

XXII.

Experimentelle Untersuchungen zur Elektrodiagnostik.

Von

Stabsarzt Dr. **Martius,**

Assistent der II. medicinischen Klinik der Universität Berlin.

II. Unter welchen Bedingungen sind die bei verschiedenen Individuen gemessenen Körperwiderstände untereinander vergleichbar, untersucht mit besonderer Beziehung zu den Hautwiderständen beim **Morbus Basedowii** *).

Im letzten Kapitel seiner höchst interessanten und anregenden, kürzlich in deutscher Uebersetzung erschienenen neuen Vorlesungen über die Krankheiten des Nervensystems behandelt Charcot den Morbus Basedowii. Nachdem er die bekannten Symptome dieser Krankheit kurz geschildert, berichtet er über ein neues von seinem Assistenten Dr. Romain Vigouroux vor einigen Jahren entdecktes Symptom, das wahrscheinlich unter die Cardinalsymptome aufgenommen zu werden verdiene, und das ein besonderes Interesse darum habe, weil es objectiver Natur und der exacten Messung zugänglich sei. Das Symptom bestehe in einer beträchtlichen Verringerung des elektrischen Körperwiderstandes, die bei keinem der von Vigouroux untersuchten Kranken gefehlt habe. Da es nun mit den gegenwärtigen elektrischen Apparaten möglich sei, den genauen Betrag der so gefundenen Widerstandsherabsetzung zu bestimmen und den Widerstand in den von den Elektrikern gewählten Einheiten auszudrücken, handle es sich um ein neues Symptom von grosser Empfindlichkeit, das bei gewissen

*) Nach einem in der Gesellschaft der Charité-Aerzte am 9. December 1886 gehaltenen Vortrage,

zweifelhaften Fällen, bei den rudimentären Formen, eine grosse diagnostische Bedeutung erlangen könne. Bei den vier Kranken, zu deren Besprechung Charcot sodann übergeht, sind nun folgende Zahlen angegeben. Die erste Kranke, ein Mädchen von 27 Jahren, hatte zu Anfang der Behandlung einen Widerstand von 1080 Einheiten (Ohms). Derselbe „ist noch jetzt sehr gering“. Bei der zweiten, einer Frau von 43 Jahren, beträgt der elektrische Widerstand 900 Einheiten. Dies beides waren typische Fälle von Morbus Basedowii. Es folgen zwei weitere Fälle von rudimentärer Form. Der erste, ein Mann, zeigt vom Nacken zur Brust gemessen 1170 Einheiten Widerstand; bei der zweiten, einer Frau von 45 Jahren, hat der „anfänglich sehr herabgesetzte elektrische Widerstand (900 Einheiten) sich bedeutend wieder gehoben“.

Diese Zahlen bekommen ihre Bedeutung selbstverständlich erst durch die Vergleichung mit den Widerständen Gesunder, die genau nach derselben Methode gemessen wurden. Charcot bemerkt über diesen Punkt nur, dass vom Brustbein zum Rücken gemessen wurde, und dass wenn bei Morbus Basedowii der Galvanometeraus Schlag 10 Theilstriche betrage, die Messung bei einem gesunden *ceteris paribus* 90 bis 100 Theilstriche ergebe. Diese Angabe würde allerdings einen sehr beträchtlichen Unterschied in den Widerständen erschliessen lassen.

Wenn man ferner sich der herrschenden Anschauung von den im allgemeinen ausserordentlich hohen Widerständen des menschlichen Körpers erinnert, so fallen die für den Morbus Basedowii von Charcot angegebenen Zahlen in der That durch ihre niedrigen Werthe auf. Trotzdem mussten mir diese Zahlen Bedenken erregen, aber nicht sowohl an sich, als wegen der aus ihnen gezogenen Schlüsse. Ich war nämlich bei meinen eigenen Widerstandsmessungen unter bestimmten Bedingungen auf ebenso niedrige Zahlenwerthe für den Körperwiderstand gestossen, und zwar bei durchaus gesunden resp. jedenfalls nicht an Morbus Basedowii leidenden Individuen. Danach musste ich nicht sowohl die Richtigkeit der fraglichen Werthe selbst, als ihre pathologische Natur und demgemäss ihre diagnostische Bedeutung in Zweifel ziehen. Die grosse practische Wichtigkeit, die Charcot in diagnostischer Beziehung seinen Zahlen beilegt, und das hohe theoretische Interesse, das sich an das Auftreten eines so ausgesprochen physikalischen und exact messbaren Symptoms bei einer Nervenkrankheit knüpft, forderten zu einer Nachprüfung auf. Herr College Oppenheim, der sich ebenfalls für diese Frage lebhaft interessirte, hatte die Freundlichkeit, mir aus dem klinischen und poliklinischen

Material der Nervenstation der Charité fünf Fälle von Morbus Basedowii zur Verfügung zu stellen, an denen wir gemeinsam die Messungen ausführten. Die kurzen diagnostischen Angaben in den weiter unten folgenden Tabellen stammen von Oppenheim, der damit die Verantwortung für die Richtigkeit der Diagnose übernimmt.

Ehe ich jedoch zur Schilderung und Besprechung der gewonnenen Resultate übergehe, ist es für das Verständniss derselben unerlässlich, kurz auf das Wesen und die Bedeutung der angewandten Methode einzugehen. Es handelt sich dabei nicht sowohl um die Aufgabe im Allgemeinen, wie wohl am besten die Widerstände zu bestimmen seien, die der menschliche Körper dem constanten Strome entgegensetzt, als vielmehr um die specielle Frage, ob und unter welchen Bedingungen an verschiedenen Individuen gewonnene Werthe unter einander vergleichbar sind. Zunächst ist selbstverständlich und ohne weiteres einleuchtend, dass bei den zu vergleichenden Versuchspersonen identische Hautstellen zum Ansatz der Elektroden zu wählen sind. Ferner müssen ebenso wie bei rein physikalischen Messungen, die an verschiedenen Individuen gewonnenen Werthe, wenn sie unter einander vergleichbar sein sollen, auf die Einheit der Länge und des Querschnitts reducirt werden. Da nun der Strom nicht nur den kürzesten Weg zwischen den beiden Elektroden einschlägt, sondern den ganzen Körper mit Stromfäden durchsetzt, so würde diese Bedingung schwer zu erfüllen sein, wenn uns nicht ein besonderer Umstand zu Hülfe käme. Wie schon Runge fand, ist der grösste Theil des Leitungswiderstandes des menschlichen Körpers durch die Epidermis bedingt. Nach der gewöhnlichen Annahme ist der Hautwiderstand so gross, dass dagegen der Widerstand des ganzen übrigen Körpers verschwindet.

Da wir nun die Dicke der Epidermis, wenn wir von Handteller und Fusssohle absehen, als annähernd überall gleich ansehen können, so ist es für die Gesamtstärke gleichgültig, ob wir die Elektroden einander näher oder entfernter auf die Haut aufsetzen. Die Länge des zu messenden Widerstandes ist eben lediglich durch die doppelte Dicke der Epidermis repräsentirt. Ob die dazwischen liegende Körperstrecke kürzer oder länger ist, kommt nach der gewöhnlichen Annahme nicht in Betracht. Wir werden also die Bedingung des Physikers, Länge und Querschnitt der zu vergleichenden Leiter gleich zu machen, dann erfüllt haben, wenn wir stets Elektroden von derselben Querschnittsgrösse zur Anwendung bringen. — Ein weiteres rein physikalisches Postulat besteht darin, dass die Schwächung des Maassstromes durch Polarisation vermieden werde. Endlich dürfen streng

genommen die Temperatur der die Elektroden durchtränkenden Flüssigkeit, sowie, wenn dies eine Salzlösung ist, die Concentration derselben nicht vernachlässigt werden, wenn auch die aus der Nichtachtung dieser letzteren Factoren sich ergebenden möglichen Fehler den anderen Bedingungen gegenüber nicht sehr in's Gewicht fallen werden.

Sind nun — das ist die Frage — die gewonnenen Werthe untereinander vergleichbar, wenn wir unter sorgfältiger Beobachtung aller dieser eigentlich selbstverständlichen Cautelen, also mit unpolarisirebaren Elektroden von constantem Querschnitt an identischen Hautstellen, die Messung nach einer der bekannten physikalischen Methoden, etwa der Substitutions- oder der Brückenmethode an verschiedenen Individuen ausführen. Ohne Zweifel würden sie es sein, wenn der Leitungswiderstand der menschlichen Epidermis, etwa wie der eines Metalldrahtes von gegebener Länge und gegebenem Querschnitt oder der einer Salzlösung von bestimmter Concentration — eine constante Grösse wäre. Das ist er aber nicht und daraus resultirt die Unmöglichkeit, die physikalischen Methoden ohne weiteres, so wie sie sind, auf die Widerstandsmengen am lebenden Körper zu übertragen, daher stammt die ganze auf diesem Gebiete noch immer herrschende Unsicherheit und die grossen, in den Arbeiten der verschiedenen Autoren überall zu Tage tretenden Widersprüche. Zwar die Thatsache der Abnahme des Körperwiderstandes durch den Strom als solche ist keineswegs neu. Schon R. Eemak hat sie im Jahre 1858 gekannt und gewürdigt und von allen späteren Untersuchern, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten (Erb, Munk, E. Remak, Gärtner, Jolly, Stinzing, Martius), wurde sie ausdrücklich anerkannt und bestätigt. Eine richtige Würdigung dieses Factors für die vorliegende Frage nach der Vergleichbarkeit der Messungen an verschiedenen Individuen konnte jedoch erst Platz greifen, nachdem die genaueren Gesetze der Abnahme des Körperwiderstandes durch den constanten Strom experimentell ermittelt und theoretisch begründet waren. Ich muss in dieser Beziehung, um mich nicht zu wiederholen, auf meine eigenen Untersuchungen für Elektro-Diagnostik¹⁾, sowie auf die denselben Gegenstand betreffende Arbeit von Stinzing und Graeber²⁾ hinweisen, welch' letztere mir erst nach Abschluss meiner eigenen Untersuchungen bekannt geworden ist. Grade in dem Punkte, auf den es hier ankommt, befinde ich mich mit den genannten Autoren in erfreulicher Uebereinstimmung. Wie aus den genannten Arbeiten hervorgeht, wächst die absolute Grösse der für ein und dieselbe Stromrichtung erreichbaren Widerstandsherabsetzung *cet. par.* mit der Grösse der elektromotorischen Kraft im Kreise, d. h. mit der Zahl

der angewandten Elemente. Diese Widerstandsveränderung kann jedoch eine gewisse absolute Grenze nicht überschreiten. Ist diese Grenze, die bei Verwendung der gewöhnlichen Electrodegrösse um 1000 Ohm herum schwankt, 1200—1300 Ohm aber nur in Ausnahmefällen überschreitet, erreicht, so bringt eine weitere Vermehrung der Elementenzahl keine weitere Widerstandsverminderung hervor. Dementsprechend hielt ich es für angezeigt, zwischen relativen Widerstandsminimis und dem absoluten Widerstandsminimum zu unterscheiden. Unter einem relativen Widerstandsminimum ist der für einen schwachen oder mittelstarken Strom, den eine gegebene electromotorische Kraft, beispielsweise von 10 Elementen liefert, erreichbare niedrigste Werth des Widerstandes zu verstehen. Das absolute Widerstandsminimum ist dann erreicht, wenn eine weitere Steigerung der electromotorischen Kraft keine weitere Herabsetzung des Widerstandes mehr ergibt. Völlig unabhängig davon kommen Stinzing und Graeber zu einer ähnlichen Formulirung³⁾. „Schon nach kurzer Einwirkung (1—2 Min.) mittelstarker galvanischer Ströme (1—6 M.-A.) geht die Widerstandsabnahme so langsam vor sich, dass man sie innerhalb gewisser Zeiträume (eine bis mehrere Minuten) als constant betrachten muss („relative Constanz“). Bei Einwirkung starker Ströme, wie sie in der Electrodiagnostik nur selten in Anwendung kommen, (5—15 M.-A.) wird in sehr kurzer Zeit, oft in wenigen Minuten der Widerstand auf ein Minimum herabgesetzt, welches sich als fast absolut constant erweist, da es durch nachträgliche Variationen der Stromstärke kaum mehr alterirt wird („constantes Minimum“ oder „absolute Constanz“ des Widerstandes).“ Soweit lässt die Uebereinstimmung nichts zu wünschen übrig. Ich kann jedoch diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne einen anderen Punkt hervorzuheben, in dem ich mich mit den genannten Autoren in directem Widerspruch befinde.

Wenn Stinzing und Graeber weiterhin aus ihren Versuchen folgern: „Kurze Schliessungen und Wendungen des Stromes haben weder auf die absolute noch auf die relative Constanz des Widerstandes einen nennenswerthen Einfluss“, so ist das in dieser Allgemeinheit ausgesprochen meiner Erfahrung nach sicher falsch. Allerdings sind unter den von den Verfassern gewählten Versuchsbedingungen, d. h. unter Anwendung zweier gleichgrosser Electroden, die Stromschwankungen und damit die Widerstandsänderungen, die einer Wendung folgen, verhältnissmässig gering. Immerhin jedoch handelt es sich dabei um einen jeder Wendung folgenden plötzlichen Zuwachs der Stromstärke von 1—3 M.-A., der von einer langsamen Abnahme

bis auf die ursprüngliche Grösse gefolgt ist. Diese Stromstärke-schwankungen sind der Ausdruck der in denselben Zeiten im positiven und negativen Sinne sich ändernden Widerstände. Ob bei electrodiagnostischen Untersuchungen diese Dinge vernachlässigt werden dürfen, ist mir denn doch zweifelhaft. Viel grösser jedoch noch werden die Schwankungen unter dem von Stinzing und Graeber selbst hervorgehobenen Gesichtspunkte, „die Untersuchung vorzugsweise auf die Beantwortung der für die Praxis wichtigen Frage zu richten“. In der electrodiagnostischen Praxis ist es ganz allgemein üblich, entsprechend der Natur der polaren Untersuchungsmethode, mit verschiedenen grossen Electroden zu arbeiten. Es ist üblich, eine grosse Electrode auf einen indifferenten Punkt (das Sternum), eine kleine Electrode auf den motorischen Punkt zu setzen. Unter dieser practisch tagtäglich realisirten Bedingung werden aber, wie ich gezeigt habe, die Gesetze der Widerstandsabnahme durch den Strom recht erheblich modificirt. Es macht einen grossen Unterschied, ob die grössere Electrode Anode oder Kathode ist. Am auffälligsten nun tritt das gerade bei Wendungen hervor. Wählt man die Electrodengrösse recht verschieden, so können in Folge der Wendungen plötzlich Widerstandsänderungen auftreten, in Folge deren die Intensität des Stromes unmittelbar von 5 auf 11 M.-A. wächst, um bis zur nächsten Wendung auf dieser Höhe zu verharren, dann aber nach einer sehr kurz vorübergehenden neuen Steigerung wieder auf 5 M.-A. abzusinken. Auf das völlig Gesetzmässige dieser Vorgänge, sowie auf die muthmassliche Erklärung derselben kann ich nicht noch einmal eingehen. Aber es kam mir darauf an, die practische Wichtigkeit dieser Thatsachen hervorzuheben, gegenüber einer Bemerkung von Stinzing und Graeber, die sich auf die neu von mir ermittelten, über den Kreis der von diesen Autoren gemachten Beobachtungen hinausgehenden Thatsachen bezieht. Stinzing sagt: „Die Resultate, zu welchen Martius gelangt ist, stimmen im Princip mit den unserigen überein. Martius hat aber gewisse theoretische Fragen weiter verfolgt und ist dabei zu interessanten Ergebnissen bezüglich des Einflusses der beiden Pole, verschiedener Electroden-grössen an beiden Polen und der Stromwendung gelangt.“ Nun, ein Blick auf die von mir publicirten Curven, die Stinzing und Graeber beim Schreiben dieses Satzes noch nicht kannten, da sie sich in ihrer Beurtheilung lediglich auf ein Referat stützten, wird die Herren Collegen davon überzeugen, dass es sich bei meinen weiteren Versuchen nicht blos um „theoretische Fragen“, sondern um practisch recht greifbare und wichtige Dinge handelt.

Doch zurück zu unserem eigentlichen Gegenstande. Nach dem

oben Gesagten tritt der fundamentale Unterschied zwischen den Widerstandsmessungen des Physikers und denen des Elektrodiagnostikers klar zu Tage. Während der Physiker bei der Messung unveränderlicher Widerstände die Stärke seiner Maasskette willkürlich wählen und dementsprechend mit Maassketten von verschiedener elektromotorischer Kraft ausgeführte Messungen sehr wohl mit einander vergleichen kann, führt dasselbe Verfahren bei der Messung der menschlichen Hautwiderstände zu groben Irrthümern und zwar aus dem einfachen Grunde, weil die Grösse des zu messenden Hautwiderstandes von der Stromstärke abhängt und mit dieser sich ändert. Daraus folgt unmittelbar, dass um vergleichbare Werthe zu erhalten, die bereits erörterten Cautelen durchaus nicht genügen; die Messungen müssen durchaus mit Maassketten von gleicher elektromotorischer Kraft ausgeführt werden. Doch auch damit sind wir noch nicht zu Ende. Wenn wir mit aller Sorgfalt an identischen Hautstellen zweier Individuen mit gleichgrossen, unpolarisirbaren Elektroden und unter Verwendung derselben Maasskette die Messungen ausgeführt haben, so sind wir durchaus noch nicht vor Fehlerquellen sicher. Vor allem fehlt die Berücksichtigung eines Factors, von dem der Physiker bei der Messung seiner unveränderlichen Widerstände ebenfalls frei ist: die Zeit. Die einer gegebenen elektromotorischen Kraft im Kreise entsprechende Widerstandsherabsetzung braucht eben eine nicht unbeträchtliche Zeit — im Durchschnitt etwa 4 Minuten — zu ihrer vollen Entwicklung. Und zwar geht die Widerstandsherabsetzung zuerst schnell, dann immer langsamer vor sich. Wird nun die Messung ohne Berücksichtigung der Zeit vorgenommen, so ist man bei Vergleichung verschiedener Messungen nicht in der Lage zu beurtheilen, ob in allen Fällen in Bezug auf die Widerstandsherabsetzung identische Zeitmomente herausgegriffen sind. Aber auch die Angabe: die Ablesung erfolgte jedesmal um dieselbe Zeit, sagen wir 2 Minuten nach Stromschluss, würde nicht genügen. Sie hätte zur Voraussetzung, dass der Gang der Widerstandsherabsetzung bei verschiedenen Individuen stets derselbe sei oder dass mit andern Worten die Curven der Widerstandsverminderung unter allen Umständen sich deckten. Das ist aber keineswegs bewiesen; im Gegentheil, wie wir sehen werden, ausdrücklich nicht der Fall. Es handelt sich also darum, innerhalb des Flusses der sich ändernden Widerstände feste Punkte aufzufinden, die unter allen Umständen vergleichbar sind. Solche festen Punkte sind nun offenbar die relativen und absoluten Widerstandsminima. Nur diese sind bei verschiedenen Personen mit einander vergleichbar. Danach ergab sich der Plan für unsere Nachprüfung der Charcot'schen Angabe über die Wider-

standsverhältnisse bei Morbus Basedowii von selbst. Es galt, bei den zur Verfügung stehenden Kranken dieser Art und bei einer Reihe von gesunden Controllpersonen in genau übereinstimmender Weise mehrere relative und das absolute Widerstandsminimum zu bestimmen. Es geschah dies nach der Substitutionsmethode in der von mir beschriebenen Weise und zwar wurde unter Verwendung meiner unpolarisirbaren Elektroden die grosse Anode (72 Qu.-Ctm.) auf das Sternum, die kleine Kathode (7 Qu.-Ctm.) auf die Streckseite des rechten Unterarms gesetzt. (Ich bemerke noch einmal, dass bei der absichtlich aus den bereits erörterten Gründen gewählten Verschiedenheit der Elektrodengrösse die Stromrichtung von nicht zu vernachlässigendem Einfluss auf die Grösse der Widerstandsherabsetzung ist. Die gewählte Anordnung, grosse Anode, kleine Kathode, ist im Sinne der Widerstandsverminderung die günstigere. Selbstverständlich muss bei Parallelversuchen die einmal gewählte Stromrichtung dauernd beibehalten werden.) Nunmehr wurde unter stufenweiser Steigerung der elektromotorischen Kraft um je 5 Elemente eine Reihe von relativen Widerstandsminimis bestimmt, d. h. es wurde bei einer gegebenen Elementenzahl der Strom so lange geschlossen gehalten, bis die Nadel des absoluten Galvanometers vollkommen ruhig stand. So wurde fortgefahren, bis angenommen werden konnte, dass das absolute Widerstandsminimum erreicht war. Darauf wurde auf 10 Elemente zurückgegangen. Wenn in diesem Falle der Widerstand nicht wieder erheblich stieg, vielmehr annähernd auf derselben niederen Stufe verharrte, so war damit der Beweis geliefert, dass vorher in der That der vergleichbare absolute Grenzwert gewonnen worden war. Die diesem letzteren Widerstandswert entsprechende Stromintensität liegt durchweg so hoch, wie sie bei elektrodiagnostischen Untersuchungen kaum je zur Anwendung kommt. Es handelt sich um Stromstärken von 13—15 und mehr M.-A., die bereits recht schmerzhaft zu sein pflegen. Diese für das untersuchte Individuum recht unangenehme Beigabe liess sich aber auf keine Weise vermeiden, wenn das erstrebte Ziel, absolut vergleichbare Werthe zu gewinnen, erreicht werden sollte. Von den folgenden Versuchsprotokollen beziehen sich die ersten 5 auf an Morb. Based. leidende, die 3 folgenden auf beliebig herausgegriffene andere Personen.

Name.	Grösse und Ansatzstellen der Elektroden.	Zahl der Elemente.	Zeit.		Intensität gleich Widerstände.	
			Min.	Sec.	M.-A.	Ohm.
1. Frau Esser, 40 Jahre. Struma mit Pulsationen. Exophthalmus. Gräfe's Symptom. Starke Beschleunigung der Pulsfrequenz ohne Vergrößerung des Herzens. Allgemeine Nervosität. Früher starkes Zittern, gegenwärtig nicht mehr bestehend.	Grosse Anode (72 Qu.-Ctm.) auf das Sternum, kleine Kathode (7 Qu.-Ctm.) Querschnitt) auf die Streckseite des rechten Vorderarms dicht unterhalb des Ellenbogengelenks.	10	—	—	0,5	—
			—	10	1,0	9350
			—	20	1,5	6000
			—	35	2	4380
		20	1	10	2,5	3160
			1	45	3	2610
			2	55	3,5	2230
			3	—	8	1790
		25	3	25	9,5	—
			4	30	10	1220
			5	25	10,5	1100
			5	30	13,5	980
2. Frä. Klemm. Stark beschleunigte Pulsfrequenz mit Hypertrophie des linken Ventrikels. Grosse Struma mit Pulsationen. Der früher bestandene Exophthalmus sowie Gräfe's Symptom sind zurückgegangen. Im Verlauf der Erkrankung Auftreten einer Melancholie, die geheilt wurde.	—	10	—	—	2,5	3160
			—	20	3,5	2230
			1	45	4	1860
			2	—	4,25	—
		20	3	—	4,5	1660
			3	50	10	1220
			4	15	11	1090
			5	25	13,5	980
		10	6	—	6,0	1016
			—	—	—	—
			—	—	—	—
			—	—	—	—
3. Pfändler. Allgemeine nervöse und psychische Anomalien. Stark beschleunigte Pulsfrequenz (120). — Leichte Struma pulsatoria.	—	10	—	—	1,0	9350
			—	10	1,5	6000
			—	15	2,0	4380
			—	35	2,5	3160
		20	1	10	3,0	2610
			2	—	9	1480
			2	30	9,5	—
			3	15	10	1220
		25	4	—	13,0	1040
			4	30	13,5	980
		10	5	—	5,5	1200
			—	—	—	—
4. Dummer. Starker Exophthalmus. Augenmuskellähmungen. Doppeltsehen. Gräfe's Symptom. Struma pulsatoria. Starkes	—	10	—	20	2,0	4380
			1	—	4,0	1860
		20	2	30	4,5	1660
			3	—	10,0	1220

Name.	Grösse und Ansatzstellen der Elektroden.	Zahl der Ele- mente.	Zeit.		Intensität gleich Widerstände.	
			Min.	Sec.	M.-A.	Ohm.
Schwirren. Beschleunigung der Pulsfrequenz (120—140). Zittern Nervöse und psychische Anomalien.		25 10	4 4 4	— 15 35	11,0 13,0 5,5	1090 1040 1200
5. Fleischfresser.	Grosse Anode (72 Qu.-Ctm. Querschnitt) auf den linken Vorderarm; kleine Kathode (7 Qu.-Ctm.) auf den rechten Vorderarm.	10 20 25 30 10	— — — 1 2 2 3 4 4 5	— 5 15 25 20 — 25 10 — 45 15	1 1,5 2,0 2,5 3,0 8,0 8,5 9,0 12,0 14,0 5,25	9350 6000 4380 3160 2610 1790 — 1480 1230 1200 1300
6. Frau Kleiner. Pachymeningitis chronica.	—	10 20 30 10 10	— 1 2 2 2 3 4 4 5 5 — 1 2 2 3 3 4 5 5 6 6 6 7	— 25 — — 25 40 — — 25 — 30 — 30 30 40 20 15 45 — 25 40 —	Kein Ausschlag. 0,25 0,5 3,0 4,0 4,5 5,0 10,0 11 11,5 10,0 0,5 1,0 1,25 1,5 5,0 6,0 7,0 8,0 11,0 13,0 15 15,5 16,0 5,0	— 19870 — 4240 3680 3300 2110 1790 1650 1860 — 9350 — 6000 3300 2610 2110 1790 1470 1040 1100 — 990 1350
7. Kams. Tabes dorsalis.	—					

Name.	Grösse und Ansatzstellen der Elektroden.	Zahl der Ele- mente.	Zeit.		Intensität gleich Widerstände.	
			Min.	Sec.	M.-A.	Ohm.
8. Kolbe. Reconvalescent von Scharlach.	—	10	—	—	0,5	—
			—	15	1,0	9350
			1	30	2,0	4380
		20	2	—	2,5	3160
			2	30	6,0	2610
			3	—	7,0	2110
			3	10	8,0	1790
		30	4	—	15,0	1100
			4	40	15,5	—
		10	5	—	16,0	990
			5	10	5,5	1200

Eine Vergleichung dieser Versuchsprotokolle ergibt nun zunächst bei den 5 an Morb. Based. leidenden Kranken als absolut niedrigste Werthe die Zahlen 980, 980, 980, 1040, 1200 Ohm, Zahlen, die sich innerhalb derselben Grenzen bewegen, die ich schon früher nach genau derselben Methode an Gesunden, resp. nicht an Morbus Based. leidenden Personen gefunden und veröffentlicht habe. Um ganz sicher zu gehen, habe ich jedoch bei verschiedenen beliebigen Personen dieselben Widerstandsmessungen wiederholt. Eine derselben, eine an Pachym. chron. leidende Frau Kleiner (Vers. VI) bot bei 30 Elementen noch den abnorm hoher Widerstand von 1650 Ohm. Es ist dies durchaus als ein Ausnahmefall zu bezeichnen, den ich aber gerade deswegen mit veröffentliche. 2 andere Personen, ein an hochgradiger Tabes im paralytischen Stadium leidender älterer Mann (Vers. VII) und ein jugendlicher Reconvalescent von Scarlatina (Vers. VIII) boten das absolute Widerstandsminimum von je 990 Ohm. Eine Anzahl von Bleikranken, die ich zu andern Zwecken untersucht habe, deren Protokolle ich daher hier nicht besonders mittheile, ergaben beiläufig als absolute Widerstandsminima die Werthe 990, 1100, 1100, 990. In einigen der bereits von mir veröffentlichten Fälle (l. c.) finden sich als absolut niedrigste Werthe die Zahlen: 1100, 1000, 1150. Nach alledem unterliegt es keinem Zweifel, dass die absoluten Widerstandsminima von an Morbus Based. leidenden Personen in keiner irgendwie diagnostisch verwertbaren Weise von denen gesunder resp. an anderen Krankheiten leidender Individuen abweichen.

Damit ist aber die Angelegenheit keineswegs erledigt. Ein auf-

fälliger Unterschied tritt, trotz der Uebereinstimmung der absolut niedrigsten Werthe in den Protokollen zwischen den Basedow's und den anderer Kranken hervor. Die relativen Widerstandsminima liegen bei den ersteren durchweg viel tiefer als bei den letzteren. Die niedrigsten Werthe der Basedow's bei 10 Elementen betragen 2230, 1660, 2610, 1660 und 2610, während bei den 3 anderen Individuen 10 Elemente den Widerstand nur auf 19870, 6000 und 3160 herunter zu bringen vermochten. In früheren Versuchen finden sich unter denselben Bedingungen die Zahlen 9000, 6000, 7320, 9350, 19350.

Der Unterschied ist sehr auffallend. Während bei den Controlpersonen die relativen Widerstandsminima für 10 Elemente zwischen rund 20000 und 6000 Ohm liegen und nur in einem Falle 6000 Ohm untersteigen, bringt dieselbe electromotorische Kraft unter denselben Bedingungen bei unseren Basedow-Kranken die Hautwiderstände auf Werthe herunter, die zwischen 2600 und 1600 liegen. Damit hängt es zusammen, dass wenn auch die absoluten Widerstände bei den Basedow's von denen anderer Personen, wie wir sahen, nicht merklich abweichen, doch ein Unterschied insofern hervortritt, als bei den ersteren eine erheblich geringere electromotorische Kraft genügt, um die Hautwiderstände auf ihr absolut niedrigstes Maass herabzudrücken. Während bei Gesunden resp. nicht an Morb. Bas. leidenden Personen 30 bis 35 Elemente erforderlich sind, um bis an die Grenze der möglichen Widerstandsherabsetzung zu gelangen, genügten bei unsern 5 Basedow's zu demselben Zweck 25 Elemente. Der Schluss liegt nahe, dass nicht sowohl in den absoluten Werthen der Widerstände, als vielmehr in der Art, wie sie hervorgebracht werden können, d. h. also in der grösseren Leichtigkeit, mit der die Widerstandsherabsetzung erfolgt, das gesuchte differential-diagnostische Moment zwischen Morbus Basedowii und andern Krankheiten resp. der Gesundheit liegt. Aber auch diese Annahme bestätigt sich bei genauerem Zusehen nicht. Denn es giebt vollkommen gesunde Personen, deren Epidermis dieselbe Eigenthümlichkeit zeigt, die wir bei unseren Basedow's kennen gelernt haben. Zufälligerweise bot das Individuum, dessen Widerstandsherabsetzung bei verschiedener Elementenzahl ich in meiner ersten Arbeit (S. 10) als typisch veröffentlicht habe, ganz dasselbe, jetzt als auffallend zu bezeichnende Verhalten dar. (Damals kam es mir nur auf den Gang der Widerstandsherabsetzung an, nicht auf einen Vergleich der den einzelnen electromotorischen Kräften entsprechenden absoluten Werthe der Widerstände bei verschiedenen Personen.) Es war das ein an traumatischer Erb'scher Lähmung leidender, sonst völlig gesunder, kräftiger Arbeiter von 50 Jahren.

Der unter denselben Bedingungen, wie bei den Basedow's, angestellte Versuch Ia ergibt bei 10 Elementen als niedrigsten Werth 1860, bei 15 Elementen 1260, bei 20 Elementen 1220 Ohm Widerstand. Seitdem sind mir noch mehrere andere, nicht an Basedow'scher Krankheit leidende Personen, so kürzlich ein Bleikranker, vorgekommen, bei denen ebenfalls das absolute Widerstandsminimum durch verhältnissmässig geringe electromotorische Kräfte (20—25 Elemente) hervorgebracht werden konnte, und bei denen dementsprechend die relativen Widerstandsminima auffallend niedrige Werthe zeigten. Es sind das eben Individuen mit besonders zarter, dem widerstandsherabsetzenden Einfluss des constanten Stromes leicht zugänglicher Haut. Ob alle an Morbus Basedowii leidenden Personen zu dieser Kategorie gehören, wie unsere 5, das kann ich natürlich auf Grund der an diesen gewonnenen Erfahrungen nicht entscheiden. Das aber kann ich sicher sagen, dass eben auch andere, ganz gesunde Personen dieselbe Eigenthümlichkeit zeigen.

Ich kann bei dieser Gelegenheit der Frage nicht ausweichen, ob bei der hier vorliegenden abnorm rasch eintretenden Widerstandsherabsetzung ausser der kataphorischen Wirkung nicht auch noch physiologische Einflüsse mit im Spiel sind. Dass der mechanischen Fortführung von Flüssigkeit durch den Strom der wesentliche, meist allein in Betracht kommende Antheil bei der Widerstandsherabsetzung der Epidermis zukommt, ist nach Gaertner's Versuchen sicher. Aus meinen eigenen Versuchen glaubte ich schliessen zu dürfen, dass der unter wechselnden Bedingungen (electromotorische Kraft, Differenz der Electrodengrösse, Stromrichtung, Stromwendung u. s. w.) in ganz gesetzmässiger Weise sich ändernde Gang der Widerstands-Ab- oder Zunahme ebenfalls durchaus von der kataphorischen Wirkung des Stromes abhängt, weil alle die in Frage kommenden Erscheinungen ganz ungezwungen aus den physikalischen Gesetzen der Kataphorese sich ableiten lassen. Damit war natürlich nicht behauptet, dass daneben nicht auch physiologische, auf Schweissabsonderung, Erweiterung der Gefässe u. dergl. beruhende Momente für die Widerstandsherabsetzung unter Umständen mit zur Geltung kommen könnten. Derartige Momente mussten dann aber die physikalische Gesetzmässigkeit der Widerstandsschwankungen eher zu stören, als zu fördern geeignet erscheinen. Mit andern Worten, die mit den aufgestellten Gesetzen nicht übereinstimmenden Erscheinungen, die von dem streng gesetzmässigen Ablauf der Widerstandsschwankungen abweichenden Beobachtungen lassen sich vielleicht als Störungen erklären, bedingt durch das intercurrende Eingreifen derartiger physiologischer Mo-

mente. Dieser Gedanke findet auch auf die vorliegende Frage sinn-
gemässe Anwendung. Dass auch bei den mit ungewöhnlich leichter
Herabsetzbarkeit des Widerstandes behafteten Individuen die catapho-
rische Wirkung die Hauptsache thut, ist unzweifelhaft. Dafür spricht
vor Allem der Umstand, dass bei ihnen trotz der leichter und schneller
erfolgenden Herabsetzung die absoluten Widerstandsminima denselben
Werth zeigen, wie bei allen anderen Personen. Wie ich bereits in
meiner ersten Arbeit hervorhob, ist dieser Grenzwertb dann erreicht,
wenn „die Epidermis unter der Anode ihrer Aufnahmefähigkeit ent-
sprechend vollständig mit Aussenflüssigkeit durchtränkt ist“. Dieser
Punkt kann bei jeder Epidermis erreicht werden, wenn man nur die
Stromstärke genügend steigert. Umgekehrt giebt es keine Epidermis,
die leitungsfähiger gemacht werden kann, als es ihrer Durchtränkung
mit gut leitender Flüssigkeit entspricht. Folglich müssen, wie unsere
Versuche thatsächlich lehren, die absoluten Widerstandsminima bei allen
Personen — natürlich innerhalb eines gewissen durch Fehlerquellen etc.
bedingten Spielraums — dieselben sein. Das folgt eben aus dem
Wesen der cataphorischen Wirkung. Aber in den Gang der Wider-
standsherabsetzung können wohl physiologische Momente mit eingrei-
fen. So steht meines Erachtens nichts der in einer Discussion über
diesen Gegenstand von Herrn Remak angedeuteten Annahme ent-
gegen, dass bei Menschen mit einem sehr erregbaren vasomotorischen
Nervensystem die Widerstandsherabsetzung deshalb leichter und schnel-
ler erfolgt, weil zu der cataphorischen Verminderung des Widerstan-
des eine solche durch vermehrte Schweisssecretion, erweiterte Gefässe
oder dergl. sich hinzuaddirt.

Wie dem aber auch sei, die Thatsachen lehren, dass diese leicht-
täre Herabsetzbarkeit des Widerstandes dem Morbus Basedowii nicht
allein zukommt. Andererseits liess sich durch die Erfahrung, dass
mit dieser Krankheit behaftete Individuen, eben wegen ihres erreg-
baren vasomotorischen Nervensystems diese Eigenschaften theilen,
vielleicht erklären, auf welche Weise Vigouroux zu seiner Behaup-
tung gekommen ist. Es genügt dazu die Annahme, dass Vigouroux
bei seinen Messungen Stromstärken angewandt hat, die bei seinen
Basedowkranken bereits das absolute Widerstandsminimum erzeugten,
während dieselbe Elementenzahl bei der zufällig gewählten gesunden
Controlpersonen noch nicht genügte, den Vergleichspunkt herzustellen,
vielmehr nur relative Widerstandsminima lieferte.

Wenn nach alledem die Resultate unserer Untersuchung in Be-
treff der Frage nach der differential-diagnostischen Verwerthbarkeit
der Widerstandsmessung bei Morbus Basedowii durchaus negativ aus-

gefallen ist, so ist unsere Arbeit darum doch nicht ohne positives Ergebniss geblieben. Aus den mitgetheilten Zahlen folgt als ein nicht unwesentliches Correlat zu den „Gesetzen der Widerstandsveränderungen durch den constanten Strom“, dass wenn auch die absoluten Widerstandsminima bei verschiedenen Personen innerhalb verhältnissmässig enger Grenzen unter einander übereinstimmen, die relativen Widerstandsminima bei derselben Elementenzahl individuell sehr erheblichen Differenzen unterliegen. Dem entsprechend zeigte sich, dass auch die zur Erzeugung des absolut niedrigsten Widerstandswerthes erforderliche elektromotorische Kraft keineswegs immer die gleiche, vielmehr sehr erheblichen individuellen Schwankungen unterworfen ist.

Anmerkungen.

- 1) Martius, Experimentelle Untersuchungen zur Elektrodiagnostik. I. Ueber die Veränderungen des Leitungswiderstandes der menschlichen Haut durch den constanten Strom. Dieses Archiv Bd. XVII. Heft 3.
 - 2) Stinzing und Graeber, Der elektrophysiologische Leitungswiderstand des menschlichen Körpers und seine Bedeutung für die Elektrodiagnostik. Leipzig 1886.
 - 3) A. a. O. S. 37.
-