

III.

Histologische Veränderungen im menschlichen und thierischen Nervensystem, theils als Blitz-, theils als elektrische Starkstrom-Wirkung.

(Aus der III. medicinischen Klinik der Universität Wien.)

Von

Dr. S. Jellinek.

(Mit 24 Abbildungen im Text.)

Die Elektrizität, die in der Gewerbethätigkeit, im Verkehrswesen und im öffentlichen Leben überhaupt sich immer grössere Gebiete dienstbar macht und dadurch die Gelegenheit immer häufiger erscheinen lässt, dass die auf dem Felde der Arbeit unvermeidlichen Unglücksfälle sich mehren, erzwingt sich auch in der Aertzwelt immer intensiveres Interesse; gilt es ja doch nicht nur das bislang verschieden gedeutete Problem des „Todes durch Elektrizität“ zu lösen, sondern auch nach Mitteln und Wegen zu forschen, Gesundheitsstörungen bekämpfen zu können, die ein unheilvoller Contact hervorgebracht hat.

Fast bei jedem Trauma, — als solches fassen wir auch jede Berührung, oder „Contact“, wie der Techniker allgemein sagt, mit einer Starkstrom-Leitung oder mit einem Blitzstrahl auf, — pflegen ganz bestimmte Zustände, beziehungsweise Organveränderungen aufzutreten, die für sich allein charakteristisch sind, und bei denen der Causalnexus zwischen Ursache und Wirkung klar hervortritt; als die typischsten sind die Verletzungen nach Schuss, Stich oder Biss u. s. w. zu erwähnen; ähnlich ist es mit den chemischen, thermischen und anderen Noxen.

Ganz anders, vielleicht einzig in dieser Art, verhält es sich mit dem elektrischen Trauma.

Ein Mensch oder ein Thier bekommt electrischen Contact, trägt eine Lähmung gewisser Muskelgruppen davon oder bezahlt es sogar mit dem Leben, und in vielen Fällen ist bei der genauesten Untersuchung, beziehungsweise Nekroskopie weder äusserlich, noch innerlich irgend eine auffällige Veränderung zu

constatiren. Wüsste man nicht a priori in solchen Fällen die Todesursache, den bisherigen Obductionsbefunden wäre sie nicht zu entnehmen. Man findet fast immer dunkles, flüssiges Blut; sonstiger Befund ist negativ.

Von manchen Autoren werden Blutungen in den Meningen, im Ependym der Ventrikel und im Verlaufe der oberflächlichen Gehirngefässe beschrieben. Ob aber derartige Blutaustritte nicht mit Ecchymosen in die Pleura, Epicard u. s. w. in eine Parallele zu stellen seien, die mit protrahirter Tödtung, mit Circulationsstörungen u. dergl. zu erklären sind, scheint nicht sehr unmöglich. v. Hofmann, Haberdar und Kolicko fassen derartige vielfach beschriebene Hämorrhagien, die von Kratter auch an der Wirbelsäule gesehen wurden, als Leichenerscheinungen, als Artefacte auf. Ich selbst habe niemals, weder bei Menschen, noch bei Thieren, von welch letzteren bei meinen Experimenten eine sehr grosse Anzahl durch Elektrotonie verendet war, solche Blutungen trotz genauesten Suchens gefunden.

Bei den Thierexperimenten, wo ein elektrischer Pol tief ins Rectum versenkt wurde, fand ich zuweilen streifen- und flächenhafte Blutaustritte im Mesorectum und im peritonaealen Ueberzug der Kreuzbeingegend; anfänglich glaubte ich, es sei Stromwirkung, doch konnte ich mich durch Gegenversuche überzeugen, dass die unvermeidlichen Zerrungen des Darmes, besonders wenn das Thier sehr unruhig war, derartige Extravasationen nach sich ziehen. Dass aber ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Blutungen in den verschiedensten Organen auftreten können, lässt sich nicht leugnen; in einem solchen Falle aber müssen wir eine protrahirte Tödtung durch Elektrizität annehmen, wo der elektrische Strom oder ein Blitzstrahl Momente ausgelöst, die ihrerseits gewissermaassen erst secundär zum Tode geführt haben. Der Endeffect im Allgemeinen ist schliesslich derselbe; für die feinsten mikroskopischen Zellverhältnisse im Nervensystem dürfte es aber nicht gleichgiltig sein, ob ihre Lebensthätigkeit im Nu, blitzartig vernichtet, oder ob ein nach Secunden oder gar Minuten währender Todeskampf vorausgegangen ist.

Die Unterscheidung ist wichtig; denn hat ein Individuum

electricischen Contact bekommen und ist sein Tod nicht auch im selben Moment eingetreten, was man z. B. bei Thierexperimenten derart prompt erzielen kann, dass Ursache und Wirkung geradezu in eine Phase fällt, so kann man von einem Tode durch Erstickung u. dergl. sprechen. Ein derartiger, durch Electricität hervorgerufener Zustand kann seinerseits zu verschiedenen Organveränderungen, auch im centralen und peripherischen Nervensystem führen, die aber nicht mehr als reine Elektricitätswirkung anzusprechen sind.

Wenn ein Thier erst nach vielen und längere Zeit einwirkenden elektrischen Traumen zu Grunde geht, ist es schwer zu bestimmen, ob etwaige Veränderungen im Nervensystem nur auf Rechnung des elektrischen Stromes zu schreiben sind.

Dr. Stadler hat einen Blitzschlag beobachtet, durch den eine Frauensperson durch länger als eine $\frac{1}{2}$ Stunde ohne Athmung wie leblos dagelegen; von der schwachen Herzaction konnte sich Dr. Stadler während der ganzen Zeit überzeugen. Die Frau starb in diesem Zustande; die Nekroskopie wurde leider nicht vorgenommen. In einem solchen Falle wäre es schwer, allfällige Blutungen als directe Blitzwirkung anzusehen.

Diese Beispiele sind nöthig zur Präcisirung der Bedingung, dass wir bei Tödtung durch Electricität nur jene Veränderungen im Nervensystem als reine Elektricitätswirkung auffassen können, in denen auch momentaner Tod erfolgt ist.

Ueberall dort, wo dies der Fall ist, wird den verschiedenen Theorien, wie Blutdruck-Alterationen, Erstickungsformen u. ähnl. m. der Boden entzogen; zu jeder derartigen Annahme ist ein Zeitminimum erforderlich, dem blitzartige Tödtungen nicht entsprechen.

In jüngster Zeit hat Corrado mikroskopische Veränderungen in Gehirnen von Hunden gefunden, die er längere Zeit und zu wiederholten Malen dem elektrischen Strom ausgesetzt; er beschreibt Vacuolenbildung, Verlagerung der Chromatinsubstanz, Berstung der Zellen, Abreißen der Fortsätze u. a. m.

Ueber ähnliche Befunde im Rückenmark wurde von v. Swietalski berichtet, der Thiere stundenlang an den glattrasirten Hinterbeinen faradisirte.

Derartige Veränderungen können kaum als reine Elektrizitätswirkung gedeutet werden.

Will man experimentell dieser Frage näher treten, so gilt es, um solche Eventualitäten ausschliessen zu können, in erster Linie zwei Bedingungen zu erfüllen:

1. Die Elektroden müssen leicht und lose, dabei im innigen Contact aufgelegt werden.

2. Der Stromschluss darf nur für den Bruchtheil einer Secunde erfolgen.

Wird das Thier im Momente des Stromeintrittes thatsächlich blitzartig getödtet, oder bleibt es am Leben und trägt von diesem Augenblicke an leichtere oder ernstere Functionstörungen davon, so ist der ursächliche Zusammenhang der Erscheinungen erwiesen.

Derart hervorgerufene Gesundheitstörungen, bezw. die Lebensvernichtung ist als reine Elektrizitätswirkung aufzufassen, und etwaige pathologisch-anatomische Erscheinungen im Nervensystem sind als weiterer materieller Beweis dieser Voraussetzung zu verwerthen. Dass *ceteris paribus* elektrische Ströme unterschiedliche Wirkungen hervorbringen, ist mit der Ausbreitung, der Bahnung des Stromes in Zusammenhang zu bringen; dort, wo Gehirn oder Rückenmark von keinem oder nur minimalem Stromantheil getroffen, wird die verheerende Wirkung ausbleiben. Wenn wir einen elektrischen Strom durch einen thierischen Körper schicken, sind wir über seine Ausbreitung und Fortleitung in demselben auf Vermuthungen angewiesen. In der Technologie können wir uns keinen Rath holen.

Man vermag in genauesten Zahlen, in Millionsteln von Bruchtheilen zu berechnen, wie hoch die Spannung, wie gross die Stärke eines Stromes ist, der einen Leiter passirt, dessen Widerstandsgrösse mit mathematischer Genauigkeit bestimmt werden kann, doch über das Wo und Wie der Fortbewegung der strömenden Elektrizität sind wir noch im Unklaren. So soll z. B. den neuesten Beobachtungen zu Folge ein Kupferdraht, der beliebteste und erprobteste Leiter, nicht selbst als solcher die Bahn für den Strom abgeben, sondern die Grenz-

schichte zwischen seiner Oberfläche und dem ihn umgebenden Isolator ist das leitende Medium.

Schon aus diesem Beispiele allein erhellt die grosse Schwierigkeit, der man begegnet, wenn man sich ein klares Bild darüber verschaffen will, welchen Weg der elektrische Strom bei der Passage des menschlichen, beziehungsweise thierischen Körpers einschlägt.

Näher kommen wir den Verhältnissen, wenn wir uns den animalischen Körper als halbflüssige Masse mit eingelagerten festeren Bestandtheilen vorstellen, die vom durchtretenden Strome berührt werden.

Grössere Stromantheile werden denjenigen Organtheilen zufallen, die zuerst der Ein- und Austrittsstelle näher liegen und weiter durch ein besseres Leitungsvermögen ausgezeichnet sind.

Vermöge ihres anatomischen Aufbaues und ihrer Organisation werden verschiedene Gewebsarten verschiedene Stromantheile bekommen und auch verschiedentlich reagiren. Wenn auch z. B. die knöcherne Wirbelsäule von einem viel stärkeren Stromantheil durchflossen wäre als das mit den zartesten und empfindlichsten Zellen ausgestattete Rückenmark, werden wir dennoch Veränderungen, wenn sie ein Strom hervorzubringen im Stande ist, viel eher am Rückenmark nachzuweisen in der Lage sein.

Um so mächtiger werden an diesen Stellen die Alterationen des Gewebes zum Ausdruck kommen, wenn die Strombedingungen schon von vornherein derartige sind, dass ein Haupttheil auf Gehirn und Rückenmark fallen muss.

Dass die nervösen Centralorgane thatsächlich von elektrischen Strömen durchflossen werden, haben die Experimente anderer Beobachter (A. Pick, Silex u. s. w.) dargethan.

Dass aber dieses Durchströmen, und wie ich nochmals hervorheben möchte, das momentane einmalige Strömen von histologischen Veränderungen im centralen und peripherischen Nervensystem begleitet sein kann, soll eine Reihe von mikroskopischen Befunden in menschlichen und thierischen Präparaten belegen, die die Grundlage dieser Arbeit bilden.

Wenn wir auch als erwiesen annehmen wollten, dass diese

pathologischen Veränderungen durch elektrischen Contact (technische Stromleitung oder Blitzschlag) hervorgebracht werden, ist es nicht so einfach, die Causalität zu ermitteln, auf welche Weise der elektrische Strom Veränderungen in der nervösen Substanz zu setzen im Stande ist.

Wenn man auch an Umwandlungsformen der elektrischen Energie in mechanische, thermische und chemische denken muss, so glaube ich dennoch, dass wir es mit einer rein elektrischen Wirkung in Leitern mit stark wechselnden Widerständen zu thun haben. Stellen wir uns das Gehirn oder das Rückenmark als Leitungsmasse beziehungsweise Leitungsflüssigkeit vor, mit ihrer Grundsubstanz und den eingelagerten vielen Zellen, Gefässen und Bindegewebssträngen, die alle von Stromantheilen passirt werden, so bildet jede Gewebsart einen Widerstand für sich; darin sucht der Strom oder der Blitzstrahl geradezu instinctiv nicht den kürzesten Weg, sondern den Weg des geringsten Widerstandes — die Summe aller Widerstände beträgt ein Minimum. —

Die feinsten Zellen und die zartesten Gefässverzweigungen werden durch diese „Berührung mit Strom“ eine Massenverschiebung und vielleicht auch eine Volumenänderung, eine Deformation erleiden, die diese elastischen Gewebe bis zu einem gewissen Grade ertragen, andernfalls aber kommt es dadurch zu Aenderungen des moleculären Aufbaues, zu Zerreissungen, Kernverlagerungen u. s. w. Je nach der Schwere dieser Veränderungen und ob sie reparabel sind oder nicht, kommt es zu leichteren, vorübergehenden Functionsstörungen, ein zweites Mal zu ernster Gesundheitsstörung, bezw. zum Tode.

Wenn auch viele Autoren bislang die Schädigungen durch Elektrizität als functionelle Störungen aufzufassen geneigt waren oder sind, glaube ich auf Grund meiner experimentellen anatomischen Untersuchungen annehmen zu müssen, dass wir es bei Unfällen durch Elektrizität mit rein organischen Erkrankungen zu thun haben, die in vielfacher Beziehung zur *Commotio cerebri* stehen.

Letztere Erkrankung wurde ebenfalls als Störung functio-

neller Natur aufgeführt, bis C. Gussenbauer als Erster auf die mechanische Grundlage der *Commotio* hinwies und hierzu auch den klinischen Beweis erbrachte.

Auch C. Gussenbauer nimmt an, dass der elektrische Starkstrom oder der Blitzstrahl bei seinem Durchtritt im centralen Nervensystem direct Zellzerstörungen hervorrufen könne.

Professor Gussenbauer hält dafür, dass es sich in diesen Fällen um „Umwandlung der elektrischen Energie in Massenbewegung“ handle.

Auf eine solche Weise entstehen nach ihm die Durchlöcherungen des Papiers und ähnlicher Gegenstände, wenn sie von elektrischen Funken durchschlagen werden; eine Flammenwirkung ist nicht nachweisbar; so ist auch der Zusammenbruch eines ganzen Schornsteins durch Blitzschlag zu erklären; oft ist keine andere Wirkung des Blitzes in der Umgebung zu constatiren.

Nur unter Zugrundelegung einer solchen Annahme können derartige schon grob sichtbare Phänomene ihre Erklärung finden.

Bei einem Blitzschlage in Perersdorf¹⁾, wo 42 Personen in einer Capelle zur Andacht versammelt waren, als es gerade einschlug, wurden 2 Personen ganze Stücke Leder aus den Stiefeln herausgerissen, ohne dass eine Brandwirkung an den Lederrändern oder irgend eine Verletzung an den correspondirenden Hautpartien des Fusses entstanden wäre.

Ein Substanzverlust, eine Analogie zum Kartenversuch, in Form einer schussähnlichen Durchlöcherung der Sohlenhaut des rechten Fusses bei einer von jenen 42 Personen.

Einen ganz ähnlichen Befund konnte H. Richter bei einem Monteur constatiren, der durch Contact einer Hochspannung von 1000 Volt getödtet wurde.

Auf die forensische Bedeutung solcher Verletzungen macht E. v. Hofmann aufmerksam, der hierbei nebst eigener Beobachtung einen Fall von Friedinger erwähnt.

Was wir hier im Grossen sehen, müssen wir uns im verkleinerten Massstabe, für das centrale Nervensystem angewandt, für die mikroskopischen Verhältnisse vorstellen.

¹⁾ Derselbe soll wegen interessanter Details Gegenstand einer ausführlichen Abhandlung werden.

Doch ebensowenig, wie die grobsichtbaren Verletzungen durch Starkstrom oder Blitzschlag ganz besondere Merkmale (von den Blitzfiguren abgesehen) nachweisen, sind die mikroskopischen Veränderungen durch irgend eine Specificität ausgezeichnet; sie ähneln zum Theil jenen, wie sie durch andere Krankheitsursachen, Infection, Intoxication etc. zur Entfaltung gebracht werden können.

Es handelt sich jedoch bei letztgenannten Bedingungen um längere, nach Stunden, Tagen und Wochen währende Einwirkungen. Die Elektrizität dagegen, die geradezu der Zeit entzüh, vermag die grössten Gesundheitsstörungen bis zur Lebensvernichtung im Nu herbeizuführen; Ursache und Wirkung fallen mitunter in dieselbe Zeitphase. Der Effect ist thatsächlich ein „blitzartiger“.

Ob nicht weitere mikroskopische Befunde und besondere Untersuchungsmethoden der histologischen Veränderungen des Nervensystems durch Elektrizität zu einer besonderen Erkenntniss führen werden, darüber kann ein Urtheil nicht gefällt werden; schon deshalb nicht, weil die bisherigen histologischen Bilder zu den ersten auf diesem Gebiete gehören.

Meine histologischen Untersuchungen umfassen das Nervengewebe von 3 Menschen und 6 Thieren (2 Frösche, 2 Kaninchen, eine Maus und ein Meerschweinchen).

Die Veränderungen sind einzutheilen in a) frische, b) ältere. Die Gruppe a erstreckt sich auf 2 Personen, die von einem Blitzstrahl getroffen und angeblich sofort getödtet wurden, auf einen Monteur, der infolge Berührung einer Starkstrom-Leitung sein Leben eingebüsst, und eine Maus und ein Meerschweinchen, die durch Elektroktonie zu Grunde gingen.

Zur Gruppe b gehören 2 Kaninchen und 2 Frösche, die zwar einen momentanen elektrischen Contact überdauerten, doch Functionsstörungen leichteren und schwereren Grades davontrugen und in längerer Beobachtung standen.

So wie die durch Blitzschlag hervorgerufenen klinischen Symptome ganz ähnlich denen zu sein pflegen, die elektrische Starkströme an Menschen und Thieren hervorbringen, ebenso verhält es sich mit den diesen Krankheitserscheinungen entsprechenden histologischen Gehirn- und Rückenmarksbildern;

die Beschreibung der einzelnen frischen Befunde der plötzlich getöteten Personen und Thiere, sei es durch Blitz, sei es durch electrischen Starkstrom, lässt ohne Weiteres die Richtigkeit dieser Annahmen erkennen: unter beiden Umständen äusserst ähnliche capillare Blutungen, Rupturen der feinsten Gefässe und verschiedene Zellveränderungen.

Wenn auch die Zellveränderungen im Allgemeinen nicht einwandfrei aufgefasst werden können, weil man sie leicht auch als Leichenerscheinungen, Artefacte, mitunter auch als normaliter vorkommende Befunde zu deuten geneigt wäre, will ich sie trotzdem auch schon aus dem Grunde angeführt haben, weil sie für die Erklärung von Degenerationserscheinungen, die in der Gruppe b beschrieben werden sollen, herangezogen werden könnten.

Unbedingt nothwendig ist es nicht, weil wir uns auch eine primäre Degeneration peripherischer Nervenfasern oder auch der Rückenmarks-Stränge durch Electricität vorstellen müssen, wenn der Achsencylinder vom Strom durchflossen worden war.

Eine jede Nervenfaser ist nach der Art eines Kabels gebaut; dem Achsencylinder der Nerven entspricht die Seele, i. e. das Metall des Kabels. Die Seele des Kabels vermag einen Strom von gewisser Spannung zu leiten; wird die Grenze überschritten, wird das Kabel beschädigt oder gar zerstört. Auch ein Achsencylinder ist für eine gewisse Spannung geaicht, muss eine höhere von ihm ertragen werden, wird der Nerv deformirt, wovon man sich durch das Experiment überzeugen kann:

Untersucht man derart präparirte Nervenstücke eines menschlichen Ischiadicus, durch den man elektrischen Starkströme durchgeschickt hat, so sieht man, dass die Achsencylinder, ja die ganzen Nervenfasern hyalin verquollen, die Contouren undeutlich geworden sind; die Kerne der Nervenscheiden sind im Verschwinden.

Die allerersten, feinsten Veränderungen bei nur momentaner Durchleitung daselbst zur Ansicht zu bringen, gelingt mit den bisherigen Untersuchungsmethoden nicht.

Zu der als „ältere Veränderungen“ bezeichneten Gruppe b gehören System- und Heerderkrankungen im Rückenmark

und die Degenerationen in den peripherischen Nerven zweier Kaninchen, die bei Lebzeiten an verschiedenen Lähmungen litten. Die Nervi ischiadici der besprochenen 2 Frösche sind mir bedauerlicherweise abhanden gekommen. Ob derartige Degenerationserscheinungen als secundäre oder gar als primäre aufzufassen sind, lässt sich aus dem bisher geringen anatomischen Material nicht entscheiden.

Derlei peripherische Lähmungen bei Thieren durch Entladungen von Leydner Batterien hat Nothnagel schon in den achtziger Jahren beobachtet.

Die Versuchsanordnung soll bei jedem einzelnen Thiere genau mitgetheilt werden, eine Einheitlichkeit wurde allenthalben darin erzielt, dass den oben angeführten zwei Bedingungen immer Rechnung getragen wurde.

Durchgeführt wurden die Experimente in dem Elektrizitätswerke von Siemens und Halske in Leopoldau bei Wien und in der Vereinigten Elektrizitäts-Actiengesellschaft in Wien X.

Die getödteten Thiere wurden sofort secirt; das Gehirn, Rückenmark und einzelne Nerven behufs Präparation entsprechend behandelt.

Die 4 überlebenden Thiere — von den 2 gelähmten Kaninchen bringe ich Abbildungen — wurden eine Zeit lang im Laboratorium der Klinik beobachtet und gepflegt.

Zuerst sollen die frischen an Menschen und Thieren beobachteten Veränderungen des Nervensystems, hierauf die älteren zur Besprechung gelangen.

Am 28. Februar 1902 wurde ein Monteur, Namens J. Sp., 18 Jahre alt, in einem hiesigen Elektrizitätswerk durch elektrischen Contact getödtet. Er hatte mit seinen Händen 2 stromführende (Wechselstrom 1000 Volt Spannung, 52 Perioden) Metalltheile am sogenannten Isolations-Prüfer erfasst. Ein Monteur, der daneben sass, merkte, wie sein Mitarbeiter J. Sp. plötzlich in gebeugte, halbhockende Stellung auf den Tisch beziehungsweise auf das dort angelehnte Rad niedersank; er verblieb in dieser vornüber gebeugten Stellung stehen; er fiel nicht um; seine Hände waren vorn an die Brust angepresst und mit den Aussenflächen einander genähert; er soll nicht aufgeschrien, sondern nur halblaut gestöhnt haben. Der Monteur

merkte sofort, um was es sich handle, sprang auf und schaltete den Strom aus; das ganze soll nur $\frac{1}{2}$ Minute gedauert haben, sicher nicht mehr, eher weniger, wie versichert wird. Der Verunglückte blieb auch nach Stromausschaltung in der ursprünglichen Stellung über den Tisch gelehnt stehen; die rasch alarmirten Arbeiter legten den Verunglückten horizontal auf den Boden, lüfteten ihm die Kleidung, zogen die Zunge vor und begannen die künstliche Athmung; in ca. 16 Minuten war ein Arzt zur Hand, der den bereits eingetretenen Tod constatirte, dennoch aber die künstliche Athmung noch eine halbe Stunde fortsetzen liess. Das halblaute Stöhnen soll die einzige Aeusserung des Verunglückten gewesen sein; an seinem Gesichte ist den Monteuren nichts Besonderes aufgefallen; seine Augen seien geschlossen gewesen. Der Unfall geschah um 5 Uhr Nachmittags. Vier Stunden darauf bekam ich die Leiche zu Gesicht.

Grosse, kräftige Leiche, ziemlich starke Muskelstarre, besonders der oberen Extremitäten.

Die Haut des Gesichtes und des übrigen Körpers blass; gewöhnlicher Gesichtsausdruck, Pupillen mittelgross, gleich weit.

Ausser an den Händen ist am ganzen übrigen Körper keinerlei Verletzung zu constatiren. Das Glied halb erigirt vor dem Orificium ein grauer, glasig aussehender Tropfen; die mikroskopische Untersuchung ergab Spermatozoën.

Das Einzige, was man bei der äusseren, allerdings erst bei genauester und darauf abzielender Untersuchung wahrnehmen konnte, war eine mehr oder weniger symmetrisch sitzende Verletzung der Gegend der Palmae an ihren oberen Umgrenzungen zwischen Thenar und Antithenar.

Es waren blasenartige Erhebungen der Epidermis, etwa von der Grösse einer Erbse; die abgehobene Epidermis auffällig hart und theilweis eingesunken; es sah so ähnlich aus, wie austrocknende Blasen auf harten alten Schwielen, wie man sie manchmal bei Turnern zu sehen pflegt. Die Läsion blass, keine Trennung der Substanz, keine Reaction der Umgebung. Aehnliche Veränderungen von kleinerer Ausbreitung in nächster Umgebung.

An den Beeren des 4. Fingers links und 5. Fingers rechts waren kaum linsengrosse, rundliche, ganz leichte Epithelabhebungen, an ihrer Oberfläche glänzend. Auch hier jeder Mangel an Reactionerscheinung.

Es lässt sich nicht unbedingt behaupten, dass die besprochenen Verletzungen mit dem Stromcontact in ursächlichen Zusammenhang zu bringen wären. Nur die Localisation und die eigenthümliche Symmetrie an beiden Händen spricht für die

Vermuthung, dass sie dem unglückseligen Contact ihren Ursprung verdanken.

Wenn dies zutrifft, kann man sich auch annähernd das Bild construiren, wo die Pole in der Hand des Monteurs gelegen. Ueber den weiteren Umstand, ob es möglich ist, einen Anhaltspunkt zu gewinnen, ob Unvorsichtigkeit oder Selbstmord, wie von mancher Seite scheinbar mit Unrecht behauptet wurde, vorliege, will ich andern Orts¹⁾ mich auslassen.

Kurz erwähnen will ich nur hier, dass ich mit Berücksichtigung aller Begleitmomente die Ueberzeugung gewinnen musste, dass es sich um keinen Selbstmord, sondern um einen Betriebsunfall gehandelt hat.

Tags darauf, etwa 24 Stunden post mortem, habe ich im Baumgartener Friedhof in Anwesenheit des Herrn Bezirksarztes Dr. Laufer die Obduction vorgenommen.

Das Obductionsprotocoll lautet:

Wien, am 1. März 1902. Friedhof Baumgarten.

Sanitärärztliche Obduction der Leiche des durch elektrische Hochspannung getödteten Johann Sp., 18 Jahre alt, Monteur, durchgeführt von Dr. S. Jellinek in Anwesenheit des Dr. Laufer, k. k. Bezirksarzt in Wien.

Männliche Leiche von grosser Statur, sehr kräftigem Knochenbau, starker Musculatur, gut entwickeltem Panniculus adiposus; äussere Decken von normalem Aussehen; Leichenstarre gut ausgebildet, kein Zeichen besonderer Fäulniss.

Bei genauer Untersuchung der Hände findet man an der linken Handfläche, und zwar an ihrem proximalen Rande, mehr daumenballenwärts eine etwa hellergrösse, unregelmässig begrenzte, blasenartige, dabei ziemlich flache Abhebung der Epidermis, die sich sehr derb und hart anfühlt, in ihren Rändern gefaltet und in toto eingetrocknet erscheint. In der Umgebung dieser Hautveränderung keine Röthung oder irgend was Auffälliges.

Auf der Fingerbeere des 4. Fingers derselben Hand, mehr ulnarwärts gelegen, eine kaum linsengrosse, sehr flache, blasenartige Abhebung der Epidermis, auch sie zeigt Eintrocknungserscheinungen.

Am Dorsum dieser Hand, und zwar über dem Proccus stiloides, eine linsengrosse, seichte Hautabschürfung mit mehreren punktförmigen herum, die alle ziemlich trocken sind.

An der Palmarfläche der rechten Hand, nahezu correspondirend der Blase der linken Hand, eine ähnliche blasenartige Abhebung der Epidermis,

¹⁾ cf. Zeitschr. f. klin. Medizin 1902.

die sich ebenfalls als sehr derb und trocken erweist, eine kleine, mohnkorn-grosse Blase in nächster Umgebung.

An der rechten radialen Vorderarmseite geringradige Hautabschürfungen.

An der Fingerbeere des Kleinfingers der rechten Hand eine ebensolche flache, trockene Blasenabhebung der Epidermis, wie links.

Ausser diesen Veränderungen an den Händen ist äusserlich am ganzen Körper der Leiche nichts Abnormes zu constatiren.

Augenlider geschlossen. Pupillen gleich gross, mittelweit. Nasen- und Mundhöhle leer. Mesokephales Cranium; die weichen Schädeldecken blutreich; die Dura glatt und glänzend, die Sinus reichlich mit dunklem, flüssigen Blut gefüllt; die weichen Meningen erscheinen intact. Consistenz des Gehirnes fest; dasselbe wird behufs mikroskopischer Untersuchung in toto in Müller-Formolflüssigkeit gelegt; weder an der Gehirnbasis, noch an den Schädelgruben irgend etwas Auffälliges zu bemerken.

Die oberen Luftwege leer, ihre Schleimhaut unverändert; keine Struma, keine Thymusdrüse.

Die Lungen lufthaltig, allenthalben von normaler Consistenz, ihre Oberfläche glatt und glänzend, ebenso die Pleura costalis; beim Einschnneiden erweist sich die Lunge als sehr blutreich.

Das Herz klein, in toto contrahirt, besonders im linken Ventrikel: innen dunkles, flüssiges Blut; der Klappenapparat intact, die Section der Leber, Nieren und des Pankreas fördert vollkommen normale Verhältnisse.

Die Milz erscheint etwas vergrössert, ihr Gewebe weich, Pulpa nicht abstreifbar.

Im Magen frische Speisereste; die Schleimhaut blass, unverändert; im Darm Contenta.

Die Blase contrahirt, enthält nur einige Kubiccentimeter klaren Urin; der Mastdarm leer.

Von der Achselhöhle abwärts bis zum untern Drittel der Vorderarme werden die Gefäss- und Nervenscheiden präparirt und dortselbst genau nach Blutaustritten gesucht, doch ohne Erfolg.

Die Dura und die weichen Meningen des Rückenmarkes waren unverändert. Das Rückenmark in seiner Consistenz hart; auch dieses wird behufs Härtung sofort in Müller-Formolflüssigkeit gelegt.

Schliesslich wurden die Kleider untersucht; keinerlei Zerreissung, keine Verbrennung, die Zugstiefel, die der Monteur trug, waren trocken und unversehrt.

Das herauspräparirte Gehirn, Rückenmark und Herz wurden von mir in Formolflüssigkeit ins Wiener pathologische Institut gebracht. Herr Hofrath Weichselbaum hatte die Güte, die Section dieser Organe vorzunehmen; der makroskopische Befund war nach Professor Weichselbaum vollkommen negativ.

Mein grösstes Augenmerk richtete ich darauf, ob ich schon makroskopisch Veränderungen, wie Blutaustritte und dergleichen finden könnte, besonders an den Stellen, die voraussichtlich von einem Hauptantheil des Stromes durchflossen wurden. Doch überall erschienen die Gewebstheile unversehrt.

Aus äusseren Gründen konnten die beschriebenen Eintrittsstellen des Stromes an der Flachhand nicht genau untersucht werden.

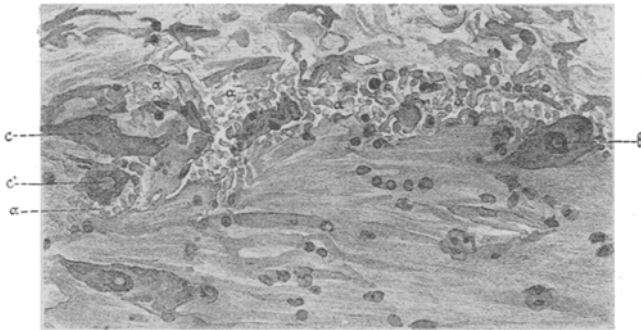


Fig. 1.

a Blutung,

b unveränderte Zelle, mit einem Ende in der Blutung liegend,

c zertrümmerte Zelle,

c¹ Zellkern und Kernkörperchen, neben der zertrümmerten Zelle in der Blutung liegend.

So verlief die Obduction eigentlich negativ; dunkles, flüssiges Blut, ein schlaffes, mit flüssigem Blut erfülltes Herz, starke Hyperämie der Lungen, der Leber und Nieren waren der einzige Befund, der nichts Charakteristisches an sich hat.

Um so lohnender war dafür der mikroskopische Befund des Central-Nervensystems; die histologische Untersuchung des Herzens, der Lungen, der Leber, der Milz und der peripherischen Nerven (Medianus und Ulnaris) ergab vollkommen normale Verhältnisse.

Im Rückenmark sind an vielen Stellen, in verschiedenen Höhen, capillare Blutungen zu constatiren; sie sind zumeist auf die graue Substanz, besonders die Gegend der Vorderhörner und die Nähe des Centralcanales beschränkt; nur in einem

Schnitte aus dem Dorsalmark besteht eine Hinterhorn-Blutung. Die Blutextravasationen sind mikroskopisch klein, zuweilen flächenhaft, oft streifenförmig und substituieren zum Theil die nervöse Substanz, die an manchen Stellen zerwühlt erscheint.

Ganglienzellen werden von den Blutaustritten theilweise gedeckt, theilweise erscheinen sie zertrümmert.

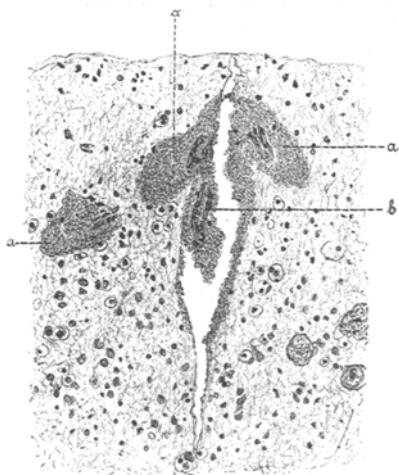


Fig. 2.

a Blutung, b Capillaren.



Fig. 3.

Im Halsmark, und zwar Serienschnitt Nr. 8 der Sammlung, verdient ein Bild (cf. Fig. 1) besondere Beachtung.

An der Grenze der grauen und weissen Substanz im Bereiche eines Vorderhornes eine streifenförmige, längliche Blutung, durch die die Grundsubstanz getrennt und 2 Ganglienzellen aus ihrem Zusammenhang gelockert zu sein erscheinen. Eine von ihnen ragt mit einer freien Seite in die Blutung hinein, von der sie umspült wird, mit dem anderen Ende ruht sie in der Grundsubstanz und erscheint sonst vollkommen intact.

Die zweite Ganglienzelle dagegen, die viel grösser ist, erscheint deformirt, sie ist in ihrer Continuität unterbrochen; sie macht den Eindruck, als ob sie zerrissen wäre.

Sie ist ganz von Blut umgeben; knapp neben ihr, ebenfalls im Blute, liegt ein grosser Zellkern, in dem man auch noch das Kernkörperchen erkennt.

Es drängt sich einem die Vermuthung auf, dass beides, destruierte Zelle und freiliegender Kern, zu einander gehört.

Ob aber diese Destruction der Zelle, und das Herausgerissensein des Kernes nur durch die Präparation, oder durch das andrängende Blut, oder gar direct durch den elektrischen Strom verursacht wurde, lässt sich allerdings nicht entscheiden. Hierzu bedarf es noch weiterer experimenteller Untersuchungen, die, wie wir weiter unten sehen werden, mitunter ähnliche Bilder zu fördern im Stande sind.

Die meisten Blutaustritte entfielen auf die Schnitte der Halsanschwellung, in denen nebstdem starke Injectionsbilder in den feinsten Capillaren, die zu den Ganglienzellen ziehen, sich geltend gemacht haben.

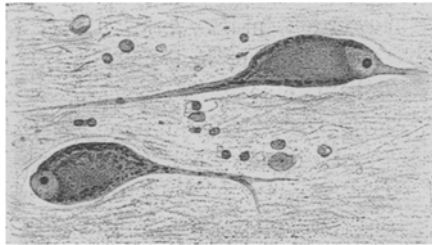


Fig. 4.

Weniger ausgebreitete Blutungen in der Medulla und im übrigen Rückenmark. Im Ganzen konnte ich in 12 Schnitten aus verschiedenen Höhen (No. 2, 3, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 17, 19, 20, von oben nach unten numerirt), Blutungen nachweisen.

Minder zahlreich waren die Blutungen im Gehirn. Hier waren dieselben nur an zwei Stellen derselben Hemisphäre constatirbar. Eine etwas grössere (s. Fig. 2) war im linken Lobus centralis gelegen; ebenso wie im Rückenmark ist dieselbe auch hier nur auf die graue Substanz beschränkt; sie ist klein, flächenhaft, unter der Oberfläche gelegen, die intact erscheint, und geht streifenförmig in die Tiefe, wobei die Gehirns substanz spaltähnlich auseinander gedrängt wird; in den zackigen Umrandungen liegen Blutkörperchen.

Eine viel kleinere, rundliche Blutung¹⁾ befiel den Lobus

¹⁾ Herr Hofrath Weichselbaum hatte die Freundlichkeit, die Präparate, in denen Blutungen waren, anzuschauen und hat die als „Hämorrhagien“ bezeichnete Stellen auch als solche anerkannt.

occipitalis derselben Seite; auch hier ist es die graue Substanz, wo die Hämorrhagie Platz gegriffen.

Veränderungen der Ganglienzellen waren sowohl im Gehirn, als auch im Rückenmark aufgetreten; Chromatolyse, Tigrolyse (s. Fig. 3), Undeutlichwerden der Zellconturen, Verquellung der Achsencylinder, Verschiebung der Kerne vor die äusserste Peripherie, stellenweise geradezu in die Protoplasma-Fortsätze hinein (s. Fig. 4) u. s. w.

Weil jedoch derartige Befunde auch bei anderen Erkrankungen vorkommen, und nebstdem noch an gewöhnliche Leichenerscheinungen und Härtungsprodukte und dergl. m. gedacht werden muss, kann diesen letzteren Bildern keine besondere Bedeutung beigemessen werden.

Sobald eine grössere Untersuchungsreihe solcher Nervenpräparate vorliegt, dann wird es erst möglich sein, sich darüber Klarheit zu verschaffen.

Der wohl momentan eingetretene Tod ist mit Rücksicht auf die Stärke des Stromes begreiflich und durch die aufgezählten pathologischen Befunde hinreichend erklärt; dabei dürfen wir nicht vergessen, dass die Zahl der thatsächlich erfolgten Blutungen und Zellzerstörungen gewiss grösser ist, als die in den Probeschnitten gefundene.

Die starke Hyperämie der Capillaren im Halsmarke ist wohl als Gefässparalyse aufzufassen.

Ich habe schon seiner Zeit darauf hingewiesen¹⁾, dass man beim Thierexperimente sich mit dem Tastgefühl davon überzeugen kann, dass die zwischen zwei Polen gelegene und vom Strom längere Zeit durchflossene Körperstelle (z. B. die Brust des Kaninchens, dem man beiderseits in die Achselhöhle die Elektroden einsetzt) auffällig warm wird.

„Wenn A. Paltauf sein Thier (Kaninchen oder Hund) durch Faradisation des Herzens tödtete, zu welchem Zwecke er bei uneröffnetem Thorax die Nadeln von links her durch die vorderen Theile der Lunge ins Herz sticht, so fand er bei der Section, der schon nach wenigen Schlägen getödteten Thiere in einem ganz umschriebenen, zwischen den Nadeln gelegenen Be-

¹⁾ Blitzschlag und elektrische Hochspannung. Wiener klin. Wochenschr. 1901, No. 28 u. 29.

zirke der Lunge das Gewebe sehr blutreich und feucht, was offenbar auf eine hochgradige Paralyse zurückzuführen ist“ (vergl. Haberda).

Die Gegend der Cervicalanschwellung kam zwischen beide Pole, und zwar in die grösste Stromdichte zu liegen.

Wenngleich auch der Strom sich im ganzen Körper des Monteurs ausgebreitet hatte, nahm jedenfalls der Hauptantheil des Stromes seinen Weg von einem Arm durch obere Brustpartie, unteren Hals, zum anderen Arm, bezw. zur anderen Hand hinaus. Dieser Strecke entsprechen auch die meisten Veränderungen.

Auf die längere Einwirkung (angeblich etwa 30 Secunden) ist die locale Gefässparalyse zurückzuführen.

Man könnte einwenden, dass die Veränderungen, und besonders die Blutungen, mit einer protrahirten Tödtung, eventuell Erstickung in Zusammenhang zu bringen wären.

Dagegen lassen sich zwei Umstände anführen: erstens waren ausser dem dunklen, flüssigen Blute, das sich übrigens bei allen momentanen elektrischen Tödtungen findet, keinerlei Erstickungssymptome an der Leiche nachweisbar; zweitens findet man ebensolche Veränderungen an Thieren, die momentan ohne jeden Todeskampf getödtet wurden.

Meerschweinchen und Mäuse z. B. gelingt es „blitzartig“ zu tödten; es fehlt jedes Zeitminimum, das zur Annahme einer Erstickung, abnormen Blutdruck-Steigerung u. s. w. nöthig wäre, und trotzdem finden wir, wie weiter unten gezeigt werden soll, ähnliche Veränderungen im centralen Nervensystem, wie sie dem Monteur Sp. zukommen.

Technische elektrische Hochspannung und Blitz sind verschiedene Formen derselben Energie, und auch ihre animalischen Effecte sind derselben Art. Ueber die allgemeinen Wirkungen des Blitzschlages auf Menschen und Thiere will ich in einer meiner nächsten Arbeiten ausführlich berichten, heute sollen nur histologische Veränderungen des Gehirns nach Blitzschlag zur Sprache kommen. Im Grossen und Ganzen stimmen dieselben mit denen durch technische Elektrizität überein.

Am 3. Juni 1902, um 5 Uhr Nachmittags, wurden in Götting in Mähren 2 Personen durch Blitzschlag getödtet. Sie standen

auf einem Gerüste eines einstöckigen Neubaues; der 20 jährige Mann etwa 1 Meter höher, als das 16 jährige Mädchen.

Der Blitz schlug ein, riss einen langen und ziemlich breiten Spalt in das neue Hausdach, ohne an demselben Verbrennungserscheinungen hervorzurufen. Die beiden Personen fielen auf dem Gerüst nieder. Als die in der nächsten Nähe arbeitenden Maurer, denen nichts geschehen war, nach ihnen schauten, sahen sie sie regungslos liegen, und erkannten angeblich sofort, dass die zwei todt seien.

Ein herbeigeholter Arzt liess die Leichen in die Leichenkammer des Ortsfriedhofes überführen.

Tags darauf, am 4. Juni um 2 Uhr Nachmittags, also 21 Stunden post mortem, nahm ich in Gegenwart des k. k. Bezirksarztes Dr. Mandl und des Stadtarztes Dr. Frankl dortselbst die Obduction beider Leichen vor.

Trotz der vorgeschrittenen Jahreszeit war damals kein besonders warmes Wetter, die Fäulnisserscheinungen nicht auffällig zur Entwicklung gekommen; beide Leichen schienen noch recht frisch zu sein, an der des Mannes ziemlich starke Leichenstarre, an der zweiten schlaffe Musculatur vorhanden.

Die Obductionsprotocolle lauten:

1. Fall: Protocoll, aufgenommen von der k. k. Bezirks-Hauptmannschaft Göding. 4. Juni 1902. Gegenstand ist die sanitätspolizeiliche Obduction des durch Blitz getödteten, 23 Jahre alten Maurers Johann Z.

A. Aeusserer Befund: Männliche, kräftige Leiche, theilweise bekleidet; am rechten Röhrenstiefel an seiner Innenseite über der Sohle ein etwa über handtellergrosses Stück des Leders herausgerissen, die Ränder zeigen keine Brandspuren. Der mit Eisen frisch beschlagene Absatz ist abgerissen. Die Risse im Stiefel gehen von dem beschriebenen Defecte nach allen Richtungen; der entsprechende Schuhfetzen nicht verbrannt. Der linke Stiefel intact, das Hemd zeigt rückwärts in der Gegend zwischen den Schulterblättern ein etwa 2 Handteller grosses Loch mit versengten Rändern, ein ebenso grosses Loch mehr nach rechts, der Gegend des unteren Scapularwinkels entsprechend.

Das Kopfhaar zeigt eine flächenhafte Versengung, die in der Gegend der Coronarnah beginnt, etwa 8 cm breit ist, und über den Scheitel hinweg bis nach hinten unten bis zur Harngrenze reicht, wobei sich die Fläche verbreitert. Dem Tuber parietal. sin. und dem Occiput entsprechend reicht die Versengung bis hart an die Haut, die aber unverletzt geblieben ist.

Zwischen beiden Schultern sind einzelne linsen- bis hellergrosse braune, eingetrocknete Brandflecke (Brandwunden II. und III. Grades). Der unteren Hälfte der linken Scapula entsprechend sind kleine mohn- bis hanfkorn-grosse, dunkelblau bis schwarz pigmentirt erscheinende, in Gruppen stehende Flecken, die Epidermis darüber intact, beim Einschneiden sugillirt; (das Ganze ähnelt einem alten, vernarbten Schrotschuss mit den eingheilten durchscheinenden Projectilen). Ueber dem Kreuzbein und zwar mehr nach rechts, der Gegend der Spina ilei post. sup. entsprechend ein etwa doppelthalergrosser, dunkelschwarzer, pergamentartiger Brand-schorf, der beim Beklopfen mit dem Messer tönt. Von dieser Stelle ausgehend eine hakenförmige Fortsetzung nach rechts unten bis zum rechten Trochanter major, dabei die Breite von 2 cm einnehmend.

Ein länglicher Streifen eines eingetrockneten Brandschorfes an der linken Thoraxhälfte von der 7. Rippe bis zur Crista ilei herunter.

Von der Gegend des rechten Trochanter nach abwärts sind die Haare der Aussen- und Vorderseite des Oberschenkels und des ganzen Unterschenkels oberflächlich versengt. Die Planta pedis beiderseits intact.

Sonst nichts Auffälliges.

Die Augenlider geschlossen; die Pupillen mittelgross, gleichweit.

Leichenstarre ziemlich stark entwickelt.

B. Innerer Befund. Die weichen Schädeldecken ohne jegliche Veränderung; mesokephales Cranium, an seiner Innenfläche glatt und glänzend. Die Dura stärker injicirt, keinerlei Blutaustritte, ebensowenig an den Leptomeningen, die vollkommen intact erschienen. Das Gehirn blass, glatt und von teigiger Consistenz. Auf dem Durchschnitt fällt die hochgradige Blutleere auf, die Ventrikel leer, das Ependym zart; ebenso erscheint die Medulla unverändert. Die Gefässe an der Gehirnbasis mit dunkelflüssigem Blut gefüllt.

Pleura costalis und pulmonalis glatt, keinerlei Ecchymosen zu constatiren; die Lungen beiderseits frei, fühlen sich polsterartig an, im Durchschnitt mässiger Blutreichthum; in den Bronchien etwas Secret.

Das Herz etwa faustgross, contrahirt, besonders im linken Ventrikel, die Klappen glatt und schlussfähig; im Innern etwa ein Esslöffel dunklen, flüssigen Blutes, kein Coagulum.

Sowohl Endo-, Epi- und Pericard frei von Hämorrhagien.

Der Darm aufgetrieben, erscheint blutleer.

Im Magen Reste von Speisebrei; die Schleimhaut etwas injicirt, sonst unverändert.

Leber, Milz, Nieren und Pankreas normal.

Die Harnblase leer.

Im Rectum Seybala.

Gutachten: Der obducirte Johann Z. ist eines gewaltsamen Todes durch Blitzschlag gestorben. Den Nachweis dieser Annahme bekräftigen

Gutachten: Die obducirte Franziska B. ist eines gewaltsamen Todes durch Blitzschlag gestorben. Den Nachweis dieser Annahme bekräftigen die Befunde am Kopfhaar und an der Haut. Das Gehirn wurde von dem intervenirenden Dr. S. Jellinek nach Wien überführt.

Dr. J. Frankl. Stadtarzt.

Dr. Mandl, k. k. Bezirksarzt.

Bei beiden Personen ergab die Autopsie ein negatives Resultat; wenn wir von den äusseren Befunden abstrahiren, wäre es unmöglich, aus dem inneren Obductionsbefunde allein ein Urtheil über die Todesursache zu gewinnen.

Die Sache verhält sich ebenso, wie man es bei technischer Electricität zu sehen bekommt.

Das auffällig blasse Gehirn, das

behufs histologischer Untersuchungen von mir nach Wien mitgenommen wurde, bot mikroskopisch zahlreiche Blutungen und Gefässrupturen, die in den meisten Theilen anzutreffen waren. In beiden Gehirnen so ziemlich dieselben Befunde.

In den Serienschnitten des Mannes fand ich an 4 Stellen, und zwar im Lobus frontalis, centralis, im Kleinhirn und in den Oliven Blutaustritte¹⁾; im Gehirn des Mädchens waren diese

¹⁾ Auch diese mit Blutaustritten versehenen Präparate erlaubte ich mir Herrn Hofrath Weichselbaum vorzulegen, der das Vorhandensein von Blutextravasaten bestätigte.

Für die grosse Mühe spreche ich Herrn Professor Dr. Weichselbaum meinen ehrerbietigen Dank aus.

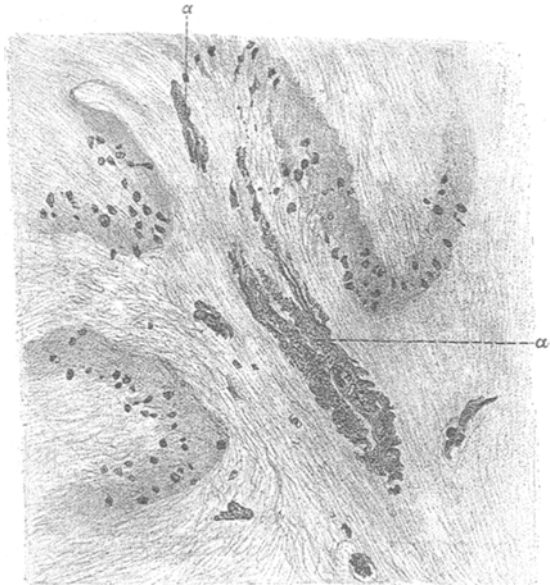


Fig. 6.
a Blutung.

an 5 verschiedenen Stellen, und zwar im Lobus frontalis, temporalis, occipitalis, im Pons und in der Medulla nachweisbar.

Merkwürdig war die Olivenblutung des Mannes, die beiderseits geradezu symmetrisch aufgetreten war; die Blutung (s. Fig. 5 u. 6), hat streifenförmigen Charakter; die nervöse Substanz ist zerwühlt.

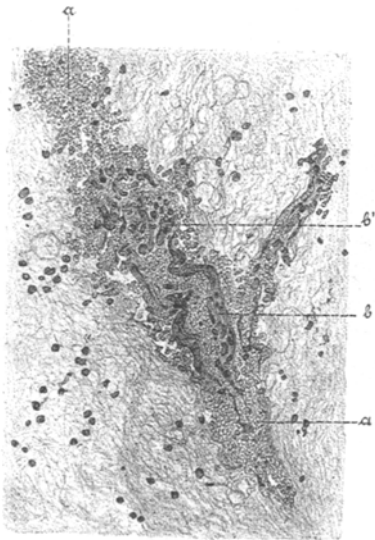


Fig. 7.
a Blutung,
geschlängelte und eingerissene Gefäßwand.

Fig. 7 zeigt uns eine Blutung aus dem Pons des Mädchens B. Auf dem Schnitt ist auch ein Gefäß getroffen, das mitten in der Blutung liegt; die Gefäßwand ist theilweise geschlängelt, stellenweise eingerissen; ein ähnliches Bild sehen wir weiter unten im Gehirn eines Meerschweinchens (s. Fig. 8).

Ueber die Zellveränderungen gilt das Eingangs Erwähnte; nur soll bemerkt werden, dass deutlichere Zellveränderungen, wie Kernverschiebungen u.s.w. dort aufgetreten waren, wo auch Hämorrhagien waren; es scheint dies mit der Ausbreitung und localen Wirkungen des Stromes zusammenzuhängen.

Dass diese Veränderungen durch protrahirten Tod, durch Erstickung verursacht sein könnten, dagegen spricht der Mangel an sonstigen Erstickungserscheinungen; die folgende Beschreibung der histologischen Befunde eines elektrisch getödteten Meerschweinchens und einer Maus soll die weitere Uebereinstimmung der frisch gesetzten Veränderungen durch technische und atmosphärische Elektrizität darlegen.

Einem Meerschweinchen wurden in vorsichtiger Weise 2 Metallelektroden¹⁾ in Rachen und Rectum versenkt; als

¹⁾ Bei den Thierexperimenten benutzte ich stäbchenförmige Kupferelektroden, die nur an den Spitzen blank waren; der übrige Theil

das freie, nicht gefesselt sitzende Thier sich vollkommen beruhigt hatte, wurde der Stromkreis für den Bruchtheil einer Sekunde geschlossen; angewendet wurde Wechselstrom von 300 Volt Spannung und 42 Perioden.

Das Thier fiel augenblicklich hin, die Extremitäten wurden leicht und dies nur für einen Augenblick gestreckt; Athmung und Herzthätigkeit war im Moment erloschen.

Die Obduction nahm ich sofort vor; sämtliche Organe wurden untersucht, nirgends war jedoch eine Veränderung zu constatiren; vergebens habe ich hier, wie in sehr vielen anderen Fällen, nach Blutungen an den verschiedensten Stellen gefahndet.

Gehirn und Rückenmark, die makroskopisch nicht die geringste Veränderung erkennen liessen, wurden in Müller-Formolflüssigkeit gethan und behufs Färbung in der üblichen Weise behandelt.

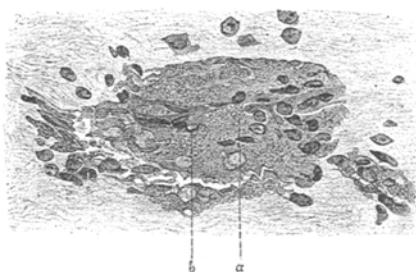


Fig. 8.

a Blutung und darin eingestreute Partien der
Gehirn-Substanz,
b zerrissene Gefäßwand.

Die mikroskopischen Befunde waren sehr mannigfach; wiederum Zellveränderungen, Blutaustritte und Gefäßrupturen.

Die Hauptveränderungen sind auf Rechnung der sehr zahlreichen Blutungen zu stellen. Auffällig hierbei ist es wieder, dass die Hämorrhagien, die über das ganze Gehirn und Rückenmark vertheilt sind, mit einer gewissen Constanz die graue Substanz bevorzugen und hier wieder an die Nähe der Ganglienzellen gebunden sind.

Während die Rückenmarks-Blutungen viel kleiner und ihrem Umfange nach unbedeutender sind, nehmen sie im Gehirn mehr Platz ein; das nebenstehende Bild (Fig. 8) veranschaulicht uns eine solche Stelle aus der Gegend des Central-

mit Isolationsmasse überzogen, um den Stromübergang z. B. am Sphincter, zu vermeiden. So weit dies möglich ist, wollte ich dem Strome die Richtung durch das Körperinnere anweisen.

lappens; durch die starke Blutung kam es zu mächtiger Zerklüftung und Zertrümmerung der Gehirnsubstanz; mitten in den Blutheerden sieht man einzelne, von ihrem Zusammenhang losgelöste Gehirnpartien. Die Mitte der Blutung ist von einem Gefäss, bezw. von dessen Resten durchzogen; die Wand ist durchrissen, an einer Stelle ist sie wie ein „Thor“ aufgeklappt.

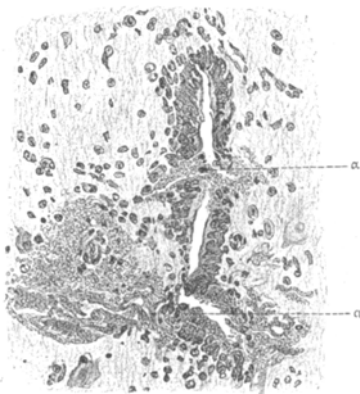


Fig. 9.
a Blutaustritt.

Ähnliche Bilder in anderen Gehirnthteilen, Gefässriss und Blutung stehen nicht in ursächlichem Zusammenhang.

Die Rückenmarks-Blutungen zeigen, wie schon erwähnt, geringere räumliche Ausdehnung und sind zumeist in den Vordersäulen und in der Gegend des Centralcanals localisirt.

An einer Stelle fand sogar eine Blutung in den Centralcanal statt (s. Fig. 9); die Continuität der Canalwand ist getrennt, der losgelösten und zum Theil verschobenen Wand liegt

an der Innenseite ein Blutextravasat an, das das Lumen des Centralcanals stellenweise erfüllt. Durch einen schmalen Spalt, einen von Blut erfüllten Gewebsriss, ist die Verbindung dieser inneren Blutung mit einem grösseren, äusseren Heerde vermittelt; dieser dürfte auch die Hauptblutung vorstellen, von wo aus es in den Centralcanal hineingeblutet hat.

In den verschiedenen Schnitten des Rückenmarkes war kein Schnitt zu finden, in welchem nicht eine Blutung zu sehen wäre. Die Ganglienzellen der Vorderhörner sind stellenweise von Blutungen ringförmig umgeben, und so von ihrer Umgebung losgelöst, anderen Orts giebt es Zellen, die von der Hämorrhagie zum Theil verdeckt und zerstört, zum Theil noch erhalten sind.

Ein sehr interessantes Bild bietet eine Ganglienzelle im Vorderhorn aus der oberen Hälfte des Dorsalmarkes. Die Zelle (Fig. 10), die ziemlich gross ist und ihre Form und ihren Contour

vollkommen erkennen lässt, enthält einen Bluteinschluss; also eine Blutung innerhalb einer Zelle; in einer Hälfte derselben nur Blutung, in der anderen Hälfte, wo der scheinbar intacte Kern und Kernkörperchen liegen, ist die Blutung mit dem Protoplasma vermengt. Blutung, Kern und Zellcontour sind bei ein und derselben Einstellung der Mikrometerschraube deutlich sichtbar, sie liegen in einer Ebene.

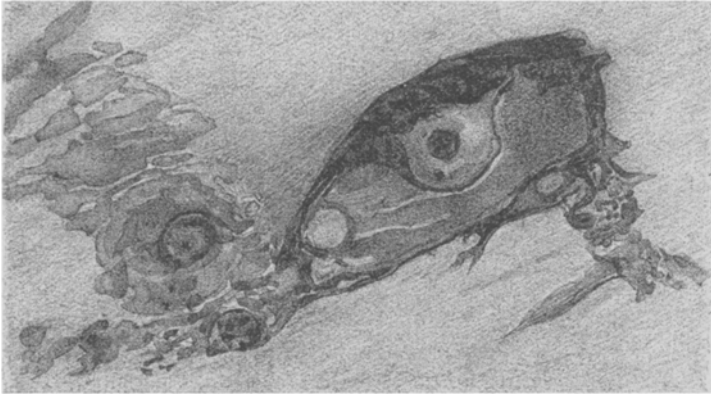


Fig. 10.

Der Entstehungsort dieser eigenthümlichen Zellblutung ist aus den anatomischen Lagerungsverhältnissen erklärt.

Die Ganglienzellen sind bekanntlich von den feinsten Capillaren umgeben; an mehreren Stellen des Rückenmarks dieses Meerschweines vermag man öfters gegabelte Capillaren zu sehen, die mit ihren Aesten eine Ganglienzelle umklammern. Aus einem solchen feinen Gefässe kam es nun zur Blutung, das herausfließende Blut drängte an die Zellwand an, die an einer oder mehreren Stellen eingerissen wurde, wodurch das Blut in das Zellinnere eindringen konnte. Oberhalb oder unterhalb dieser Rupturstelle wurde die Zelle durch den Schnitt des Mikrotoms getroffen, dort erscheint die Zellwand intact, was durch den geschlossenen Contour am Bilde zum Ausdruck gelangt. Von einem Pole der Zelle zieht eine streifenförmige Blutung zu einem grösseren Heerde, der in der Nähe gelegen ist.

Einen ähnlichen Befund, wo auch eine Zelle hauptsächlich von der Blutung deformirt wurde, haben wir im Rückenmark des durch Starkstrom getödteten Monteurs gesehen.

Eine andere merkwürdige Stelle, wo eine Blutung sich etablirt hat, entspricht einer aus der Medulla oblongata abgehenden Nervenwurzel (s. Fig. 11).

Nicht nur die Nervenscheiden, sondern auch die Nervenfasern sind von der Blutung zerklüftet. Da ich über keine Markscheiden-Färbung in diesem Falle verfüge, vermochte ich keine genaueren Details ermitteln.

Die ausgedehnten Blutungen im Gehirn, der Bluterguss in den Centralcanal, die einfachen Hämorrhagien um und in die Ganglienzellen in den Vorderhörnern sind hinreichende Erklärungen für den momentan eingetretenen Tod. Das Extravasat in der Abgangsstelle eines peripherischen Nerven verdient deshalb Beachtung, weil ihr isolirtes Auftreten, z. B. in einem Unglücksfalle, oder auch bei Thierexperimenten für die Erklärung so mancher vereinzelter Lähmungen zu Hilfe gezogen werden kann.

An den Meningen und sonstigen serösen Häuten, die auch mikroskopisch untersucht wurden, waren keinerlei Hämorrhagien anzutreffen.

Feinste capillare Blutungen sind allerdings kein Novum, sie werden bei verschiedenen Infections- und Intoxicationskrankheiten und gewaltsamen Todesarten beobachtet. Doch ihre Entstehungsursache ist dort eine ganz verschiedene. Während es sich bei all diesen Zuständen um Gefäßwandveränderungen, Blutdruckschwankungen u. s. w. um ähnliche Processe handelt, zu deren Entwicklung ein Zeitminimum nothwendig ist, fehlte diese Bedingung bei der Tödtung des Meerschweinchens.

Kaum dass der Strom in das Thier eingetreten und abgestellt war, war das Meerschweinchen auch schon todt; es konnte sich bei seiner Tödtung weder um Erstickung, noch um Blutdrucksteigerung und ähnliche Zustände gehandelt haben.

Das Auftreten der mitunter ausgebreiteten Hämorrhagien ist wohl so zu erklären, dass die Blutwelle, die im Momente der Tödtung noch mit einer gewissen Energie behaftet war,

durch die rupturirte Gefässwand in die Umgebung sich ergossen und dort das Gewebe zertrümmert hat.

Soweit ich mich überzeugen konnte, waren Gefäss-Rupturen nur an den feinsten Capillaren nachweisbar, die der „Berührung“ des elektrischen Stromes weniger als die groben Gefässe standhalten können.

Aehnliche Bilder, wenn auch nicht so abwechselungsreich, lieferte das Gehirn und das Rückenmark einer weissen Maus.

Mäuse, und besonders die weissen, sind gegen elektrischen Strom ausserordentlich empfindlich. Von allen Thierarten, mit denen ich bisher experimentirt habe (Kaninchen,

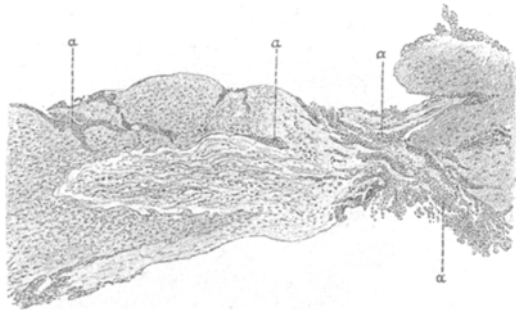


Fig. 11.

a Blutaustritt.

Meerschweinchen, Mäuse, Frösche, Schildkröten), vertragen sie am wenigsten. Schon mit einem Gleichstrom von 36 Volt Spannung, den jedermann im Allgemeinen gefahrlos ertragen kann, ist man im Stande ein solches Mäuschen blitzartig zu tödten.

Das Arrangement bei diesen Versuchen wurde derart getroffen, dass ich mit der linken Hand eine blanke Elektrode der Maus zwischen die Zähne steckte und mit dem zweiten Pol eine angefeuchtete Hinterpfote des Thieres berührte. Stromschluss für den Bruchtheil einer Secunde. Das Thier war sofort todt. Die 2. Elektrode wirkte wie ein Zauberstab; lautlos und regungslos fiel das Thier hin.

Die Nekroskopie wurde sofort vorgenommen. Ebenso wenig, wie bei vielen anderen Thieren, war ich im Stande auch nur die geringste Veränderung zu constatiren. Nicht einmal die Contactstellen erschienen irgendwie beschädigt.

Dunkles, flüssiges Blut, wie man es immer bei elektrischer

Tödtung findet; dass Herz mässig contrahirt, die Lungen etwas blutreicher; das Gehirn und Rückenmark wurden in der üblichen Weise behandelt.

In den mikroskopischen Schnitten derselben sind die Blutungen, ebenso wie beim Meerschweinchen und dem Monteur

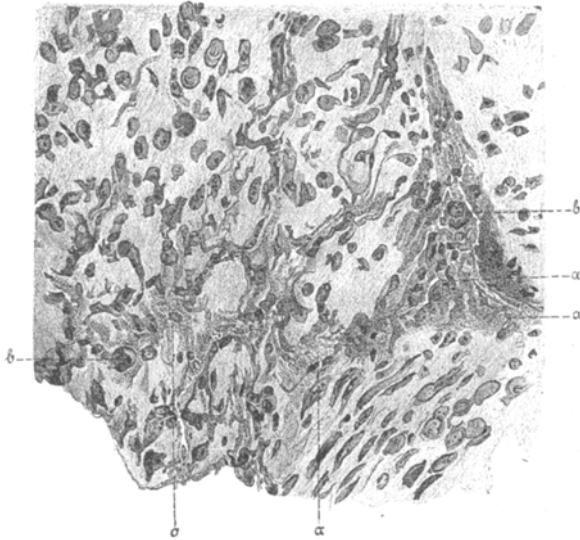


Fig. 12.

a Blutaustritte,

b aus ihrem Zusammenhang losgelöste Gehirnpartien.

Sp., auf die graue Substanz und ihre allernächste Umgebung beschränkt. In der Gehirnrinde des linken Lobus frontalis eine dreieckig-rundliche Hämorrhagie (s. Fig. 12), die sich radienförmig nach mehreren Richtungen ausbreitet, an einer Stelle bis nahe zur Oberfläche. Im Rückenmark sind nur an sehr wenigen Stellen Blutungen und die oft nur punktförmig.

Analog zur Nervenwurzelblutung an der Medulla des Meerschweinchens trat hier eine solche in einer hinteren Wurzel auf, die aus einem Spinalganglion herauszieht (s. Fig. 13).

An der Abgangsstelle von dem Ganglion und weiter peripherisch sind zwischen den Nervenfasern kleinere und grössere Blutheerde wahrzunehmen. Das Ganglion selbst ist intact.

In den peripherischen Nerven waren sonst nichts Auffälliges constatirbar.

Die Zellveränderungen ähneln denen, wie wir sie in den Präparaten des Meerschweinchens fanden; doch gilt für sie das Eingangs Erwähnte.

Auch hier finden wir mit den an verschiedenen Stellen eingetretenen Blutungen zur Erklärung des plötzlichen Todes unser Auskommen. Werden bei einem solchen Experimente keine lebenswichtigen Centra getroffen, so vermag das Thier das elektrische Trauma zu überdauern und es wird nur leichtere oder ernstere Gesundheitsstörungen davontragen. Der Charakter der klinischen Erscheinungen wird ganz von den pathologisch-anatomischen Verhältnissen abhängen.

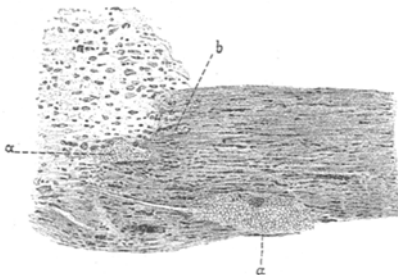


Fig. 13.

a Blutaustritt, b Gefäss.

Eine derart verursachte Läsion kann Krankheitssymptome, bezw. Ausfallserscheinungen sofort oder erst später nach sich ziehen. Die Verhältnisse sind analog jenen, wie sie nach anderen Traumen, die das centrale Nervensystem treffen, sich geltend zu machen pflegen. Bezüglich der Entwicklung electricch hervorgerufener nervöser Symptome verdienen einige von mir durchgeführte Thierexperimente Beachtung.

Bei 2 Kaninchen und 2 Fröschen, die ich elektrischen Strömen ausgesetzt habe, und die das Trauma überlebten, kamen theils sofort theils erst später Lähmungserscheinungen zum Ausdrucke, die man früher für solche „functioneller Natur“ gehalten hatte.

Bevor ich dieselben schildere und die anatomischen Veränderungen des Nervensystems beschreibe, soll ein von Eulenburg begutachteter Unfall Erwähnung finden.

Eine anfänglich minder gefährlich erscheinende Gesundheitsstörung verschlimmert sich nach kurzer Zeit derart, dass sie schliesslich zur Vernichtung fast aller Gehirnfunktionen führt.

Eulenburg schreibt hierüber:

„Ein 48jähriger Mann, der zwar vorher in Folge von Influenza zeitweise „nervös“, aber niemals geirrt gewesen war, wird vom herabfallenden Leitungsdraht der Strassenbahn am Kopf getroffen. Er stürzt, — wohl vorübergehend bewusstlos —, zu Boden, kann sich aber nach kurzer Zeit wieder erheben, taumelt, klagt über Schmerzen und Summen im Kopfe und ein „taumeliges“ Gefühl im ganzen Körper. Es sind dies Erscheinungen, wie sie auch in leichteren Fällen von elektrischen Verunglückungen sehr gewöhnlich beobachtet werden, um dann in der Regel bald, spätestens nach 24 Stunden zu verschwinden, während sie im vorliegenden Falle nicht nur persistirten, sondern in stetiger Zunahme bis zur gefahrdrohenden Höhe sehr rasch anwuchsen, um schliesslich in einer weitgehenden Vernichtung fast aller sensitiven, motorischen und sensorischen Gehirnfunktionen ihren Abschluss zu finden. 2 bis 3 Stunden nach dem Unfalle wird der Kranke im Wagen zum Arzt gebracht, klagt dort über heftige Schmerzen im Kopfe, im rechten Arm und Bein, und über eigenthümliche Empfindungen im linken Auge. Er bekommt während der ärztlichen Befragung einen mit Bewusstseinsstörung verbundenen schweren Krampfanfall, der ganz und gar den Charakter der sogenannten Rindenepilepsie (Jackson'sche Epilepsie) trägt, und von dem es uns durch die Art der Bethheiligung der rechtsseitigen Gliedmaassen sicher ist, dass er von der sogenannten motorischen Rindenregion der linken Schädelhemi-sphäre ausgeht, somit als irritative Nachwirkung der durch den Strom gesetzten örtlichen Läsion der Grosshirnrinde aufzufassen ist u. s. w.“

Ueber die Art der im Gehirn hervorgerufenen und zur Zeit bestehenden gröberen und feineren structurellen Veränderungen lassen sich nur mehr oder minder haltbare Vermuthungen aufstellen. Es ist anzunehmen, dass namentlich entzündliche Veränderungen an den weichen Häuten an der Gehirnoberfläche und zum Theile auch in der Tiefe der Gehirnwindungen, vielleicht auch vielfache kleinere Blutaustritte im Gehirn den benachbarten schweren Functionstörungen zur Grundlage dienen.“

Eulenburg nimmt „vermuthungsweise“ structurelle Veränderungen, „vielleicht auch vielfach kleinere Blutaustritte im Gehirn“ an.

Meine histologischen Befunde, die ich im Nervensystem des Monteurs Sp. und der 2 electricch getödteten Thiere zu finden in der Lage war, sind wohl als der Beweis für die Richtigkeit dieser Vermuthung anzusehen. Es sind frische Veränderungen.

Eine noch weitere Bestätigung erfährt diese „Vermuthung“ durch ältere Veränderungen, die Folgezustände der frischen

Läsionen, die wir mit unseren bisherigen Untersuchungsmethoden nur theilweise kennen.

Es sollen nunmehr solche Veränderungen älteren Datums, der Eintheilung zufolge Gruppe A, zur Besprechung gelangen.

Dazu gehören die mikroskopischen Befunde der vorerwähnten 2 Frösche und 2 Kaninchen.

Wie ich schon in einer früheren Arbeit auseinandergesetzt habe, vertragen Frösche abnorm starke elektrische Ströme, ohne eine ernste Lebensschädigung davonzutragen. Die niedrige Organisation des Frosches scheint dabei eine Rolle zu spielen.

Durch Stromwirkung allein gelang es nie, einen Frosch zu tödten; während langer Stromapplication kommt es zu äusserst hoher Hitzeentwicklung, so dass alle Läsionen als Flammenwirkung aufgefasst werden müssen.

Die genannten zwei Frösche wurden einem Wechselstrom von 2000 Volt Spannung, einem für Menschen äusserst gefährlichen Strome, durch einige Secunden bis zu einer Minute und darüber ausgesetzt.

Mit Gummibändern habe ich die Frösche auch auf einem länglich geschnittenen Brettchen aus Pressspahn (Isolationsmasse) niedergehalten und die stromführenden Pole auf Kopf und Rücken, Gegend des Kreuzbeines aufgesetzt.

Das Thier wurde im heftigen Tetanus gestreckt, dabei waren die vorderen Extremitäten eigenthümlich bogenförmig gekrümmt. Das Thier blieb scheinbar ganz leblos liegen, die Extremitäten waren schlaff, ausgestreckt, ganz unempfindlich.

Da ich beide Thiere für tot hielt, nahm ich sie mit, um im klinischen Laboratorium die Section vorzunehmen. Nicht wenig erstaunt war ich, als 3 Stunden nachher die ohne die geringste Lebensäusserung daliegenden Frösche sich plötzlich zu regen angingen. Im Laufe der folgenden Stunde hatten sie sich vollkommen erholt und hüpfen ganz munter herum, als ich sie in ein Gefäss mit Wasser gab.

Bei ihrem Herumschwimmen fiel mir eine gewisse Schwäche der hinteren Extremitäten, besonders der Pfoten auf; die Frösche, die gewöhnlich bei ihren Bewegungen die Hinterbeine zumeist in stark flectirter Stellung haben, hielten sie diesmal weniger

gebeugt, sondern mehr gestreckt; auch beim Springen verriethen sie eine gewisse Unbeholfenheit.

Der Zustand blieb bei beiden mehr oder weniger unverändert; nach etwa 6 Wochen tödtete ich die Thiere behufs mikroskopischer Untersuchung.

Bei der Autopsie derselben konnte ich ausser vernarbten Brandwunden am Kopfe und Rücken weiter Nichts constatiren.

Das Gehirn und Rückenmark eines Frosches wurde nach Marchi, das andere nach Nissl behandelt.

Die Marchi-Methode liess keine Nervendegenerationen erkennen.

In dem Nissl-Präparate¹⁾ waren gewisse Zellveränderungen zu sehen, der Kern blässer, zuweilen verlagert, die Protoplasmafortsätze gequollen.

Die Nervi ischiadici der Frösche sind mir leider abhanden gekommen; dass nur in peripherischen Nerven allein pathologische Veränderungen ohne namhafte Läsionen im Rückenmark vorkommen können, darüber belehrt uns das Kaninchen II.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Paraparesen beider Frösche durch peripherische Nervenerkrankungen verursacht waren.

Kaninchen II litt an einer ähnlichen Parese der rechten hinteren Extremität, wie sie den Fröschen eigen war.

Die klinische Erscheinung fand eine vollkommen zufriedenstellende pathologisch-anatomische Erklärung.

Bei Kaninchen II kam ein Wechselstrom von 1000 Volt Spannung zur Anwendung. Als Applicationsstelle diente der Kopf und die Wirbelsäule in der Gegend der Lumbalanschwellung; beide Körperstellen wurden vorher präparirt. Die Haut des Kopfes (oberhalb der Augen) und des Rückens in besagter Gegend wurden glattrasirt und mit calcinirter Soda fest eingerieben; entsprechend gewölbte Staniolblätter (Kopf $\frac{5}{8}$ mm, Rücken $\frac{5}{4}$ mm) wurden darauf leise angepresst, um den Uebergangswiderstand²⁾ (500 Ω) so gering als möglich zu ge-

¹⁾ Herr Prof. Obersteiner hatte die Liebenswürdigkeit, die Präparate von Meerschweinchen, Maus und den zwei Kaninchen anzuschauen, wofür ich ihm meinen tiefempfundenen Dank ausspreche.

²⁾ in einer anderen Arbeit sollen die Widerstandsverhältnisse, speciel ihre Bedeutung für die Unfallslehre und Electrotherapie ausführlich behandelt werden.

stalten. Das Thier sass ruhig auf allen Vieren; unter leichtem Drucke wurden die Kupferelektroden (etwa 1 mm Durchmesser) auf die Staniolplatten aufgestützt und für den Bruchtheil einer Sekunde der Strom geschlossen. Das Experiment wurde am 30. November 1901 im Elektrizitätswerk von Siemens und Halske durchgeführt.

Das nicht gefesselte, frei aufgehockte Thier fällt in Streckstellung bewusstlos nieder, hatte sich aber in 1—2 Minuten erholt und schien keinerlei Schaden davon getragen zu haben. Eine Stunde nachher hüpfte es ganz munter umher und nahm Nahrung zu sich, wie vor dem Experiment.

Auch am 1. December ist nichts Auffälliges am Thiere zu constatiren.

Am 2. December, i. e. 48 nach dem Experiment, bemerkte ich, dass die r. h. Extr. in leichter Abduktionsstellung und etwas schwerfällig bewegt wurde, es bestand einfache Parese derselben; dieselbe war Tags darauf noch deutlicher geworden.



Fig. 14.
Kaninchen II.

3. December 1901. St. idem.

5. December. Thier frisst wie ehemals und ist vollkommen munter.

7. December. Behufs leichterer und genauerer Beobachtung liess ich auch dieses Thier auf die Klinik transportiren.

8. December. R. Hinterbein leicht gestreckt, abducirt und im bes. die Pfote auswärts gerollt. (Vgl. Fig. 14).

10. December. St. idem.

12. December. Das Thier frisst und nimmt sogar an Gewicht zu, die rechte hintere Extremität scheint bei der Messung in ihrem Volumen etwas schwächer.

14. December. Parese der hinteren rechten Extremität auffallend deutlich. Wenn das Thier aufgehockt sitzt, wird die Pfote ganz abducirt und leicht supinirt gehalten.

16. December. St. idem.

20. December. Das Thier ist bei Appetit.

R. h. Extremität paretisch.

25. December. Die Volumenabnahme der rechten hinteren Extremität schon durch einfache Palpationen zu constatiren.

28. December. St. idem.

30. December. Sensibilitätsprüfung und Reflexe normal.

2. Januar 1902. St. idem.

4. Januar. Im Oberschenkel ergibt sich eine Volumenabnahme um etwa 1 cm gegen links.

6. Januar. St. idem.

7. Januar 1802. Das Thier wird behufs Obduction durch Chloroform getödtet.

Das Gehirn, Rückenmark, die peripherischen Nerven und die andern Organe wurden behufs mikroskopischer Untersuchung der gewöhnlichen Behandlung zugeführt.

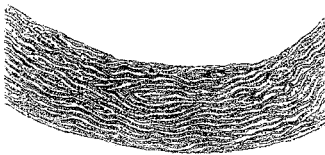


Fig. 15.

Schon die makroskopische Betrachtung ergab Volumenabnahme, starken Muskelschwund der gelähmten Extremität; sonst war gar nichts Pathologisches constatirbar.

Mikroskopisch zeigte sich eine frische Degeneration (vgl. Fig. 15) des linken Ischiadicus (nach Marchi); sonst waren weder im centralen noch im peripherischen Nervensystem irgend welche einwandfreie Befunde zu ermitteln. Mit der Constatirung des Schwundes des Muskelfasern und theilweisen Ersatzes durch zahlreiche Bindegewebskerne war die mikroskopische Ausbeute erschöpft.

Die klinische Diagnose der Monoparese fand ihre hinreichende Erklärung in der frischen Degeneration des entsprechenden Ischiadicus; in seinen zugehörigen Nervenzellen im Rückenmark oder gar im Gehirn war, wie erwähnt, nichts Besonderes zu finden.

Es kann wohl, wie schon Eingangs erwähnt, nicht als ausgeschlossen gelten, dass wir es in diesem Falle mit einer primären Erkrankung eines peripherischen Nerven durch das elektrischen Trauma zu thun hätten.

Besondere Beachtung verdient die Lähmung deshalb, weil sie erst 48 Stunden nach dem Trauma aufgetreten ist und das Thier in der Zwischenzeit für vollkommen gesund galt.

Mit der Prognosestellung bei elektrischen Verunglückungen muss man vorsichtig sein.

Die interessantesten Veränderungen im centralen und peripherischen Nervensystem kamen bei Kaninchen I zur Entwicklung, das einen Contact mit elektrischer Hochspannung zwar ertragen hatte, jedoch gleich im Anschlusse daran an einem Hinterbeine gelähmt wurde. Die Lähmung befiel bald darauf auch das andere Bein, Blase und Mastdarm, der Allgemeinzustand verschlimmerte sich und das Thier ging etwa 3 Wochen nach dem Trauma zu Grunde.

Das Experiment mit Kaninchen I wurde am 19. November gemacht.

Das Thier wurde in sehr leichter, loser Form in Seitenlage mit Bindfaden gefesselt; zwei Kupfer-



Fig. 16. Kaninchen I.

stäbe wurden mit grosser Vorsicht ziemlich tief in den Rachen und in das Rectum, bis etwa zur Gegend des Promontoriums eingeführt. Ich betone „grösste Vorsicht“ deshalb, weil bei roher Manipulation sehr sehr leicht Extravasate im umgebenden Gewebe entstehen, die man leicht auf Rechnung des Stromes schreiben könnte.

Ich war bestrebt, dem Strom den Weg durch das Innere des Thieres vorzuschreiben, indem ich die blanken Kupferenden derart isolirte, dass nur die äussersten Spitzen frei blieben, die tief im Rachen und Rectum (R.-R.-Methode) versenkt waren. Benützt wurde ein Wechselstrom von 1000 Volt Spannung (Periodenzahl 42). Der Stromschluss für den Bruchtheil einer Secunde.

Es bot sich folgende Erscheinung:

Das Thier wird im Opisthotonus nach rückwärts gestreckt, für einige Secunden kurz dauerndes Tetanus, starke Herzpalpitationen; gleich beginnt es sehr laut und ängstlich zu schreien; kaum hatte es sich erholt, was wie bei vielen andern Thieren 1—2 Minuten dauerte, erhebt es sich und versucht fort-

zuhüpfen, wobei die linke hintere Extremität in leicht gestrecktem und abducirtem Zustande am Boden fortgeschleppt wird; Sensibilität (mit Nadelstichen geprüft) schien herabgesetzt zu sein. Die andern Extremitäten intact. Eine Stunde nach dem Experiment war die Parese derselben Extremität derart ausgebildet, das sie den Eindruck einer Monoplegie machte.

Aus diesem Grunde und zwecks besserer Beobachtung liess ich das Thier ins Laboratorium unserer Klinik bringen.

Nur nebenbei erwähne ich, dass ich am selben Tage dieselbe Stromapplication bei zwei andern Kaninchen vom selben



Fig. 17.

Wurfe in Anwendung brachte; eines wurde durch den Strom von 1000 Volt Spannung sofort blitzartig getödtet; der makroskopische Obductionsbefund verlief in jeder Richtung negativ, flüssiges, dunkles Blut; das dritte Thier, das denselben Strom

bekam, wurde auch im Opistotonus gestreckt, erholte sich aber vollkommen, ohne auch für die Folge die geringste Gesundheitsstörung davonzutragen.

Kaninchen I zeigte Tags darauf, am 30. November, eine ausgebildete Monoplegie der linken hinteren Extremität; hierzu ist über Nacht eine Parese der rechten hinteren Extremität hinzugetreten. Das Thier bewegt sich langsam, mühsam vorwärts, wobei es den Hinterkörper nachschleppt. Hebt man das Thier an den Ohren in die Höhe, hängt die hintere Extremität schlaff herunter, die linke mehr als die rechte; Sensibilität und Reflexe sehr herabgesetzt. Keine Esslust.

30. November 1901. N. M. Auftreten von incontinentia alvi et urinae; es wird viel flüssiger Stuhl entleert. Kein Fieber.

1. December. Die Lähmung hat nicht nur die hinteren Extremitäten, sondern scheinbar auch den Hinterkörper befallen; das Thier bewegt sich nur äusserst mühsam vorwärts, da der ganze Hinterkörper wie ein Ballast nachgeschleppt wird. (Vgl. Fig. 16). Incontinentia alvi et urinae besteht fort. Kein Fieber.

Heute frisst das Thier zum ersten Mal etwas Kraut.

2. December. St. idem.

3. December. Während die Lähmung der linken hinteren Extremität complet ist, vermag das Thier die rechte hintere Extremität doch ganz wenig zu zerren, wenn es intendirt, sich fortzubewegen. Bei diesen Anstrengungen macht sich ein eigenthümlicher Bewegungsmechanismus geltend: Das Thier arbeitet mit beiden Vorderfüssen, zerrt und zuckt ganz leise mit der rechten hinteren Extremität und dreht sich mehrermals im Kreise, wobei die gestreckt und leicht abducirt liegende linke hintere Extremität gewissermaassen als Achse dient; derart bewegt sich das Kaninchen oft 3—4 mal im Kreise, um für eine Zeit wieder ruhig zu bleiben.

Nahrungsaufnahme gering; das Thier magert stark ab, besonders auffällig am Hinterkörper und auch geringer Haarausfall daselbst.

Stuhl flüssig;
grauweiss, dicklicher
Harn von penetran-
tem Geruche.

4. December. Die Fortbewegung ist heute etwas leichter. Das Thier hält dabei beide Hinterfüsse gestreckt neben dem Kopfe, auf denen es wie auf einem Schlitten fortrutscht.



Fig. 18.

Sensibilität gestört; keine EAR. Nahrungsaufnahme gebessert. Kein Fieber.

5. December. Im Grossen und Ganzen Status idem; nur ist heute die linke hintere Extremität ein wenig flectirt und zusammengezogen. Kein Fieber.

6. December. Seit gestern Abend Besserung der Symptome, die eigenthümlicher Weise dieselbe Reihenfolge dabei innehalten, wie sie ursprünglich aufgetreten.

In besserer Condition ist heute die linke hintere Extremität, die heute eine Spur flectirt und abducirt gehalten wird; man merkt, es kehrt der Tonus wieder; die rechte hintere Extremität ist heute so stark gelähmt, wie es die linke am 2. und 3. Tage gewesen.

Seit heute Mittag ist Incontinentia alvici urinae fast geschwunden.

Das Thier frisst viel und ist sehr munter.

Am Abend desselben Tages habe ich das Kaninchen in der k. k. Gesellschaft der Aerzte demonstirt.

7. December. St. idem. Das Thier ist auffällig frisch und munter.

8. December. Besserung auch der rechten hinteren Extremität. Es macht den Eindruck, dass das Thiere sich vollkommen erholen werde.

9. December. In der Beweglichkeit beider Extremitäten ist eine Verschlimmerung eingetreten; die hinteren Extremitäten sind weniger be-

weglich und werden neuerlich gestreckt neben dem Kopfe gehalten. Appetit ist nicht alterirt. Kein Fieber.

10. December. St. idem.

11. Deember. Die Parese der hinteren Extremität geht wieder in eine Paralyse über; das Thier ist zwar munter, kann sich jedoch nur schwer fortbewegen, wobei es neuerlich die Kreisbewegungen um die linke hintere Extremität als Achse auszuführen bestrebt ist. (Vergl. Fig. 17 und 18).

12. December. Lähmung links ausgesprochener.

13. December. St. idem.

14. December. Das Thier ist munter, Nahrungsaufnahme genügend. Kein Fieber.



Fig. 19.

Ältere Degenerationen (Weigert) in den hinteren Antheilen der Seitenstränge.



Fig. 20.

15. December. Paralyse unverändert.

16. December. Andauerndes Fehlen jeder Mastdarm- oder Blasenstörung.

17. December. Esslust geringer, sonst Status idem; ebenso noch um 9 Uhr abends.

18. December. Früh 7 Uhr wird das Thier todt aufgefunden; der Tod scheint einige Stunden früher eingetreten zu sein.

Bei der sofort vorgenommenen Nekroskopie wurden Gehirn, Rückenmark, Spinalganglien und beide Ischiadici herauspräparirt und in 1 % Formalin gelegt. Nach zwei Tagen in Müller'sche Flüssigkeit, wo sie 2—3 Wochen lagen. Nachher Alkohol und die übliche Celloidineinbettung.

Es wurden Serienschnitte angefertigt und nach den verschiedenen Methoden von Weigert, van Gieson, Marchi, Nissl u. s. w. Färbungen gemacht.

Der Obductionsbefund war im Grossen und Ganzen negativ, wenn wir von dem schon intra vitam sichtbaren starken Schwund der Musculatur und des Fettgewebes des ganzen Hinterkörpers abstrahiren. Um so ergiebiger war die mikroskopische Untersuchung des Rückenmarks, der Spinalganglien und der Nervi ischiadici.

Die Rückenmarksbefunde sind in ihrer Gesammtheit recht merkwürdig: es giebt da Heerd- und Systemerkrankungen, frische Degenerationen abwechselnd mit alten. Im unteren Halsmark auffällige ältere Degenerationsbilder, die der Gegend



Fig. 21.

Frische Degeneration (nach Marchi)
in den Hintersträngen.

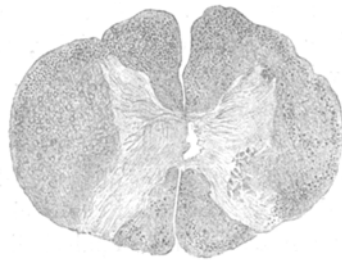


Fig. 22.

Frische Degenerationen (Marchi) am
ganzen Querschnitt.

der Hinterhörner und ganz besonders den angrenzenden hinteren äusseren Partien der Seitenstränge (vgl. Fig. 19) entsprechen. Die Degenerationsflächen sind beiderseits nicht gleichmässig gross; auf einer Seite ist ihr Territorial ein grösseres.

Am Uebergang in das Brustmark verschwindet dieses Bild auf dem Querschnitte.

Eine ähnliche Degeneration älteren Datums findet sich im untersten Lumbalmark, wo beide Hinterstränge befallen sind und das Bild einer tabesähnlichen Erkrankung (vgl. Fig. 20) präsentiren.

Eigenthümlicherweise ist es nicht gelungen, dieses schon mit freiem Auge sichtbare Degenerationsareal nach irgend einer der gewöhnlichen Methoden zu färben.

Beide Degenerationen, die der Seiten- und Hinterstränge, sind nur auf ganz kurze Strecken von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ cm Höhe anzu-

treffen. Ausserhalb und unterhalb dieser Stellen waren frische Degenerationen der Nervenbahnen nachweisbar.

Im obersten und mittleren Halsmark frische Degenerationen nach Marchi, die hauptsächlich die Hinterstränge, ebenfalls auf einer Seite mehr entwickelt, befallen (vgl. Fig. 21); auch hier hat der Heerd die Höhe von etwa $\frac{1}{2}$ cm.

Ebensolche frische Degenerationen nach Marchi, aber nicht bestimmte Systeme bevorzugend, sondern unregelmässig über den ganzen Querschnitt zerstreut, sind auf allen Schnitten aus der ganzen Höhe des Dorsalmarks anzutreffen (vgl. Fig. 22). Diese Degeneration ist die einzige, die einem grösseren Rückenmarksantheil angehört. Beide Nn. ischiadici zeigten ebensolche frische Degenerationsbilder, wie wir es oben bei Kaninchen II (vgl. Fig. 15) gesehen haben.

In den Spinalganglien aus der Gegend der Lumbalanschwellung begegnet man ähnlichen Veränderungen, wie sie Marburg auf Grund ausgedehnter Untersuchungen sehr eingehend und ausführlich beschrieben. Wandstellung des Kernes, grosse Zellen mit Randschollen und diffuse feine Körnung im Innern (vgl. Fig. 23). Vacuolenbildung (vgl. Fig. 24) und viele andere Typen und Formen.

Nach Marburg sollen viele dieser Bildungen theils Artefacte sein und auch in Spinalganglien von vollkommen gesunden Individuen sich vorfinden.

Ob die Veränderungen in den Spinalganglien des Kaninchens I primärer oder secundärer Natur sind, ist schwer zu entscheiden, doch für unsere Frage auch von untergeordneter Bedeutung. Eine Specificität ist ihnen sicher nicht zuzuerkennen; mit deren Mittheilung soll nur darauf hingewiesen werden, dass auch in dem durch Elektrizität geschädigten Nervensystem die vielfach bearbeiteten und umstrittenen Spinalganglien-Bilder auftreten können.

Wenn wir den klinischen Erscheinungen die pathologisch anatomischen Befunde gegenüberstellen, stellt sich eine gewisse Uebereinstimmung ein, wobei allerdings hie und da manche Unklarheit bestehen bleibt. Klinische Diagnose lautete: Paraparese, beziehungsweise Paraplegie beider hinteren Extremitäten, die einseitig (links) immer stärker war, Blasen- und Mastdarm-

lähmung, Wegfall der Sensibilität, fehlende Sehnen- und Patellarreflexe, trophische Störungen der Haut am Hinterkörper.

Pathol. anat. Diagnose: Frische Degeneration der Hinterstränge im oberen Halsmark, alte Degeneration der Seitenstränge im untersten Halsmark, zerstreute frische Degeneration im Brustmark, tabesähnliche Degeneration des untersten Lendenmarkes, frische Degeneration beider Nervi ischiadici, Veränderungen der Spinalganglien.

Die Klarlegung der Verhältnisse wird durch den Umstand erschwert, dass die Rückenmarksbahnen des Kaninchen noch nicht in allen ihren Details erforscht sind. So verläuft da z. B.

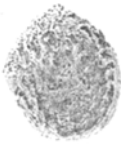


Fig. 23.

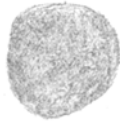
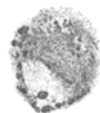


Fig. 24.



zum Unterschied vom Menschen ein Theil der Pyramidenbahnen im Hinterstrang u. s. w.

Im Grossen und Ganzen aber scheinen die pathologisch-anatomischen Veränderungen ihrer Topik nach den klinischen Symptomen zu entsprechen.

Die Veränderungen im Nervensystem beider Kaninchen beweisen uns den causalen Zusammenhang zwischen elektrischem Trauma und den auf organischer Grundlage basirenden Nervenerkrankungen.

Die Nervenerkrankungen können sich entweder sofort im Anschlusse an das Experiment oder später entwickeln.

Von dem Charakter der momentan durch den elektrischen Strom erzeugten Organläsion und der Grösse ihrer Ausbreitung wird die Prognose jedes einzelnen Falles abhängig sein.

Die Bilder unserer Untersuchungsreihe der 3 Personen und 6 Thiere demonstrieren derartige, theils leichtere, theils ernstere Schädigungen des Nervensystems, mit denen wir zum Verständniss sowohl der verschiedenen Gesundheitsstörungen, als auch des momentan eingetretenen Todes auskommen.

Wurden bislang durch elektrischen Contact verursachte Lähmungen und ähnliche Krankheitserscheinungen noch bis in die letzte Zeit als „nervös“ und „functionell“ aufgefasst, so scheinen meine Befunde den Beweis hierfür zu erbringen, dass wir es mit Erkrankungen auf organischer Grundlage zu thun haben. Zu den bisher bekannten Noxen, die im Nervensystem pathologische Veränderungen hervorzurufen im Stande sind, wird nunmehr auf Grund dieser Beobachtungen unter gewissen Bedingungen auch noch die Elektrizität zu zählen sein.

Auch der Tod durch Elektrizität ist nicht als Shokwirkung oder innere Erstickung und Aehnliches aufzufassen, sondern findet in den pathologisch-anatomischen Befunden seine hinreichende Erklärung, sei nun der animalische Effect durch Blitz oder technische Elektrizität herbeigeführt.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Ober-Baurath Hochenegg, o. ö. Professor der Elektrotechnik in Wien, meinen ehrerbietigsten Dank dafür auszusprechen, dass er mir gestattet, seine Vorlesungen zu frequentiren, und dass er meinen Arbeiten das grösste Interesse entgegengebracht hat.

Literatur.

- Arsonval (d') La mort par l'électricité dans l'industrie. moyens préservateurs. Compt. rendu de la Soc. de Biol. 1887.
- Charcot: Hémiplégie hystérique par fulguration. *Lemasce Méd.* Dec. 1891.
- Corrado: Di aliune alterazioni delle cellule nervose nella morte per elettricità. *Neur. Centralb.* 1899. S. 933.
- S. Exner: a) Zur Frage nach der Rindenlocalisation beim Menschen. *Pflüg. Arch.* Bd. 27 S. 412. — b) *Pflüg. Arch.* 1891. Bd. 48. S. 592.
- A. Eulenburg: Gutachten über einen schweren und eigenartigen Fall elektrischer Verunglückung. *Aerztl. Sachverständigen-Zeitung* Nr. 3. 1901.
- Faraday: Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. Deutsch von Kalischer. Berlin 1891. 3 Bände.
- v. Frankl-Hochwart: Ueber Kerauno-Neurosen. *Ztschr. f. klin. Med.* Bd. 19.
- Friedinger: Ein Fall von Tod durch Einwirkung des elektrischen Stromes. *Wien. Klin. Wschr.* Nr. 48. 1891.
- Grätz: Die Elektrizität und ihre Anwendungen. Stuttgart 1898.
- C. Gussenbauer: a) persönl. Mittheil. an den Autor. — b) Ueber den Mechanismus der Gehirnerschütterung. *Prag. med. Wschr.* No. 1—3. 1880.

- A. Haberda: Ein Fall von Tödtung durch Blitzschlag. Wien. klin. Wsch. No. 32. 1891.
- Hochenegg: Vorlesungen über Elektrotechnik. Wien.
- E. v. Hofmann: „Blitzschlag“ Realencyklopädie von Eulenburg. 1894.
- S. Jellinek: a) Beobachtungen an Elektrizitäts-Arbeitern. Wien. klin. Wochenschr. 1900. No. 51. — b) Blitzschlag und elektrische Hochspannung. Wien. klin. Wschr. 1901. No. 28. 29. — c) Vorrichtungen zur Verhütung von Unglücksfällen durch die elektrischen Oberleitungen. Eine neue Isolirzange. Das österr. Sanitätswesen. 1901. No. 37. — d) Elektrizität und Chloroform-Narcose. Wien. klin. Wschr. No. 45. 1901. — e) Animalische Effecte der Elektrizität. Wien. klin. Wschr. No. 16. 17. 1902. — f) Elektrisches Unfallwesen. Ztschrift f. klin. Med. 1902. — g) Zur Klinik der durch atmosphärische und technische Elektrizität verursachten Gesundheitsstörungen. Vortrag am II. internat. Congress in Bern. 1901. Im Erscheinen.
- Kolisko-Hofmann: Lehrbuch der gerichtlichen Medicin.
- Kölliker: Ueber den feineren Bau des Rückenmarks. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. 51. Bd. 1890.
- J. Kratter: Der Tod durch Elektrizität. Leipzig, Wien 1896.
- v. Leyden-Goldscheider: Die Erkrankungen des Rückenmarks und der Medulla oblongata. Nothnagels elec. Pathol. und Ther. 1897.
- O. Marburg: Zur Pathologie der Spinalganglien. Arbeiten aus dem neurolog. Institut von Prof. Dr. Obersteiner. 1902.
- Nothnagel: Zur Lehre von den Wirkungen des Blitzes auf den thierischen Körper. Dieses Archiv. 1880. Bd. 80.
- Obersteiner: Anleitungen beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane. 4. Aufl. 1901.
- Oppenheim: Lehrbuch der Nervenkrankheiten. II. Aufl. Berlin 1898.
- A. Paltauf: Citirt nach Haberda.
- A. Pick: Beiträge zur Pathologie und pathol. Anatomie des Centralnervensystems mit Bemerkungen zur normalen Anatomie derselben. Verlag v. Karger, Berlin 1898.
- Redlich: Die Pathologie der tabischen Hinterstrangserkrankungen. Jena 1897.
- H. Richter: Persönl. Mittheilungen an den Autor.
- Schmaus: Pathologie des Rückenmarks. 1902.
- Silex: Klinisch-Experimentelles aus dem Gebiete der Elektrotherapie bei Augenkrankheiten. Arch. f. Augenheilk. Bd. XXX. VII.
- Dr. Stadler: Persönl. Mittheilungen an den Autor.
- v. Swietalski: Sind starke faradische und chemische Hautreize im Stande, Gewebeeränderungen im Rückenmark hervorzurufen? Ztschr. f. Elektrother. 1900.
- Weichselbaum: Persönl. Mittheilung.