

XVI.**Zur Lehre von den Wirkungen des Blitzes auf den thierischen Körper.**

Experimentelles und Klinisches.

Von Prof. Dr. H. Nothnagel in Jena.

Vor einiger Zeit hatte ich Gelegenheit einen Krankheitszustand zu beobachten, welchen der Träger desselben auf die Einwirkung eines Blitzschlages zurückführte. Auf das höchste überraschte die reissende Heilung der monatelang bestehenden Störungen durch die Anwendung des Hufeisenmagneten; ein ebenso grosses Interesse bot aber auch das klinische Bild als solches dar — der Fall folgt unten mit seinen Einzelheiten.

Da eine befriedigende Deutung der bei dem Kranken nachweislichen, anscheinend sehr sonderbaren Störungen durch die klinische Analyse des Falles selbst nicht zu gewinnen war, da ich eine gleiche Beobachtung in der Literatur des Blitzschlages, deren Casuistik ebenso merkwürdig wie leider in der Mehrzahl wegen der lückenhaften und klinisch oberflächlichen Beschreibungen nur nothdürftig verwendbar ist, nicht auffinden konnte, musste selbstverständlich das Thierexperiment herangezogen werden. Auch dieses Mal brachte es, wie so oft, ein besseres Verständniss der Erscheinungen.

A. Experimentelles¹⁾.

Experimentelle Untersuchungen, in der Absicht angestellt, die Einwirkung des Blitzes auf den thierischen Körper und die dadurch hervorgerufenen pathologischen Zustände zu studiren, liegen in auffällig geringer Menge vor. Die vorhandenen datiren Jahrzehnte, zum Theil in das vorige Jahrhundert zurück, und knüpfen entweder

¹⁾ Die Untersuchungen habe ich im physikalischen Cabinet unserer Universität angestellt. Meinem verehrten Collegen Herrn Prof. Schaeffer, welcher mir die Apparate mit grösster Liberalität zur Verfügung stellte, herzlichen Dank auszusprechen ist mir eine angenehme Pflicht.

an die therapeutischen Bestrebungen an, welche der Vervollkommnung der Reibungs-Electrisirmschinen sich anschlossen, oder waren der Erforschung der Thatsache zugewendet, dass der Blitz Menschen und Thiere zu tödten vermag. In letzterer Beziehung sind vor allem die Mittheilungen von Fontana¹⁾ bemerkenswerth. Von erneuten Versuchen hierüber habe ich abgesehen, weil die Thatsache, dass der Blitz zu tödten vermag, keiner Erhärtung bedarf, und über das Wie des hierbei geschehenden Vorganges beim gegenwärtigen Stand unserer Untersuchungsmethoden genauere Aufklärungen mir kaum erreichbar schienen. Das Wenige, was in ersterer Beziehung ermittelt ist, findet sich bei Duchenne²⁾). Man hatte festgestellt — überwiegend wohl durch Beobachtungen am Menschen — dass der Entladungsschlag einer Leydener Flasche die Muskeln energisch zur Zusammenziehung bringt, und dass, wenn die Electrode im Niveau eines Nervenstammes steht, eine Empfindung eintritt, welche gleich ist der durch starke Contusion des Nerven erzeugten und welche von einer Erstarrung gefolgt ist, „die sich fast bis in die letzten Verzweigungen verbreitet“. Ferner giebt Duchenne an, dass anfänglich die Capillarcirculation aufgehoben werde, die betreffende Hautstelle wird blass, ihre Temperatur nimmt ab, und darauf folgt dann der umgekehrte Zustand.

Weitere Untersuchungen an Thieren, welche wegen der hier möglichen Veränderbarkeit der Versuchsbedingungen vor allem geeignet wären, die oft so bizarren klinischen Bildern zu erklären, wie sie uns in den durch Blitzschlag erzeugten krankhaften Zuständen entgegentreten, liegen wenigstens meines Wissens und in der mir zugänglichen Literatur nicht vor. Die ärztlichen Abhandlungen über den Blitzschlag bewegen sich nur auf dem klinischen, zum geringen Theil noch auf dem physikalischen Gebiet. —

Dass der Blitz nur ein electrischer Funke ist, qualitativ vollständig analog demjenigen, welchen man durch die gewöhnlichen Reibungs-Electrisirmschinen erhält, und welchen man aus einer geladenen Leydener Flasche ziehen kann, ist seit Franklin's Unter-

¹⁾ F. Fontana's Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Uebers. v. Hebenstreit. Leipzig 1785. S. 147—154.

²⁾ Duchenne, Electrisation localisée. 2me éd. 1861. p. 2—8.

suchungen erwiesen. Man weiss ferner, dass die Gewitterwolken bald mit positiver, bald mit negativer Electricität geladen sind.

Demnach kann es wohl keinem Bedenken unterliegen, die Ergebnisse, welche man durch Versuche mit den soeben genannten Apparaten am thierischen Körper erhält, unmittelbar in Vergleich zu stellen mit den Störungen, welche der Blitz erzeugt. Quantitativ mögen beide verschieden sein, qualitativ sind sie zweifellos gleich.

Vielleicht könnte man von streng physikalischem Standpunkt aus ein Bedenken darin sehen, dass der Entladungsmodus bei der Leydener Flasche und der Gewitterwolke ein etwas verschiedener ist. Dass jedoch diese Verschiedenheit in der Art der Entladung keine wesentliche ist, wenigstens nicht die physiologischen Wirkungen auf den Thierkörper beeinflusst, ergiebt sich aus unseren Versuchen selbst, deren Ergebnisse qualitativ durchaus mit den vom Blitz hervorgerufenen Veränderungen übereinstimmen.

Die Versuchsanordnung, deren ich mich bediente, war folgende:

Mit der positiven Electricität einer gewöhnlichen Scheiben-Electricirmschine wurde eine grosse Leydener Flasche (wenige Male auch deren drei mit einander verbunden) geladen, indem ihr Knopf mit dem Conductor der Maschine, die äussere Belegung mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht war.

Das Thier — es wurden ausschliesslich Kaninchen verwendet — lag, mit leinenen Bändern befestigt, auf einem ganz gewöhnlichen kleinen hölzernen Kaninchenbrett. Dieses selbst ruhte auf Glasröhren, welche wieder auf einem gewöhnlichen hölzernen Tisch lagen.

Die leitende Verbindung zwischen dem Thier und der äusseren Belegung der Leydener Flasche wurde durch einen überzogenen kupfernen Leitungsdraht hergestellt, welcher in seiner dem Thier zugewandten Hälfte in eine lange Glasröhre mit Siegellack eingekittet war. Die metallene Spitze des Leitungsdrahtes, welche direct auf die betreffende Stelle des Thieres aufgesetzt wurde, überragte die isolirende Glasröhre bezw. den Siegellack an derselben nur um 1—2 Millimeter. Diese Verbindung war natürlich schon vor dem Laden der Flasche hergestellt. — In ganz gleicher Anordnung war die Leitung zwischen einer zweiten Hautstelle und dem Knopfe der Flasche bewerkstelligt, mit dem Unterschiede natürlich, dass diese

Verbindung während des Ladens der Flasche unterbrochen war. Dieselbe wurde erst behufs der Entladung der Flasche geschlossen und zwar durch einen gewöhnlichen Auslader, dessen einer Arm vorher mit dem Leitungsdrähte verknüpft war.

In jedem Versuche wurde die Leydener Flasche, nachdem sie durch eine Reihe von Umdrehungen geladen war, entladen, sofort wieder geladen und abermals durch den Thierkörper entladen und so 2—4mal hintereinander. Eigentlich, sollte man meinen, müsste die erste Entladung zur Erzeugung der im concreten Falle überhaupt erreichbaren Wirkung genügen, und die wiederholte Entladung sei überflüssig. Indessen man weiss, wie eine Menge von kleinen zufälligen Nebenumständen die Intensität jedes einzelnen Entladungsschläges zu modifiziren vermag. Um deshalb das Resultat möglichst sicher zu machen, um die Menge Zeit zu sparen, welche verloren ging, wenn ich nach jeder einzelnen Entladung die ganze Versuchsanordnung auseinandergenommen, das Ergebniss geprüft hätte und bei ungenügender Entladung erst zwei, drei Male wieder hätte zusammenstellen müssen; endlich weil ich glaubte bemerkt zu haben, dass in der That der physiologische Effect der Summe mehrerer Entladungen grösser sei als derjenige einer einzelnen, verfuhr ich immer in der Weise, dass ich 2, 3, 4 Entladungen unmittelbar auf einander folgen liess.

Anfänglich versuchte ich die Enden der metallenen Leitungsdrähte auf die geschorene, sonst aber unversehrte Haut aufzusetzen. Indessen ist der Widerstand, welchen die Oberhaut darbietet, ein so bedeutender, dass die Ausgleichung zwischen den beiden Drähten, selbst bei ziemlich weiter Entfernung derselben auf der Körperoberfläche, zum grössten Theil durch die Luft geschah, indem ein sehr starker Funke über die Haut entlang fuhr. Nur ein Bruchtheil des Entladungsschläges ging, wie die Beobachtung der physiologischen Wirkungen ergab, durch das Innere der zwischen den Electroden befindlichen Körperstrecke. Da ich nun aber nicht etwaige Verbrennungseffecte auf der Haut studiren wollte, sondern die Erscheinungen, welche auftreten wenn der Funke eine bestimmte Körperstrecke in ihrer Masse durchschlägt, so verfuhr ich stets so, dass an den Stellen, wo die Electroden (die Spitze der Leitungsdrähte) aufgesetzt wurden, umschrieben die ganze Haut oder auch nur die Oberhaut eingeschnitten wurde. Man konnte

sich dann immer überzeugen, dass entweder der ganze Entladungsschlag durch die Masse der betreffenden Körperstrecke schlug, oder doch nur ein minimaler Funke daneben durch die Luft übersprang.

Es würde nun noch wichtig sein, die Quantität der bei den einzelnen Versuchen verwendeten Electricität anzugeben. Indessen ist dies für genauere Maasse äusserst schwierig. Man weiss, dass die von dem Reibzeug gelieferte Electricitätsmenge verschieden ist nach dem wechselnden Verhalten der atmosphärischen Luft, nach der Amalgamirung des Leders u. s. w. Ich beschränke mich deshalb, um wenigstens einen ungefähren Anhaltepunkt zu geben, auf die Bemerkung, dass die von mir benutzte Leydener Flasche eine äussere Belegung von 0,42 □ Meter hat, und dass anderthalb Umdrehungen des Reibzeuges gewöhnlich einen lebhaften Funken an der Lane'schen Maassflasche gaben; die Zahl der Umdrehungen des Reibzeuges ist bei den einzelnen Versuchen erwähnt.

Störungen der Sensibilität.

Ich halte es für unnötig, die ganze Summe der angestellten Versuche mitzutheilen, und gebe deshalb nur Paradigmata.

Experiment a.

Zwischen zwei Zehen der linken Hinterextremität und an der Innenfläche des linken Oberschenkels unter dem Lig. Poupartii, entsprechend dem Verlaufe des N. cruralis, wird eine kleine Hautwunde zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte gemacht; die letztere Stelle wird mit dem Knopf der Leydener Flasche, die erstere mit dem Beleg in Verbindung gebracht, letztere ist also die Einsprungs-, erstere die Aussprungsstelle des Entladungsschlages. Unmittelbar nacheinander geschehen 3 Entladungen, jede von 75 Umdrehungen des Reibzeuges.

Bei jeder Entladung zuckt das durchschlagene linke Bein heftig; nicht unmittelbar, sondern jedesmal, in diesem wie bei allen anderen Versuchen, mehrere Sekunden nach dem Schlage schreit das Thier.

Die Sensibilitätsprüfung sofort hinterher ergiebt¹⁾:

¹⁾ Zur Sensibilitätsprüfung bediente ich mich stets des Inductionsstromes: Du Bois'scher Schlittenapparat (dessen Scala 0 übereinandergeschobene Rollen bedeutet, und die steigende Ziffer abnehmende Stromstärke), kräftiges Grennetsches Element, und als Electroden zwei isolirt nebeneinander befindliche Platindrähte. An den Stellen, wo die Sensibilität geprüft werden sollte, wurde die Haut entweder angefeuchtet oder angeschnitten — selbstverständlich stets symmetrisch in gleicher Weise.

1. links zwischen den Zehen (Einsprungsstelle) vollständige Anästhesie, bei 0 d. h. bei übereinander geschobenen Rollen und stärkstem Strom nicht die geringste Reaction; rechts an der entsprechenden Stelle schon bei 100 Mm. Rollenabstand Schmerzensäusserungen, d. h. das Thier macht Bewegungen des ganzen Körpers, welche den zweifellosen Eindruck willkürlicher Abwehrbewegungen hervorrufen.

2. links an der oberen Grenze des Fussrückens, dicht unterhalb des Fussgelenkes ebenfalls vollständige Anästhesie; rechts bei 60 Mm. Schmerzensäusserungen.

3. am unteren Ende des Unterschenkels, dicht oberhalb des Fussgelenkes, links wie rechts gleiche Empfindlichkeit, schon bei 75 Mm. Schmerz; ebenso am Knie, am Oberschenkel und selbst an der Einschlagsstelle links die gleiche Empfindlichkeit wie an den entsprechenden Stellen rechts.

Unmittelbar nach dem Abnehmen hüpfst das Thier munter herum, es ist keinerlei Störung der Motilität zu bemerken.

Als Resultat dieses Versuches, welcher bei einer Reihe von Thieren mit unwandelbar demselben Erfolg wiederholt wurde, ergibt sich also: wenn der Funke die untere Extremität in der Richtung von der Innenfläche des Oberschenkels nach den Zehen hin durchschlägt, zeigt sich hinterher keinerlei motorische Störung im durchschlagenen Bein; dagegen eine vollständige Anästhesie selbst gegen die stärksten Inductionsströme. Höchst überraschend ist aber, dass diese Anästhesie mit der Gegend des Fussgelenkes scharf abschneidet; selbst an der Einsprungsstelle des Funkens ist keine deutliche Verminderung der Sensibilität nachzuweisen.

Experiment b.

Anordnung des Versuches umgekehrt, dergestalt dass die Einsprungsstelle links zwischen den Zehen und die Aussprungsstelle an der Innenfläche des Oberschenkels liegt, sonst dieselben Verhältnisse. Drei Entladungen, jede von 85 Umdrehungen. Darnach:

1. links zwischen den Zehen bei 0 Rollenabstand — Anästhesie,
rechts bei 120 Mm. Rollenabstand — Schmerz.
2. links oben am Fussrücken dicht unterhalb des Gelenkes bei 0 — Anästhesie,
rechts bei 150 Mm. — Schmerz.
3. links dicht oberhalb des Fussgelenkes bei 70 Mm. — Schmerz,
rechts bei 70 Mm. — Schmerz.
4. links am Knie bei 40 Mm. — Schmerz.
rechts bei 40 Mm. — Schmerz.
5. links an der Aussprungsstelle 50—60 — Schmerz.
rechts an der entsprechenden Stelle 50—60 — Schmerz.

Also genau dasselbe Ergebniss, wie in der Gruppe a. Daraus geht hervor, dass die Richtung, in welcher der Funke das Bein

durchschlägt, bei den in Rede stehenden Ein- und Aussprungsstellen ohne Bedeutung ist für die Hervorbringung des auffälligen Effectes: eine genau auf den Fuss beschränkte Anästhesie.

In weiteren Versuchen (Exp. c) wurde festgestellt, dass wieder ganz dasselbe Resultat, d. b. eine auf den Fuss beschränkte Anästhesie ohne weitere Erscheinungen, namentlich auch ohne motorische Störungen, eintrat, wenn der Schlag von den Zehen des Hinterbeines zur Bauch- oder Brustseite durchging.

Wie vorauszusetzen, ergab sich ferner (Exp. d), dass, wenn man die eine Electrode zwischen die Zehen des einen Vorderbeines, die andere an die Brustseite oder über den N. cruralis an die Innenseite des Oberschenkels anbringt, wieder dasselbe Ergebniss folgte: Anästhesie, welche sich diesmal auf den betreffenden Vorderfuss beschränkte, und wieder mit dem (Hand-) Gelenk abschnitt.

Experiment e.

Die eine Electrode wird zwischen den Zehen des linken Vorderfusses, die andere zwischen denen des linken Hinterfusses aufgesetzt; zweimalige Entladung von je 80 Umdrehungen. Danach:

rechts zwischen den Zehen des Vorder- und Hinterfusses, ebenso auf dem Handrücken bzw. Fussrücken dicht unterhalb des Gelenkes überall bei 100 Mm. Rollenabstand Schmerzensäusserung;

links an eben denselben Stellen bei 0 Rollenabstand vollständige Anästhesie.

Dicht oberhalb der Gelenke und an allen übrigen Stellen der vier Extremitäten gleiche Empfindlichkeit.

Wenn man also als Einsprungsstelle den einen, und als Aussprungsstelle den anderen Fuss wählt, so werden diese beiden anästhetisch bis zum Fuss- und bzw. Handgelenk hinauf, während alle dazwischen liegenden Partien keine Veränderung zeigen. —

Eine weitere Versuchsreihe (f) stellte das Verhalten der Anästhesie genauer fest. Nach Durchschlagung des Beines wurde die Haut des ganzen Fusses und des unteren Drittels am Unterschenkel ringsum abgetrennt und nun geprüft. Bei übereinandergeschobenen Rollen des Schlittenapparates und Prüfung mit Platinelectroden, also bei enorm schmerzhaften Strömen kann man den ganzen Fuss ringsum reizen, ohne dass die mindeste Reaction folgt; ebenso kann man einen isolirten Nervenast am Fuss ohne jede Reaction reizen. Ich durchstach mit einem Messer die ganze Dicke des Fusses, führte die Platin spitzen der Electroden durch diese Wunden hindurch — immer dieselbe Anästhesie. Es

ist also nicht blos die Haut, sondern der ganze Fuss in seiner vollen Dicke durchaus empfindungslos. — Geht man nun mit den reizenden Electroden bis an das Fuss- bzw. Handgelenk hinauf, so zeigt sich Folgendes: die Gelenkfläche des Unterschenkelknochens (beim Kaninchen verwächst bekanntlich die Fibula etwa in der Mitte mit der Tibia) ist noch anästhetisch, ebenso das Periost über den Condylen und die im selben Niveau liegenden Weichtheile; unmittelbar darüber aber — die Grenze schwankt in einer Breite von 3—5 Mm. — beginnt plötzlich die Empfindlichkeit. Die fühlende und gefühllose Zone umgeben, soweit ich habe feststellen können, die Extremität ziemlich ringförmig; jedenfalls handelt es sich nur um kleine Zacken, die sich in einander einschieben.

Wie kommt diese höchst merkwürdige Beschränkung der Anästhesie auf den Fuss bzw. die Hand zu Stande? Man könnte folgende Ueberlegung anstellen: sobald der Funke an die langen Röhrenknochen des Schenkels kommt, geschieht die Leitung vielleicht in diesen, weil dieselben eine gleichmässige Bahn abgeben. Es wird sich dann die Wirkung der Electricität in den Weichtheilen und der Haut nicht bemerkbar machen, das hiesse, die Anästhesie bliebe auf den Fuss beschränkt. Diese Vorstellung hat von vornherein keine grosse Wahrscheinlichkeit für sich, auch würde gegen dieselbe schon der Umstand sprechen, dass das Periost der Tibia etwas oberhalb der Condylen empfindlich ist, indessen sie musste doch der Vollständigkeit wegen experimentell geprüft werden.

Experiment g.

Einem Kaninchen wird um $2\frac{1}{2}$ Uhr in Narkose die ganze Tibia und Fibula extirpiert, so dass Oberschenkel und Fuss nur mittelst der Weichtheile zusammenhängen. Um $3\frac{1}{2}$ Uhr, nachdem das Thier aus der Narkose vollständig erwacht ist, ergiebt sich bei der Prüfung an allen symmetrischen Punkten beider Unterextremitäten die Sensibilität durchaus gleich. Jetzt wird in gewöhnlicher Weise der Funke von den Zehen des linken Fusses zur Inguinalbeuge, entsprechend dem N. cruralis, durchgeleitet, dreimal hintereinander Entladungsschlag von je 85 und einmal von 50 Umdrehungen. Danach:

am ganzen linken Fuss bis zur Grenze des (früheren) Gelenkes absolute Anästhesie; am ganzen linken Unterschenkel, trotz des Fehlens seiner Knochen, ebenso am ganzen Oberschenkel keine Anästhesie, die Empfindlichkeit hier ist wie vorher und wie an den entsprechenden Punkten der rechten Extremität. Die Empfindlichkeit beginnt ein wenig oberhalb der Fusswurzelknochen in den Weichtheilen; die Gelenkfläche des Femur ist ebenfalls stark empfindlich.

Durch diesen Versuch ist also die angedeutete Vermuthung endgültig widerlegt.

Man konnte nun ferner folgende umgekehrte Ueberlegung anstellen: die Knochen leiten den Funken sehr schlecht, vielmehr wird die Electricität sich hauptsächlich in den Weichtheilen verbreiten. Da nun am Fuss viel knöcherne Theile von nur wenig Weichtheilen bekleidet existiren, so wird in diesen letzteren die Wirkung der Electricität sich intensiv geltend machen. Wenn diese Vorstellung in dieser rohen Fassung richtig ist, so kann man vielleicht ebenso wie am Fuss auch an Stellen des Rumpfes, wo daselbe Verhältniss besteht, d. h. viel knöcherne von wenig weichen Theilen bedeckt, Anästhesie erwarten.

Experiment h.

Die eine Electrode zwischen den Zehen des rechten Hinterfusses, die andere grade mitten auf dem Kreuzbein aufgesetzt. Die Maschine giebt heut ziemlich wenig Electricität her; zweimal 150 Umdrehungen. Danach:

am rechten (durchschlagenen) Fuss bei 40 Mm. Rollenabstand Schmerz, am linken bereits bei 120 Mm.; am Unter- und Oberschenkel beiderseits gleich, bei 120 Mm. Schmerz; auf dem Kreuzbein an der Stelle der Electrode und ringsherum keine Anästhesie oder Abnahme der Empfindlichkeit, vielmehr schon bei 120 Mm. Rollenabstand Schmerz.

Also auch diese zweite Vorstellung ist in dieser Fassung unhaltbar. Ehe ich mich zu den Versuchen wende, welche meines Erachtens die Entscheidung liefern, mögen noch die Resultate einiger anderer (Exp. i) erwähnt werden, welche zur Vervollständigung des Gesamtbildes beitragen.

Wenn man die eine Electrode über der Musculatur oberhalb des Fussgelenks am Unterschenkel, und die andere an der gewöhnlichen Stelle (s. o.) über dem N. cruralis an der Innenseite des Oberschenkels aufsetzt, so tritt gar keine Verminderung der Sensibilität weder im Bereich der durchschlagenen Strecke noch an dem Fuss des betreffenden Beines ein. Dasselbe negative Ergebniss besteht, wenn man den Schlag z. B. von der Innenfläche des Oberschenkels zur Brustseite durchgehen lässt. Bei sämtlichen bisher erwähnten Versuchsanordnungen war demnach das einzige positive Resultat eine Anästhesie im Bereich des Fusses in dem Falle, dass dieser selbst vom Funken mit durchschlagen war.

Experiment k.

Die Haut des vorher geschorenen Schwanzes wird der Länge nach gespalten; die Prüfung in der Hautwunde ergiebt Empfindlichkeit bei 130 Mm. Rollenabstand. Jetzt die eine Electrode von der Leydener Flasche zwischen die Zehen des Vorderfusses, die andere auf den Schwanz etwa der Mitte seiner Länge entsprechend gesetzt. Viermal hintereinander Entladung, von 80, 65, 60, 50 Umdrehungen. Danach Anästhesie des Fusses (mit einer von dem sonst immer bestehenden Verhalten abweichenden Modification, auf welche ich nachher zurückkomme) und ebenso vollständige Anästhesie des Schwanzes — bei übereinander geschobenen Rollen gar keine Reaction.

Die genauere Prüfung zeigte in diesem wie in anderen Versuchen, dass die Anästhesie des Schwanzes, unabhängig von der Applicationsstelle der Electrode an ihm, rumpfwärts immer bis zu einer bestimmten Zone reichte, welche der Insertionsstelle der an der Schwanzwurzel sich anheftenden Muskeln entspricht. Von Bedeutung für die Auffassung der Erscheinungen dürfte auch noch der Umstand sein, dass an einem Tage, als das Reibzeug in Folge starker Abnutzung der Amalgamirung sehr schwach wirkte, nach 2 mal 100 Umdrehungen die sonst immer und ausnahmslos eintretende Anästhesie des Fusses ausblieb, während diejenige des Schwanzes noch eintrat.

Dieses Ergebniss, Anästhesie des Schwanzes, wenn derselbe vom Funken durchschlagen wird, scheint mir, zusammengehalten mit allen bisher mitgetheilten Versuchsresultaten, den Schlüssel für die anfänglich so paradoxe Erscheinung der auf den Fuss beschränkten Anästhesie zu liefern.

Arago¹⁾) hat folgenden „Lehrsatz“ (wie er sich ausdrückt) aus einer Reihe von Thatsachen gefolgert (I. c. 39. Capitel, § 2): „wenn der Blitz Menschen oder Thiere trifft, die in grader Linie oder in einer nicht geschlossenen krummen Linie neben einander stehen, so sind seine Wirkungen an den beiden Enden der Reihe stets am häufigsten und verderblichsten“. Aus den von ihm mitgetheilten Beispielen führe ich nur folgende zwei an. Der Bilz schlug in ein Stallgebäude, in welchem 32 Pferde in einer einzigen Reihe standen. 30 Pferde wurden mit einem Schlage niedergeworfen. Ein einziges blieb auf der Stelle todt; es bildete das eine Ende der Reihe; ein anderes sehr schwer verletztes, das auch starb, stand an dem entgegen-

¹⁾ Arago's sämmtliche Werke, herausgeg. von Hankel. Leipzig 1854. Ueber das Gewitter, 4. Bd.

gesetzten Ende. — In einem Zimmer eines Hauses, in welches der Blitz einschlug, sassen 5 Kinder auf einer Bank und lasen. Das erste und das letzte fielen auf der Stelle todt nieder; die drei übrigen kamen mit einer heftigen Erschütterung davon.

Es möchte nahe liegen, diese Erfahrungen in Analogie zu bringen mit den Erscheinungen in obigen Versuchen. Immerhin wäre es nur eine Analogie, keine Erklärung; und auch die Analogie ist eine nur theilweise: denn warum erscheint die Anästhesie so scharf auf den Fuss und Schwanz begrenzt, warum fehlt sie an der anderen Electrode, wenn man dieselbe am Oberschenkel, am Rumpf aufsetzt, warum fehlt sie sowohl an der Ein- wie an der Aussprungsstelle, wenn man die Electroden am Oberschenkel und oberhalb des Fussgelenks aufsetzt? —

Unzweifelhaft gelten die bekannten physikalischen Gesetze für die Leitung und Verbreitung der Electricität auch für den Fall, dass der Funke in den thierischen Körper eindringt, und die hervorgerufenen Wirkungen, so bizarr sie erscheinen mögen, können nur beurtheilt werden unter Berücksichtigung jener Leitungs- und Vertheilungsgesetze. Die Schwierigkeit liegt allerdings darin, dass wir diese letzteren für den thierischen Körper, dessen Masse aus Theilen von ganz verschiedenartiger Leistungsfähigkeit sich zusammensetzt, ziemlich wenig kennen. Indessen kann man einige bekannte Gesetze wohl ohne weiteres auch für die bei unseren Versuchen in Betracht kommenden Verhältnisse verwerthen.

Für unseren vorliegenden Fall muss die Thatsache berücksichtigt werden, dass die Dichtigkeit der Electricitätsmasse am grössten ist an der Einsprungs- und an der Aussprungsstelle, dass sie geringer ist während der Vertheilung über den mehr oder weniger breiten Querschnitt des Leiters. Noch unmittelbarer wichtig ist die daran sich anschliessende Thatsache, dass die mechanischen oder sonstigen Wirkungen, welche der electrische Schlag hervorbringt, um so bedeutender sind, je geringer der Querschnitt und die Leistungsfähigkeit des Körpers ist, welchen er durchdringt.

Nehmen wir nun an, dass die Electricitätsmasse am Schwanz ein- und an der Brustseite ausdringt, so haben wir dort einen sehr geringen Querschnitt des Leiters, nehmlich nur den des Schwanzes, hier einen sehr grossen, nehmlich die ganze Dicke des Rumpfes. Daraus wird selbstverständlich folgen, dass die physiologischen Wir-

kungen — Functionslähmung der sensiblen Nerven — im Schwanz viel bedeutendere sein müssen als am Rumpf; und bei schwächeren Schlägen können sie am letzteren ganz fehlen.

Hiermit steht auch gut im Einklang, dass die Anästhesie am Schwanze scharf abgesetzt da aufhört, wo sich die Muskeln an demselben ansetzen, d. h. da wo der Querschnitt sich plötzlich bedeutend verbreitert.

Dieselbe Betrachtungsweise gilt auch für den Fuss, bei welchem ganz dieselben Verhältnisse vorliegen wie bei dem Schwanz, wenn man eine Annahme zugiebt, die nehmlich, dass die Knochen erheblich schlechter leiten als die Weichtheile. Ohne diese Annahme dünnen mich die in Frage stehenden Erscheinungen kaum erklärbar; andererseits ist dieselbe aber auch keine rein willkürliche. Denn da es ja feststeht, dass die Knochen und die Oberhaut sehr viel schlechtere Leiter des constanten electricischen Stromes sind als die Weichtheile, so ist dieselbe Annahme sicher auch für die Leitung der Reibungselectricität zutreffend. Steht die schlechtere Leitungsfähigkeit der Knochen fest, so ergeben sich folgende Verhältnisse für die oben im Experiment a benutzte Versuchsanordnung: am Fuss hat man viel Knochen und wenig Weichtheile, d. h. der Querschnitt des eigentlichen Leiters, der Weichtheile, ist ein geringer, die physiologische Wirkung der Electricität wird also hier eine bedeutende sein — Anästhesie. Dicht oberhalb des Fussgelenkes (bezw. Handgelenkes) kehrt sich das Verhältniss um, wenig Knochen und viel Weichtheile, d. h. der Querschnitt des guten Leiters wird ein relativ grosser, die Dichtigkeit und damit die physiologische Wirkung der Electricitätsmasse erheblich geringer — mangelnde Anästhesie.

Von dem jetzt gewonnenen Standpunkt aus werden auch die anderen oben erwähnten Befunde verständlich, namentlich auch der, dass bei Application der einen Electrode über dem Kreuzbein hier keine Anästhesie auftritt. Es kommt eben nicht blos auf das Verhältniss zwischen Knochen und Weichtheilen im Allgemeinen an, sondern auf die Gesamtdicke des leitenden Querschnittes; und da diese in der Gegend des Kreuzbeins von der Dicke des Rumpfes gebildet wird, so ist hier der physiologische Effect null.

Wenn bei einer relativ schwachen Entladung die mangelnde Anästhesie, d. h. der geringere physiologische Effect am Unter- und

Oberschenkel durch die geringere Stromdichte bei dem grösseren Querschnitt des Leiters bedingt ist, so dürfte es vielleicht gelingen, bei starken Entladungsschlägen eine auch über den Fuss hinaus sich erstreckende Sensibilitätsabnahme zu erreichen.

Experiment I.

Reibzeug neu amalgamirt, wirkt sehr kräftig. Vor dem Experiment am ganzen linken Bein bei etwa 100 Mm. Rollenabstand Schmerzensäusserungen. Jetzt Versuchsanordnung wie in Experiment a; 2 Entladungsschläge, jeder von 50 Umdrehungen, durch das linke Bein geschickt. Danach auf linken Fuss bis zum Gelenk vollständige Anästhesie; am Unterschenkel und am Knie erst bei 40—30 Mm. Schmerz; am Oberschenkel an der Einschlagsstelle jedoch keine Veränderung. Auch wird das Bein hinterher geschleppt, es besteht also ein gewisser Grad von motorischer Paralyse.

Experiment I I.

Bei derselben ungemein starken Wirkung des Reibzeuges Anordnung in der Art, dass der Funke am Schwanz ein- und zwischen den Zehen des linken Vorderfusses ausspringt. Vier Entladungen von je etwa 60 Umdrehungen. Vorher Sensibilität überall etwa 120 Mm.; nach den Entladungen am Schwanz vollständige Anästhesie, ebenso am linken Fuss wie gewöhnlich. Ausserdem aber ist auch die untere Hälfte des linken Unterarms vollständig empfindungslos bei übereinander geschobenen Rollen; dicht über dem Ellenbogengelenk erst bei 50 Mm. Abstand Empfindung, in der oberen Hälfte des Oberarms bei 100—120.

Diese Versuche beweisen, was man von vornherein erwarten durfte und musste — dass bei stärkerer Heftigkeit des Entladungsschlagess die Wirkung desselben auch bei einem grösseren Querschnitt des Leiters sich bemerkbar machen würde.

Es fragt sich nun noch, wie es komme, dass, wenn die Electroden am Rumpf, über der Muskelmasse des Ober- oder Unterarmes aufgesetzt sind, nicht einmal an der Applicationsstelle selbst eine umschriebene Sensibilitätsabnahme eintritt? Meines Erachtens dürfte sich dies vielleicht so erklären. Unmittelbar und sofort nach dem Uebergang der Electricitätsmasse aus dem dünnen metallenen Zuleitungsdraht verbreitet sich dieselbe in dem ganzen dicken Querschnitt des sich ihm darbietenden guten Leiters (Muskelmasse u. s. w.), dergestalt, dass ihre Dichtigkeit nirgends, auch in nächster Nähe des Zuleitungsdrahtes bedeutend genug ist, um nachweisliche physiologische Effecte zu erzeugen. Entsprechend dem kleinen Punkte selbst, wo die Electrode steht, wird vermutlich Anästhesie bestehen, aber dieser ist zu klein, um den Platindrähten des prüfenden

Schlittenapparates Platz zu gewähren. Ein Versuch würde vielleicht entscheiden, den ich allerdings nicht angestellt habe: man müsste dem Zuleitungsdrähten eine solche Breite geben, dass die prüfenden Platinelectroden innerhalb der Ein- oder Aussprungsstelle selbst Platz hätten. Doch besitze ich einige Versuche, welche vielleicht eine Ergänzung dieser Lücke bieten.

Experiment m.

Das Reibzeug wirkt sehr kräftig. Die Zuleitungsdrähte werden an der Hinterfläche der Oberschenkel aufgesetzt. Dreimaliger Entladungsschlag von je 50 Umdrehungen. Abgesehen von anderen Erscheinungen findet sich an beiden Electrodenstellen im Durchmesser von 8—10 Mm. eine bedeutende Verringerung der Sensibilität, so dass das Thier erst bei einem Rollenabstand von 20—10 Mm. Empfindung verräth. 1—2 Cm. weiter entfernt ist die Sensibilität schon wieder normal.

Bei sehr bedeutender Stromdichte scheint also in der That auch an jeder beliebigen Ein- oder Ausschlagsstelle eine umschriebene Anästhesie vorzukommen.

Experiment n.

Reibzeug sehr kräftig wirkend. Die Prüfung der Sensibilität ergibt vor dem Versuch: in einer kleinen Hautwunde entsprechend dem Verlaufe des N. cruralis bei 100 Mm., entsprechend dem Verlaufe des N. ischiadicus bei 70 Mm., zwischen den Zehen bei 130 Mm. Rollenabstand Schmerzäusserung. — Einsprungsstelle über dem rechten Ischiadicus, Aussprungsstelle über dem rechten Cruralis; 4 Entladungen von je 50 Umdrehungen. Danach: rechts zwischen den Zehen bei 30 Mm. Rollenabstand Empfindung, am Fussrücken und am Knie bei 0 Mm. Anästhesie, Einsprungsstelle über dem Ischiadicus bei 10 Mm., Aussprungsstelle über dem Cruralis bei 60 Mm. Empfindung.

Vollständige Lähmung des rechten Beines.

Dieser Versuch zeigt, dass, wenn ein starker Entladungsschlag einen Nervenstamm selbst trifft, im Verbreitungsbezirk desselben eine Herabsetzung der Sensibilität bis zu vollständiger Anästhesie folgt. Beachtenswerth ist, dass im vorliegenden Falle die Sensibilitätsstörung im Fuss geringer ist wie höher hinauf. Man vergleiche dazu die Eingangs mitgetheilten Sätze Duchenne's.

Welches ist der Verlauf und die Dauer der Anästhesie? Auf das höchste überraschte es, zu finden, dass eine so vollständige Empfindungslosigkeit, wie sie oben geschildert worden, immer schon nach kurzer Zeit, 1—2 Stunden, wieder verschwunden war. Nur in einem Experiment war sie noch nach 2½ Stunden unverändert da; d. h. um 6 Uhr noch, nachdem das Experiment

um $3\frac{1}{2}$ Uhr angestellt war. Leider konnte ich später am Abend nicht weiter untersuchen, und am nächsten Morgen war das Thier todt, auffälliger Weise, denn alle anderen Thiere, abgesehen von den wegen grösserer Verletzungen absichtlich getöteten, waren hinterher vollkommen wohl, boten nicht die mindeste Störung dar. Die Rückkehr der Sensibilität erfolgte allmählich, d. h. wenn am Fuss nach dem Versuch bei übereinander geschobenen Rollen keinerlei Empfindungsäusserung festzustellen war, so erfolgte eine solche nach $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunden z. B. bei 30—40 Mm. Rollenabstand, und so weiter bis zur Norm. Eine gleichmässige Curve scheint nicht zu bestehen, in einem Falle erfolgte die Wiederherstellung rascher, im anderen langsamer. Zuweilen schien es, als ob hinterher eine gewisse Hyperästhesie folgte, wenigstens gaben die Thiere mitunter nach Wiederkehr der Sensibilität Schmerzensäusserungen schon bei einem Rollenabstande, welcher vor dem Versuch dieselben noch nicht hervorgerufen hatte.

Diese rasche, vollständige, spontane Wiederherstellung erhebt es wohl über allen Zweifel, dass die durch den Entladungsschlag erzeugte Anästhesie, so hochgradig sie auch sein mag, nur als eine functionelle Störung anzusehen ist. Denn es ist mit unseren gegenwärtigen Vorstellungen unvereinbar, unter diesen Verhältnissen gröbere anatomische Läsionen anzunehmen. Weil meiner Ueberzeugung nach eine mikroskopische Untersuchung in diesem Falle ebenso wenig ein Ergebniss erwarten liess, wie die makroskopische ein solches ergab, habe ich von vornherein von jener Abstand genommen.

Das Schreien der Thiere, welches fast regelmässig nach dem ersten Entladungsschlag, zuweilen auch noch nach den folgenden auftrat (merkwürdiger Weise, wie bereits eben bemerkt, immer erst einige Secunden nach dem Schlage), beweist, dass die Entladung im ersten Moment eine heftige Erregung des Nerven bedingt, welcher dann sofort die Functionsunfähigkeit folgt.

Da ich mir nicht die Aufgabe gestellt hatte, die Erscheinungen zu studiren, welche auftreten, wenn der electrische Schlag in genügender Dichtigkeit das Gehirn oder Rückenmark durchdringt, sondern da es mir grade darauf ankam, zu sehen, was erfolgt, wenn der Schlag einen anderen Körpertheil trifft, so brach ich diese Versuchsreihe hier ab. Als wesentliches Ergebniss derselben betrachte ich die Feststellung folgender Sätze:

- 1) Der Entladungsschlag kann locale Störungen peripherischer sensibler Nerven hervorrufen.
- 2) Der Grad und die Ausbreitung derselben hängt einmal von der Stärke des Schlages, dann von der Oertlichkeit der Ein- und Aussprungsstellen ab.
- 3) Diese sensiblen Störungen können sich nach kurzer Zeit spontan zurückbilden und beruhen sehr wahrscheinlich nicht auf gröberen anatomischen Läsionen.
- 4) Wie von vornherein zu erwarten war und jetzt durch das Experiment erwiesen ist, erklärt sich die Localisirung der zuweilen höchst sonderbaren sensiblen Störungen, welche der Entladungsschlag im Thierkörper veranlasst, einfach gemäss den bekannten physikalischen Gesetzen für die Leitung, Verbreitung und Wirkung desselben überhaupt.

Störungen der Motilität.

Gelegentlich mehrerer Versuche des vorigen Abschnittes wurde bereits auf das Vorkommen von motorischen Störungen hingewiesen. In dem Augenblische der Entladung tritt stets ein heftiges Zucken der durchschlagenen Extremität ein (das Schreien, wie schon bemerkt, erfolgte immer etwas später), daneben auch eine geringere zuckende Bewegung des übrigen Körpers. Es ist mir nicht ganz klar geworden, ob letztere auch direct von dem Entladungsschlage abhängig oder nur secundär durch die heftige Zuckung des durchschlagenen Beines veranlasst ist, letzteres aber wohl wahrscheinlicher.

Wenn die Electroden die im Experiment a. angegebene Stellung haben, ist in der Regel keine motorische Lähmung vorhanden. Nur in einem Versuche, als das Reibzeug sehr kräftig wirkte, wurde das durchschlagene Bein hinterher geschleppt.

Dagegen tritt gewöhnlich eine Parese des durchschlagenen Beines ein, wenn eine starke Entladung von den Zehen nach der Hinterfläche des Oberschenkels entsprechend dem Verlaufe des Ischiadicus durchgeht.

Am stärksten ist die Wirkung, wenn wie im Experiment n die Electricität den Oberschenkel in seiner oberen Hälfte, in der Richtung vom N. ischiadicus zum N. cruralis quer durchdringt. Darauf folgt bei kräftiger Entladung eine vollständige Paralyse des

Beines, so dass dasselbe schlaff herunterhängt und beim Hüpfen nachgeschleppt wird.

Wenn die Versuchsanordnung (Experiment o) derartig ist, dass die Electricität an der Hinterfläche des einen Oberschenkels, entsprechend dem Verlaufe des Ischiadicus ein- und an der entsprechenden Stelle des anderen Beines austritt, so lässt sich bei schwächeren Entladungen keine motorische Störung, bei stärkeren eine Parese beider Hinterextremitäten constatiren.

Bei anderen Versuchsanordnungen, z. B. Durchleitung von den Zehen zum Kreuzbein, oder vom Schwanz zu den Zehen, oder von den Zehen des Vorder- zu denen des Hinterfusses habe ich keine motorische Parese beobachten können, wenigstens nicht bei der von mir verwendeten Stärke des Entladungsschlags.

Der weitere Verlauf der motorischen Lähmung ist vollständig entsprechend dem der Anästhesie. Wie diese, so war auch jene nach derselben kurzen Zeit wieder verschwunden; ja die Thiere hüpfen schon wieder, so weit sich dies durch die Besichtigung feststellen lässt, vollkommen normal, während die Sensibilität noch nicht ganz wieder die normale Schärfe erreicht hatte. Es scheint also die Ausgleichung der motorischen Functionsstörung noch rascher zu erfolgen, wie die der sensiblen.

Dieses Verhalten unterstützt ebenfalls die bereits bei der Anästhesie ausgesprochene Annahme, dass die durch den Entladungsschlag der Leydener Flasche veranlassten Functionsstörungen im Bereich der peripheren Nerven nicht auf gröberen anatomischen Veränderungen beruhen können.

Von Interesse war es nun noch, das Verhalten der elektrischen Erregbarkeit in den Nervenstämmen kennen zu lernen, welche der Entladungsschlag getroffen hat.

Experiment p.

Es wird der rechte N. ischiadicus in der Mitte des Oberschenkels insoweit blospräparirt, dass der Muskelspalt, durch welchen man ohne direkte Verletzung der Muskeln zu ihm vordringen kann, auseinandergelegt wird, so dass man den Nerven in der Tiefe liegen sieht. Dann wird er höher oben am Becken noch einmal freigelegt.

Vor dem Versuch ergibt die Prüfung, dass die Zehenspreizung — diese wurde hauptsächlich in's Auge gefasst — bei Reizung des blosgelegten Nerven schon bei 200 Mm. Rollenabstand deutlich eintritt.

Jetzt wird der eine Zuleitungsdräht der Leydener Flasche in den Muskelspalt

hinten an der Mitte des Oberschenkels oberflächlich eingelegt, so dass der Nervenstamm selbst etwa nach 1—1½ Cm. von demselben entfernt bleibt; der andere kommt an die Vorderfläche des Oberschenkels, etwas oberhalb des Kniees. Dreimalige Entladung von je 50 Umdrehungen.

Danach ergibt die Prüfung der faradischen Erregbarkeit bei unmittelbarem Aufsetzen der Electroden auf den Nervenstamm (also die Prüfung wie vor dem Versuch angestellt):

1. bei Reizung der Nervenstrecke, welche dem Zuleitungsdrähte gegenüberlag (Mitte des Oberschenkels), erfolgt bei 130 Mm. Rollenabstand noch keine Zehenspreizung;

2. dasselbe ist der Fall bei Reizung der höher hinauf (centralwärts) am Becken gelegenen Nervenstrecke. Grössere Stromstärken konnten nicht genommen werden, weil sonst das Thier anfing zu empfinden und mit dem ganzen Körper sich bewegte, so dass die Prüfung unzuverlässig wurde.

Nachdem so eine Verminderung der Erregbarkeit sicher festgestellt war, wurde das Thier durch Stich in die Medulla oblongata getötet und nun der ganze rechte durchschlagene Ischiadicus bis zur Kniekehle rasch freipräparirt. Jetzt lässt sich feststellen, dass bei Reizung an der durchschlagenen Stelle selbst, oberhalb und auch etwas unterhalb, erst bei 50 Mm. Rollenabstand Zehenspreizung eintritt. Dagegen tritt am linken Ischiadicus, der jetzt nach dem Tode freipräparirt wird, immer noch bei 200 Mm. Rollenabstand Zehenspreizung ein.

Es ist also zweifellos, dass in dem vom Entladungsschlage getroffenen motorischen Nerven eine Verringerung der faradischen Erregbarkeit eintritt.

Die Muskeln der durchschlagenen Extremität, auch diejenigen, welche in unmittelbarer Nachbarschaft der Einschlagsstelle lagen, zogen sich bei directer Reizung immer energisch zusammen. Fontana (a. a. O.) fand ein anderes Verhalten, und er bringt damit sogar den Tod durch Blitzschlag in unmittelbaren Zusammenhang, indem er sagt: „Die nächste Ursache des Todes bei Thieren, welche die Electricität getötet hat, ist demnach unstreitig der Verlust der Reizbarkeit des ganzen Muskelsystems.“ Ich kann die Angaben Fontana's über das Verhalten der Muskelreizbarkeit auf Grund meiner Versuche weder bestätigen noch bestreiten, und zwar deshalb nicht, weil die Versuchsbedingungen ganz verschieden sind. Der berühmte italienische Forscher wandte ganz andere, viel gewaltigere Electricitätsmengen an, hinreichend, um Lämmer und Ziegen mit einem einzigen Schlage zu tödten. Er bediente sich „einer Batterie von 50 Quadratschuh Belegung“.

B. Klinisches.

Nachstehender Krankheitsfall gab die Veranlassung zu den obigen Versuchen.

Am 23. Januar 1880 wurde in die Klinik der 36jährige Schmied L. Macht aufgenommen. Derselbe erzählt folgende Anamnese:

Am 22. Juni 1873 Abends 10 Uhr kam er in Gesellschaft von Genossen aus einem Vergnügungslocal während eines Gewitters. Da wurde er von einem Blitzschlag getroffen. Morgens um 3 Uhr kehrte sein Bewusstsein wieder, er fühlte sich im Allgemeinen ganz wohl und stand auf, konnte aber seine rechte Hand nicht gebrauchen. Dieselbe war ganz empfindungslos, fühlte sich kühl an und konnte fast gar nicht bewegt werden. Auf dem rechten Handrücken war ein reichlich thalergrosser bräunlicher Fleck, welcher vorher nicht bestanden hatte. Pat. schildert den damaligen Zustand als durchaus übereinstimmend mit dem gegenwärtig bestehenden. Er wurde 10 Wochen lang „electrisirt“ (von einem Heilgehülfen, der Beschreibung nach örtlich mit dem Inductionsstrom), nebenbei noch mit Einreibungen u. s. w. behandelt, ohne dass die mindeste Veränderung im Zustande eingetreten wäre, bis plötzlich — unter steter Fortsetzung des Electrisirens — im Verlauf zweier Tage Empfindung und Bewegung wiederkehrte, und er dann durchaus gesund und vollständig arbeitsfähig war, bis zum 24. October 1879. Als er an diesem Tage bei seiner Schmiedearbeit einen Hammer emporheben wollte, war dieselbe plötzlich wieder gelähmt und ebenso empfindungslos wie im Jahre 1873. Er liess sich nun wieder electrisiren; da aber gar keine Veränderung erfolgte, trat er am 23. Januar 1880 in die Klinik ein.

Status praesens. Die Untersuchung des grossen, sehr kräftig gebauten und sehr muskulösen Mannes ergibt keinerlei Abnormität im Respirations-, Circulations-, Digestions-, Harnapparat. Das Sensorium ganz frei. Im Bereich sämtlicher Hirnnerven, beider unteren und der linken oberen Extremität keinerlei Abnormität.

Die pathologischen Erscheinungen beschränken sich fast ausschliesslich auf die rechte Hand.

Inspection und Palpation. Die Finger sind rechts etwas bleicher als links, die Haut fühlt sich an der Hand und am unteren Theil des Vorderarms etwas kühler an. Es besteht rechts eine bedeutende Atrophie sämtlicher Musculi interossei, ferner der Musculatur des Kleinfinger- und des Daumenballens¹⁾. Die Muskeln an der Beugeseite des rechten Vorderarms fühlen sich ein wenig schlaffer an, doch ist hier keine Atrophie vorhanden; an zwei entsprechenden Stellen misst der Umfang des linken Vorderarms $30\frac{1}{2}$ Cm., des rechten $31\frac{1}{2}$ Cm.

Motilität. Im Schulter- und Ellenbogengelenk sind die Bewegungen rechts und links normal, doch erscheinen die im Ellenbogengelenk etwas träger. Pro-

¹⁾ Pat. erzählt, dass diese Atrophie ebenso vor 7 Jahren bestanden habe und nach eingetretener Heilung der motorischen und sensiblen Störungen wieder verschwunden sei. Seine Angabe, dass dieselbe sofort am Morgen nach dem Blitzschlag von ihm bemerkt und vorher bestimmt nicht dagewesen sei, berichte ich nur, ohne derselben Gewicht oder Vertrauen beizumessen.

und Supination geht rechts deutlich träger von statthen als links, aber noch ziemlich gut. Bei horizontaler Streckung des ganzen Armes leichte Flexionsstellung in Hand- und Fingergelenken, und der ganze Arm zittert etwas dabei — Pat. behauptet, dass er dieses Zittern schon seit langen Jahren habe, dasselbe sei Folge seines Berufes, des Schmiedens mit dem rechten Arm, Hebens schwerer Eisenmassen u.s.w. Alle Bewegungen im Handgelenk sind beschränkt und wenig energisch, noch bedeutender ist die motorische Parese der Finger, deren Streckung und Spreizung nur sehr wenig möglich ist. Auch kann Pat. keine feste Faust machen, Händedruck, Bewegungen des Daumens sind gar nicht möglich.

Electrisches Verhalten. Sowohl bei directer als indirecter Reizung, sowohl bei faradischem als galvanischem Strom contrahiren sich die Muskeln am Vorderarm rechts ebenso wie links, nur die Handmuskeln fallen aus, so dass z. B. bei Reizung des N. radialis die Hand im Handgelenk gestreckt wird, doch die Finger die Klauenstellung annehmen. Wenn die Anode des galvanischen Stromes auf das Sternum, die Kathode entsprechend dem N. ulnaris am Ellenbogengelenk aufgesetzt wird, so ist das Ergebniss:

KSZ	R	12	E	L	14	E
ASZ	-	18	E	-	14	E
AOZ	-	18	E	-	20	E
KOZ	-	26	E	-	28	E.

Die electromusculäre Sensibilität fehlt an der Hand vollständig, am Vorderarm ist sie vorhanden.

Sensibilität. Dieselbe ist an sämmtlichen Punkten des Körpers normal, mit Ausnahme der rechten Hand. Diese ist in ganzer Ausdehnung vollständig anästhetisch; Pat. fühlt absolut gar nichts. Man kann eine Nadel durch die Dicke der Hand stechen, mit dem stärksten Inductionsstrom und Pinselelectrode reizen, Eis oder heisses Wasser appliciren, mit dem Hacken des Stiefels und der ganzen Körperlast sich auf die Hand stellen — bei geschlossenen Augen hat er gar keine Vorstellung, ob überhaupt seine Hand berührt worden.

Höchst charakteristisch ist die Begrenzung der Anästhesie. Dieselbe geht ringförmig um die Extremität herum und schneidet mit einer scharfen Linie dicht oberhalb des Handgelenks, über beide Processus styloidei der Vorderarmknochen hinweglaufend ab.

Pat. vermag bei geschlossenen Augen nicht anzugeben, welche Stellung man passiv seinen Fingern gegeben hat. Subjectiv klagt er über Taubheit und Kältegefühl in der rechten Hand.

Der Kranke wurde nun bis zum 28. Januar mit dem galvanischen und faradischen Strom behandelt, letzterer wurde örtlich auf die Hand, ersterer auf die Nervenstämmen am Arm und auf das Rückenmark gesetzt, ohne dass eine Aenderung im Zustande eintrat.

Am 28. Mittags hatte ich grade bei einem Falle von cerebraler Hemianästhesie mit einem Hufeisenmagneten Versuche angestellt. Es kam mir der Gedanke, denselben auch einmal bei dem in Rede stehenden Kranken anzulegen; ich gestehe, dass ich nicht das Geringste erwartete.

Mittags 12 $\frac{3}{4}$ Uhr wurde der grosse aus 6 Platten bestehende Magnet mit seinen

beiden Polen gegen fast die Ulnarhälfte des Handrückens gelegt, während die Finger nicht berührt wurden. Um $1\frac{1}{2}$ Uhr gab der Kranke an ein Kriebeln an der Stelle zu verspüren, wo der Magnet lag. Als ich um $5\frac{1}{4}$ Uhr, bis dahin hatte der Magnet beständig gelegen, wieder untersuchte, ergab sich, dass der Kranke im Bereich dieser Stelle einigermaßen starke Nadelstiche wieder fühlte. Abends $7\frac{1}{2}$ Uhr hatte, ohne dass der Magnet weiter applicirt war, der 4. und 5. Finger auf der Dorsalfläche denselben Grad von Sensibilität wieder erlangt.

Am nächsten Morgen war die Empfindlichkeit in der gestern bezeichneten Ausdehnung und in noch etwas grösserer Schärfe vorhanden, der 4. und 5. Finger waren besser beweglich, ihr Druck stärker.

Durch die täglich mehrere Stunden währende Application des Magneten an verschiedenen Stellen der Hand kehrte nun im Verlauf weniger Tage, bis zum 1. Februar, die Sensibilität überall in der Hand vollständig bis zur Norm zurück; in gleichem Maasse auch die Beweglichkeit, so dass am 2. Februar Bewegungs- und Empfindungsvermögen wieder durchaus normal erschienen. Eine Verminderung der Sensibilität an der linken Hand (transfert) war nicht vorhanden.

Am 5. Februar konnte auch zuerst mit Sicherheit festgestellt werden, dass die Spatia interossea am rechten Handrücken nicht mehr so vertieft erscheinen; am deutlichsten trat dies zwischen Daumen und Zeigefinger hervor.

Da Patient sich ganz wiederhergestellt fühlte und zu seiner Arbeit zurückkehren wollte, wurde er am 7. Februar entlassen.

Der vorstehende Fall bietet nach mehrfacher Richtung ein eigenartiges Interesse. Bemerkenswerth ist zunächst der Verlauf. Die Richtigkeit der Angaben des Patienten vorausgesetzt, an denen zu zweifeln kein stichhaltiger Grund vorlag, hätten das erste Mal die durch den Blitz veranlassten Störungen mehrere Monate in gleicher Beschaffenheit bestanden und wären dann während zweier Tage vollständig zurückgegangen. Dann sechs Jahre lang verschwunden, kehrten sie eines Tages ohne jede Veranlassung in ganz derselben Art und Stärke plötzlich wieder, um dann nach dreimonatlichem Bestehen abermals zu verschwinden (auf die etwaigen therapeutischen Einflüsse komme ich nachher zurück).

Eine Erklärung für diese Erscheinung zu geben bin ich durchaus ausser Stande, man kann nur auf eine Analogie hinweisen, und an die Erscheinungen selbst einen Wahrscheinlichkeitsschluss knüpfen. Die Analogie drängt sich auf bei der Betrachtung des Verlaufes hysterischer Erscheinungen; diese Andeutung wird genügen, ohne dass eine Ausführung nöthig ist. Der Wahrscheinlichkeitsschluss ist der, dass die hier bestandenen Störungen „functioneller“ Art waren, d. h. nicht auf gröberen anatomischen Läsionen beruhten. Denn anders ist ihr plötzliches Entstehen und rasches Vergehen

nicht gut begreiflich. Bei den hysterischen Lähmungen und Anästhesien ist man ja auch zu der gleichen Annahme gezwungen. Dabei brauche ich übrigens wohl kaum zu betonen, dass von Hysterie bei unserem urkräftigen Schmied nicht die Rede war.

Für die Auffassung des Verlaufes erscheint dann auch die Berücksichtigung unserer Experimente wichtig — auch bei diesen bildete sich die hochgradige Anästhesie rasch wieder zurück. Warum dieselbe freilich bei dem vom Blitze getroffenen Manne monatelang, bei den Versuchsthieren nur stundenlang andauerte, kann ich nicht angeben.

Das klinische Bild setzt sich zusammen aus sensiblen, motorischen, trophischen Störungen, und gewinnt ein sehr merkwürdiges Aussehen insbesondere durch die auffällige Begrenzung der Anästhesie. Mir wenigstens ist keine Form einer solchen bekannt, möge man den anatomischen oder ätiologischen Gesichtspunkt berücksichtigen, bei der eine totale Anästhesie der Hand scharf ringförmig etwas oberhalb des Handgelenks plötzlich abschnitte. Dass die hier vorliegende Form nur als peripherische Störung aufgefasst, nicht von einer centralen Affection abhängig gedacht werden könnte, erschien allerdings von vornherein sehr wahrscheinlich. Ich will jedoch den Leser nicht behelligen mit den verschiedenen Ueberlegungen und Hypothesen, welche man aufstellen könnte. Sie alle werden durch die Ergebnisse der oben mitgetheilten Versuche, welche eine überraschende Uebereinstimmung mit dem Bilde unseres Krankheitsfalles erkennen lassen, erledigt. Gestützt auf diese Experimente glaube ich folgende Auffassung des Falles vertreten zu können:

Die Einsprungsstelle des Blitzes ist auf dem Rücken der rechten Hand zu suchen, wofür auch die anamnestisch (allerdings etwas oberflächlich) berichtete Hautverletzung an dieser Oertlichkeit spricht. Ob die Aussprungsstelle an den Füssen zu suchen, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Denn wenn der Mann auch, was wir nicht wissen, sofort zu Boden fiel, so müsste doch die Electricitätsmasse längst vor der Vollendung des Hinfallens den Körper wieder verlassen haben, d. h. der Weg musste, falls sie in den Boden fuhr, durch die Füsse gehen. Gegen diesen Weg würde vielleicht, im Hinblick auf unsere Versuche, der Umstand sprechen, dass an den Füssen die Anästhesie fehlte. Es wäre aber auch denkbar, dass

sie von irgend einer anderen Stelle der Körperoberfläche aus direct wieder in die Luft übersprang, und dann ist es ja wenigstens nicht nöthig, wie die Versuche lehren, dass an dieser Aussprungsstelle functionelle Störungen bemerkbar wären. Dass die Electricität jedenfalls nicht an einer Stelle des Armes selbst wieder austrat, sondern sich noch weiter durch den Körper verbreitete, wird durch die Bewusstlosigkeit bewiesen.

Es liegen also Verhältnisse vor, wie in den ersten Versuchsgruppen (a—d) und für die Deutung der beschränkten Anästhesie können wir uns einfach auf das im experimentellen Theil Ausgeföhrte berufen.

Ob die motorische Parese in unserem Falle abhing von einer Functionsstörung der Muskeln selbst oder der letzten Nervenendigungen oder der motorischen Nervenstämmen, das möchte ich nicht mit Bestimmtheit zu entscheiden wagen. Beachtenswerth und gegen die dritte Möglichkeit vielleicht sprechend möchte das Verhalten der electrischen Erregbarkeit sein, welche bei directer Reizung des Nervenstammes nach Experiment p verringert ist, hier jedoch fast normal sich verhielt. Immerhin halte ich das wenigstens für zweifellos, dass die Parese von einer localen Einwirkung auf die Extremität und nicht von einer centralen Läsion abhängt. Das ganze klinische Bild zusammengehalten mit der Gesamtheit unserer Versuchsergebnisse lässt eine andere Auffassung nicht zu.

Die meisten Schwierigkeiten für die Auffassung bereitet die Atrophie der Handmusculatur. Ist sie die Folge einer directen Einwirkung des Blitzes auf die Muskelsubstanz? oder ist sie nur eine Ruheatrophie? Persönlich neige ich der erstgenannten Ansicht zu, freilich ohne zwingende oder überzeugende Gründe dafür beibringen zu können.

Es liegt mir fern, an vorstehende Experimente und Beobachtung den ganzen Ballast der in der Literatur zerstreuten Casuistik anzuhängen, oder auch nur diejenigen Fälle hervorzuheben, welche dem meinigen ähnlich sind¹⁾). Ersteres erfordert eine monographische

¹⁾ Das Meiste der Casuistik findet sich zusammengestellt bei Arago a. o. O.; Boudin, Histoire médicale de la foudre et de ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, les édifices, les navires. Annal. d'hygiène publique et de méd. légale. II. Série, T. II. p. 395—421; T. III. p. 241—290; T. IV.

Bearbeitung, letzteres ist überflüssig. Es genügt mir zu betonen, dass die Anschauungen und Sätze, welche wir durch das Experiment für die Deutung gewisser durch den Entladungsschlag einer Leydener Flasche erzeugter Störungen gewonnen haben, in der gleichen Weise verwertbar sind auch für die analogen durch den Blitzschlag bedingten pathologischen Zustände.

C. Therapeutisches.

Die Casuistik lehrt, dass, wenn ein vom Blitz Getroffener erst aus der Betäubung erwacht ist, dann auch alle Störungen im Bereich des Nervensystems in der Regel wenigstens zurückgehen, und zwar meist überraschend schnell. Selbst nach monatelangem Bestehen sehr schwerer Erscheinungen kann noch eine vollständige Genesung wieder eintreten, wofür ein gutes Beispiel der (bei Boudin und Leyden citirte) von Bernard mitgetheilte Fall, einen Herrn Marie betreffend, darbietet. Nur sehr selten und ganz ausnahmsweise ist eine vom Blitz erzeugte Störung im Bereich des Nervensystems dauernd und irreparabel — die Prognose dieser Zustände ist also im Allgemeinen eine günstige.

In verschiedenen Berichten wird erzählt, dass die Erscheinungen, z. B. eine starre Contractur des einen Musc. sternocleidomastoideus, oder die heftigsten Schmerzen in den Gliedern, oder Lähmung und Taubheit einer Extremität im Verlaufe weniger Stunden ohne therapeutische Einwirkungen zurückgegangen seien. Berücksichtigt man dazu das Verhalten in unseren Experimenten, wo die Störungen ebenfalls ausnahmslos binnen kurzer Zeit sich zurückbildeten, so lernt man über den Nutzen der Medication skeptisch denken, wenn z. B. erzählt wird: ein Concierge wird vom Blitz getroffen; er erwacht bald wieder aus der Bewusstlosigkeit, aber seine Beine sind gelähmt. „Cependant une médication prompte et énergique“ bringt in einigen Stunden die Sensibilität und „Capillar-circulation“ in den kalten und gefühllosen Gliedern zurück.

p. 241—297, 1854—1855; Stricker, dieses Archiv Bd. 20 S. 45—79, 1861; Dillner, Ueber die Wirkungen des Blitzen auf den menschlichen Körper. Inaug.-Diss. Leipzig 1865, 40 S.; Leyden, Klinik der Rückenmarkskrankheiten, Berlin 1875, Bd. II, S. 110—114. Die spätere Casuistik in Virchow-Hirsch's Jahresberichten.

Das einzige therapeutische Mittel, welches bei lange bestandenen Störungen in der That zuweilen von einem directen Einfluss gewesen zu sein scheint, ist die Electricität. So berichtet Leroy de Méricourt¹⁾), dass eine motorische Parese des rechten Arms und beträchtliche Sensibilitätsverminderung am Unterarm, welche nach einem Blitzschlage bereits 9 Monate bestanden hatten, nach einigen Sitzungen einer Faradisation mit dem Ruhmkorff'schen Apparat verschwanden. In dem oben angezogenen Fall des Herrn Marie wurde 7 Wochen nach dem Unfall ein einziges Mal „ein electro-magnetischer Apparat applicirt“ und zwar neben einer vom Blitz erzeugten Brandwunde am Knie. Danach verschwanden von den vielen beim Kranken bestehenden Erscheinungen wenigstens die Schmerzen in der Wunde „wie durch Zauber“, die Krämpfe in den Beinen und der Kopfschmerz waren weniger lebhaft, und der Kranke genoss in der folgenden Nacht zum ersten Mal einen erquickenden Schlaf.

Die örtliche Faradisation hatte bei unserem Kranken das erste Mal gar keinen Erfolg; denn man wird derselben bei genauerer Ueberlegung keinen Anteil an der plötzlich eintretenden Genesung beimessen dürfen, nachdem sie vorher 10 Wochen vergeblich geübt war. Und dass ein Heilgehilfe electrisirt habe (was man einwenden könnte), scheint insofern für die Vergleichung in diesem Falle ohne Bedeutung, als nach einigen literarischen Berichten die ärztliche electrische Behandlung auch nicht wissenschaftlicher oder methodischer geschah. Ebenso wenig hatte das zweite Mal das „Electrisiren“ einen Erfolg; auch als er in der Klinik möglichst sorgfältig mit dem galvanischen und faradischen Strom in der angegebenen Weise behandelt wurde, zeigte sich keine Aenderung.

Man wird demnach nicht umhin können, den sofortigen Erfolg, wie ich ihn oben geschildert, mit der Anwendung des Hufeisenmagneten in Verbindung zu bringen. Dr. Heer (angeführt bei Dillner, S. 38) hat ebenfalls eine Beobachtung mitgetheilt, in welcher der Hufeisenmagnet die heftigsten Schmerzen, welche ein vom Blitz Getroffener, als er aus der Bewusstlosigkeit erwacht war, in beiden Vorderarmen verspürte, sofort beseitigte.

Der Einfluss der Application des Magneten dürfte auch wohl

¹⁾ Gaz. d. hôpit. 1860, 14. Août.

daraus hervorgehen, dass grade immer nur die Stelle bzw. der Nervenbezirk, in welchem die Haut berührt wurde, wieder zur Norm zurückkehrte. Von hohem Interesse ist auch der Umstand, dass in demselben Maasse wie die sensible so auch die motorische Lähmung zurückging.

Ich will hier nicht auf die neuerdings so viel verhandelte Frage von den „ästhesiogenen Agentien“, wie man sie in Frankreich nennt, zu denen auch der Magnet gehört, eingehen. Es wäre vor allen Dingen nöthig festzustellen, ob in unserem besonderen Falle die Wirkung auf das Metall als solches, oder auf dessen Temperatur, oder ob sie wirklich auf den Magnetismus zurückzuführen ist. Ganz unbestreitbare Resultate würde man bekommen haben, wenn es geglückt wäre in dieser Richtung an Thieren zu experimentiren. Leider ist mir dies noch nicht gelungen, da ja die Anästhesie im Folge des Entladungsschlagcs immer rasch spontan verschwand. Doch behalte ich mir vor, später weitere Mittheilungen in dieser Richtung zu machen. Zunächst beschränke ich mich, ohne weitere Schlüsse daran zu knüpfen, auf die Mittheilung der Thatsache, für deren Richtigkeit ich eintrete, dass in dem oben berichteten Falle die Anästhesie nach Anlegung eines Hufeisenmagneten verschwand.
