

XI.

Zur Lehre von der Tetanie nebst Bemerkungen über die Prüfung der electrischen Erregbarkeit motorischer Nerven.

Von

Dr. W. Erb,

Professor in Heidelberg.



Die Prüfungen der electrischen Erregbarkeit, der faradischen sowohl wie der galvanischen, wie sie heutzutage gewöhnlich geübt werden, lassen an Sicherheit und Exactheit der Technik und an Verlässlichkeit der Resultate noch ungemein viel zu wünschen übrig. Es gilt dies weniger von den qualitativen Veränderungen der electrischen Erregbarkeit, wie sie z. B. bei den traumatischen Lähmungen uns in so frappanter und oft genug beschriebener Weise entgegentreten, als vielmehr von den Fällen, wo es sich um einfach quantitative Veränderungen, um ein kleines Mehr oder Weniger der Erregbarkeitsgrösse handelt. Immerhin giebt es auch hier zahlreiche Fälle, in welchen die Untersuchung verhältnissmässig leicht, die Resultate entsprechend zuverlässig und unzweideutig sind, nämlich alle jene Fälle, wo es sich um Vergleich symmetrischer Körpertheile, Nerven, Muskeln, Hautstellen u. s. w. handelt. Wo aber keine symmetrischen Theile zum Vergleich vorhanden sind, wo die gleichnamigen Nerven und Muskeln beider Körperhälften in gleicher Weise erkrankt sind, wie z. B. bei Paraplegien, bei Tabes, bei doppelseitigen Krampfzuständen u. s. w., da hat besonders die Ermittelung geringgradiger quantitativer Erregbarkeitsänderungen ihre sehr erheblichen Schwierigkeiten und man kann dreist behaupten, dass dieselben mit den seither üblichen Methoden gar nicht mit Sicherheit

festgestellt werden können. Es handelt sich dabei um eine mehr oder weniger willkürliche Schätzung, die nur allzusehr von subjectiven Momenten beeinflusst werden kann.

Es lässt sich nun nicht läugnen, dass diese Schätzung durch sehr grosse Uebung und Erfahrung von Seiten des Beobachters wesentlich an Zuverlässigkeit gewinnt und für die gröberen Vorkommnisse wohl auch an die Stelle exakterer Bestimmungen treten darf; allein sichere Resultate garantirt sie doch, besonders bei feineren Verhältnissen, keineswegs. Es verdienen deshalb die Angaben geübter Electrotherapeuten, die sich mit Ernst und Sorgfalt den oft so schwierigen und mühsamen Erregbarkeitsprüfungen unterziehen, weit mehr Vertrauen als die Angaben von Anfängern oder von ungeübten Aerzten, ohne jedoch volle Sicherheit zu gewähren. Aber es müssen auch Methoden gesucht und gefunden werden, welche von Jedem angewendet werden können und welche es auch dem Anfänger und dem Ungeübten ermöglichen, sichere oder doch wenigstens annähernd zuverlässige Resultate zu erhalten.

Dies Bedürfniss nach einer exakteren Methode der quantitativen electrischen Erregbarkeitsbestimmung wird wohl am dringendsten empfunden in den Fällen, bei welchen es sich um Constatirung einer gesteigerten Erregbarkeit handelt, besonders wenn diese Steigerung nur eine sehr mässige ist. Hier ist nun der gewöhnlich als Aushülfsmittel herbeigezogene Vergleich mit anderen gesunden Individuen durchaus unzulässig, weil eben bei verschiedenen gesunden Individuen die Leitungswiderstände von Epidermis, Haut, Fettpolster u. s. w. ganz enorm verschieden sind und dem entsprechend auch die Ergebnisse der Erregbarkeitsprüfung in sehr weiten Grenzen variiren. Darin liegt die Hauptschwierigkeit dieser Untersuchung und diese Schwierigkeit muss bei der Prüfungsmethode umgangen werden, wenn die Resultate brauchbar sein sollen.

Diese Betonung der verschiedenen Leitungswiderstände gilt allerdings weniger der Prüfung mit dem faradischen Strom. Derselbe überwindet, als ein Strom von hoher Spannung diese Widerstände verhältnissmässig leicht und giebt so vergleichbare Resultate; auch wird durch seine Einwirkung der Leitungswiderstand der Epidermis und der übrigen Gewebe lange nicht in so erheblichem Grade modifizirt, wie durch den galvanischen Strom. Bei diesem letzteren aber werden dadurch sehr erhebliche Fehlerquellen in die Untersuchung eingeführt. Jeder, der mit solchen Versuchen einigermassen vertraut ist, weiss, wie bedeutend der Ausschlag eines in den Gesamtstromkreis einge-

schalteten Galvanometers wächst, wenn man bei der gleichen Elementenzahl mehrere Unterbrechungen oder gar Wendungen des Stromes (Volta'sche Alternativen) macht. Es wird in solchen Fällen die Gesamtstromstärke erheblich gesteigert, offenbar weil der ausserwesentliche Widerstand (Epidermis, Haut, Körpergewebe) erheblich abnimmt durch die Einwirkung des Stromes selbst. Wenn nun bei diesen Manipulationen — bei Reizung eines motorischen Nervenstammes z. B. — viel stärkere Zuckungen auftreten, so hat man das gewöhnlich ohne Weiteres der durch die Einwirkung des Stromes gesteigerten Erregbarkeit der motorischen Nerven zugeschrieben; wahrscheinlich zum grossen Theil mit Unrecht, da meines Wissens noch keine exacten Untersuchungen am Lebenden existiren, welche das Moment der gesteigerten Leitungsfähigkeit der Gewebe bei der Beurtheilung der gesteigerten Erregbarkeit auszuschliessen gestatteten. — Ebenso beruhen die so häufigen Angaben von gesteigerter Erregbarkeit gegen den galvanischen Strom in Krankheitsfällen meiner Ueberzeugung nach zum Theil auf dem geringeren Leitungswiderstände der Gewebe bei vielen Individuen; und wenn sich das auch nachträglich nicht mit absoluter Sicherheit behaupten lässt, so kann doch nicht geläugnet werden, dass viele der bisherigen Angaben über gesteigerte Erregbarkeit, insofern sie diese wichtige Fehlerquelle nicht berücksichtigen, nicht als vollgültig betrachtet werden können; es gilt dies natürlich nur für Fälle von nicht sehr hochgradigen Steigerungen der Erregbarkeit. — Ebenso haben sich die auffallenden Angaben von Benedict, dass mit der Länge des in den Stromkreis eingeschalteten Rückenmarksstückes die Zuckungsgrösse im Gebiete des Peronaeus bei solehen Prüfungsversuchen wachse, als auf Irrthum beruhend herausgestellt, weil bei diesen Angaben die Differenz der Leitungswiderstände an den verschiedenen Ansatzstellen nicht berücksichtigt worden ist. Das ist von Anderen schon nachgewiesen und ich werde unten einige weitere Belege dafür beibringen.

Die Beobachtung einiger hierher gehöriger Krankheitsfälle legt mir zunächst eine Besprechung der gesteigerten electrischen Erregbarkeit der motorischen Nerven nahe. Dieselbe charakterisiert sich bei der faradischen Reizung (mit dem Strom der secundären Spirale): durch Vermehrung des Rollenabstandes, bei welchem die Contractionsminima eintreten, resp. durch eine Zunahme der Contractionsgrösse bei derselben Stromstärke. Für diese Prüfung liegt die Hauptschwierigkeit in der genauen und feinen Localisirung des Stromes auf den Nerven, resp. der exacten Bestimmung der niedersten Strom-

stärke, bei welcher noch ein Minimum von Contraction zu erzielen ist. Ich werde darauf zurückkommen.

Bei der galvanischen Reizung ist gesteigerte Erregbarkeit anzunehmen, wenn bei sehr geringen Stromstärken schon Kathoden-schliessungszuckung (KaSZ.) eintritt; wenn bei wenig höheren Stromstärken die Zuckung in einen Schliessungstetanus (STe.) übergeht; wenn die Anodenöffnungszuckung (AnOZ.) frühzeitig eintritt und wenn sich Kathodenöffnungszuckung (KaOZ.) leicht erzielen lässt; und endlich wenn Anodenöffnungstetanus (AnOTe) herstellbar ist.

Dazu kommt die von Brenner urgirte Steigerung der secundären Erregbarkeit, die aber wohl zum Theil auf Verminderung der Leitungswiderstände zurückzuführen ist. Und endlich ist ein ganz brauchbares Kriterium das Missverhältniss zwischen der motorischen und der sensiblen Reizung: wenn bei Strömen, die noch kaum empfunden werden, schon deutliche motorische Reactionen vorhanden sind, wenn die höchsten Stufen des Zuckungsgesetzes erzielt werden können bei Stromstärken, welche den Kranken noch keine erheblichen schmerhaften Sensationen bereiten.

Aus allen diesen Merkmalen wird man wohl mit Wahrscheinlichkeit, selten aber mit Sicherheit eine gesteigerte Erregbarkeit diagnostiren können; denn die Begriffe von „geringen“ oder „hohen“ Stromstärken sind sehr relative und bleiben so lange unklar, als eben über die Leitungswiderstände im Schliessungsbogen nichts bekannt ist. Und eben diesen Punkt hat man bei den bisherigen Untersuchungen fast gar nicht berücksichtigt; dem entsprechend ist auch die wirklich brauchbare Ausbeute an Angaben über gesteigerte electrische Erregbarkeit motorischer Nerven in den verschiedenen Werken über Electrotherapie eine äusserst dürftige. Bei Benedict, in dessen Krankheitsgeschichten die „erhöhte“ faradische oder galvanische Erregbarkeit sehr häufig vorkommt, finden sich nur ganz allgemeine Angaben über die Untersuchungsmethode (Electrotherapie p. 50 u. ff.) nebst der Angabe, dass es eine erhöhte electrische musculäre Contractilität gebe und weiterhin (p. 57) die ganz allgemeine Behauptung, dass das Auftreten von Öffnungszuckungen für die Beurtheilung gesteigerter motorischer Erregbarkeit besonders wichtig sei. Bei M. Meyer findet sich nichts über die Art und Weise, wie man in Fällen, wo keine symmetrischen Theile zum Vergleich zu Gebot stehen, über eine Steigerung der Erregbarkeit in's Klare kommen könne. — Bei Ziemssen dagegen (Electricität, 4. Aufl. p. 114 ff.) finden wir es klar ausgesprochen, dass die so oft zu beobachtende Steigerung der Erregbarkeit zum Theil sich durch

Abnahme der Leitungswiderstände erklärt. Er gibt auch eine Reihe von Cautelen an, um sich gegen diese Fehlerquelle zu schützen, ohne jedoch die Wirkung des Stromdurchgangs selbst auf die Verminderung der Leitungswiderstände genauer zu untersuchen und ohne ein praktisches und sicheres Mittel anzugeben, diese Fehlerquelle ganz zu eliminiren. — Bei Rosenthal (Electrotherapie, 2. Aufl.) finden sich in der allgemeinen Methodik der electrischen Untersuchung ebenfalls keine befriedigenden Angaben über die Constatirung der gesteigerten Erregbarkeit, während bei einzelnen Krankheitsformen, z. B. bei der Tabes, sich auf Grund der polaren Untersuchungsmethode schon eine schärfere Präcisirung des Begriffes der Erregbarkeitssteigerung findet.

In den Werken von Althaus, von Beard und Rockwell finden sich keine brauchbaren Angaben über diesen Punkt.

Brenner dagegen hat mit gewohnter Klarheit alle hier einschlagenden Verhältnisse überblickt und gibt (Untersuchungen, Bd. II. p. 111) eine vortreffliche Characteristik der gesteigerten galvanischen Erregbarkeit. Auch hat die Ausbildung der Methode der electrischen Erregbarkeitsprüfung durch ihn erhebliche Fortschritte gemacht und es sind von ihm an verschiedenen Stellen seines Buchs die Fehlerquellen bei diesen Prüfungen der Erregbarkeit bezeichnet worden. Allein auch dieser scharfsehende Beobachter hat seine Aufmerksamkeit nicht auf die Fälle gelenkt, welche ich hier im Auge habe und hat den Versuch nicht gemacht, die bei denselben obwaltende Fehlerquelle, fast die einzige, die bei Anwendung seiner Principien der Untersuchung noch übrig bleibt, zu eliminiren.

Diese Fehlerquelle ist nämlich unsere Unkenntniss der jeweiligen Leitungswiderstände des menschlichen Körpers und damit natürlich auch der wirklichen, in einem gegebenen Momente zur Einwirkung gelangenden Stromstärke. Wenn sich auch bei einer solchen Erregbarkeitsprüfung alle Charactere einer gesteigerten Erregbarkeit finden, wie sie oben angegeben wurden, so bleibt immer noch der Einwand übrig, dass es sich in dem speciellen Falle um ungewöhnlich geringe Leitungswiderstände, also um relativ hohe Stromstärken handle und dass diese eben die gesteigerten Reactionen hervorrufe.

Dass dieser Scepticismus in der That nicht zu weit geht und dass man das Gewicht dieses Einwandes nicht leicht zu hoch taxiren kann, werde ich unten nachweisen durch Vorführung der in der That auffallend grossen Differenzen des Leitungswiderstandes bei verschiedenen gesunden Individuen. Es handelt sich also darum, diesem Einwand zu begegnen und dies kann nur dadurch geschehen, dass man in jedem

Momente der Untersuchung die Gesamtstromstärke im Schliessungsbogen bestimmt und die dafür gewonnenen Werthe als Basis des Vergleichs nimmt. Ehe ich dies weiter ausführe und mit Thatsachen belege, will ich aber einen Krankheitsfall vorführen, bei welchem alle diese Verhältnisse in ausgesprochener Weise vorhanden waren und welcher mir der Ausgangspunkt für einen Theil der vorliegenden Untersuchungen geworden ist.

Es ist dies ein Fall von idiopathischen Muskelkrämpfen der Extremitäten oder Tetanie.

Georg Schaller, 22 Jahre alt, Hutmacher, tritt am 10. Januar 1872 in Behandlung. War früher immer gesund; es besteht angeblich keine neuropathische Disposition in der Familie. Im Frühjahr 1870 Beginn des jetzigen Leidens mit spurweiser Steifigkeit der Finger beim Anfassen von Gegenständen. Das steigerte sich nun sehr allmälig, so dass erst im Frühjahr 1871 die Sache förmlich zum Ausbruch kam, indem plötzlich die Hände ganz steif wurden und mehrere Stunden lang nicht geöffnet werden konnten. Die Finger waren dabei festgeschlossen, die Handgelenke aber dorsalflectirt.

Nach Ablauf des Krampfes bestand grosse Müdigkeit in den Armen. Gleichzeitig damit traten auch ähnliche tonische Krämpfe in den Füßen auf. Die Krämpfe kamen dann einige Zeit nur schwächer. Patient wurde damals ein Mal galvanisiert, worauf die Sache ziemlich verschwand.

Den Sommer hindurch war Patient durch das Leiden nicht genirt; erst seit Dezember 1871 ist es wieder etwas schlimmer geworden. Es kommt seitdem der Krampf 2-3 Mal am Tage, dauert aber jedes Mal nur kurze Zeit; die Stellung der Hände ist dabei meist so, wie bei starker faradischer Reizung des Ulnaris, manchmal aber auch etwas anders, indem nicht selten gleichzeitige mässige Dorsalflexion des Handgelenks eintritt. Hervorgerufen wird der Krampf in den Händen besonders dadurch, dass Patient irgend einen Gegenstand fest ergreift oder etwas auf den Schultern trägt. In den Beinen ist der Krampf weniger ausgesprochen, erscheint als eine unangenehme krampfige Spannung der ganzen Unterschenkelmusculatur und tritt besonders beim Bücken während der Arbeit auf. Während des Krampfes besteht mässige Schmerzhaftigkeit und Spannung in den betreffenden Muskeln, nach dem Krampfe sind die Glieder wie mude und abgeschlagen. Patient will bemerkt haben, dass nach Genuss von Spirituosen der Krampf leichter eintritt. Im Uebrigen ist Patient vollkommen gesund, bemerkt in den Extremitäten sonst gar keinen Schmerz, keine Formication, kein Taubsein oder dergleichen; er schläft gut, ist frei von Kopfschmerz und Schwindel.

Die objective Untersuchung ergibt an dem ziemlich hochgewachsenen, kräftig gebauten Menschen eine sehr wohl entwickelte Musculatur und sehr mässig entwickeltes Fettpolster. Haut von anscheinend ganz normaler Beschaffenheit, Epidermis nicht auffallend dünn. Motilität und Sensibilität überall vollkommen normal. Pupillen normal. Keinerlei sonstige objective Veränderung. Nur enthüllt die electrische Untersuchung eine höchst auffallende Steigerung der faradischen und galvanischen Erreg-

barkeit in sämmtlichen motorischen Rumpfnerven, ein Verhalten mit welchem die anscheinend normale Erregbarkeit der Facialiszweige merkwürdig contrastirt. Ich will die Resultate der ersten Untersuchungen hier zusammengedrängt anführen.

Faradische Erregbarkeit: (Grosse Electrode auf dem Sternum, feine Schwammelectrode zur Reizung; secundäre Spirale).

Ram. frontal. nervi fac. Minimalcontract. r. bei 47, l. bei 45 Mm. Rollenabstand.

Ram. mental. nervi fac. Minimalcontract. r. bei 55, l. bei 55 Mm. Rollenabstand.

Nerv. accessor. (Eintrittst. in Cucull.) Minimalcontract. r. bei 85, l. bei 87 Mm. Rollenabstand.

N. ulnaris (am Ellbogen) Minimalcontract. r. bei 85, l. bei 82 Mm. Rollenabstand.

N. medianus (Ellenbeuge) Minimalcontract. r. bei 85, l. bei 85 Mm. Rollenabstand.

N. radialis (Oberarm; unsichere Localisat.) r. bei 70, l. bei 75 Mm. Rollenabstand.

N. peronaeus (erregbarste Stelle) Minimalcontract. r. bei 80, l. bei 90 Mm. Rollenabstand.

Alle Rumpfnerven und besonders die Peronaei geben also bei erheblich geringeren Stromstärken schon das Contractionsminimum, als die Gesichtsnerven; auch sind die erregenden Stromstärken absolut sehr gering.

Galvanische Erregbarkeit (Prüfung immer, auch bei allen folgenden Versuchen so, dass eine grosse Electrode — 10 und 4 Cm. Seitenlänge — auf das Sternum gesetzt und mit einer kleineren quadratischen — 4 Cm. Seitenlänge — gereizt wird. Anfeuchtung mit heissem Wasser. — Immer Stöhrer'sche Elemente. — Es wird bei der niederen Stromstärke mit 3 kurzen Kathodenschliessungen (KaS.) begonnen, dann bei jeder höheren Stromstufe je 3 KaS. gemacht. Alle Schliessungen und Oeffnungen im metallischen Stromwender).

Ram. front. fac. Erste KaSZ r. bei 8 El., l. bei 8 El.

Ram. mental. fac. Erste KaSZ r. bei 8 El., l. bei 8 El.

In beiden Nervenzweigen bei wiederholten Versuchen mit 6 El. keine Zuckung, mit 4 El. Volt. Altern. keine Spur von Zuckung.

N. accessor. Erste KaSZ r. bei 4 El., l. bei 4 El.

N. ulnaris, Erste KaSZ r. bei 6 El., l. bei 6 El.

N. medianus, Erste KaSZ r. 6 El., l. 6 El.

N. radialis, Erste KaSZ r. 6 El., l. 6 El.

N. peronaeus, Erste KaSZ. r. 6 El., l. 6 El.

In den 4 letztgenannten Nerven treten selbst bei 4 El. mit Volt. Alternat. schon deutliche Zuckungen ein.

Im Nerv. radial. tritt schon bei 8 El. KaSZ-Tetanus (Galvanotonus) ein, selbst dann, wenn man in diese Stromstärke einschleicht. In allen übrigen Nerven tritt bei 10—12 El. sehr starker Schliessungstetanus ein.

Schon bei 6—8 Elem. ist überall das volle Zuckungsgesetz herstellbar; es tritt auf bei 6 Elementen KaSZ und AnOZ, bei 8 Elementen KaSTe ∞ , AnS, AnOZ; KaOZuckung ist wegen des Tetanus nicht sicher

zu constatiren. Bei höheren Stromstärken (10—14 Elementen) ist der Galvanotonus ein äusserst intensiver. — Besonders auffallend und characteristisch ist endlich das Missverhältniss zwischen der Intensität der motorischen und der sensiblen Reaction: bei den Stromstärken, welche schon intensiven KaSTE. hervorrufen, tritt noch fast gar keine Empfindung, kein Brennen auf.

Trotz dieser frappanten Erscheinungen konnte ich meiner Zweifel nicht Herr werden, ob es sich nicht doch hier nur um eine sehr gesteigerte Leistungsfähigkeit der Haut etc. handle. Zur Entscheidung stellte ich folgenden Versuch an: Es wird ein Galvanometer in den Stromkreis eingeschaltet, 2 quadratische Schwammelectroden werden in einer bestimmten Entfernung voneinander auf die Innenfläche des Vorderarms aufgesetzt und durch verschiedene Stromwendungen die grösstmögliche Ablenkung der Nadel bei verschiedenen Stromstärken zu erzielen gesucht. Dieser Versuch wurde bei Schaller, dann bei mir, dann bei einem anderen Gesunden (Rupp) angestellt.

Die Nadelablenkung betrug:
 mit 6 Elementen bei Schaller $3-4^0$, bei mir $1-1\frac{1}{2}^0$, bei Rupp $1-1\frac{1}{2}^0$,
 mit 8 Elementen bei Schaller $5-6^0$, bei mir 3^0 , bei Rupp $2\frac{1}{2}^0$,
 mit 12 Elementen bei Schaller $9-10^0$, bei mir $4-5^0$, bei Rupp 4^0 .

Also bei Schaller eine erheblich grössere Leistungsfähigkeit und entsprechend grössere Stromstärke; damit schien mir Anfangs die gesteigerte Erregbarkeit hinreichend erklärt.

Um jedoch die Frage sicher zu entscheiden, musste bestimmt werden, ob bei möglichst genau gleicher Stromstärke — angezeigt durch das Galvanometer — bei Schaller und bei Gesunden die gleiche Zuckungsgrösse vorhanden sei oder nicht. Wählte man die gleichen Electroden, die gleichen Ansatzzstellen, Durchfeuchtungsgrad, Dauer der Kathodenschliessungen bei beiden Versuchspersonen, so durfte man annehmen, dass bei der gleichen Nadelablenkung nahezu dieselbe Stromstärke und -dichtigkeit in den untersuchten Nerven vorhanden sei, mochten auch die erforderlichen Elementenzahlen noch so sehr differiren. Stellten sich dann Differenzen in der Zuckungsgrösse heraus, so waren dieselben ohne Zweifel auf Verschiedenheiten in der Erregbarkeit zu beziehen. Ich stellte desshalb den Versuch so an, dass ich zuerst bei Schaller bestimmte, bei welcher Stromstärke und Nadelablenkung in den verschiedenen Nerven KaSZ und dann KaSTE eintrat; und dann bei einem Gesunden (Rupp, 21 Jahre, Maurer, kräftige Musculatur, mässiges Fettpolster) die gleiche Bestimmung machte. Es stellte sich dabei heraus:

dass bei Schaller die erste KaSZ eintrat:

- im Radial. dext. bei 6 Elem. und $\frac{1}{2}^0$ Nadelablenkung.
- im Median. dext. bei 4 Elem. (V. Alt.) und $\frac{1}{4}^0$ N.-Abl.
- im Ulnaris dext. bei 4 Elem. (V. Alt.) und ohne N.-Abl.

bei Rupp dagegen die erste KaSZ:

- im Radial. dext. bei 12 Elem. und 3^0 N.-Abl.
- im Radial. sin. bei 12 Elem. und 3^0 N.-Abl.
- im Ulnar. dext. bei 16 Elem. und 6^0 N.-Abl.

dass ferner bei Schaller KaSTE eintrat:

- im Radial. dext. bei 10 Elem. und $3\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.
- im Radial. sin. bei 8 Elem. und 2^0 N.-Abl.

im Ulnaris dext. bei 12 Elem. und $3\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

im Median dext. bei 10 Elem. und $4\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

dass bei Rupp dagegen KaSTe erst eintrat:

im Radial. dext. bei 20 Elem. und 10^0 N.-Abl.

im Radial. sin. bei 20 Elem. und 10^0 N.-Abl.

im Ulnar. dext. bei 20—22 Elem. und $10—11^0$ N.-Abl.

Es stellte sich somit im Vergleich zu dem Gesunden, bei welchem zur Annahme einer verminderten Erregbarkeit nicht der mindeste Grund vorlag, für Schaller eine hochgradige Steigerung der galvanischen Erregbarkeit heraus. Während bei dem Gesunden die erste KaSZ erst bei 3^0 N.-Abl. eintrat, sehen wir sie bei Schaller schon bei $0—\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.; während beim Gesunden der KaSTe erst bei $10—11^0$ N.-Abl. (und zwar in mässigem Grade nur) auftrat, zeigt Schaller schon bei $2—4\frac{1}{2}^0$ N.-Abl. sehr starken STe in den untersuchten Nerven. Ich glaube darin einen Beweis für die wirklich vorhandene Steigerung der Erregbarkeit finden zu dürfen und will nur kurz die Versuchsergebnisse in den übrigen Nerven des Körpers anführen, aus welchen wieder das contrastirende Verhalten der Gesichtnerven hervorgeht.

N. frontalis dext. und sin.

Schwache KaSZ bei 6 Elem. und $1\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

Starke KaSZ bei 8 Elem. und 3^0 N.-Abl.

KaSTe bei 10 Elem. und 7^0 N.-Abl.

Ram. mentalis dext.

Schwache KaSZ bei 6 Elem. und 2^0 N.-Abl.

Starke KaSZ bei 8 Elem. und $4\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

KaSTe bei 10 Elem. und 7^0 N.-Abl.

N. accessor. dext. und sin.

KaSTe bei 6 Elem. und $1\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

Starker KaSTe bei 8 Elem. und 3^0 N.-Abl.

N. peronaeus dext. und sin.

KaSZ bei 6 Elem. und 1^0 N.-Abl.

KaSTe bei 10 Elem. und $3\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

Starker Te bei 12 Elem. und 6^0 N.-Abl.

Also in allen Rumpfnerven eine sehr hochgradige Steigerung der Erregbarkeit.

Patient wird versuchsweise behandelt mit An stab. längs der Wirbelsäule, wobei Ka auf dem Sternum. Ausserdem 10 Elemente \downarrow stab. vom Nacken zu den Armnerven. Dabei tritt alsbald Besserung ein: der Krampf wird seltener und schwächer, aber die gesteigerte Erregbarkeit erhält sich. Die anfangs täglichen galvanischen Sitzungen werden von Ende Januar ab auf 3 in der Woche reducirt.

Anfangs März wird folgender Status aufgenommen: Die Besserung hat sich in der letzten Zeit nicht erhalten; es tritt wieder öfter Krampf ein, besonders im linken Arm. Die gesteigerte Erregbarkeit besteht noch immer. Die galvanische Prüfung ergibt u. A. folgende Resultate. (Z, Z', Z'', Te, Te' u. s. f. bedeutet zunehmende Stärke der Zuckungen oder des Tetanus; es ist immer KaS. gemeint.)

N. accessor. dext.	N. acc. sin.
6 Elem. — $\frac{1}{4}^0$ N.-Abl. — Z.	6 Elem. — $\frac{1}{4}^0$ N. — Z'
8 Elem. — 1^0 N.-Abl. — Te	8 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ N. — Te
10 Elem. — 4^0 N.-Abl. — Te'	10 Elem. — 4^0 N. — Te'
N. radial. dext.	N. rad. sin.
6 Elem. — $\frac{1}{4}^0$ N. — O.	6 Elem. — $\frac{1}{4}^0$ N. — Z
8 Elem. — $\frac{3}{4}^0$ N. — Z.	8 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ N. — Te
10 Elem. — 2^0 N. — Z'	10 Elem. — 3^0 N. — Te''
12 Elem. — $4\frac{1}{2}^0$ N. — Te'	8 Elem. — 2^0 N. — Te'
10 Elem. — $2\frac{1}{2}^0$ N. — Te	6 Elem. — $\frac{1}{2}^0$ N. — Z''
N. medianus dext.	N. median. sin.
8 Elem. — 1^0 N. — Z.	8 Elem. — 1^0 N. — Z
10 Elem. — 2^0 N. — Z'	10 Elem. — $2\frac{1}{2}^0$ N. — Te
12 Elem. — 4^0 N. — Te	12 Elem. — 5^0 N. — Te''
10 Elem. — $2\frac{1}{2}^0$ N. — (te)	8 Elem. — 2^0 N. — Te.

Es scheint demnach die Erregbarkeit der Nerven des linken Armes etwas grösser als die des rechten.

Bei weiterer Untersuchung stellt sich aber ferner noch heraus, dass AnOZ fast genau bei der gleichen niedersten Stromstärke eintritt, wie KaSZ und außerdem die höchst interessante Thatsache, dass im Medianus und Radialis beiderseits bei 10—12 Elem. starker Anoden-Oeffnungstetanus eintritt.

Dieser Oeffnungstetanus besteht in einer plötzlich eintretenden, tetanischen (tonischen) Contraction, welche erst nach einigen Secunden mit leicht zuckenden Bewegungen nachlässt und in den Muskeln für kurze Zeit ein leicht spannendes, „krampfiges“ Gefühl hinterlässt. Schliesst man sofort mit der An wieder, so hört der Tetanus auf, um nach der Oeffnung sofort wiederzukehren. Sein Erscheinen wird begünstigt durch längere Schliessungsdauer und höhere Stromstärke.

Das bei der Prüfung des Zuckungsgesetzes im Radialis sin., gefundene Resultat sei hier kurz mitgetheilt.

Es treten im Radialis sin. auf: (Versuchsanordnung wie immer)

bei 6 Elem. : KaSZ; AnOZ; —
 bei 8 Elem. : KaSTe; AnOZ'; AnSZ.
 bei 10 Elem. : KaSTe'; AnOZ"; AnSZ.
 bei 12 Elem. : KaSTe"; AnOTe; AnSZ'
 bei 14 Elem. : KaSTe"'; AnOTe'; AnSTe

Im Median. sin. fast genau das gleiche Resultat.

Zur Sichtbarmachung der feineren Verhältnisse folgt hier auch noch das Ergebniss einer Prüfung mit Hülfe des Rheostaten. (Versuchsanordnung wie gewöhnlich; zuerst geprüft aufsteigende KaSS, dann erst AnS, und zuletzt AnO.)

12 Elem.	50 LW. ¹⁾	KaS. —	AnS. —	AnO. —
	60 LW.	— : Z.	— : —	— : —
	80 LW.	— : Z'	— : —	— : Z

1) Leitungswiderstand von 50 Siem. Einheiten in der Nebenschliessung.

100 LW.	— : Z"	AnS : —	AnO: Z'
150 LW.	— : Te	— : —	— : Z"
180 LW.	— : Te'	— : —	— : Z'''
200 LW.	— : Te"∞	— : Z.	— : Te>
250 LW.	— : Te"∞	— : Z.	— : Te'>
60 LW.	— : Z'	— : —	— : Z'
40 LW.	— : Z	— : —	— : Z
30 LW.	— : Z	— : —	— : —

(Es geht aus diesem Versuch gleichzeitig das für die polare Untersuchungsmethode wichtige und bezeichnende Resultat hervor, dass mit AnS selbst bei ziemlich hohen Stromstärken noch keine Zuckung im Radialgebiet eintritt: eine Erscheinung, die man bei allen Gesunden leicht constatiren kann. Wenn eine AnSZ eintritt, so beschränkt sie sich in solchen Fällen auf den Musc. triceps, während bei AnO alle vom Radialis innervirten Muskeln am Vorderarm lebhaft zucken; ein deutlicher Beweis dafür, dass die Erregung bei AnS an einer anderen Stelle eintritt, als bei AnO, also wohl durch Stromschleifen und entsprechende Kathodenwirkung bedingt ist. Das hängt ohne Zweifel von den anatomischen Lagerungsverhältnissen des Nerv. radial. in Bezug auf die Stromschleifen ab.)

Die Behandlung wird von jetzt an so modifiziert, dass die Ka in den Nacken, die An auf die Nervenstämme der oberen Extremität zu stehen kommt, wobei ein Strom von ca. 12—14 Elementen einige Zeit einwirkt, der dann durch allmäßiges Ausschleichen geöffnet wird. Dabei tritt rasch wieder Besserung ein und bleibt die Erregbarkeitssteigerung bestehen; AnOTe wird wiederholt constatirt und demonstriert; von Mitte April ab bleibt Patient weg.

Am 15. Juli 1872 stellt er sich zur Untersuchung wieder vor. Der Krampf ist fast ganz verschwunden, obgleich Patient viel gearbeitet hat; in den Beinen tritt er hier und da noch auf, in den Armen fast gar nicht mehr, selbst nicht bei reichlichem Bier- oder Weingenuss. Die galvanische Prüfung ergiebt, dass die Erregbarkeit der Armnerven erheblich gesunken ist:

Radialis dext.	Radial. sin.
KaSZ — 10 Elem. und $1\frac{1}{2}^0$	KaSZ — 10 Elem. und $1\frac{1}{4}^0$
KaSTe — 14 Elem. und 7^0	KaSTe — 16 Elem. und $6\frac{1}{2}^0$
Ulnaris dext.	Ulnar. sin.
KaSZ — 8 Elem. und $1\frac{1}{2}^0$	KaSZ — 8 Elem. und 1^0
KaSTe — 12 Elem. in 4^0	KaSTe — 14 Elem. und $3\frac{1}{2}^0$

Ausserdem ist heute im N. radialis beiderseits, selbst bei sehr starkem Strom (24 und 26 Elem.) und bei längerer Schliessungsdauer kein AnOTetanus mehr zu erzielen, sondern nur sehr starke AnOZ.

23. August 1872. Es geht dem Patienten, der seitdem nicht wieder behandelt wurde, fortwährend ganz gut. Der Krampf in Armen und Beinen ist völlig verschwunden; auch bei schwerer Arbeit existirt davon keine Spur mehr.

Die galvanische Untersuchung ergiebt Fortdauer der das letzte Mal gefundenen Herabsetzung der Erregbarkeitssteigerung. Es tritt in beiden Radiales erst bei 8—10 Elementen KaSZ ein und erst bei 16 Elementen ($6-8^0$ N.-Abl.) KaSTe.

Im Ulnaris bei 8 Elementen KaSZ und bei 14 Elementen (3^0) erst Te. — Anodenöffnungstetanus ist — selbst mit 24 und 26 Elementen, die schon äusserst schmerhaft sind — in keinem Nerven mehr herstellbar.

25. Dezember 1872. Patient wird heute wieder untersucht: es geht ihm ganz wohl und er hat seither fast gar keinen Krampf gehabt; nur vor 8 Tagen trat derselbe vorübergehend im linken Arme auf; es scheint also das Leiden noch nicht ganz getilgt. Patient arbeitet aber dabei viel und kräftig. Die faradische Untersuchung ergiebt an diesem Tage:

Ram. frontalis r. 55, l. 56 Mm. Rollenabstand.

Ram. mentalis: r. 65, l. 65 Mm. Rollenabstand.

Nerv. accessor: r. 78, l. 80 Mm. Rollenabstand.

N. ulnaris r. 80, l. 75 Mm. Rollenabstand.

N. peronaeus r. 75, l. 70 Mm. Rollenabstand.

Die galvanische Untersuchung giebt wieder etwas mehr gesteigerte Erregbarkeit, als bei der letzten Untersuchung. Im N. radialis beiderseits bei 24 Elementen wieder sehr deutlicher und starker AnOTE. Im Ulnaris beiderseits ist das Phänomen nicht zu erzielen; da tritt nur starke AnOZ ein. Die übrigen Ergebnisse sind:

N. accessor. dext. und sin.

Erste KaSZ bei 6 Elem. und $1-1\frac{1}{2}^0$ N.-Abl,

KaSTe bei 8 Elem. und $2-2\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.

N. radial. dext.

KaSZ — 6 Elem. — 1^0

KaSTe — 8 Elem. — 2^0

Radial. sin.

KaSZ — 8 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$

KaSTe — 10 Elem. — 2^0

N. ulnar. dext.

KaSZ — 6 Elem. — 1^0

KaSTe — 8 Elem. — 2^0

Ulnaris sin.

KaSZ — 8 Elem. — 1^0

KaSTe — 10 Elem. — 2^0 .

Es besteht also offenbar im Vergleich zur letzten Untersuchung wieder Erhöhung der Erregbarkeit.

Endlich habe ich mir den Patienten noch einmal in den letzten Tagen (9. Februar 1873) zur Untersuchung kommen lassen. Er fühlt sich vollkommen wohl, hat seit der letzten Untersuchung keine Spur von Krampf gehabt. Dem entsprechend ist auch ein deutliches Sinken der galvanischen Erregbarkeit zu bemerken. Ich theile zum Vergleich die Untersuchungsergebnisse ziemlich vollständig mit:

Ram. frontal. dext.	Ram. mental. dext.
6 Elem. — $\frac{1}{2}^0$ — O.	8 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Z
8 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Z.	10 Elem. — $4\frac{1}{2}^0$ — Z'
12 Elem. — 8^0 — Z'	12 Elem. — $8\frac{1}{2}^0$ — Te
14 Elem. — 10^0 — Te>	10 Elem. — 7^0 — Te>
10 Elem. — 8^0 — Z'	8 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Z'
8 Elem. — 4^0 — Z'	

Nerv. accessor. dext.
6 Elem. — 2^0 — Z
8 Elem. — $4\frac{1}{2}^0$ — Te
10 Elem. — 7^0 — Te

N. peronaeus dext.
8 Elem. — 2^0 — Z.
12 Elem. — 5^0 — Z'
14 Elem. — $6\frac{1}{2}^0$ — Te

Nerv. accessor. dext.		N. peronaeus dext.	
8 Elem.	$- 4^0$ — Z'	12 Elem.	$- 5^0$ — Z'
6 Elem.	$- 2\frac{1}{2}^0$ — Z.	8 Elem.	$- 2^0$ — Z
N. radialis dext.		Radialis sin.	
8 Elem.	$- \frac{1}{2}^0$ — O	8 Elem.	$- 1^0$ — O
10 Elem.	$- 2^0$ — Z	10 Elem.	$- 3\frac{1}{2}^0$ — Z
12 Elem.	$- 4^0$ — Z'	12 Elem.	$- 6\frac{1}{2}^0$ — Te
14 Elem.	$- 7^0$ — Te	16 Elem.	$- 11^0$ — Te"
16 Elem.	$- 9^0$ — Te'	12 Elem.	$- 8^0$ — Te
12 Elem.	$- 5^0$ — Z"	10 Elem.	$- 5^0$ — (Te?)
8 Elem.	$- 2^0$ — Z.	8 Elem.	$- 3^0$ — Z
		6 Elem.	$- 1^0$ — O.
N. ulnar. dext.		Ulnar. sin.	
8 Elem.	$- 1^0$ — Z.	8 Elem.	$- 2\frac{1}{2}^0$ — Z
10 Elem.	$- 2\frac{1}{2}^0$ — Z	10 Elem.	$- 3\frac{1}{2}^0$ — Te
12 Elem.	$- 4^0$ — Te	14 Elem.	$- 7^0$ — Te'
14 Elem.	$- 6^0$ — Te'	10 Elem.	$- 4^0$ — Te
10 Elem.	$- 2\frac{1}{2}^0$ — Z.	8 Elem.	$- 2\frac{1}{2}^0$ — Z.

Also besonders in den Radiales und im Peronaeus eine entschiedene Abnahme der Errregbarkeit gegenüber den Resultaten der ersten Untersuchung.

Auch der Anodenöffnungstetanus kann heute durchaus nicht mehr erzielt werden, selbst mit sehr hohen Stromstärken und langer Schliessungsdauer nicht.

Die Untersuchung mit AnO ergibt nämlich:

Radialis dext.		Radial. sin.	
16 Elem.	$- 14^0$ — AnOZ'	20 Elem.	$- 17^0$ — AnOZ'
20 Elem.	$- 17^0$ — AnOZ"	24 Elem.	$- 19^0$ — AnOZ"
24 Elem.	$- 19^0$ — AnOZ"	28 Elem.	$- 21^0$ — AnOZ""
Ulnaris dext.		Ulnar. sin.	
20 Elem.	$- 14^0$ — AnSTe, AnOZ	20 Elem.	$- 16^0$ — AnOZ'
24 Elem.	$- 18^0$ — AnOZ".	24 Elem.	$- 19^0$ — AnOZ"

Also nie mehr Oeffnungstetanus; und die Stromstärke bei $17-21^0$ Nadel-Ablenkung ist eine sehr respectable, die von den Wenigsten ertragen wird; erzeugt auch bei unserem Kranken sehr lebhaftes Brennen.

Die Länge der vorstehenden Krankheitsgeschichte dürfte wohl in den mitgetheilten, wie mir scheint nicht uninteressanten Thatsachen ihre beste Entschuldigung finden. Handelt es sich doch auf diesem schwierigen und noch sehr oberflächlich cultivirten Gebiete gerade noch um Feststellung sicherer und mit genügender Sorgfalt ermittelten Thatsachen. Wir haben es offenbar in dem vorliegenden Falle mit einer hochgradigen Steigerung der galvanischen Erregbarkeit der meisten motorischen Nerven des Körpers zu thun und es zeigt die Höhe dieser

Veränderung zu verschiedenen Zeiten deutliche Schwankungen, die sich an die verschiedenen Phasen des Krankheitsverlaufs anzuschliessen scheinen, die also vielleicht eine gewisse Bedeutung für die Pathologie der vorliegenden Krankheit haben.

Dass es sich hier wirklich um eine Steigerung der galvanischen Erregbarkeit handelt, dürfte aus den vorstehenden Mittheilungen wohl unzweifelhaft hervorgehen: bringt doch die Untersuchung alle oben angegebenen und auch von Brenner (l. c.) aufgestellten Charactere der Erregbarkeitserhöhung in exquisitestcr Weise zu Tage! Und ist ausserdem zur Evidenz nachgewiesen, dass alle die beregten Erscheinungen bei dem Kranken bei einer absolut geringeren Stromstärke vorhanden sind, als sie sonst bei Gesunden aufzutreten pflegen, wofür ich unten weitere Beweise vorbringen werde.

Diese Annahme erfährt eine, wie mir scheint, sehr frappante Bestätigung durch das meines Wissens hier zum ersten Male beim lebenden Menschen beobachtete Auftreten von *Anodenöffnungstetanus*. So weit mir die einschlägige Literatur bekannt ist, wird dieses Vorkommen beim Lebenden nicht erwähnt. Selbst Brenner, der sich am Eingehendsten und Sorgfältigsten mit dem motorischen Zuckungsgesetz am Lebenden befasst hat, erwähnt dieses Vorkommen nicht. Nur bei einem Sinnesnerven, nämlich beim *Acusticus*, ist dieses Phänomen sehr häufig zu beobachten, nämlich in allen Fällen von galvanischer Hyperästhesie des *Acusticus*, in welchen die *AnO* von einem länger dauern- den, allmälig verschwindenden Klingen gefolgt wird; eine Erscheinung, die offenbar dem *AnOTe* ganz analog ist. (Vgl. die einschlagenden Beobachtungen von Brenner, Untersuchungen, Bd. I., Hagen, Beiträge zur Ohrenheilkunde I. und VI., Erb, Reaction des *Acusticus*, Moos-Knapp'sch. Archiv u. s. w.)

Dagegen spielt der „*Oeffnungstetanus*“ in den Arbeiten der Physiologen und in den Lehrbüchern der Physiologie schon seit lange eine grosse Rolle. Er ist von Ritter entdeckt und seitdem vielfach mit dem Namen „*Ritterscher Tetanus*“ bezeichnet worden. Pflüger und Rosenthal haben später die Bedingungen seines Entstehens und die Art und Weise seines Zustandekommens genauer untersucht. Es ist hier nicht der Ort, auf die von den Physiologen erörterten Fragen über diese Erscheinung des Zuckungsgesetzes einzugehen; es sei hier nur erwähnt, dass der *Oeffnungstetanus* als ein Zeichen von hochgradiger Erregbarkeit betrachtet wird und dass zu seinem Entstehen starke Ströme, lange Schliessungsdauer und sehr gute Erregbarkeit der Präparate erforderlich ist. Dass der *Oeffnungstetanus* von der *Anode*

ausgeht, kann besonders nach den von Pflüger angestellten Versuchen nicht zweifelhaft sein; es stimmt damit auch das Auftreten desselben bei unseren Kranken nur bei AnO.

Ich halte es demnach für gerechtfertigt, das Auftreten von AnOTe in unserem Falle als ganz besonders characteristisch für die Steigerung der galvanischen Erregbarkeit zu bezeichnen und zu weiterem Suchen nach diesem Phänomen beim Menschen aufzufordern. Es trat bei Schaller im März 1872 der AnOTe schon bei solchen absoluten Stromstärken (ca. $4\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.) auf, bei welchen Gesunde nur unter günstigen Verhältnissen KaSTE zeigen; und Welch' enorme Stromstärken bei Gesunden zur Erzielung von AnOTe erforderlich sein würden, lässt sich gar nicht mit Bestimmtheit absehen, da man das Phänomen bisher bei Gesunden noch nicht hat herstellen können. Wie sehr auch bei Schaller das mässige Sinken der Erregbarkeit die Fähigkeit zum Entstehen des AnOTe herabgesetzt hat, zeigen die Ergebnisse der letzten Untersuchung, wo selbst bei 21^0 N.-Abl. kein Oeffnungstetanus mehr zu erzielen ist. — Es kann somit wohl mit voller Sicherheit ausgesprochen werden, dass bei dem Kranken Schaller zu bestimmten Zeiten des Krankheitsverlaufs eine hochgradig gesteigerte galvanische Erregbarkeit vorhanden war.

Ob man dasselbe auch für die faradische Erregbarkeit seiner motorischen Rumpfnerven behaupten könne, scheint mir nicht ganz so unzweifelhaft, obgleich auch hier die Untersuchung eine auffallend leichte Anspruchsfähigkeit dieser Nerven herausstellt. Näher auf diese Frage einzugehen, muss ich auf die unten folgenden Erörterungen über die Prüfung der faradischen Erregbarkeit bei Gesunden und Kranken verschieben.

Ehe ich jedoch die Epikrise des obigen Falles vollende, will ich kurz noch einen zweiten ähnlichen Fall von Tetanie mittheilen, welcher leider nur sehr kurz beobachtet wurde, aber doch eine ähnliche Steigerung der galvanischen Erregbarkeit nachweisen liess.

Philipp Kunz, 18 Jahre alt, Schuster; leidet seit 3 Jahren an der vorliegenden Affection, die er sich in einer Wollfabrik zugezogen haben will, wo er im Winter viel mit den Händen in kaltem Wasser zu arbeiten hatte. Erst seit zwei Jahren ist Patient Schuster; war als Kind immer gesund; in seiner Familie angeblich keine Krampfkrankheiten. — Meist besteht das Leiden den ganzen Winter hindurch, mit Pausen. In diesem Jahre kam es jedoch Anfangs Mai wieder, und es wurde Patient am 10. Juni 1872 zum ersten Male beobachtet.

Der Krampf kündigt sich an durch Wimmeln und Brennen in den Händen; dann entsteht ein tonischer Krampf, der von lebhaften

Schmerzen begleitet ist, die sich bis in die Finger erstrecken. An den Händen ist der Krampf beschränkt auf das Ulnarisgebiet, mit vollkommen characteristischer Hand- und Fingerstellung (wie bei faradischer Reizung des Ulnaris); er dauert manchmal bis zu 2 Tagen, so dass Patient die Hand nicht öffnen kann; gewöhnlich aber nur $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ —1 Stunde; er tritt vorwiegend rechts auf, seltener und weniger intensiv in der linken Hand; kommt meist des Nachts, seltener am Tag und bei der Arbeit. In den Beinen trat der Krampf erst 2—3 Mal auf, besonders in den Streckern: das Knie wird dabei steif, die Zehen gestreckt und steif, ebenfalls mit lebhaften Schmerzen.

Sonst wenig Abnormes an dem Kranken zu finden: Kein Kopf- oder Rückenschmerz; keine abnormalen Sensationen in den Armen oder sonstwo in der krampffreien Zeit; Sensibilität der Hände und Finger ganz normal. Keine Anomalien der Harn- und Stuhlentleerung. Gehirnnerven normal; während des Krampfes tritt manchmal Flimmern vor den Augen ein; nicht selten während des Krampfes Stimmlosigkeit, aber nur ganz vorübergehend.

Die galvanische Untersuchung wurde am 25. Juni 1872 vorgenommen und leider nur auf die Armnervenstämmen ausgedehnt. Hier die Resultate: (Untersuchungsmethode genau wie im vorigem Falle).

N. ulnaris dext.	Ulnar. sin.
12 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Te	12 Elem. — 1^0 — Te
14 Elem. — 3^0 — Te'	14 Elem. — 3^0 — Te'
16 Elem. — $4\frac{1}{2}^0$ — Te''	16 Elem. — 4^0 — Te''
12 Elem. — 2^0 — Te'	12 Elem. — $2\frac{1}{2}^0$ — Te'
10 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Te	10 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Te
8 Elem. — $\frac{1}{2}^0$ — Z.	8 Elem. — $\frac{3}{4}^0$ — Z.

N. medianus dext.	Med. sin.
12 Elem. — 1^0 — Te	12 Elem. — 1^0 — Z.
16 Elem. — 5^0 — Te''	14 Elem. — 3^0 — Te.
14 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Te'	18 Elem. — 6^0 — Te''
12 Elem. — $2\frac{1}{2}^0$ — Te	12 Elem. — 3^0 — Te
10 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Te>	10 Elem. — 2^0 — Te
8 Elem. — $\frac{3}{4}^0$ — Z.	8 Elem. — 1^0 — Z.

N. radialis dext.	Radial. sin.
12 Elem. — $\frac{1}{2}^0$ — Z	12 Elem. — $\frac{1}{2}^0$ — Z
14 Elem. — $\frac{3}{4}^0$ — Z'	14 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Z'
18 Elem. — 4^0 — Te	16 Elem. — 4^0 — Te
20 Elem. — 6^0 — Te'	18 Elem. — $6\frac{1}{2}^0$ — Te''
16 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Te	14 Elem. — $3\frac{1}{2}^0$ — Te
14 Elem. — 2^0 — Z.	12 Elem. — 3^0 — Te>

Also eine deutliche Steigerung der galvanischen Erregbarkeit, besonders im Medianus und Ulnaris (Te bei 1 — $1\frac{1}{2}^0$ N.-Abl.) während im Radialis die Steigerung nicht so erheblich ist (Te erst bei 3 — 4^0 N.-Abl.). — Ueber eine Prüfung der AnOreaction habe ich nichts notirt; auch ist der Kranke von mir nicht öfter untersucht und nicht galvanisch behandelt worden.

Dass es sich in den beiden vorliegenden Fällen um die verhältnissmässig seltene Krampfform handelt, welche von den Franzosen zuerst als Tetanie, Tetanille, von Anderen als Schusterkrampf, tonischer Beschäftigungskrampf u. s. w. bezeichnet wurde, kann wohl nicht bezweifelt werden. Die vollständige Uebereinstimmung mit der von Hasse (Krankheit. des Nervensystems. 2. Aufl. p. 158) gegebenen Beschreibung dieser Krankheit liegt auf der Hand und es können gerade die oben mitgetheilten Krankheitsfälle als typische Formen der unter höchst manigfachen Bildern erscheinenden Krankheit bezeichnet werden. Die Aetiologie und Symptomatologie dieser Fälle bietet auch gerade nichts Besonderes. Im zweiten Fall ist die Krankheit jedenfalls auf Kälteeinwirkung zurückzuführen, im ersten Fall ist keine bestimmte Ursache nachzuweisen. Die Symptome sind die der leichteren Fälle und ist dabei das discontinuirliche Auftreten der tonischen Krämpfe in bestimmten Muskelgruppen der Vorderarme und Unterschenkel, es sind die Vorläufer und die nachfolgenden subjectiven Beschwerden ganz besonders characteristisch. Das sogenannte Troussseau'sche Symptom, welches Kussmaul in seinen Arbeiten über diese Krankheit¹⁾ besonders urgirt, (Auftreten der Krämpfe bei Compression der Hauptnervenstämmen oder Hauptgefässe des Gliedes) habe ich bei meinen Kranken nicht constatirt, da ich darauf zur Zeit der Beobachtung nicht aufmerksam war; bei Schaller habe ich es bei der Untersuchung am 25. Dezember 1872 vergebens hervorzurufen gesucht.

Dagegen halte ich den von mir zuerst auf exacte Weise gelieferten Nachweis der erhöhten galvanischen (und faradischen?) Erregbarkeit der motorischen Nerven für einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Pathologie dieser Krankheit. Diese Thatsache selbst ist auch früheren Beobachtern nicht entgangen, allein es kann denselben der Einwand einer nicht genügend exacten Untersuchungsmethode gemacht werden und die Resultate berechtigten also nicht zu weitergehenden Schlüssen. Immerhin ist die Ausbeute von Angaben über das elektrische Verhalten von Nerven und Muskeln bei dieser Krankheit, die man in den Lehrbüchern der Electrotherapie und den Handbüchern über Nervenkrankheiten findet, eine äusserst geringe und es finden sich nur einige kurze Notizen darüber bei deutschen Autoren. So berichtet Benedict (Electrotherapie p. 128) „dass bei tonischen

1) Kussmaul, Ueber rheumatischen Tetanus und rheumatisch-tonische Krämpfe mit Albuminurie. Berl. Klin. Woch. 1871. Nr. 41—44. — Zur Lehre von der Tetanie. ibid. 1872. Nr. 37.

Beschäftigungskrämpfen beim Nervenmuskelstrom erhöhte Reaction und zwar auch Galvanotonus und Oeffnungszuckungen bei schwachen auf- und absteigenden Strömen vorhanden sei“, eine Angabe, die, wie man sieht, mit meinen Befunden in vollkommener Uebereinstimmung sich befindet, für welche ich jedoch die näheren Belege vergebens gesucht habe. Und Kussmaul berichtet in seinem jüngst beschriebenen Falle (l. c. 1872 Nr. 37) bei einem 6 jährigen Kinde, dass die galvanische Erregbarkeit der Muskeln der Vorderarme und Unterschenkel erhöht gewesen sei. „Schon schwache Ströme lösten bei auf- und absteigender Richtung Schliessungs-, zuweilen auch Oeffnungszuckungen aus, vermehrte man die Zahl der Elemente, so traten auch Oeffnungszuckungen ein. Man erzielte diese Wirkungen, wenn man beide Electroden auf die Muskeln, oder eine auf den Nerven und die andere auf den Muskel setzte.“ Aus diesen etwas unklaren und gewisse Mängel der Untersuchungsmethode verrathenden Angaben scheint wenigstens so viel hervorzugehen, dass wirklich eine gesteigerte galvanische Erregbarkeit bestanden hat und zwar der motorischen Nerven, wie wir wohl unbedenklich sagen dürfen, da bei anatomisch nicht alterirten Muskeln die Erfolge der directen Muskelregung wohl nur auf Reizung der intramusculären Nerven zu beziehen sind. — Das ist Alles was ich von brauchbaren Angaben über diesen Punkt gefunden habe.

Ich kann diese Beobachtungen nun durch die Resultate meiner oben mitgetheilten Untersuchungen an 2 Krankheitsfällen ergänzen und erweitern und wohl mit aller Bestimmtheit die Existenz der gesteigerten galvanischen Erregbarkeit bei denselben behaupten. Da ich ausserdem in dem einen Falle die Veränderungen der galvanischen Erregbarkeit über ein Jahr lang genau verfolgt habe, lässt sich wohl hier die Frage erörtern, ob und in welchem Zusammenhange die gesteigerte electrische Erregbarkeit mit der gleichzeitigen Krampfkrankheit stehe. Beim Ueberblicken der oben mitgetheilten 1. Krankheitsgeschichte fällt sofort auf, wie die Höhe der Erregbarkeitsveränderungen ziemlich parallel geht mit der Intensität der Krampferscheinungen, so dass an einen inneren Zusammenhang dieser beiden Erscheinungsreihen gedacht werden muss. Zur Zeit der Acme der Krankheit, wo die Krampfzufälle am ausgesprochensten waren, also etwa in den ersten 3—4 Monaten des Jahres 1872 — sehen wir auch die höchste Steigerung der galvanischen Erregbarkeit in den verschiedenen Nervenstämmen des Rumpfes: es tritt KaSTe bei $1\frac{1}{2}$ —4° N.-Abl. auf und es lässt sich AnOTe bei sehr mässiger Stromstärke (10—14 Elemente) erzielen. —

Mitte Juli, wo bedeutende Besserung eingetreten war und der Krampf nur noch spurweise in den Beinen auftrat, finden wir ein deutliches Sinken der Erregbarkeit: Er tritt erst bei höheren Stromstärken, bei $3\frac{1}{2}$ — 7^0 N.-Abl. auf und AnOte ist selbst mit hohen Stromstärken (24—26 Elemente) nicht mehr zu erzielen. Dasselbe finden wir in noch ausgesprochener Weise im August bei fortbestehender Besserung. — Im Dezember dagegen, wo ein zeitweiliges, spurweises Auftreten des Krampfes wieder eine erhöhte Disposition zu demselben verräth, weist die Untersuchung wieder eine deutliche Steigerung der Erregbarkeit nach. Auftreten von KaSTE bei $1\frac{1}{2}$ — 2^0 N.-Abl. und abermaliges Auftreten von AnOte, wenn auch bei verhältnissmässig hoher Stromstärke — bei 24 Elementen — Endlich im Februar 1873, wo alle Krampferscheinungen wieder seit einiger Zeit aufgehört haben, finden wir wieder erhebliche Verminderung der früher bestandenen Erregbarkeitssteigerung: KaSTE erst bei $3\frac{1}{2}$ — 7^0 N.-Abl., während AnOte selbst bei sehr hohen Stromstärken gar nicht mehr zu erzielen ist.

Es besteht also offenbar ein deutlicher Parallelismus zwischen dem Auftreten des Krampfes einerseits und der gesteigerten galvanischen Erregbarkeit andererseits und es ist in hohem Grade verlockend, sich eine bestimmte Vorstellung von der Art und Weise des hier offenbar vorhandenen Causalzusammenhangs zwischen beiden Erscheinungen zu machen. Da es jedoch ungemein misslich ist, aus einem einzigen derartigen Fall, der noch dazu, meines Erachtens, trotz aller darauf verwendeten Zeit noch immer nicht hinreichend häufig und erschöpfend untersucht worden ist, bestimmte Schlüsse über das Wesen des pathologischen Vorgangs zu ziehen, so sei hier nur ganz kurz angedeutet, welche Gedanken sich dabei aufdrängen und welche Fragestellung etwa bei künftigen ähnlichen Fällen in's Auge zu fassen wäre.

Zunächst liesse sich wohl denken, dass die gesteigerte galvanische Erregbarkeit die Folge der Krampfanfälle wäre, dass diese — auf irgend eine Weise entstanden — in den davon befallenen Nerven einen Zustand gesteigerter Erregbarkeit erzeugten, der sich bei der galvanischen Untersuchung erkennen lässt. Diese Annahme lässt sich aus dem vorliegenden Falle nicht beweisen und nicht bestreiten. Es scheint mir nur der Umstand gegen dieselbe zu sprechen, dass bei der Untersuchung im Dezember, wo nur sehr geringe Krampferscheinungen vorausgegangen waren, doch eine gesteigerte Erregbarkeit nachgewiesen werden konnte, deren Ableitung von dem vorausgegangenen Krampfe nicht wohl thunlich erscheint. Es spricht ferner gegen

diese Annahme, dass man bei anderen Krampfformen nicht immer gesteigerte Erregbarkeit findet (was ich erst jüngst in einem Fall von Spasmus facialis, wo keine Erregbarkeitsveränderung, und in einem Fall von einseitiger Paralysis agitans, wo eine Verminderung der galvanischen Erregbarkeit vorhanden war, zu prüfen Gelegenheit hatte) was man doch erwarten sollte, wenn Krampf an sich schon eine Erregbarkeitssteigerung produciren könnte. Es kann also diese Frage nur durch weitere, achtsame Untersuchungen entschieden werden.

Dasselbe gilt von einer zweiten möglichen Annahme, dass nämlich Krampf und Erregbarkeitssteigerung Coeffect einer und derselben Ursache, nämlich Folge der eigentlichen, uns noch ganz unbekannten Grundkrankheit seien: eine Annahme, für oder wider welche sich mir aus der vorliegenden Beobachtung gar keine bestimmten Anhaltspunkte zu ergeben scheinen.

Dagegen scheint mir eine dritte Annahme sich aus den vorliegenden Thatsachen ungezwungen zu ergeben und vielleicht bestimmt, den discutirbaren und weiter zu prüfenden und zu entwickelnden Grundgedanken einer Theorie der Tetanie darzustellen — nämlich die Annahme, dass die Krämpfe die Folge der in den Nerven vorhandenen Erregbarkeitssteigerung seien. Es hat in der That die Idee etwas Verführerisches, dass das Wesen der Krankheit in einer irgendwie erzeugten — durch Störungen der Blutmischung, Anämie, Chlorose, durch Puerperium und Lactation, durch hereditäre neuropathische Disposition, durch Erkältungen, durch Intoxication mit Secale u. s. w. hervorgerufenen — Ernährungsstörung der motorischen Nerven liege, welche sich an der gesteigerten galvanischen Erregbarkeit erkennen lässt. Dass ferner während des Bestehens dieser gesteigerten Erregbarkeit dann Krampf auftrete, wenn irgend welche Reize die motorischen Bahnen treffen; am häufigsten wird wohl der Willensreiz diese erregende Ursache sein, daher das so häufige Auftreten des Krampfes bei Muskelanstrengungen („Beschäftigungskrampf“); es können aber wohl auch andere Reize dieselbe Wirkung haben, so psychische Erregungen, sensible Reize auf dem Wege des Reflexes, Veränderungen im Gasgehalt des Blutes während verschiedener physiologischer Zustände — daher vielleicht das Ausbrechen des Krampfes bei heftigen Gemüthsbewegungen, bei Krankheiten der Verdauungsorgane, heftigen Diarrhöen, während der Nacht u. s. w. Der Umstand, dass die Krämpfe nur anfallsweise auftreten und nicht immer bei Einwirkung der genannten Reize erscheinen, ist allerdings schwer erklärliech, aber durchaus nicht ohne Analogien, da wir ein solches Verhalten

ja bei den verschiedensten Neurosen seien; er lässt sich vielleicht zurückführen auf wechselnde Ernährungszustände in den Nerven, auf allmäßige Cumulation der Erregbarkeitssteigerung, auf Ausgleichung derselben durch den Krampf selbst oder dergleichen. — Die Erscheinungen unseres Falles lassen sich mit dieser Annahme wohl in Ueber-einstimmung bringen. Wir finden, dass während der ganzen Zeit, wo die Krämpfe öfter auftreten, die gesteigerte Erregbarkeit vorhanden ist, dass unter der Einwirkung gewisser Reize, z. B. stärkere Muskel-anstrengung, Genuss von Spirituosen, der Krampf auftritt; wir finden, dass in den Zeiten, wo die Erregbarkeitssteigerung gering oder gauz verschwunden ist, die Krämpfe nur spurweise oder gar nicht eintreten; wir finden, dass zu Zeiten die gesteigerte Erregbarkeit vorhanden sein kann, wo der Krampf nur hier und da in leichter Weise auftritt (Dezemberuntersuchung) und wir haben darin vielleicht den Nachweis des Fortbestehens der Krankheit bei gleichzeitiger Latenz derselben zu erblicken. Dieser Begriff der Latenz der Tetanie ist schon von Troussseau aufgestellt, der nachwies, dass man in den krampffreien Zeiten durch gewisse äussere Einwirkungen, Compression der Nerven-stämme oder der zuführenden Arterien, den Krampf hervorrufen könne; es wäre somit im Falle der Richtigkeit der obigen Annahme in der galvanischen Untersuchung ein vortreffliches Mittel gefunden, diesen latenten Zustand objectiv nachzuweisen. So lange nur die ge-steigerte Erregbarkeit allein vorhanden ist, besteht die Krankheit, aber sie ist latent; tritt irgend ein Reiz hinzu, der auf Grund der gesteigerten Erregbarkeit den Krampf hervorruft, so tritt die Krankheit aus der Latenz heraus, sie wird offenbar.

Ich muss es mir versagen, weiter auf diesen Gedanken einzugehen, da ich mir sehr wohl bewusst bin, dass derselbe in fruchtbare Weise nur weiter verfolgt werden kann an der Hand künftiger, exakter Be-obachtungen. Allem derartigen Theoretisiren von Herzen abgeneigt, hätte ich die vorstehenden Bemerkungen auch nicht vor den Leser gebracht, wenn ich nicht glaubte, dass dieselben bei späteren Unter-suchungen Berücksichtigung verdienen und dass eine Lösung der vor-liegenden Probleme von exacten Beobachtungen vielleicht zu er-warten ist.

Dass übrigens die im Vorstehenden berührte Idee keine fern-liegende und auch nicht neu ist, beweisen die von Hasse (l. c. p. 160) angestellten Betrachtungen über das Wesen der Tetanie. Dieser ver-dienstvolle Schriftsteller nimmt bei der Tetanie einen „Erregungszu-stand abnormer Art“ im Rückenmark und den peripherischen Nerven

an, welcher wohl durch eine Ernährungsstörung feinerer Art bedingt sei; dabei wird ausdrücklich betont, dass die Thatsache der Intermittenz der Erscheinungen kein Hinderniss für diese Annahme sei. Neu wäre dann an meinen Beobachtungen nur, dass ich in der Steigerung der galvanischen Erregbarkeit einen objectiven Ausdruck für diesen abnormen Erregungszustand nachgewiesen habe. — Es wäre gewiss nicht uninteressant, an der Hand weiterer Beobachtungen diese auch für die allgemeine Pathologie der Krämpfe hochwichtige Frage zu verfolgen.

Eine weitere, gewiss bemerkenswerthe Erscheinung in unserem Fall ist der bei verschiedenen Untersuchungen hervorgetretene auffallende Contrast in der Erregbarkeit der Rumpf- und der Gesichtsnerven, ein Contrast, der sich auch in der faradischen Erregbarkeit deutlich ausgesprochen findet. Bei der ersten Untersuchung von Schaller tritt die erste KaSZ im Frontalast des Facialis bei 6 Elementen und $1\frac{1}{2}^0$ Nadelablenkung, im Mentalast bei 6 Elementen und 2^0 Nadelablenkung, dagegen KaSTe im Frontalast erst bei 10—14 Elementen und $7-10^0$ Nadelablenkung, im Mentalast bei 10 Elementen und 7^0 Nadelablenkung ein. (Gesunder zum Vergleich: Frontalast KaSZ bei 8 Elementen und $1\frac{1}{2}^0$, KaSTe bei 12—14 Elementen und $4-5\frac{1}{2}^0$; Mentalast KaSZ bei 6 Elementen und 1^0 , KaSTe bei 14—16 Elementen und $6\frac{1}{2}-8^0$). Zu der gleichen Zeit trat bei Schaller in den Rumpfnerven schon bei $2-4\frac{1}{2}^0$ Nadelablenkung KaSTe ein — also ein auffallender Contrast zu den Gesichtsnerven (während bei dem Gesunden KaSTe in den Rumpfnerven bei $4-7^0$ Nadelablenkung, also bei nahezu der gleichen absoluten Stromstärke wie in den Gesichtsmuskeln eintritt.) Dabei zeigen die Leitungswiderstände bei Reizung der Gesichtsnerven, wie sich aus der genaueren Vergleichung der Tabellen ergiebt, keine Differenzen, welche diesen auffallenden Contrast erklären könnten. — Bei der letzten Untersuchung findet sich schon eine theilweise Ausgleichung dieser Differenz, indem hier in den Gesichtsnerven ähnlich wie bei der ersten Untersuchung KaSTe erst bei $7-10^0$ Nadelablenkung eintritt, während derselbe in den Rumpfnerven bei $4-7^0$ Nadelablenkung (früher $2-4\frac{1}{2}^0$) erst erscheint. Wir können also wohl mit Recht annehmen, dass in den Aesten des Facialis zu einer Zeit, wo die Rumpfnerven sich im Zustande hochgradig gesteigerter galvanischer Erregbarkeit befanden, eine normale Erregbarkeit oder wenigstens keine nennenswerthe Steigerung derselben bestand und dass dies Verhalten bis zum Ende der Krankheit keine Aenderung erlitt. Es liegt also nahe anzunehmen, dass die Krankheit,

deren objectiven Ausdruck wir nach der oben angedeuteten Hypothese in der gesteigerten galvanischen Erregbarkeit zu erkennen hätten, sich nur auf die Rumpfnerven und nicht auf die Gesichtsnerven erstreckte; und es deutet diese Thatsache — die vielleicht ebenfalls von Bedeutung für die Theorie der Tetanie werden wird — auf einen spinalen Ursprung des Leidens, an welchen auch Hasse schon gedacht hat. Natürlich kann auch diese Frage nur durch weitere Untersuchungen erledigt werden. — Ganz in Uebereinstimmung mit den Resultaten der galvanischen Untersuchung sind für diese Frage auch die Ergebnisse der faradischen Untersuchung; die auffallend grossen Differenzen in den zur Erzielung von Minimalcontractionen in den Gesichts- und in den Rumpfnerven erforderlichen Rollenabständen weisen auf eine gesteigerte Erregbarkeit in den Rumpfnerven hin und auch hier ist der Contrast bei einer späteren Untersuchung weniger ausgesprochen. Ueber den Werth dieser faradischen Untersuchungsergebnisse werde ich mich unten weiter aussprechen.

Um auch über die eingeschlagene Therapie ein Wort zu sagen, so ging ich von Anfang an von der Idee aus, dass die Erkrankung ihren Sitz im Rückenmark habe und in einer gesteigerten Erregbarkeit bestehe und ich wendete desshalb die Anode stabil längs der Wirbelsäule an (Ka dabei auf dem Sternum) und fügte stabile, absteigende Ströme vom Nacken zu den Armnerven (also Ka auf die Nervenstämme!) hinzu. Dabei trat rasch Besserung ein, welche sich aber nicht anhaltend erwies und theilweise, trotz fortgesetzter Behandlung, wieder verschwand. Ich ging desshalb zu einer anderen Methode über und suchte die erregbarkeitsvermindernde Einwirkung der Anode vorwiegend auf die Nervenstämme zu concentriren, indem ich die An auf die Nervenstämme der Arme (Ka in den Nacken) applicirte, dieselben bei ziemlich starkem Strom einige Zeit einwirken liess und dann die Kette durch langsames Ausschleichen öffnete. Während dieser Behandlung trat Besserung und nach und nach Verschwinden des Krampfes ein; ob durch diese Behandlung, ist mir noch zweifelhaft. Ein nennenswerther Einfluss auf die Erregbarkeitssteigerung wurde nicht nachgewiesen. — Jedenfalls erwies sich der galvanische Strom in diesem und anderen ähnlichen Fällen nützlich; eine bestimmte Methode der Anwendung lässt sich aber aus dem bisher vorliegenden Material als besonders zweckmässig nicht deduciren.

Ich zweifle nicht, dass dem Leser die Schwierigkeiten einer genauen quantitativen Erregbarkeitsbestimmung, soweit sich dieselbe auf feinere Verhältnisse bezieht und der symmetrischen Vergleichspunkte entbehrt, aus der vorstehenden casuistischen Mittheilung klar geworden. Diese Schwierigkeiten hatten mich auch schon seit längerer Zeit veranlasst, zunächst für die faradische Untersuchung nach einer besseren Methode zu suchen und seit längerer Zeit schon habe ich einzelne Fälle nach der oben angegebenen Methode untersucht. Aber erst in neuerer Zeit bin ich durch eingehendere Beschäftigung mit diesem zeitraubenden Gegenstand zu völliger Klarheit über die Principien der Methode und zu dem Beginne einer practischen Anwendung derselben gekommen und ich möchte mir daher hier noch ein paar Bemerkungen erlauben über die Bestimmung quantitativer electrischer (faradischer und galvanischer) Erregbarkeitsänderungen. Es mögen diese Bemerkungen nur als Anregung und als Anfang zu einer besseren Methodik aufgenommen werden!

Beginnen wir mit der faradischen Untersuchung! Die faradische Erregbarkeit und ihre quantitativen Veränderungen sind bei halbseitigen Affectionen in der Regel sehr leicht zu bestimmen. Man ermittelt die zur Erzielung des Contractionsminimums erforderliche Stromstärke (ausgedrückt durch den Rollenabstand am Inductionsapparat) und vergleicht mit der gesunden Seite. Sorgfältige Localisation des Stromes ist dabei natürlich unerlässlich, um gröbere Irrthümer zu vermeiden; geringe Irrthümer sind möglich durch die bekannten Fehlerquellen: Differenzen der anatomischen Lagerung der einzelnen Nervenzweige; grössere oder geringere Dicke der darüber liegenden Bedeckungen, wobei selbst geringe Differenzen schon in's Gewicht fallen; verschiedene Leitungswiderstände der Epidermis auf beiden Seiten etc. Immerhin sind diese Fehlerquellen selten vorhanden, sind jederzeit nur gering und fallen wenig in's Gewicht, wie sich aus meiner Tabelle unten zeigen wird.

Viel schwieriger sind die Verhältnisse bei doppelseitigen Affectionen: bei Paraplegien der verschiedensten Art, oder bei Krämpfen, wie ich sie im Vorstehenden vor mir hatte. Hier fehlt oft jeder Massstab, um feinere Veränderungen, auf die es doch auch ankommt, und die in vielen Fällen von hohem Interesse sind, sicher zu erkennen. Wir können durchaus nicht sagen: „die oder jene minimale Stromstärke ist normal genügend zur Erregung dieses oder jenes Nerven und was darunter oder darüber ist, ist pathologisch.“ Das ist absolut unmöglich wegen der individuell so äusserst verschiedenen Leitungs-

widerstände, welche gar keinen sicheren Massstab aufzustellen erlauben. Darin wird mir jeder Sachkenner beistimmen und das gilt auch trotz des Vortheils, dass der faradische Strom die Leitungswiderstände selbst nicht erheblich modifizirt — eine Erscheinung, die bei der Untersuchung mittelst des galvanischen Stromes so störend wirkt.

Es lag die Idee nahe, dieser Schwierigkeit dadurch zu begegnen, dass man der zu untersuchenden Person selbst das Vergleichsmoment entnahm, indem man das relative Verhalten der Erregbarkeit der einzelnen verschiedenen Körpervenen bei Gesunden prüfe und bestimmte und Abweichungen von diesem relativen Verhalten als pathologisch auffasste. Man konnte annehmen, dass dieselben relativen Verschiedenheiten der Leitungswiderstände an den verschiedenen Körperstellen wenigstens solcher Individuen vorhanden sein würden, welche sich unter annähernd gleichen Lebensverhältnissen befänden und dass erhebliche Abweichungen in der Reaction dann auf pathologische Veränderungen in der Erregbarkeit zu beziehen wären. Diese Idee hat sich in der That als zutreffend erwiesen: es hat sich herausgestellt, dass bei Gesunden wenigstens sich regelmässig nahezu dieselben relativen Schwankungen in der (zur Erzielung des Contractionsminimums) erforderlichen Stromstärke zeigten, wie gross auch die absoluten Verschiedenheiten derselben sein mochten; es hat sich ferner herausgestellt, dass unter pathologischen Verhältnissen erhebliche Ausschreitungen dieser relativen Schwankungen vorkommen, wie die unten folgende Tabelle lehren wird.

Meine neueren Erfahrungen nöthigen mich aber, dieser Methode nur dann eine gewisse Berechtigung und practische sowohl wie wissenschaftliche Verwerthbarkeit zuzuschreiben, wenn gleichzeitig noch das x des Leitungswiderstandes möglichst eliminiert wird: d. h. wenn der Leitungswiderstand gleichzeitig annähernd bestimmt und bei der Beurtheilung des Resultates berücksichtigt wird. Unter normalen Verhältnissen sind allerdings erhebliche relative Verschiedenheiten des Leitungswiderstandes nicht wohl zu erwarten (wenn auch allerdings nicht ganz auszuschliessen, schon der verschiedenen Beschäftigung und Lebensweise wegen) allein wer bürgt dafür, dass nicht unter pathologischen Verhältnissen, z. B. bei einem Tabetiker oder Paraplegischen der Leitungswiderstand an den Beinen erheblich modifizirt und dadurch das Resultat in hohem Masse beeinflusst ist? Es muss also unbedingt — und das ist früher bei ähnlichen Untersuchungsmethoden von Seite der Pathologen und Electrotherapeuten stets versäumt worden — der

Leitungswiderstand gleichzeitig bestimmt und berücksichtigt werden und ich glaube nach meinen bisherigen Erfahrungen annehmen zu dürfen, dass unter dieser Bedingung die Methode ganz brauchbare Resultate liefert. Ich will zuerst einige Bemerkungen über die Methode selbst machen und dann zunächst die Resultate derselben bei Gesunden tabellarisch mittheilen und die daraus sich ergebenden Schlüsse ziehen.

Die Methode besteht einfach darin, dass eine grosse quadratische Electrode (+ Pol des Oeffnungsstromes der secundären Spirale eines grossen Schlittenapparats) von 4 Cm. Seitenlänge auf 8 Sternum applicirt wird, während man mit einer ganz kleinen knopfförmigen Schwammelectrode (- Pol) die einzelnen Nervenstämmen aufsucht und bestimmt, bei welchem Rollenabstand noch gerade ein Zuckungsminimum von dem erregbarsten Punkte des Nerven aus erzielt werden kann. Ich habe zur Untersuchung gewöhnlich nur 4 Nerven gewählt, nämlich den Frontalast des N. facialis, der an der Schläfe leicht zu erreichen ist, den Nerv. accessorius, den N. ulnaris oberhalb des Ellbogen-gelenks und den N. personaeus oberhalb des Capit. fibulae. Es sind dies die am leichtesten und sichersten zu treffenden Nervenstämmen; die übrigen Extremitätennerven sind alle für die feine Localisation schwieriger, doch können auch sie natürlich leicht in das Bereich der Untersuchung gezogen werden. Eine Hauptschwierigkeit ist nun aber die genaue Localisation; es ist zwar durchaus nicht schwierig, die genannten Nerven mit einer beliebigen Stromstärke zu treffen, aber ich muss es als sehr schwierig bezeichnen, genau die erregbarste (resp. best erreichbare) Stelle des Nerven zu treffen und die zur Erzielung einer Contraction erforderliche niederste Stromstärke genau zu bestimmen. Ich muss dabei unbedingt darauf bestehen, dass dieses Minimum der Stromstärke, welches von dem erregbarsten Punkt des Nerven noch eben merkliche Contraction auslöst, mit allen technischen Kunstgriffen zu ermitteln gesucht werde, weil nur so wirklich vergleichbare Werthe erhalten werden können. Ich bin doch gewiss sehr geübt in der localen Faradisation zu diagnostischen Zwecken, allein ich muss gestehen, dass ich oft erstaunt war über die Schwierigkeiten, welche sich der wirklich genauen Ermittelung dieser Stromstärke entgegenstellen. Die geringste Verschiebung der Electrode, die leiseste Verschiebung des Nerven, eine gleichzeitige Muskelcontraction können genügen, um Irrthümer zu erzeugen. Besondere Schwierigkeiten bereitet in dieser Beziehung der Peronaeus, dessen erregbarster Punkt bekanntlich 1-1½ Zoll oberhalb des Capit. fibulae zu suchen ist, wo man ihn oft nur nach langem vergeblichen Umbertappen mit der Electrode auf einer ganz kleinen, umschriebenen Stelle entdeckt; ich untersuche diesen Nerven immer bei völlig gestrecktem Bein. Auch der erregbarste Punkt des N. ulnaris liegt gewöhnlich ca. 1" oberhalb des Condyl. int. hum., da wo der Nerv leicht gegen den Humerus oder den inneren Rand des triceps comprimirt werden kann. Ebenso pflegt auch der Accessorius nur an einem umschriebenen Punkte am leichtesten erreichbar zu sein. Durch diese Momente wird die Untersuchung recht oft erschwert und zum Mindesten sehr zeitraubend. Ich musste diese anscheinend

überflüssigen Bemerkungen machen, theils weil nur so die Resultate meiner Untersuchungen verständlich werden, theils weil ich überzeugt bin, dass diese Schwierigkeiten manchen weniger geübten und sorgfältigen Beobachter zu falschen Resultaten und zu falscher Beurtheilung meiner Resultate führen werden. —

Es wird nun für jeden Nerven auf beiden Seiten der betreffende Rollenabstand genau bestimmt. Dann wird zur Controle der Leitungswiderstand an den verschiedenen Hautstellen annähernd bestimmt, indem die Anode des galvanischen Stromes auf das Sternum, die Ka an den genannten Nervenstämmen aufgesetzt wird und dann bei 10, 12 und 16 Elementen je 3 Kathodenschliessungen gemacht werden. Der bei 12 und 16 Elementen am Galvanometer beobachtete Nadelausschlag wird notirt und man erhält so eine Anschauung über das relative Verhalten des Leitungswiderstandes an den betreffenden Stellen. (Es kommt dabei wohl nur der Leitungswiderstand der Epidermis in Frage, indem die verschiedene Länge der durchflossenen Körperstrecken gegenüber dem grossen Leitungswiderstande der Epidermis gewiss nicht in Betracht kommt.)¹⁾ Damit kann man gleichzeitig die unten zu beschreibende Methode der Bestimmung der galvanischen Erregbarkeit verbinden.

In der folgenden Tabelle habe ich zunächst die nach dieser Methode gefundenen Resultate bei 10 gesunden (d. h. für diesen Zweck als gesund zu betrachtenden) Personen zusammengestellt. Ich habe dazu vorläufig nur Männer aus der arbeitenden Classe gewählt, theils um nicht allzuviiele unberechenbare Bedingungen in den Versuch einzuführen, theils weil aus dieser Classe uns das meiste Beobachtungsmaterial für pathologische Fälle zu Gebote steht; die Resultate können dann unmittelbar practisch verwerthet werden. Die Untersuchung kann man ja beliebig auf weitere Kategorien von Individuen ausdehnen.

Die Tabelle an sich ist wohl selbstverständlich; die Zahlen bedeuten die beim Contractionsminimum vorhandenen Abstände der einanderzugekehrten Enden der beiden Spiralen in Mm.; die grössere Zahl bedeutet also geringere Stromstärke resp. grössere Erregbarkeit. In der auf den N. peronaeus folgenden Columne ist die grösste Differenz dieser Rollenabstände bei sämtlichen Nerven desselben Individuums in Mm. angegeben. Die beiden letzten Columnen enthalten die Nadelablenkungen am Galvanometer von den 4 untersuchten Hautstellen in derselben Reihenfolge, wie die Nerven aufgeführt sind, bei 12 und 16 Elementen; (also bei Nr. 1 sind 6° Nadelablenkung an der Schläfe, 4½° am Accessor., 3½° am Ulnaris, 4° am Peron. u. s. w.) Je grösser hier die Nadelablenkung desto kleiner der Leitungswiderstand.

1) Man könnte diese Bestimmung wohl auch direct ausführen mittelst eines Apparates zur Messung der Stärke der inducirten Ströme; ein solches Instrument besitze ich aber nicht; in der Sache macht es keinen Unterschied.

Tabelle I.

Personalien. Bemerkungen.		N. front.		N. access.		N. uln.		N. peron.		Grösste Differeuz.	Nad.-Abl. bei 12 Elem.	Nad.-Abl. bei 16 Elem.
r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.			
1. Jungling, 25 Jahre, Bäcker. Muscul. mässig, Fettpolst. mittel	58	58	70	70	75	78	78	74	20	6 ⁰ , 4 ^{1/2} , 3 ^{1/2} , 4 ⁰	10 ⁰ , 8 ⁰ , 6 ^{1/2} , 7 ⁰	
2. J. Fischer, 23 Jahre, Hausknecht. Musc. s. kräftig, Fettpolst. gering .	62	63	80	80	83	80	*	70	21	8 ⁰ , 10 ⁰ , 7 ⁰ , 4 ⁰	12 ⁰ , 14 ⁰ , 11 ⁰ , 7 ⁰	
3. Hilshoimer, 32 Jahre, Bauaufseher. Musc. gut, Fettpolst. gering	60	52	48	50	50	50	45	*	15	5 ⁰ , 4 ⁰ , 3 ^{1/2} , 2 ⁰	9 ⁰ , 7 ⁰ , 5 ⁰ , 5 ^{1/2} , 0	
4. Peter, 20 Jahre, Metzger. Musc. gut, Fettpolst. gering	60	55	80	80	65	62	65	55	25	—, 3 ^{1/2} , 2 ⁰ , 1 ^{1/2} , 0	—, 7 ⁰ , 4 ⁰ , 4 ⁰	
5. Seitz, 30 Jahre, Eisenbahnarbeiter. Musc. s. kräftig, Fettpolst. gering .	68	69	80	82	85	86	87	87	21	—	—	—
6. Keller, 27 Jahre, Dienstmann. Musc. gut, Haut s. trocken und derb . . .	38	38	45	45	52	50	50	54	16	—, —, 1 ⁰ , —	—, —, 3 ^{1/2} , —	
7. Hofer, 30 Jahre, Küfer. Musc. s. gut, Fettpolst. stark, Haut s. fein .	50	50	53	60	67	64	64	50	17	—, 6 ⁰ , 4 ⁰ , —	—, 13 ⁰ , 9 ⁰ , —	
8. Sandritter, 21 Jahre, Flaschner. Musc. massig, Fettpolst. gering . . .	67	67	75	75	70	(50)	55	55	20	6 ^{1/2} , 4 ⁰ , 2 ⁰ , 3 ^{1/2} , 0	10 ⁰ , 8 ⁰ , 5 ⁰ , 7 ⁰	
9. Heller, 34 Jahre, Hauskoch. Musc. s. gut, Fettpolst. gering	56	55	59	60	57	60	56	5	3 ⁰ , 2 ^{1/2} , 2 ⁰ , 3 ⁰ ,	7 ⁰ , 6 ⁰ , 4 ⁰ , 7 ⁰		
10. Hagenmüller, 24 Jahre, Schuster. Musc. gut, Fettpolst. mässig	70	70	75	65	75	64	64	11	3 ^{1/2} , 5 ⁰ , 1 ⁰ , 1 ⁰	9 ⁰ , 9 ^{1/2} , 3 ⁰ , 3 ^{1/2} , 0		

*) Der betreffende Nerv nicht normal und desswegen nicht untersucht.

Es ist schwierig, aus der vorliegenden Tabelle bestimmte Schlüsse zu ziehen, da die relativen Differenzen, auf die es hier ankommt, kaum viel grösser sind, als die Differenzen, die man auf die mancherlei Fehlerquellen zu schieben berechtigt ist. Ich glaube, in den vorgeführten Fällen möglichst exacte Untersuchung verbürgen zu können. Es ergiebt sich nun zunächst aus der Tabelle, dass die Erregbarkeit je zweier symmetrischer Nerven der beiden Körperhälften fast absolut gleich ist: fast überall sind es die gleichen Rollenabstände, welche denselben Nerven auf beiden Seiten des Körpers erregen und die höchste vorgekommene Differenz beträgt 10 Mm. Dies Resultat hat mich einigermassen üerrascht und es geht daraus hervor, welch' geringen Einfluss die oben erwähnten Fehlerquellen bei Gesunden auf das Resultat der symmetrischen Untersuchung haben. — Ferner findet sich überall, dass der Frontalnerv zur Minimalerregung einer etwas höheren Stromstärke bedarf, als die Nerven des Rumpfes; davon sind eigentlich nur 2 Ausnahmen vorhanden in Nr. 3 und 10 (und 8 zum Theil) worauf dieselben beruhen, dürfte schwer zu sagen sein; möglich wäre dass die Verschiedenheit der Beschäftigung darauf Einfluss hat; Nr. 3 hat einige Wochen im Zimmer zugebracht, Nr. 10 ist Schuster und arbeitet also im Zimmer, während alle Uebrigen vorwiegend im Freien arbeiten. — Ferner zeigt sich, dass die grösste Differenz der an den 4 Nerven desselben Individuums beobachteten Rollenabstände ziemlich gering ist; sie beträgt in maximo 25, in minimo 5 Mm., im Mittel 17 Mm.; besonders differiren die 3 Rumpfnerven sehr wenig voneinander und wenn man die Zahlen für die Frontales weglässt, beträgt das Mittel der Differenz nur 12 Mm. Erhebliche Abweichungen in der Grösse dieser Differenz dürfen also wohl als pathologisch angesehen werden; es ist aber dabei immer das individuelle Verhalten der Haut, des Fettpolsters, der Beschäftigung u. s. w. zu berücksichtigen. Ich kann die von Brenner gemachte Beobachtung bestätigen, dass die Erregbarkeit viel gebrauchter Muskeln und Nerven grösser ist, als die der wenig gebrauchten; darauf ist also auch Rücksicht zu nehmen. Ganz besonders ist auch das Fettpolster zu berücksichtigen, denn bei gleichem Leitungswiderstande der Epidermis (also gleichen Nadelablenkungen) können doch die Stromstärken, welche zur Minimalerregung nothwendig sind, sehr verschiedene sein, wenn die Entfernung der Nerven von der reizenden Electrode etwas verschieden ist.

Wenn man das Alles berücksichtigt, ist trotzdem die grosse Ueber-einstimmung der Ergebnisse auffallend und wir können sagen, dass die Rumpfnerven des einzelnen gesunden Individuums (der arbeitenden

Classe) alle nahezu bei derselben Stromstärke minimal erregt werden können und dass nur der Frontalnerv einer etwas höheren Stromstärke bedarf. — Damit sind allerdings die Ergebnisse der Leitungswiderstandsprüfung nicht leicht in Uebereinstimmung zu bringen; jedenfalls hängt davon allein nicht Alles ab; denn an der Schläfe ist meist der Leitungswiderstand am geringsten, und doch sind die zur Erregung des Frontalasts nöthigen Stromstärken grösser als die für die Rumpfnerven erforderlichen. Stellt man übrigens die für den Leitungswiderstand gefundenen und die die Erregbarkeit bedeutenden Zahlen einander gegenüber (in solcher Reihenfolge, dass die höchsten Zahlen für die Leistungsfähigkeit zuerst kommen, also Nr. 2, 1, 8, 3, 10, 9 obiger Tabelle) so zeigt sich doch im Allgemeinen, dass die höchsten Rollenabstände auch den höchsten Nadelablenkungen entsprechen; immerhin sind die vorkommenden Abweichungen von diesem Verhalten vorläufig nicht sicher zu erklären. Eine directe Beziehung zwischen Leitungswiderstand und Rollenabstand ist also keineswegs herzustellen; man kann nur so viel sagen, dass bei der relativen Gestaltung der Leitungswiderstände, wie sie sich aus den in der Tabelle mitgetheilten Nadelablenkungen ergibt, diejenige relative Gestaltung der faradischen Erregbarkeit vorhanden sein müsse, wie wir sie in unseren Versuchen gefunden haben — wenn wir normale Verhältnisse annehmen wollen; und dass man ferner erhebliche Abweichungen in dem Leitungswiderstände bei der Beurtheilung der faradischen Erregbarkeit berücksichtigen müsse. Wenn also Anomalien im Leitungswiderstande vorhanden sind, werden sie entweder das aus den Rollenabständen zu deducirende Urtheil über die Erregbarkeit bekräftigen, oder sie werden dasselbe zweifelhaft machen; wenn also z. B. bei grossem Leitungswiderstande doch eine geringe Stromstärke zur Erregung genügt, wird die Annahme einer gesteigerten Erregbarkeit viel sicherer sein, als wenn geringer Leitungswiderstand vorhanden wäre. Genaueres darüber können erst weitere Versuche lehren.

In welcher Weise sich die Ergebnisse dieser Prüfung unter pathologischen Verhältnissen gestalten werden, muss die Zukunft lehren. Ich habe hier nicht die Absicht, mich eingehender mit diesem Gegenstand zu befassen, weil ich noch nicht Material genug gesammelt habe. Dass übrigens pathologische Veränderungen in dem relativen Verhalten der faradischen Erregbarkeit vorkommen, will ich nur an einigen hier tabellarisch zusammengestellten Fällen erweisen, da es mir hier ausschliesslich auf Begründung der Methode und nicht auf die Besprechung pathologischer Verhältnisse ankommt.

Tabelle 2.

Personalien. Diagnose.	N. front.		N. access.		N. uln.		N. peron.		Nad.-Abl. Differenz. Grossste	Nad.-Abl. bei 12 Elem.	Nad.-Abl. bei 16 Elem.
	r.	1.	r.	1.	r.	1.	r.	1.			
1. Franz Deroy, 46 Jahre. Tabes dors. (Ataxie)	50	50	60	55	55	55	18	20	42	3 ¹ / ₂ ⁰ , 2 ⁰ , —, —	80, 6 ¹ / ₂ ⁰ , —, —
2. Heinrich Neuer, 37 Jahre. Tabes dors. (Ataxie)	73	65	75	80	75	85	32	42	48	—, 5 ⁰ , 10 ¹⁰	—, 80, 2 ⁰ , 11 ^{1/2} ⁰
3. Herr v. Ok . . . , 38 Jahre. Tabes dors. (Ataxie)	50	55	57	58	48	48	40	30	28	—	—
4. Joh. Birkenmajer, 28 Jahre. Tab. dorsal	60	60	80	75	70	75	60	45	35	—	—
5. Löb. Reis, 26 Jahre. Tabes dorsal	50	52	60	60	55	60	40	45	20	—	—
6. Karl Gabel, 24 Jahre. Parapleg. spinal	75	55	75	55	55	58	40	35	40	—	—
7. Kath. Herbig, 35 Jahre. Parapleg. spinal	72	76	50	48	48	48	33	37	44	—	—
8. Jacob Maus, 24 Jahre, Parapleg. (Myelit. chron.)	60	60	73	70	75	75	60	50	25	50, 4 ⁰ , 5 ⁰ , 11 ^{1/2} ⁰	—, —, 90, 3 ¹ / ₂ ⁰
9. Wilh. Hering, 25 Jahre. Parapleg. (Wirbelsäulenschuss)	53	50	65	60	52	48	53	50	17	—	—
10. Georg Schaller, 22 Jahre. Tetanie (s. o.)	47	45	85	87	85	82	80	90	45	80, 8 ⁰ , 4 ⁰ , 5 ⁰	120, 15 ⁰ , 8, 8 ⁰

Leider sind in dieser Tabelle nicht alle Fälle in Bezug auf den Leitungswiderstand untersucht, weil sie meist älteren Datums sind. — Immerhin fällt zunächst daran auf die bedeutende grösste Differenz der Rollenabstände, welche von 17—48 Mm. schwankt, während wir bei Gesunden ein Maximum von 25 Mm. gefunden haben; ein solches Verhalten deutet also wohl schon auf pathologische Veränderungen. In den 5 Fällen von Tabes ist sehr bemerkenswerth die Abnahme der faradischen Erregbarkeit in den Peronaeis; am ausgesprochensten in Fall 1, abnehmend bis zu Fall 5, der kaum mehr als pathologisch zu betrachten ist. In Fall 2, der auch auf den Leitungswiderstand untersucht ist, ist die Abnahme der faradischen Erregbarkeit ganz zweifellos, da bei nahezu gleichem Leitungswiderstande im Ulnaris und Peronaeus die Zahlen für die Erregbarkeit ausserordentlich differiren. In Fall 6 und 7 besteht wohl auch geringe Verminderung der faradischen Erregbarkeit. — In Fall 8 dagegen erklärt sich die geringere Zahl für den Rollenabstand wohl hinreichend aus der Zunahme des Leitungswiderstandes am Peronaeus und es kann deshalb die Erregbarkeit wohl in diesem Falle als normal angesehen werden; es ist dabei dieser Fall zugleich ein sehr belehrendes Beispiel davon, wie der Leitungswiderstand sich ändern kann unter pathologischen Verhältnissen; daher die Rechtfertigung der Forderung, dass der Leitungswiderstand bei der Beurtheilung der Resultate mitberücksichtigt werden muss. — Fall 9 darf wohl als normal betrachtet werden; es fällt auch die bei ihm vorhandene grösste Differenz (17) in das Bereich des Normalen. — Fall 10 endlich ist der oben ausführlich besprochene Fall von Tetanie, und wir können jetzt wohl mit ziemlicher Sicherheit behaupten, dass in diesem Fall eine Erhöhung der faradischen Erregbarkeit in den Rumpfnerven vorhanden sei; obgleich die Kleinheit des bei dem Kranken gefundenen Leitungswiderstände das Urtheil einigermassen erschwert. Immerhin aber ergiebt der Vergleich mit dem Verhalten von Gesunden mit annähernd gleichem Leitungswiderstande (z. B. Nr. 1 und 2 von Tabelle 1) so erhebliche Differenzen zu Gunsten der Annahme einer erhöhten Erregbarkeit, dass wir diese Annahme wohl unbedenklich machen dürfen, umso mehr, als das Ergebniss der galvanischen Untersuchung, wie wir oben gesehen haben, unzweifelhaft in derselben Richtung ausfällt.

Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, dass mit der auseinandergesetzten Methode bestimmte Resultate in pathologischen Fällen erhalten werden können, und ich glaube sie deshalb für alle exakteren wissenschaftlichen Untersuchungen empfehlen zu können. Freilich wird

erst eine grössere Summe von pathologischen Beobachtungen über den definitiven Werth der Methode und die Brauchbarkeit ihrer Ergebnisse entscheiden können.

Viel wichtiger noch und schwieriger, aber auch vielseitiger verwerthbar ist die galvanische Untersuchung und die Bestimmung geringer quantitativer Veränderungen der galvanischen Erregbarkeit motorischer Nerven. Als erstes und wesentliches Postulat einer solchen Prüfung muss aufgestellt werden: Erregung der zu untersuchenden und zu vergleichenden Nerven mit genau derselben Stromdichtigkeit. Ist diese Bedingung erfüllt und fällt in einem Fall die Zuckung grösser aus, so besteht hier erhöhte Erregbarkeit, fällt sie kleiner aus, so besteht verminderde Erregbarkeit. — Das scheint an sich sehr einfach, ist es aber in praxi durchaus nicht, weil eben das Postulat der genau gleichen Stromdichtigkeit ungemein schwer zu erfüllen ist. Die Stromdichte hängt bekanntlich zunächst vom Querschnitt der Electroden ab: wählt man also diese immer gleich gross, so wird ceteris paribus die Dichte immer dieselbe sein: diese Bedingung ist leicht zu erfüllen. — Es hängt aber ferner die Stromdichte ab von der Stromstärke und diese ist wieder das Product der electromotorischen Kraft der Batterie (Qualität und Zahl der Elemente und wesentlicher Widerstand) einerseits und des Widerstandes im Schliessungsbogen andererseits. Der eine dieser beiden Factoren lässt sich für unsere Zwecke hinreichend constant und gleichmässig herstellen, durch gleiche Elementenzahl und gleiche Füllung der Batterie; nicht so ist es mit dem anderen Factor, dem ausserwesentlichen Widerstand — also hier dem Leitungswiderstand des menschlichen, in den Schliessungsbogen eingeschalteten Körpers; derselbe variiert bei verschiedenen Individuen sehr erheblich; er variiert bei einem und demselben Individuum an verschiedenen Körperstellen und an denselben Stellen endlich wieder durch verschiedene Einflüsse, besonders durch die Länge und Intensität der Stromseinwirkung selbst, durch die Art und den Grad der Befeuchtung u. s. w. Darin liegt die Hauptschwierigkeit für die Untersuchung und der Hauptgrund für so viele unzuverlässige Angaben über quantitative Veränderungen der galvanischen Erregbarkeit. — Die Beobachter haben wohl bei ihren Versuchen immer im besten Glauben gelebt, dass die Leitungswiderstände ungefähr gleich seien, aber nur Wenige haben sich durch controlirende Versuche überzeugt, in wie weit diese Bedingung erfüllt war. Da genügt es nicht, die Theile tüchtig zu durchfeuchten, um bei derselben Elementenzahl dieselbe Stromdichte erwarten zu dürfen, es kommt auch genau auf die

gleiche Schliessungsdauer, die Anzahl der Schliessungen, die etwaigen Stromwendungen u. s. w. an, und ausserdem muss man noch einen Massstab für den Leitungswiderstand der Gewebe selbst haben.

Zum Beleg dafür, wie erheblich die hier vorkommenden Schwankungen sind, erlaube ich mir kurz einige Versuchsergebnisse anzuführen. Um zunächst zu zeigen, wie erheblich der Leitungswiderstand bei verschiedenen Individuen differirt, habe ich aus meinen Versuchsprotocollen die folgende kleine Tabelle ausgezogen, welche die Nadelablenkungen enthält, die man bei verschiedenen Individuen an denselben Stellen, mit derselben Stromstärke und bei genau derselben Versuchsanordnung erhält. Ich habe dabei diejenigen Zahlen gewählt, welche durch die möglichst gleichen übrigen Versuchsbedingungen gewonnen wurden (dieselbe Batterie, dieselben Electroden, Ansatzstellen, Durchfeuchtung u. s. w.; natürlich kommt ein Theil der Schwankungen auf Rechnung dieser ebenfalls variablen Bedingungen). Es sind dabei die Nadelablenkungen am Galvanometer bei 14 Elementen aufgezeichnet, welche durch mehrere Stromschliessungen gewonnen wurden, wobei die Anode sich auf dem Sternum, die Kathode sich an den genannten Nerven an den bekannten Stellen befand.

Tabelle 3.

	Jüngling.	Fischer.	Hilzheimer.	Heller.	Keller.	Peter.	Höfer.	Neuer.	Maus.	Hagenmüller.	Sandritter.	Kunz.	Schaller.
N. radialis	7°	9°	5°	40	30	30	7°	—	7°	1½°	4°	2°	7°
N. ulnaris	5°	9°	4½°	4½°	3½°	30	8°	3°	8°	2°	4°	3°	6°
N. peron.	5°	6°	4½°	5°	—	2½°	—	½°	2½°	—	—	—	6½°

Wir sehen also bei derselben Versuchsanordnung bei verschiedenen gesunden und kranken Personen an den verschiedenen Körperstellen sehr erhebliche Schwankungen der Nadelablenkungen und also des Leitungswiderstandes eintreten, am N. radialis von 1½° — 9°, am N. ulnaris von 2° — 9°, am N. peronaeus von ½° — 6½° — also Grund genug, um die ohne Controlle dieser Prüfung des Leitungswiderstandes erhaltenen Untersuchungsresultate mit Misstrauen zu betrachten.

Auch der Beweis, dass der Leitungswiderstand an einer

bestimmten Stelle desselben Individuums erheblich variieren kann durch Stromeinwirkung und andere Momente, lässt sich leicht führen. Setzt man 2 Electroden in beliebiger Entfernung voneinander an irgend einem Körpertheile auf, so wird der im Moment der Schliessung eintretende Nadelausschlag durch längere Stromeinwirkung allmählig grösser; er nimmt noch mehr zu, wenn man einige Schliessungen des Stromes in derselben Richtung macht; er nimmt beträchtlich zu, wenn man mehrere Stromwendungen ausführt und bleibt endlich auf einer viel höheren Zahl als im Anfange stehen. Dafür die folgenden Versuche. (Beide Electroden am Vorderarm, alle 5 Seeunden Ablesung, resp. erneute Schliessung oder Stromwendung.)

Versuch 1.

16 Elem.	Schliessung	— 1 ⁰	N.-Abl.
	5 [“]	— 2 ⁰	"
	10 [“]	— 2 1/2 ⁰	"
	15 [“]	— 2 1/2 ⁰	"
	Schliessung	— 2 1/2 ⁰	"
	"	— 3 ⁰	"
	"	— 3 ⁰	"
	Wendung	— 7 ⁰	"
	"	— 4 ⁰	"
	"	— 7 1/2 ⁰	"
	"	— 5 ⁰	"
	"	— 8 ⁰	"
	"	— 6 ⁰	"
	"	— 9 ⁰	"
	"	— 8 ⁰	"
	"	— 9 ⁰	"
	Schliessung	— 5 ⁰	"
	"	— 5 ⁰	"

Versuch 2. (unmittelbar nach Versuch 1 an derselben Stelle).

12 Elem.	Schliessung	— 1 1/2 ⁰	N.-Abl.
	5 [“]	— 2 ⁰	"
	10 [“]	— 2 ⁰	"
	Schliessung	— 2 1/2 ⁰	"
	"	— 2 1/2 ⁰	"
	Wendung	— 6 ⁰	"
	"	— 3 ⁰	"
	"	— 6 ⁰	"
	"	— 5 ⁰	"
	"	— 6 ⁰	"
	"	— 5 ⁰	"
	"	— 6 ⁰	"
	"	— 6 ⁰	"
	"	— 7 ⁰	"
	Schliessung	— 4 ⁰	"
	"	— 4 ⁰	"

Es ist also die Anfangsablenkung von 1, resp. 1 1/2⁰ durch die Stromeinwirkung selbst am Ende auf 5, resp. 4⁰ erhöht worden und war durch Wendungen auf 9⁰ resp. 7⁰ zeitweilig gebracht. Daraus folgt, dass es bei allen Erregbarkeitsversuchen auf möglichst gleich lange Schliessungsdauer und gleich häufige Schliessungen und auf möglichstes Vermeiden der Voltaischen Alternativen ankommt, wenn Irrthümer vermieden werden sollen. (Dieselben Verschiedenheiten lassen sich nachweisen für die grössere oder geringere Durchfeuchtung der Electroden, für Befeuchtung mit heissem oder kaltem, gewöhnlichem oder Salzwasser etc.)

Ebenso ist es selbstverständlich und lässt sich auch leicht nachweisen, dass verschiedene Hautstellen desselben Individuums sehr verschiedenen Leitungswiderstand zeigen, und ich würde darauf gar nicht eingehen, wenn nicht eine Vernachlässigung dieser Thatsachen bis in die neueste Zeit herein Anlass zu Missverständnissen und zu abenteuerlichen Angaben über Erregbarkeitsverhältnisse gegeben hätte. — Zunächst ist hier zu erinnern an eine von Benedict mehrfach ausgesprochene Behauptung („Electrotherapie“ p. 33., p. 44 . .), dass bei Kathodenschliessung am Peronaeus die Zuckung stärker ausfalle, wenn man die Anode im Nacken, als wenn man sie am Kreuz stehen habe, und dass diese Verstärkung herrühre von der grösseren Strecke des in den Strom eingeschalteten Rückenmarks. Die Beobachtung ist richtig, die Erklärung aber nicht Schon Runge¹⁾), der einen Theil der hier in Betracht kommenden Verhältnisse in sehr umsichtiger Weise erörtert hat, wies durch Versuche nach (l. c. p. 367) dass zur Erklärung dieses Phänomens die Veränderung des Leitungswiderstandes an den genannten Stellen vollkommen genüge, und M. Rosenthal hat in der 2. Auflage seiner Electrotherapie (p. 98) denselben Beweis geführt. Da jedoch keiner der genannten Autoren zahlenmässige Belege dafür mitgetheilt hat, will ich kurz das Resultat eines meiner sich mit dieser Frage beschäftigenden Versuche mittheilen:

Versuch Gesunder Bursche. Ka am linken Peronaeus, An nach der Reihe im Nacken, am 5. Brustwirbel, 1. Lendenwirbel und im Kreuz, 18 Elemente Stöhrer, je 4 KaSS an jeder Stelle, Zuckungsgrösse und Nadelablenkung in 3 verschiedenen Versuchen hier zusammengestellt:

An im Nacken : KaSTE	—	50	—	70	—	60	Nad.-Abl.
„ am 5. Br.-W. : KaSZ“	—	30	—	40	—	40	“
„ am 1. Le.-W. : KaSZ'	—	20	—	30	—	2½ ⁰	“
„ im Kreuz : KaS(Z)	—	½ ⁰	—	1½ ⁰	—	1 ⁰	“

Genau dasselbe Resultat erhält man, wenn man den Ulnaris mit der Ka reizt, und das spricht wohl entschieden gegen den Einfluss einer längeren eingeschalteten Strecke centralen Nervensystems. — Verändert man die Elementenzahl jedes Mal so, dass bei An im Kreuz oder im Nacken immer die gleiche Nadelablenkung vorhanden ist, so fallen auch die Zuckungsgrössen von beiden Stellen genau gleich aus — was ebenfalls Runge nachgewiesen.

In dieselbe Kategorie von mangelhafter Beobachtung gehören wohl auch gewisse Angaben von Eulenburg, die derselbe in der Berl.

1) Runge, Der Electrotonus am Lebenden. Deutsches Archiv für Klin. Med. VII. p. 365. 1870.

Klin. Wochensch. 1872. Nr. 11 veröffentlicht und in sehr kühner Weise zu erklären versucht hat. Eulenburg fand, dass man bei Reizung eines Nerven mit der einen Electrode sehr verschiedene Zuckungsgrössen erhält, wenn man die Ansatzstelle der anderen Electrode verändert und glaubt, dass diese Veränderung zurückzuführen sei auf gleichzeitige Erregung anderer, demselben Plexus angehöriger Nervenstämmen. Dabei ist ganz unberücksichtigt geblieben, ob die verschiedenen Ansatzstellen nicht verschiedene Leitungswiderstände darbieten und ob diese nicht die verschiedene Grösse der Zuckung erklären. Um mich in dieser Frage einigermassen zu orientiren, habe ich einige Versuche mit Hülfe des Galvanometers angestellt, die ich ausführlich mitzutheilen hier wohl unterlassen kann. Es geht aus denselben hervor, dass die Zuckungsgrösse parallel geht der Nadelablenkung (resp. dem Leitungswiderstande) bei den verschiedenen Ansatzstellen der Anode, mögen diese nun indifferente Hautstellen, oder Nerven desselben Plexus, oder beliebige andere Nerven betreffen. Es ist natürlich nicht meine Sache, diese Frage weiter zu verfolgen; es ist aber klar, dass durch dieses Ergebniss die Eulenburg'schen Schlussfolgerungen wenn auch nicht umgestossen, so doch völlig in Frage gestellt sind.

Es ergiebt sich aus diesen Betrachtungen leicht, dass zur richtigen Beurtheilung der quantitativen galvanischen Erregbarkeit es unerlässlich nothwendig ist, bei den vergleichen Untersuchungen immer die gleiche Stromstärke im Schliessungsbogen herzustellen. Das kann annähernd nur dadurch erreicht werden, dass man ein Galvanometer in den Schliessungsbogen miteinschaltet und an diesem die Nadelablenkung abliest. Gleiche Ablenkungen an demselben bedeuten gleiche Stromstärke, vorausgesetzt, dass Grösse der Electroden, Durchfeuchtung u. s. w. gleich sind. Bei ungleichen Ablenkungen muss die Stromquelle so verändert werden, bis wieder die gleiche Ablenkung vorhanden ist; resp. es dürfen nur diejenigen Zuckungen miteinander verglichen werden, welche bei der gleichen Nadel-Ablenkung erzielt wurden.

Sobald diese Bedingungen erfüllt sind, kann man mit einiger Sicherheit schliessen, dass in einer bestimmten Entfernung von der erregenden Electrode eine bestimmte Dichtigkeit des Stromes vorhanden ist und das war das Hauptpostulat für die Methode. Es handelt sich also einfach darum, bei solchen Erregbarkeitsprüfungen immer über die Gesamtstromstärke orientirt zu sein, und man kann nur dann vergleichbare Resultate erwarten, wenn im Momente der Untersuchung genau die gleiche Stromstärke, resp. der gleiche Ausschlag am Galvano-

meter vorhanden war (alle übrigen Versuchsbedingungen ebenfalls als gleich vorausgesetzt). Wenn also bei vergleichender Prüfung zweier motorischer Nerven die Zuckungsgrösse bei z. B. 2^0 Nadelablenkung gleich ist, so ist eine gleiche Erregbarkeit derselben anzunehmen; wenn z. B. bei 4^0 Nadelablenkung in dem einen Nerven Te, in dem anderen nur Z' eintritt, besteht in dem ersteren die grössere Erregbarkeit u. s. f.

So einfach das auch in der Theorie lautet, so wenig sicher macht es sich in praxi. In den Worten „in einer bestimmten Entfernung von der erregenden Electrode“ liegt eine bedeutende Schwierigkeit der Methode; diese würde viel vollkommener sein, wenn sich eben die zu untersuchenden Nerven immer in einer bestimmten Entfernung von der erregenden Electrode befänden. Das thun sie eben nicht: die verschiedene Dicke der Haut und des Fettpolsters, Anomalien der anatomischen Lagerung u. s. w. machen es unmöglich. Diese Verhältnisse wird man nie ganz gleich herstellen können und desswegen bleibt der Uebung und dem subjectiven Ermessen des Beobachters immer noch ein sehr weiter Spielraum. Ich sehe aber nicht, wie man diese Schwierigkeit umgehen kann, so lange wir nicht die Nerven blosslegen und isoliren können. Immerhin kann hier der Vergleich mit Gesunden von annähernd gleicher Beschaffenheit über manche Schwierigkeit hinweghelfen. Auch die Wahl möglichst grosser Electroden vermindert die Fehlerquellen etwas.

Eine zweite nicht geringe Schwierigkeit ist die Inconstanz des Galvanometers. Ein solches Instrument, wenigstens das, welches ich benütze¹⁾), hat seine Launen und wechselt in der Grösse der Nadelablenkungen zu manchen Zeiten ziemlich bedeutend, ohne dass es mir bis jetzt gelungen wäre, einen bestimmten Grund dafür aufzufinden. Ich vermuthe, dass das Wetter darauf einen bestimmten Einfluss hat. Es kommt eben zeitweilig vor, dass das Instrument bei nicht nachweisbar verminderter Stärke der Batterie und bei der gleichen physiologischen Wirkung an Gesunden viel geringere Ausschläge giebt; das hält ein paar Tage an und dann kann es wieder für Wochen ganz in Ordnung sein. Für solche Fälle ist es nöthig, das Galvanometer öfter an Gesunden mit bekannten Verhältnissen zu prüfen; auch wird

1) Ich benütze ein solches Instrument von Stöhrer: Dasselb stellt einen einfachen Multiplicator dar, von wenigen Ellen Drathwindung und mit vertical stehender Nadel, die vor einer Scheibe sich bewegt, deren beide obere Quadranten in je 30^0 eingetheilt sind. (Nadelablenkung von 30^0 stellt also eine rechtwinkelige Ablenkung dar.)

dies in allen wichtigeren pathologischen Fällen das Sicherste sein. Ausserdem braucht man oft kleine technische Kunstgriffe, um die richtigen Nadelablenkungen zu erhalten; bei schwachen Strömen wirkt oft die Trägheit der Nadel hemmend und der Ausschlag fehlt oder ist gering: ein leichtes Aufklopfen auf das Instrument bringt dann die richtige Ablenkung hervor. Sehr wichtig ist, dass man von Zeit zu Zeit die Stromesrichtung im Galvanometer umkehrt, weil ein längeres Einwirken derselben Stromesrichtung ebenfalls zu Fehlern in der Ablenkung führt. Diese und ähnliche, aber nicht unwichtige Kleinigkeiten wird Jeder, der viel mit dem Galvanometer arbeitet, von selbst auffinden. — Natürlich geben die verschiedenen Galvanometer keine vergleichbaren Resultate und jeder Beobachter muss sich für sein Instrument die zu Vergleichungen dienenden Nadelablenkungen bei Gesunden erst bestimmen.

Die von mir angewendete und möglichst den im Vorhergehenden ausgesprochenen Anforderungen genügende Methode der galvanischen Untersuchung ist bereits oben in der Krankengeschichte von Schaller beschrieben. Die grosse Electrode wird auf das Sternum, die kleinere quadratische Electrode (Ka) auf die zu untersuchenden Nervenstämme so aufgesetzt, dass sie möglichst sicher diese Nerven bedeckt. Von 6 oder 8 Elementen angefangen wird die Elementenzahl immer um 2 vermehrt und auf jeder dieser Stufen werden 3 kurze Schliessungen des Stromes gemacht, die dabei auftretende Zuckungsgrösse, sowie die jedesmalige mit den obigen Kunstgriffen zu erzielende Nadelablenkung notirt. Ist man bis zu Stromstärken gekommen, wo starker Tetanus eintritt, so wird dann in derselben Weise wieder von Stufe zu Stufe zurückgegangen. In dieser Weise werden alle beliebigen Nerven des Körpers untersucht und man erhält so die Nadelablenkungen, bei welchen die erste KaSZ, oder starke KaSZ oder KaSTE eintritt, als im Allgemeinen vergleichbare Zahlenwerthe. — Ich will im Folgenden die Untersuchungsergebnisse an 2 Gesunden zuerst als Beispiele anführen, ich habe auch hier die Untersuchung für gewöhnlich auf die 4 oft genannten Nerven beschränkt und da die Resultate gewöhnlich auf beiden Seiten genau gleich sind, führe ich nur die Nerven der einen Seite an. Der Vollständigkeit wegen füge ich auch die Ergebnisse am N. radialis (am Oberarm) hinzu, da derselbe bei der galvanischen Erregung viel bessere Resultate giebt, als bei der faradischen.

1. August Heller, 34 Jahre alt, Hausknecht, gute Musculatur, geringes Fettpolster, Haut fein.

2. Joh. Jüngling, 25 Jahre, Bäcker, Musculatur mässig entwickelt, Fettpolster mässig.

Nerv. frontal. dext

6	Elem.	—	0°	—	O
8	"	—	1°	—	Z
10	"	—	2°	—	Z
12	"	—	3°	—	Z'
14	"	—	5½°	—	Te
12	"	—	4°	—	Te>
10	"	—	3½°	—	Z'
8	"	—	2°	—	Z
6	"	—	1½°	—	O.

Nerv. front. dext

8	Elem.	—	2½°	—	Z
10	"	—	4°	—	Z'
12	"	—	6°	—	Z'
14	"	—	8°	—	Z''
8	"	—	3½°	—	Z
6	"	—	1½°	—	O.

Nerv. accessor. dext.

6	Elem.	—	1½°	—	Z
8	"	—	1°	—	Z
10	"	—	1½°	—	Z'
12	"	—	2½°	—	Z'
14	"	—	5°	—	Te
12	"	—	4°	—	Te
10	"	—	3°	—	Z'
8	"	—	2°	—	Z.

N. accessor. dext.

6	Elem.	—	1½°	—	Z
8	"	—	1°	—	Z
10	"	—	2°	—	Z
14	"	—	6°	—	Te
16	"	—	8°	—	Te'
12	"	—	5°	—	Z''
10	"	—	3°	—	Z'
8	"	—	1½°	—	Z

N. radial dext.

10	Elem.	—	1½°	—	Z
12	"	—	1½°	—	Z
14	"	—	2°	—	Z'
16	"	—	3°	—	Z'
18	"	—	5°	—	Z''
20	"	—	7°	—	Te
22	"	—	8°	—	Te'
18	"	—	7°	—	Te
16	"	—	5°	—	Z''
10	"	—	2½°	—	Z
8	"	—	1½°	—	Z.

N. radial dext.

8	Elem.	—	1½°	—	Z
10	"	—	2°	—	Z'
12	"	—	4°	—	Z'
16	"	—	8°	—	Te
18	"	—	10½°	—	Te'
16	"	—	9°	—	Te
14	"	—	7°	—	Te>
12	"	—	6°	—	Z'
10	"	—	4°	—	Z
8	"	—	2°	—	Z
6	"	—	1°	—	?

Nerv. ulnar. dext.

10	Elem.	—	1°	—	Z
12	"	—	2°	—	Z
14	"	—	2½°	—	Z'
16	"	—	3½°	—	Z'
18	"	—	5°	—	Te
20	"	—	6°	—	Te'
16	"	—	5°	—	Te
14	"	—	4½°	—	Te>
12	"	—	3½°	—	Z'
8	"	—	2°	—	Z.

N. ulnar. dext.

8	Elem.	—	1½°	—	Z
12	"	—	2°	—	Z'
16	"	—	5½°	—	Te>
18	"	—	8°	—	Te'
16	"	—	6½°	—	Te>
14	"	—	5°	—	Z'
10	"	—	2°	—	Z
8	"	—	1°	—	Z.

N. peron. dext.			N. peron. dext.		
8 Elem.	—	$\frac{1}{2}^0$	—	0	
10	”	20	—	Z	10 Elem. — $1\frac{1}{2}^0$ — Z
14	”	50	—	Z'	12 ” — 30 — Z'
16	”	70	—	Te	16 ” — $6\frac{1}{2}^0$ — Z''
18	”	90	—	Te'	18 ” — 80 — Te
14	”	60	—	Z''	20 ” — 100 — Te'
12	”	40	—	Z'	16 ” — 70 — Z''
10	”	2 $\frac{1}{2}^0$	—	Z	12 ” — 40 — Z'
8	”	10	—	(Z)	8 ” — $1\frac{1}{2}^0$ — Z.

Es geht aus diesen Protocollen hervor, dass auch hier in den verschiedenen Nerven des gesunden Körpers eine gewisse Gleichmässigkeit der Erregbarkeit herrscht: in allen Nerven treten die ersten KaSZ schon bei sehr geringen Stromstärken, $\frac{1}{2}$ — 1^0 Nadelablenkung ein, zum Zustandekommen des KaSTe ist in allen eine entsprechend höhere Stromstärke erforderlich, bei Nr. 1 von 4^0 — 7^0 Nadelablenkung, bei Nr. 2 von $5\frac{1}{3}$ — 8^0 Nadelablenkung schwankend. Um ein Urtheil zu ermöglichen, in wieweit ein solches Verhalten etwa bei Gesunden sich als constant herausstellt und so als Vergleichsbasis dienen kann, habe ich im Folgenden die Resultate meiner Versuche an Gesunden tabellarisch zusammengestellt. Die Tabelle erklärt sich von selbst; in der oberen Columnne ist für jeden Nerven die kleinste Nadelablenkung eingetragen, bei welcher noch KaSZ erzielt werden konnte, in der zweiten Columnne diejenige kleinste Nadelablenkung, bei welcher schon KaSTe auftrat. Die Versuchspersonen sind dieselben Gesunden, wie in Tabelle 1. —

Tabelle 4.

Nerv. frontal.	Heller.	Jüngling.	Hilshimer.	Fischer.	Hofer.	Peter.	Keller.	Sandritter.
Schwächste KaSZ bei	1^0	$2\frac{1}{2}^0$	2^0	$1\frac{1}{2}^0$	—	—	—	—
KaSTetan. bei	4^0	üb. 8^0	8^0	10^0	—	—	—	—
N. accessor.
KaSZ bei	$\frac{1}{2}^0$	$\frac{1}{2}^0$	1^0	$\frac{1}{2}^0$	1^0	1^0	—	$\frac{1}{2}^0$
KaSTe bei	4^0	6^0	$5\frac{1}{2}^0$	8^0	8^0	7^0	—	8^0

N. radialis.	Heller.	Jüngling.	Hilsheimer.	Fischer.	Hofer.	Peter.	Keller.	Sandritter.
KaSZ bei	$\frac{1}{2}^0$	$\frac{1}{2}^0$	20	30	$\frac{1}{2}^0$	10	10	10
KaSTe bei	70	70	90	140	140	90	90	$8\frac{1}{2}^0$
N. ulnaris.								
KaSZ bei	10	$\frac{1}{2}^0$	$\frac{1}{2}^0$	20	10	10	10	$\frac{1}{2}^0$
KaSTe bei	$4\frac{1}{2}^0$	$5\frac{1}{2}^0$	80	120	110	90	60	90
N. peron.								
KaSZ bei	10	$1\frac{1}{2}^0$	$1\frac{1}{2}^0$	—	—	$\frac{1}{2}^0$	—	—
KaSTe bei	70	80	100	—	—	70	—	—

Diese Tabelle ergiebt meines Erachtens ziemlich bestimmte und ganz wohl verwerthbare Verhältnisse für die normalen motorischen Nerven. Zuerst geht daraus hervor, dass ähnlich wie bei faradischer Reizung die ersten KaSZuckungen in allen Nerven bei nahezu der gleichen Stromstärke eintreten und dass diese Stromstärke im Allgemeinen eine sehr niedere ist; sie bewegt sich zwischen $\frac{1}{2}^0$ – 3^0 Nadelablenkung, worauf wohl neben dem Leitungswiderstand der Epidermis besonders die Dicke des Fettpolsters und die grössere oder geringere Entfernung des Nerven von der erregenden Electrode von bestimmendem Einfluss ist. Immerhin sind die Schwankungen in diesen niederen Stromstärken so erheblich, dass die Resultate nur mit der grössten Vorsicht verwerthet werden können, besonders da die ersten Grade der Nadelablenkung (wenigstens bei meinem Galvanometer) etwas unsichere Grössen sind.

Dagegen lässt sich wohl eher das Auftreten des KaSTe bei einer gewissen Stromstärke für vergleichende Erregbarkeitsbestimmungen verwerthen, besonders wenn man das Verhalten desselben zum Auftreten der ersten KaSZ berücksichtigt. Die niedrteste, mir bisher vorgekommene Stromstärke, bei welcher KaSTe auftrat, war 4^0 Nadelableitung, es können aber selbst bis 14^0 dazu erforderlich sein: nämlich im N. front. bei 4^0 – 10^0 , (im Mittel aus 4 Beobh. bei 8^0), im N. accessor. bei 4 – 8^0 (im Mittel aus 7 Beobh. bei $6\frac{1}{2}^0$),

im Radialis bei $7-14^0$ (im Mittel aus 8 Beobh. bei $9\frac{1}{2}^0$),
im Ulnaris bei $4\frac{1}{2}-12^0$ (im Mittel aus 8 Beobh. bei 8^0),
im Peronaeus bei $7-10^0$ (im Mittel aus 4 Beobh. bei 8^0).

Die hohe Zahl für den N. radialis erklärt sich wohl daraus, dass dieser Nerv von der Oberfläche etwas weiter entfernt liegt, als die übrigen Nerven, so dass bei der gleichen absoluten Stromstärke (Nadelablenkung) die Stromdichtigkeit in demselben wohl etwas geringer ausfällt, als in diesen. Besonders brauchbar zum Vergleich scheint mir die Differenz der Nadelablehnungen, die zum Erzielen von Zuckung und Tetanus sich in den einzelnen Nerven herausstellt. Die geringste beobachtete Differenz ist $3-3\frac{1}{2}^0$, die grösste dagegen $13\frac{1}{2}^0$, weitaus am häufigsten aber liegt dieselbe zwischen 6 und 8^0 . Für gewöhnliche Verhältnisse liegen also diese beiden Stromstärken ziemlich weit auseinander und zwar schwankt die Differenz im Frontalis zwischen 3 und $8\frac{1}{2}^0$, im Acces. zwischen $3\frac{1}{2}$ und $7\frac{1}{2}^0$, im Radialis zwischen $1\frac{1}{2}^0$ und $13\frac{1}{2}^0$, im Ulnaris zwischen $3\frac{1}{2}$ und 10^0 , im Peronaeus zwischen 6 — $8\frac{1}{2}^0$.

Dies scheint mir ein ganz bezeichnendes Merkmal für die normale galvanische Erregbarkeit zu sein und ich glaube, dass man dasselbe besonders für die Beurtheilung der erhöhten Erregbarkeit mit Nutzen wird verwerthen können. Im Allgemeinen ergiebt sich mir aus meinen bisherigen Versuchen an Gesunden, dass man in dem Auftreten des KaSTE ein zuverlässigeres Kriterium für die Beurtheilung der quantitativen galvanischen Erregbarkeit besitzt, als in dem Auftreten der ersten KaSZ. —

Von meinen Erfahrungen über pathologische Veränderungen der galvanischen Erregbarkeit will ich hier nur die den Vorwurf dieser Arbeit bildenden Untersuchungsergebnisse bei zwei Fällen von Tetanie anführen. Bei ihnen handelt es sich um Steigerung der galvanischen Erregbarkeit und diese ist, wie ich oben auseinandergesetzt, in der Regel schwieriger zu constatiren und zu beurtheilen, als die Verminderung. Ein kurzer Vergleich dieser Kranken mit den Gesunden wird zeigen, wie sehr ich berechtigt war, bei jenen eine wirkliche Steigerung der galvanischen Erregbarkeit anzunehmen. Eine kurze tabellarische Zusammenstellung wird den Vergleich erleichtern. Ich führe von Schaller 2 Beobachtungsreihen aus der Zeit der Krankheit resp. der gesteigerten Erregbarkeit und eine aus der Zeit der Heilung an, von Kunz steht mir nur eine Reihe zu Gebot.

Tabelle 5.

N. frontalis.	Schaller (Tetanie.)			Kunz.
	III. 72.	XII. 72.	II. 73.	
KaSZ bei	1 $\frac{1}{2}$ °	—	3 $\frac{1}{2}$ °	—
KaSTe bei	7	—	10°	—
N. accessor.				
KaSZ bei	4°	1°	2°	—
KaSTe bei	10	2°	4 $\frac{1}{2}$ °	—
N. radialis.				
KaSZ bei	4°	1°	2°	1 $\frac{1}{2}$ °
KaSTe bei	1 $\frac{1}{2}$ °	2°	7°	3°
N. ulnaris.				
KaSZ bei	0°	1°	1°	1 $\frac{1}{2}$ °
KaSTe bei	3 $\frac{1}{2}$ °	2°	4°	1 $\frac{1}{2}$ °
N. peronaeus.				
KaSZ bei	1°	—	2°	—
KaSTe bei	3 $\frac{1}{2}$ °	—	6 $\frac{1}{2}$ °	—

Aus dieser Tabelle ergeben sich sehr auffallende Unterschiede gegenüber den normalen Verhältnissen; weniger allerdings in Bezug auf das Auftreten der ersten KaSZ, wiewohl auch diese bei der ersten Untersuchung von Schaller bei so niedrigen Stromstärken (0—1/4° Nadel-Ablenkungen) eintraten, wie sie mir bei Gesunden niemals vorgekommen sind.

Sehr bezeichnend ist dagegen die äusserst geringe, zur Erzielung des KaSTe erforderliche Stromstärke in den Rumpfnerven; im Accessor. und Radialis 1—2°, im Ulnaris und Peronaeus 2—3 $\frac{1}{2}$ ° (bei Kunz im Radialis 3°, Ulnaris 1 $\frac{1}{2}$ °). Vergleicht man damit die oben angegebenen Mittelzahlen bei Gesunden (6 $\frac{1}{2}$ —9 $\frac{1}{2}$ °), so ist die Differenz gewiss sehr auffallend. — Ebenso ist die Differenz der Stromstärken

welche zur Erzielung von KaSZ und KaSTe erforderlich sind, eine abnorm geringe: im Accessorius $3\frac{1}{4}$ — 1^0 (normal $3\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}^0$), im Radialis 1 — $2\frac{1}{2}^0$ (normal $6\frac{1}{2}$ — $13\frac{1}{2}^0$), im Ulnaris 1 — $3\frac{1}{2}^0$ (normal $3\frac{1}{2}$ — 10^0), im Peronaeus $2\frac{1}{2}^0$ (normal 6 — $8\frac{1}{2}^0$). Es kann also nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass in beiden Fällen eine sehr bedeutende Steigerung der galvanischen Erregbarkeit bestand. Die ziemlich geringen Leitungswiderstände bei Schaller ändern an diesem Ergebniss durchaus nichts; sie haben nur Einfluss auf die zur Erzielung der Nad. Abl. erforderlichen Elementenzahlen. Ausserdem zeigt der Vergleich mit Gesunden, die ebenso geringe oder selbst geringere Leitungswiderstände haben (vgl. Fischer und Hofer in Tab. 3 mit Schaller ebenda), dass dieselben sowohl KaSZ wie Te bei viel grösseren Nadelablenkungen (also absoluten Stromstärken) ergeben, als Schaller; ja dass sogar die Differenz der Stromstärken für KaSZ und Te gerade bei diesen am allergrössten ist, wie sich aus Tab. 4 klar ergibt. Es dient also gerade der Vergleich mit diesen Gesunden noch mehr zur Bekräftigung der Annahme einer hochgradig gesteigerten Erregbarkeit. —

Sehr bezeichnend ist ferner, dass bei der dritten Untersuchung von Schaller (Febr. 73) sich das Verhalten mehr dem Normalen nähert, indem sowohl die absoluten Stromstärken, wie die Differenz zwischen den für KaSZ und Te erforderlichen Stromstärken grösser werden. Endlich ist sehr bemerkenswerth das durchaus normale Verhalten der Stirnnerven, bei welchen sowohl die absolute Stromstärke als auch die Differenz der Stromstärken in keiner Weise von dem normalen Mitte abweicht. — Es hat sich somit aus diesen eingehenden Vergleichen der Verhältnisse bei Gesunden und bei Schaller ergeben, dass bei diesem eine Steigerung sowohl der galvanischen als auch der faradischen Erregbarkeit in den motorischen Rumpfnerven mit aller Sicherheit anzunehmen ist und dass wir also wohl ein Recht hatten, dieselbe als Grundlage für die oben angedeuteten theoretischen Betrachtungen über das Wesen der Tetanie zu benutzen.

Es geht wohl aus der vorliegenden Arbeit unzweifelhaft hervor, dass die im Vorstehenden skizzirten Untersuchungsmethoden eine gewisse Branchbarkeit für die Bestimmung quantitativer Veränderungen der electrischen Erregbarkeit bei symmetrischen Erkrankungen besitzen und dass sie besonders für feinere, zu wissenschaftlichen Zwecken anzustellende Untersuchungen empfohlen zu werden verdiensten. Es wäre nur zu wünschen, dass wir für solche Untersuchungen ein mehr zuverlässiges und beständiges Mittel zur Bestimmung der Stromstärke be-

sässen, als dies die gewöhnlichen Galvanometer sind; das würde die Anwendung dieser Methoden wesentlich erleichtern. — Ich selbst hätte gewünscht, mit einer grösseren Zahl von Beobachtungen vor den Leser treten zu können, allein da diese Untersuchungen sehr zeitraubend und mühsam sind, war es mir bisher nicht möglich, mehr Material zu sammeln. Trotzdem glaubte ich, mit der Veröffentlichung nicht zurückhalten zu sollen, da es mir besonders darauf ankam, zu zeigen, in welcher Weise solche Untersuchungen angestellt werden müssen, wenn sie wissenschaftlich verwerthbar sein sollen, und da es mir selbst für längere Zeit an der nöthigen Musse zu eingehenden Untersuchungen der Art fehlen wird. Wenn es mir selbst somit nicht möglich sein wird, die noch weit klaffenden Lücken in dieser Bziehung auszufüllen (besonders noch umfassendere Ermittlungen an Gesunden anzustellen), so wird vielleicht von andern Seiten diesem Gegenstande in Zukunft eine fruchtbringende Aufmerksamkeit nicht versagt werden.

Heidelberg, 5. März 1873.
