die untere Extremität liesse sich demnach Folgendes feststellen:

1. Der grösste Widerstand der unteren Extremität liegt immer an den Fusssohlen.

2. Der kleinste Widerstand ist entweder an der Kniekehle, oder häufiger noch am Oberschenkel zu finden.

3. Die Streckseite des Oberschenkels hat einen höheren Widerstand, als die Beugeseite.

4. Der rechte Oberschenkel hat einen geringeren Widerstand, als der linke.

5. Von der Wade zur Fusssohle nimmt der Widerstand constant zu.

Eine Zusammenstellung der Resultate an der oberen und unteren Extremität ein- und desselben Individuums ergiebt vor allen Dingen die Thatsache, dass, abgesehen von Hohlhand und Fusssohle, welche durch ihre dicke Epidermisschicht eine Ausnahmestellung einnehmen, der Widerstand an der unteren Extremität immer grösser ist als an der oberen. Die Länge des in den Strom eingeschalteten Stückes kommt also bei der faradischen Widerstandsmessung wohl in Betracht.

Pathologische Zustände.

Unter den pathologischen Zuständen war mein Interesse namentlich auf die functionellen Neurosen gerichtet. Für den galvanischen Widerstand ist bekanntlich von Kahler¹⁾ eine Herabsetzung desselben bei morbus Basedowii, von Vigouroux²⁾ eine Erhöhung bei Hysterie angegeben worden. Ich habe daher untersucht, ob auch für den faradischen Widerstand dieselben Verhältnisse vorhanden sind, muss aber gleich vorausschicken, dass meine Untersuchungen in dieser Beziehung keine erheblich positiven Resultate ergeben haben. Für morbus Basedowii waren mir allerdings nur 2 Kranke zugänglich, welche noch dazu aus äusseren Gründen nur an einigen Stellen der oberen Extremitäten gemessen werden konnten, und zwar mit folgendem Resultate:

Frau Gr., 31 Jahre,			
typischer morbus Basedowii.			
Hohlhand	rechts	779	
"	links	779	
Handrücken	rechts	713	
"	links	754	
Unteres Ende des Unterarms	Beugeseite	rechts	754
"	"	"	links 818.

Die zweite Kranke zeigte mehr Abweichungen.

Frau Kr., 41 Jahre,
morbus Basedowii (exophthalmus,
struma, erhöhte Pulsfrequenz)

1) Prager Zeitschr. f. Heilkunde. Bd. IX. S. 365.

2) Gaz. méd. 1879.

hatte an der oberen Extremität folgende Widerstände:

	Hohlhand	rechts	1000
	"	links	1041
	Handrücken	rechts	1041
	"	links	923
Unterarm, unteres Ende	Beugeseite	rechts	724
"	"	links	754
"	Streckseite	rechts	852
"	"	links	852
Unterarm am Ellbogen	Beugeseite	rechts	852
"	"	links	887
"	Streckseite	rechts	666
"	"	links	852
	Ellenbeuge	rechts	754
	"	links	852
	Mitte biceps	rechts	923
	"	links	923
	Mitte triceps	rechts	1000
	"	links	1174.

Auffallend ist hierbei, dass, mit Ausnahme des unteren Endes des Unterarms-Beugeseite, der Widerstand links entweder gleich, oder an verschiedenen Stellen bedeutend höher ist als rechts, und dass der triceps beiderseits einen bedeutend höheren Widerstand zeigt, als gewöhnlich. Von einer Herabsetzung des Widerstands im Allgemeinen kann also bei dieser Kranken nicht die Rede sein, im Gegenteil sind die Widerstandszahlen, verglichen mit gesunden Personen, alle hoch.

Ich bin natürlich weit entfernt, aus diesen beiden Beobachtungen schon einen Schluss ziehen zu wollen auf die faradischen Widerstandsverhältnisse bei morbus Basedowii überhaupt.

Ferner habe ich einen exquisiten Fall von Hysterie untersucht.

Frau N., 38 Jahre alt, seit Jahren, wahrscheinlich im Anschluss an ein Uterusleiden hysterische Erscheinungen: Schmerzen im ganzen Körper, Krampfanfälle, an beiden Armen fast totale Analgesie. Widerstand an den oberen Extremitäten ist folgender:

	Hohlhand	rechts	866
	"	links	873
	Handrücken	rechts	839
	"	links	845
Unterarm, unteres Ende	Beugeseite	rechts	639
"	"	links	645
"	Streckseite	rechts	701
"	"	links	712
Unterarm am Ellbogen,	Beugeseite	rechts	724
"	"	links	730

=	=	=	Streckseite rechts	773
=	=	=	links	767
			Ellenbeuge rechts	529
			links	592
			Mitte biceps rechts	778
			links	683
			Mitte triceps rechts	613
			links	754.

Ein Vergleich mit gesunden Menschen ergibt also nichts weiter Abnormes, jedenfalls keine Erhöhung des Widerstandes.

Von traumatischen Neurosen habe ich 3 typische Fälle untersucht. Der Nachweis einer Widerstandsveränderung wäre ja für diese Krankheit, deren Diagnose oft so grosse Schwierigkeiten bereitet, von unberechenbarem Werth. Leider sind meine Hoffnungen, für den faradischen Widerstand Anomalien zu finden, nicht ganz erfüllt worden. Die Zahlen sind folgende:

	<i>Mahrhold</i> , 47 J. Sturz vom Dach auf das Kreuz im Juni 1887. Schwindelanfälle, fortw. Kopfschmerzen, allgem. Schwäche, Unfähigkeit zu jeder Arbeit, Schmerzen am ganzen Körper. Keine Sensibilitätsstörungen.		<i>Beyer</i> , 27 J. Sturz auf einen Treibriemen mit dem Rücken am 13. Januar 1891. Seither Schmerzen am Rücken, Schwäche in den Armen, Schwierigkeit beim Gehen. Obj. nichts, keine Sensibilitätsstörungen.		<i>Dacke</i> , 23 J. Jan. 1890 schwere Maschinerverletzung der l. Hand, Herausnahme mehrerer Metacarpalknochen an derselben, grosse Narbe, Steifigkeit d. beiden letzten Finger. Schmerzen am ganzen l. Arm herauf bis zum Kopf u. im Rücken. Keine Sensibilitätsstörungen.	
	L.	R.	L.	R.	L.	R.
Hohlhand	976	968	553	587	818	786
Handrücken	832	812	678	666	887	852
Unterarm am Handgelenk, Beugeseite	562	562	538	538	724	666
Unterarm am Handgelenk, Streckseite	592	582	501	484	562	695
Unterarm ob. Ende, Beugeseite	506	511	—	—	724	724
Unterarm ob. Ende, Streckseite	538	603	—	—	613	724
Ellenbeuge	398	404	358	366	613	613
Mitte Oberarm, Beugeseite	543	553	437	437	695	852
Mitte Oberarm, Streckseite	690	678	—	—	724	786
Oberschenkel Mitte, vorn	—	—	—	—	639	613
Oberschenkel Mitte, hinten	—	—	—	—	666	695
Kniekehle	—	—	—	—	786	786
Mitte Wade	—	—	—	—	724	724
Fussrücken	—	—	—	—	666	724
Fusssohle	—	—	—	—	887	852

Die ersten beiden Beobachtungen ergeben also nichts Abnormes, während der dritte Untersuchte am Unterarm, unteres Ende Streckseite, am Unterarm, oberes Ende Streckseite, und am biceps links eine auffallende Verringerung des Widerstandes zeigt. Ich mag aus dieser einzigen Abnormität keinen Schluss ziehen, möchte aber doch darauf hinweisen, dass bei dem Patienten wirklich anatomische Läsionen in Gestalt von Knochendefecten und Narben infolge des Unfalls vorhanden waren, während bei den ersten Beiden objectiv überhaupt nichts nachgewiesen werden konnte.

Ferner möchte ich eine Beobachtung mittheilen, welche ich an einem Manne mit Neurasthenia sexualis gemacht habe, welcher einen ganz merkwürdig hohen Widerstand an Armen und Beinen darbot.

P. 27 Jahre, Musiker.			
Infolge von sexuellen Excessen Pollutionen,			
grosse Schwäche, Kreuzschmerzen.			
Hohlhand	rechts	1128	
„	links	1083	
Handrücken	rechts	1381	
„	links	1439	
Unterarm, unteres Ende	Beugeseite	rechts	1223
=	=	links	1223
=	=	Streckseite	rechts 1083
=	=	=	links 1083
Unterarm, oberes Ende	Beugeseite	rechts	724
=	=	links	754
=	=	Streckseite	rechts 923
=	=	=	links 911
Ellenbeuge	rechts	724	
=	links	724	
Mitte biceps	rechts	818	
=	links	828	
Mitte triceps	rechts	695	
=	links	695	
Mitte Oberschenkel	vorn	rechts	786
=	=	links	695
Mitte Oberschenkel	hinten	rechts	666
=	=	links	724
Kniekehle	rechts	724	
=	links	754	
Wade	rechts	887	
=	links	923	
Fussrücken	rechts	1041	
=	links	1083	
Fusssohle	rechts	1439	
=	links	1381	

Eine Erklärung für diesen merkwürdig hohen Widerstand vermag ich nicht zu geben, zumal es mir zur Zeit an Gelegenheit mangelt, an anderen Kranken mit sexueller Neurasthenie die Beobachtungen zu wiederholen.

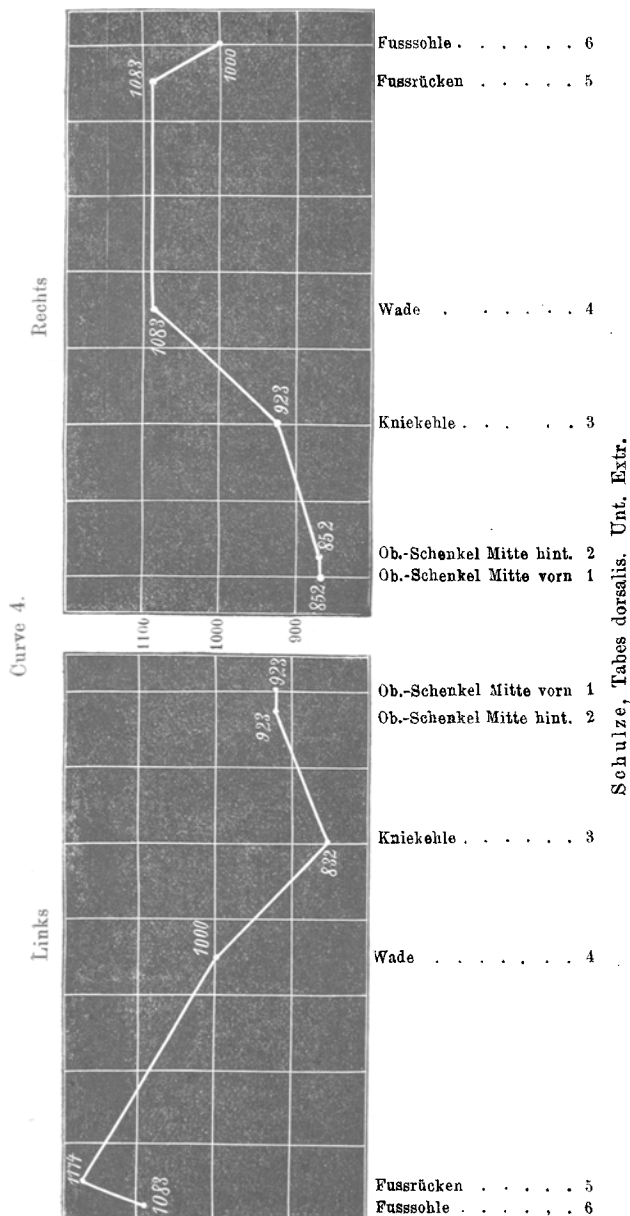
Fernerhin wandte ich mich einer Krankheit zu, bei welcher man von vornherein eine Veränderung des Widerstandes noch am ersten erwarten durfte: der *Tabes dorsalis*.

Meine Untersuchungen erstreckten sich auf 4 Tabiker in ganz verschiedenen Stadien mit sehr verschiedenen Symptomen. Leider ist es mir auch hier nicht gelungen, Veränderungen des Widerstandes als Zeichen der *Tabes* herauszufinden. Die Resultate sind folgende:

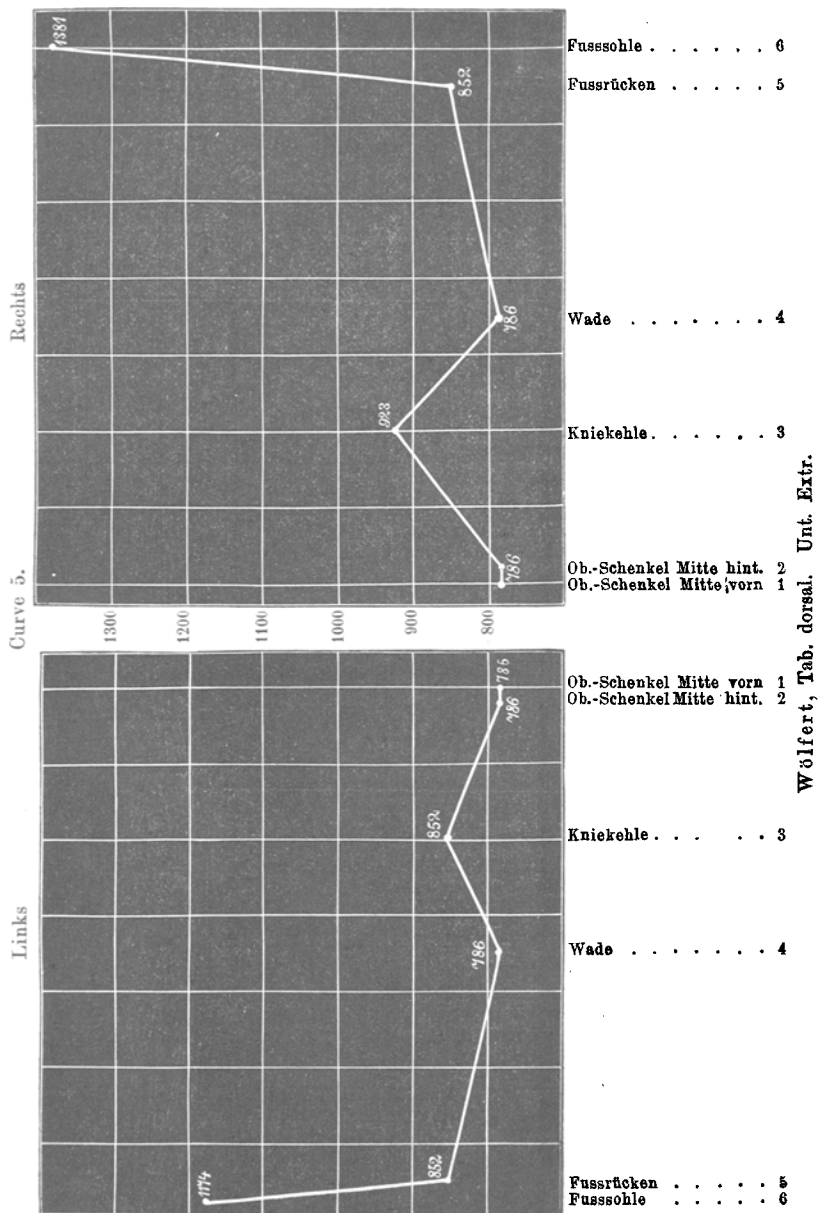
	<i>Schulze</i> , 61 J., Maler. Krank seit ca. Anfang 1887. Schmerzen in den Beinen. Keine Ataxie. Relativ rüstig.		<i>Hohnemann</i> , 56 J., Arbeiter. Seit 6 Jahren Schmerzen i. den Beinen. Ziemi. Ataxie. Rom- berg.		<i>Wölfert</i> , 37 J., Schreiber. Seit 2 Jahren Schwäche und Schmerzen i. den Beinen, Ab- nahme der Seh- schärfe. Kopf- schmerzen. Nur ganz geringe Ataxie. Kein Romberg.		<i>Gräfe</i> , 56 J., Strumpfwirker. Seit 2½ Jahren krank. Besond. heftige Schmer- zen in den Bei- nen, Unsicher- heit i. Dunkeln. Ataxie sehr stark, ebenso Romberg, ver- langsamte Schmerzempfin- dung.	
	L.	R.	L.	R.	L.	R.	L.	R.
Hohlhand	908	923	786	786	587	961	—	—
Handrücken	724	718	718	683	613	639	—	—
Unterarm unt. Ende, Beuge- seite	597	577	543	534	492	471	—	—
Unterarm unt. Ende, Streck- seite	650	650	515	520	639	613	—	—
Unterarm ob. Ende, Beuge- seite	661	655	427	471	562	538	—	—
Unterarm ob. Ende, Streck- seite	767	805	562	562	515	471	—	—
Ellenbeuge	497	497	427	410	471	471	—	—
Mitte Oberarm, Beugeseite	572	562	506	492	538	515	—	—
Mitte Oberarm, Streckseite	650	678	—	—	613	613	—	—
Oberschenkel Mitte vorn .	923	852	—	—	786	786	952	923
Oberschenkel Mitte hinten	923	852	—	—	786	786	786	786
Kniekehle	852	923	—	—	852	923	786	786
Mitte Wade	1000	1083	—	—	786	786	852	923
Fussrücken	1174	1083	—	—	852	852	1000	1000
Fusssohle	1083	1000	—	—	1174	1381	1326	1273

Wenn auch an den Armen von vornherein Widerstandsveränderungen nicht zu erwarten waren, so ergab auch die Messung an den

unteren Extremitäten (s. Curve 4 und 5) keine Zahlen, welche von den für normale Menschen gewonnenen irgendwie erheblich ab-



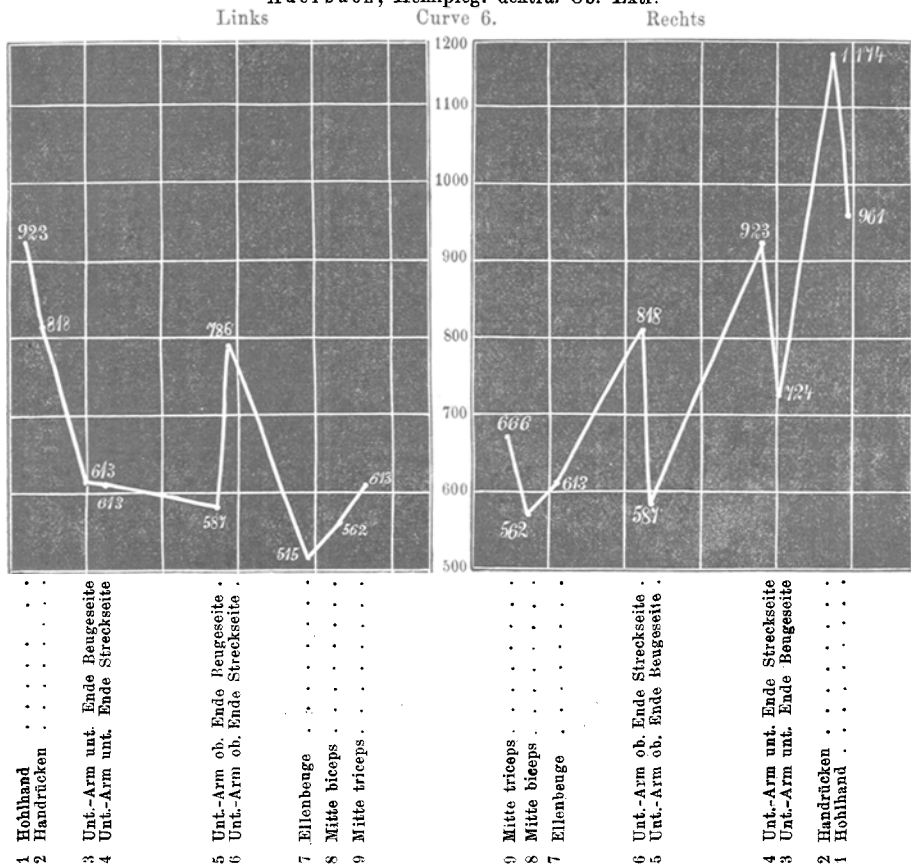
weichen. Ein Vergleich der Curven mit einander ergibt das besser als jede Beschreibung.



<i>Auerbach, 64 J.</i>	Hemipl. dextr.	Apopl. Insult: December 1886.	Gegenw. Zu- stand: Rechter Arm in starker Contractur im Ellenbogenge- lenk motorisch sehr schwach.	<i>Hecht, 58 J.</i>	Hemipl. sin.	Apopl. Insult: 29. Oct. 1886.	Gegenw. Zu- stand: Linker Arm in starker Contractur im Ellenbogen- gelenk. Linkes Bein mässig paretisch.	<i>Winkler, 34 J.</i>	Hemipl. dextr.	Apopl. Insult: Januar 1891.	Gegenw. Zu- stand: Contra- tur am rechten Arm, am Bein wenig mehr Ab- normes.	<i>Otto, 52 J.</i>	Hemipl. sin.	Apopl. Insult: December 1890.	Gegenw. Zu- stand: Linker Arm sowie Bein noch sehr pare- tisch, Contra- turen mässig.	<i>Förster, 61 J.</i>	Hemipl. dextr.	Apopl. Insult: Februar 1891.	Gegenw. Zu- stand: Nur noch ganz geringe Schwäche im rechten Arm. Am Bein nichts mehr.	<i>Holm, 35 J.</i>	Hemipl. sin.	Apopl. Insult: Juni 1890.	Gegenw. Zu- stand: Noch zieml. erhebl. Schwäche im linken Arm, am Bein nichts mehr.	<i>Koch, 65 J.</i>	Hemipl. dextr.	Apopl. Insult: Februar 1891.	Gegenw. Zu- stand: Ganz ge- ringe Schwäche im rechten Arme, am rech- ten Bein nichts mehr.
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.		
Handhand	923	961	866	866	613	587	832	736	724	1326	1024	938	613	724													
Handrücken	818	1174	1128	873	534	634	773	623	506	553	562	410	562	562													
Unterarm am Handgelenk.																											
Polarseite	613	724	553	462	534	634	608	529	484	572	488	471	449	449													
Unterarm am Handgelenk, Dorsalseite	613	923	623	458	488	572	587	543	515	558	506	466	449	524													
Unterarm oberes Ende, Beugeseite	587	587	597	427	603	462	427	608	488	587	471	492	427	427													
Unterarm oberes Ende, Streckseite	786	818	471	587	553	492	506	666	388	388	515	506	471	515													
Ellenbuge	515	613	501	327	427	449	327	466	388	388	427	427	408	388													
Mitte Oberarm, Beugeseite	562	562	639	449	437	421	524	597	410	437	471	549	492	427													
Mitte Oberarm, Streckseite	613	666	613	695	553	381	577	623	—	—	666	786	—	—													
Oberschenkel Mitte, vorn	968	1273	754	666	562	562	471	613	—	—	—	—	—	—													
Oberschenkel Mitte, hinten	923	1174	887	695	562	613	613	515	—	—	—	—	—	—													
Kniekehle	1174	1174	818	786	613	562	613	724	—	—	—	—	—	—													
Mitte Wade	1083	1273	923	923	695	666	724	786	—	—	—	—	—	—													
Fusstrücken	1387	1326	923	923	786	852	852	1083	—	—	—	—	—	—													
Fusssohle	1439	1174	1223	1083	1174	1174	1083	1083	—	—	—	—	—	—													

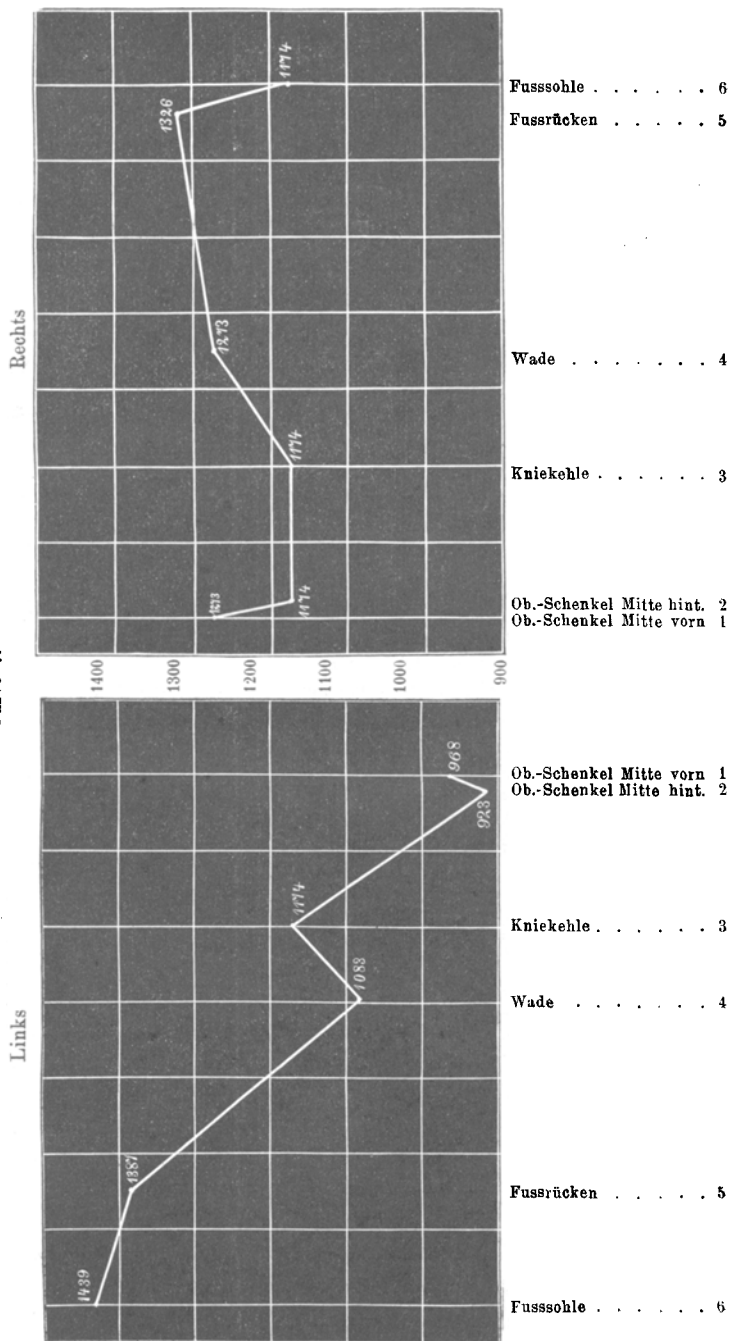
Positive Resultate bei pathologischen Zuständen habe ich dagegen erhalten bei einigen halbseitigen Affectionen. In dieser Beziehung habe ich besonders Hemiplegiker untersucht und dabei das Resultat gewonnen, dass bei Hemiplegie auf der gelähmten Körperhälfte der Widerstand für den faradischen Strom stellenweise verändert, und zwar meistens mehr oder minder erhöht ist. Untersucht habe ich 7 Hemiplegiker mit ganz verschiedener Stärke der Erscheinungen und lasse zunächst die Zahlen folgen (s. nebenstehende Tabelle).

Auerbach, Hemipleg. dextra. Ob. Extr.



Ein besonders charakteristisches Beispiel ist der Kranke Auerbach. Ein Blick auf dessen Curve (s. Curve 6.) ergibt leicht die abnormen Verhältnisse des Widerstandes. An der oberen Extremität ist links der gewöhnliche Typus des Widerstandes vorhanden: grösster Widerstand in der Hohlhand, kleinster in der Ellenbeuge, dazwischen

Curve 7.



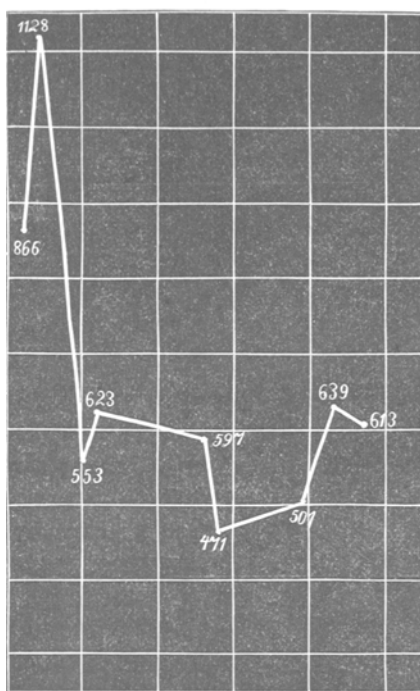
Auerbach, Hemipleg. dextra. Unt. Extr.

Schwankungen. Rechts hingegen auf der gelähmten Seite ist nicht nur der Widerstand an den meisten gemessenen Stellen überhaupt bedeutend höher als links, sondern der ganze Typus der Curve ist ein anderer geworden, indem die Widerstände sich in auffallend staffelförmigen Werthen anordnen. Besonders deutlich prägt sich hierbei rechts ein constant höherer Widerstand auf der Streckseite gegenüber der Beugeseite aus. Ferner ist zu beachten, dass, wäh-

Hecht, Hemipleg. sin. Ob. Extr.

Curve 8.

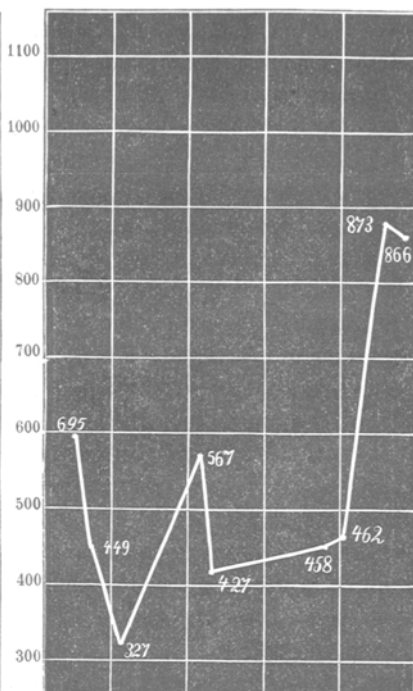
Links



1 Hohlhand
 2 Handrücken
 3 Unt.-Arm unt. Ende Streckseite
 4 Unt.-Arm unt. Ende Beugeseite
 5 Unt.-Arm ob. Ende Streckseite
 6 Unt.-Arm ob. Ende Beugeseite

7 Ellenbeuge
 8 Mitte biceps
 9 Mitte triceps
 10 Mitte triceps

Rechts



9 Mitte triceps
 8 Mitte biceps
 7 Ellenbeuge
 6 Unt.-Arm ob. Ende Streckseite
 5 Unt.-Arm ob. Ende Beugeseite

4 Unt.-Arm unt. Ende Streckseite
 3 Unt.-Arm unt. Ende Beugeseite
 2 Handrücken
 1 Hohlhand

rend links der Widerstand in der Hohlhand grösser ist als am Handrücken, sich rechts dieses Verhältniss umkehrt. Aber auch an den unteren Extremitäten zeigt die Curve rechts einen ganz anderen Charakter, als links (s. Curve 7). Der Widerstand ist rechts wiederum höher als links, und die Curve zeigt im Gegensatz zu der in normaler Weise in die Höhe steigenden Curve links eine auffallende Continuität auf ziemlich denselben Werthen. Dabei sind die Differenzen zwischen gesunder und gelähmter Seite an der unteren Extremität wesentlich grösser als an der oberen. Nur die Fusssohle hat links einen bedeutend grösseren Widerstand als rechts. Diese Thatsache dürfte wohl dadurch zu erklären sein, dass der Kranke fast gar nicht mit dem gelähmten rechten Fusse, sondern immer mit dem gesunden linken auftrat, wodurch sich an letzterem eine dickere Epidermisschicht bilden konnte, als am rechten Fusse.

Die Erhöhung des Widerstandes auf der gelähmten Körperhälfte ist jedoch keineswegs ein constantes Vorkommniss, es findet sich vielmehr unter den 7 untersuchten Kranken auch an einigen Stellen ein herabgesetzter Widerstand (vgl. Curven 8 und 9). Irgend ein Gesetz darüber aufzustellen, wann der Widerstand an der erkrankten Extremität erhöht und wann derselbe erniedrigt ist, bin ich nicht im Stande. Nur auf einen Punkt möchte ich noch hinweisen, dass nämlich mit Abnahme der Lähmungserscheinungen auch die Widerstandsveränderungen zurückgehen, so dass die Curven von Hemiplegikern mit nur noch geringer motorischer Schwäche fast nicht mehr von normalen Curven unterschieden werden können.

Wodurch wird nun diese mitunter auftretende Widerstandsveränderung an der gelähmten Körperhälfte erklärt?

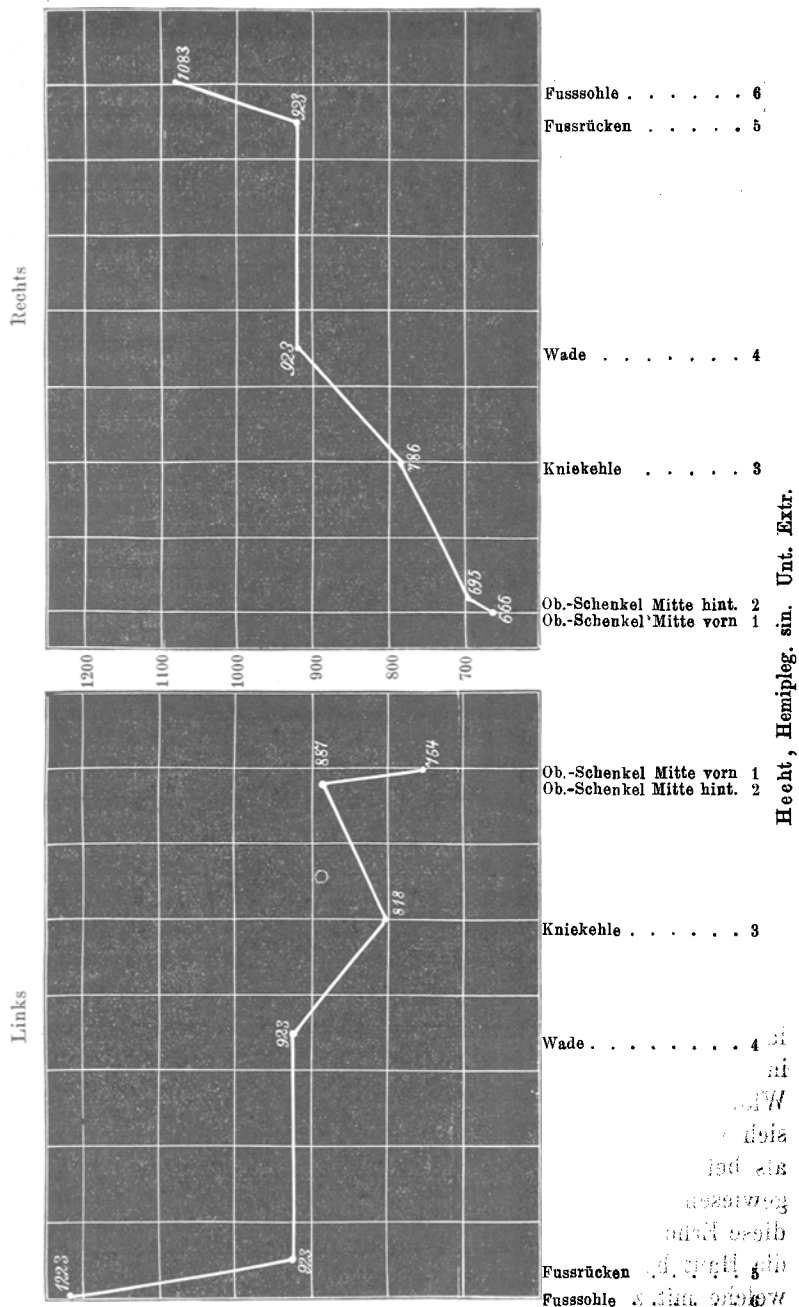
Ehe ich auf diese Frage eingehe, möchte ich einige Beobachtungen mittheilen, welche ich an Atrophien gemacht habe. Diese scheinen nämlich ebenfalls den Widerstand zu erhöhen, wie folgende Beispiele zeigen:

1. Der Kranke H. verletzte sich durch einen Fall in Glasscherben in der Weise, dass der rechte Ulnaris am Handgelenk durchschnitten wurde. Die Folge davon ist eine bedeutende Atrophie des rechten Kleinfingerballens und der Spatia interossea mit totaler Anästhesie im Ulnarisgebiete an der Hand. Elektrisch zeigen die vom Ulnaris versorgten Handmuskeln totale EaR. Die faradische Widerstandsmessung ergiebt:

Kleinfingerballen links	1066
" "	" "
" rechts	1293!
Spat. inteross. I links	695
" "	" "
" rechts	825!

2. Patient M. Syringomyelie. Atrophie der Handmuskeln vornehmlich rechts, am Thenar und an den Spatia interossea. An der rechten

Curve 9.



Hand objectiv stark herabgesetzte Sensibilität auch für den faradischen Strom, subjectiv Parästhesien. Elektrisch rechts zum Theil partielle EaR; links nur ganz geringe Atrophie. Widerstandszahlen: Thenar rechts (hochgradig atrophisch) 938, links 866; Spat. inteross. I rechts (stark atrophisch) 730, links 597.

Allerdings handelt es sich in beiden Fällen um hochgradige Atrophien mit EaR. Bei Atrophie im geringen Grade scheint eine Erhöhung des Widerstandes zum Mindesten nicht constant zu sein, wie sich aus der folgenden Untersuchung einer spinalen Kinderlähmung ergibt:

G. J., 5 Jahre, Lähmung des linken Beins im Juli 1889; wurde gleich vom zweiten Krankheitstage an elektrisch behandelt. Die Atrophie des linken Beins ist infolgedessen nur gering, die Bewegungsfähigkeit nicht ganz aufgehoben. Elektrisch überall noch totale EaR. Die Zahlen sind folgende:

Oberschenkel	Mitte	vorn	rechts	410
=	=	=	links	437
=	=	hinten	rechts	484
=	=	=	links	462
	Kniekehle		rechts	538
	=		links	538
	Wade		rechts	562
	=		links	567
	Fussrücken		rechts	760
	=		links	880
	Fusssohle		rechts	1041
	=		links	1128.

Eine erhebliche Differenz zwischen beiden Seiten ist also nur an der Fusssohle vorhanden, während an den Muskeln des Unter- und Oberschenkels die Widerstandszahlen fast dieselben sind. Die grössere Differenz an den Fusssohlen rührt doch vielleicht davon her, dass der Widerstand der atrophischen Extremität in toto ein erhöhter ist.

Es liegt nahe, den erhöhten Widerstand auf der gelähmten Körperhälfte bei Hemiplegien auf eine Inaktivitätsatrophie der gelähmten Muskeln zurückzuführen. Diese Begründung hat eine Stütze in der Thatsache, dass mit der Schwere der Lähmung auch die Widerstandserhöhung zunimmt. Jedenfalls kann die Atrophie, welche sich wohl bei allen länger dauernden cerebralen Lähmungen einstellt, als bei der Widerstandserhöhung betheiligt nicht ganz von der Hand gewiesen werden, dieselbe ist aber wahrscheinlich nicht der einzige diese Erhöhung bedingende Factor. Ich glaube vielmehr, dass auch die Haut bei Hemiplegie von längerer Dauer Veränderungen eingeht, welche mit zur Erhöhung des Widerstandes beitragen können. Vor

allen Dingen wird wohl die Haut selber atrophisch werden und so eine Querschnittsverringerung herbeiführen.

Jedenfalls gewinnen aber nun die elektrischen Untersuchungen bei Hemiplegikern durch die Möglichkeit eines erhöhten Widerstandes auf der gelähmten Seite eine höhere Bedeutung. Bei dem Patienten Auerbach z. B. (Hemiplegia dextra) ergiebt die faradische Untersuchung an der oberen Extremität folgende Reizwerthe:

Nervus radialis	{ rechts	81 R.-A=496, ₆	Stromstärke
	{ links	93 R.-A=414, ₈	=
Nervus medianus in der Ellenbeuge	{ rechts	85 R.-A=469, ₄	=
	{ links	95 R.-A=401, ₂	=
Nervus ulnaris am Ellenbogen	{ rechts	111 R.-A=291, ₆	=
	{ links	116 R.-A=258, ₄	=

Da nun der Widerstand auf der rechten Seite bedeutend höher ist, so muss der geringere Rollenabstand, welchen man auf dieser Seite zur Hervorrufung der Minimalzuckung bedarf, ganz entschieden auch auf Kosten der Widerstandserhöhung gesetzt und nicht nur auf eine herabgesetzte Nervenregbarkeit bezogen werden.

Leider konnte eine Vergleichung der Erregbarkeit zwischen rechts und links für dieselben Punkte, an welchen die Widerstände bestimmt wurden, nachträglich nicht mehr vorgenommen werden, da Patient sich nicht mehr vorstellte.

Ich bemerke bei dieser Gelegenheit nochmals, dass die Bestimmung von faradischem Widerstand und faradischer Reizschwelle für die scharfe Beurtheilung der Erregbarkeit ebenso nothwendig ist, wie die analogen Messungen bei der galvanischen Untersuchung. Freilich ist es dann unerlässlich, dass der Reizwerth des Inductionsstromes nicht durch den Rollenabstand in Millimetern, sondern durch seine Wirkung auf das Galvanometer bestimmt wird. Die bisherigen Angaben über faradische Reizwerthe verlieren alle an Bedeutung, so lange man nicht den Apparat kennt, mit welchem die Untersuchungen gemacht wurden, da jeder Schlitten je nach der elektromotorischen Kraft des den primären Strom erzeugenden Elementes und nach der Grösse, resp. der Windungszahl der secundären Spirale verschiedene Resultate ergeben muss. Man muss daher, wie dies schon von Fick ¹⁾ hervorgehoben worden ist, sich eine Scala anlegen, welche die den Rollenabständen zugehörigen Galvanometerschläge angiebt. Diese Scala wird gewonnen, indem man von 10 zu 10 Cm. Rollenabstand den Nadelausschlag mit einem Wiedemann'schen Spiegelgalvano-

1) Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule 1869. 1. Heft.

meter bestimmt und dann den Rollenabstand $0 = 1000$ setzt. (Auf eine solche Scala bezieht sich der Ausdruck „Stromstärke“ in meinen obigen Reizzahlen.) Der faradische Reizwerth ist jetzt den Nadelausschlägen proportional; dagegen bedeutet bekanntlich ein halb so grosser Rollenabstand keinesfalls eine doppelte Stromstärke.

Hat man also für 2 symmetrische Punkte verschiedene Rollenabstände als Reizschwellen bestimmt, und kennt man das Verhältniss der Stromstärken, ausgedrückt durch ihre Wirkungen auf das Galvanometer, so lässt sich durch Vergleich mit den gemessenen Widerständen sofort sagen, ob die Erregbarkeit beiderseits gleich oder verschieden ist, resp. wie viel von dem gefundenen Unterschied der Reizschwellen auf Rechnung des Widerstandes einerseits, der Erregbarkeit andererseits kommt. Das Verhältniss der Erregbarkeit zwischen rechts und links lässt sich also numerisch angeben.

Indem ich hiermit meine Mittheilungen über den faradischen Widerstand einstweilen schliesse, bin ich mir vollkommen bewusst, dass Vieles noch lückenhaft ist, und noch manche Frage auf Beantwortung wartet. Vor allen Dingen müssen die gewonnenen Resultate noch an der Hand eines grösseren Versuchsmaterials durchgeprüft und speciell die Abweichungen in pathologischen Zuständen auf ihr constantes Vorkommen hin untersucht werden.

Ich glaubte aber doch jetzt schon, in Hinsicht auf die Neuheit des Gegenstandes, meine bisherigen Resultate mittheilen zu dürfen und bitte, in ihnen nichts weiter sehen zu wollen, als einen bescheidenen Beitrag zur weiteren Ausbildung der Elektrodiagnostik.
