

(Aus dem Pathologischen Institut und Forschungsinstitut für Gewerbe- und Unfallkrankheiten Dortmund [Direktor: Prof. Dr. *Schridde*].)

Künstliche histologische Veränderungen des Gehirns und Rückenmarkes.

Von
Dr. Friedrich Boemke.

(Eingegangen am 13. Juni 1934.)

Bei der Durchsicht des elektro-pathologischen Schrifttums ist es auffällig, daß fast alle Forscher dieses Arbeitsgebietes sich bemüht haben, den elektrischen Strom als ein Medium anzusehen, das, abgesehen von der örtlichen Wirkung beim Eintritt in den Körper, auch auf seinem Wege durch denselben eine Reihe von Veränderungen bewirken müßte, die neben den rein klinischen Erscheinungen auch im Obduktionsmaterial makroskopisch oder mikroskopisch typische Bilder hervorrufen. Neben Veränderungen an anderen Organen werden besonders vom Zentralnervensystem immer wieder Befunde beschrieben, die ein kritischer Beobachter nicht als Folge des elektrischen Stromes ansehen kann, z. B. perivaskuläre Blutungen mit Gefäßwandschädigung, Zellanhäufungen um die Gefäße herum, „Erbleichungsherde“ im Gehirn und anderes mehr.

So schreibt bereits *Kratter*¹ in einer gerichtlich medizinischen Studie über den Tod durch die Elektrizität, daß der Weg, den der Strom durch den Körper genommen habe, mitunter durch Blutungen bezeichnet sei und daß sich an den weichen Hirnhäuten und im Zentralnervensystem gelegentlich kleine Blutungen in den Wandungen des 4. Ventrikels und kleinste Blutaustritte in perivaskulären Räumen oberflächlicher Gefäße gefunden hätten. Allerdings lehnt er es ganz entschieden ab, in solchen Blutungen die Ursache des elektrischen Todes zu sehen, eine Ansicht, die seinerzeit *MacDonald*² vertrat.

Die stetig zunehmende Verwendung des elektrischen Stromes auf allen Gebieten des täglichen Lebens brachte naturgemäß auch sehr bald eine große Zahl von medizinischen Arbeiten, die sich mit dem elektrischen Unfall im weitesten Sinn auseinandersetzten. So ist z. B. *Jellinek*³ mit einer Anzahl von Veröffentlichungen über die Elektropathologie hervorgetreten; nach seiner Meinung äußert sich „die Wirkung des elektrischen Traumas am sinnfälligsten und promptesten in der Sphäre des Nervensystems, weshalb man seit jeher bemüht war, in diesem Organ ein anatomisches Substrat für die wahrgenommenen Phänomene, für die Symptomatologie zu finden!“. Seine durch eine große Anzahl von Abbildungen belegten neueren Untersuchungsergebnisse seien hier kurz angeführt. Neben Bildern von Ganglienzellen, die seiner Meinung nach „durch die stürmische Einwirkung physikalischer und chemischer Gewalten“ beschädigt oder zerstört waren und alle Formen der Zellschädigung zeigten, sah er auch Zeichen von Gliareaktionen in Form von Gliahosen und Gefäßmänteln. Außerdem finden sich kurze Hinweise zu Abbildungen von „Erbleichungsstellen“ in der Hirnrinde, petechialen Blutungen in der Medulla, Extravasationen roter Blutkörperchen in ganz geringem Umfang wie auch Bilder ausgedehnter Blutungen mit Zerreißung der Gefäßwand. Entsprechende Angaben macht *Kawamura*⁴ in einer Arbeit aus der *Jellinekschen*

Schule, in der er über Untersuchungen des Zentralnervensystems von 2 Menschen, eines Meerschweinchens und einer Maus berichtet, die der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt waren. In den von ihm untersuchten und teilweise abgebildeten Gehirnschnitten fand er „Gefäßzerreißen, Blutungen in das Parenchym, Homogenisierung des Inhaltes der Blutgefäße und Veränderungen der Ganglienzellen“. Außerdem beschreibt er Erweiterung der perivaskulären Lymphräume und Lücken im Gewebe und sieht auch in diesen Erscheinungen Folgen des elektrischen Stromes. Der Arbeit *Kawamuras* entnehme ich kurze Hinweise über von *Mott* und *Schuster*⁵ und *Capogrossi*⁶ am Zentralnervensystem von elektrisch Unfalltoden erhobene Obduktionsbefunde. Erstere sahen am Occipitallappen in einem Falle eine 2 mm große Hämorrhagie, deren mikroskopische Untersuchung eine Hämolyse der roten Blutkörperchen ergab. Im Falle *Capogrossis* fanden sich bei der mikroskopischen Untersuchung Blutungen in der Medulla oblongata. Auch *Panse*⁷ vertritt die Ansicht, daß Blutungen im Zentralnervensystem vorkommen können und betrachtet solche als Ausdruck der seiner Ansicht nach durch den elektrischen Strom gestörten Kreislaufverhältnisse. Seine Arbeit verweist auf die Tierversuche *Creutzfeldts*⁸, der am Gehirn von Hunden, die durch 150 Volt getötet wurden, neben Störungen in der Blutverteilung auch kleine Blutaustritte im Gehirn beobachtete. Diffuse Blutaustritte im Anschluß an einen elektrischen Unfall fanden *Gwynne*, *Morgan* und *Amor*⁹ in verschiedenen Teilen des Großhirns. Doch beschränkt sich der mikroskopische Befund laut der Mitteilung *Panses* auf kleine Hämorrhagien in der Großhirnrinde, wobei die Frage offenbleibt, ob diese nicht traumatischer Natur, d. h. durch einen Sturz oder Fall bedingt sind. Über Befunde, die sie an den Organen Elektrokutierter erhoben, berichten *Spitzka* und *Radasch*¹⁰. Neben Bildern, die den von *Jellinek* beschriebenen Erbleichungsherden ähnlich sind — kreisrunden Aufhellungen mit einer verdichteten Randzone — beschreibt *Spitzka* auch Befunde, die den Gewebslücken und erweiterten perivaskulären Lymphräumen *Kawamuras* entsprechen. In jüngerer Zeit hat sich *Koeppen*¹¹ in Tierversuchen über den elektrischen Tod auch weitgehend mit der Histopathologie des Zentralnervensystems befaßt. Bei Hunden und Kaninchen beobachtete er neben anderen Erscheinungen im Gefäßsystem des Gehirns Blutungen und hyaline Thromben, wobei er kleinste Blutungen nicht auf Zerreißen der Gefäße, sondern auf eine Diapedese der roten Blutkörperchen unter der Wirkung des elektrischen Stromes zurückführt. Kurz seien noch die beiden jüngsten hierher gehörenden Arbeiten erwähnt, von denen besonders die Ausführungen *Critchleys*¹² über die Wirkung von Blitzen und des elektrischen Stromes auf das Nervensystem interessieren. Neben petechialen Blutungen im Gehirn und in der Medulla berichtet auch *Critchley* über die Erweiterung perivaskulärer Räume mit einer Randzone dichteren Gewebes. *Stief*¹³ stellte Untersuchungen über die Wirkung unterbrochenen Gleichstromes, des sog. *Leducs*chen Stromes, auf das Nervensystem an. In Tierversuchen an Hunden, Katzen, Meerschweinchen und Kaninchen fand er in den Wänden der Gehirnv ventrikel schwere Schädigungen der Substanz und subarachnoidale Blutungen in den Gehirnkammern.

Entgegen der Ansicht dieser obengenannten Autoren hat *Schridde*¹⁴ bereits 1925 auf dem Unfallkongreß in Amsterdam in einem Vortrag über den elektrischen Stromtod ausdrücklich betont, daß er niemals Blutungen im Zentralnervensystem als unmittelbare Folge der Stromwirkung gesehen hat. Seine Beobachtungen über die elektrischen Verletzungen hat er im Handbuch der Unfallheilkunde von *König* und *Magnus* niedergelegt und auch hier nachdrücklich darauf hingewiesen, daß er in einem im Schrifttum wohl einzig dastehenden Material von

„66 Obduktionsfällen von elektrischen Toden niemals trotz sorgfältigster Untersuchungen Blutaustritte, die auf den elektrischen Strom zurückzuführen wären“, festgestellt hat. Es handelt sich nach *Schridde*s Ansicht bei den von anderen Autoren beschriebenen echten Blutungen lediglich um eine Folge eines Sturzes von Masten oder von einer Leiter, wie sie gerade beim elektrischen Unfall häufig sind. Dagegen sind nach *Schridde* die kleinsten perivaskulären Blutungen im Gehirn und Rückenmark, wie sie z. B. *Jellinek* beschreibt und abbildet, und die bei den vielerlei Tierversuchen beobachteten Blutungen und die zahlreichen anderen von verschiedenen Autoren angeführten Veränderungen im Zentralnervensystem als reine Kunstprodukte anzusehen, die durch Quetschung des Hirn- und Rückenmarksgewebes bei der Obduktion hervorgerufen worden sind. Zur Klärung aller dieser Fragen habe ich es unternommen, das Gehirn von insgesamt 25 und das Rückenmark von 10 Obduktionen eingehenden Untersuchungen auf künstliche Veränderungen zu unterziehen unter besonderer Berücksichtigung der in der elektropathologischen Literatur beschriebenen Erscheinungen, soweit sie hier in Frage kommen.

Von den von mir untersuchten 25 Gehirnen wurden die ersten 10 ohne Vorbereitung, wie es das Obduktionsmaterial ergab, untersucht und zwar, um auch die Frage der Blutverteilung zu berücksichtigen, an jeweils dem Stirnhirn und Hinterhauptshirn aus beiden Hemisphären entnommenen Stücken. Hinsichtlich der Blutverteilung in Gehirn und Rückenmark haben wir einen wesentlichen Unterschied nicht feststellen können. Makroskopisch zeigten häufig die Gefäße des abhängigen Hinterhauptshirnes eine stärkere Füllung. Mikroskopisch ergab sich aber bei der Blutverteilung weder im Großhirn noch im Rückenmark ein auffallender Unterschied untersuchter Bezirke untereinander.

Von den zur Untersuchung entnommenen Stücken wurden je 10 Schnitte angefertigt und in je etwa 100 verschiedenen Gesichtsfeldern angesehen. Diese Zahl wurde bei allen übrigen Untersuchungen beibehalten. Weitere 15 Gehirne wurden bei der Sektion nicht mit der bei Gehirnobduktionen sonst üblichen Vorsicht behandelt, sondern in situ mit der Hand gequetscht, jedoch so, daß eine irgendwie sichtbare Zerstörung der Substanz nicht eintrat. Entsprechend wurde bei den Rückenmarksobduktionen vorgegangen, von denen 5 ungequetscht und 5 gequetscht wurden und von denen aus je 2 Stellen Stücke zur mikroskopischen Untersuchung kamen. Die Vorbereitung für diese fand in der üblichen Weise statt. Zunächst wurden Gehirn und Rückenmark sowohl in Paraffin- wie Gefrierschnitten untersucht. Da sich keine wesentlichen Unterschiede im Verlauf der Untersuchungen ergaben, wurde später nur noch die Gefriermethode angewandt. Als beste unter den von uns erprobten Färbungen erwies sich für unsere Zwecke die mit Hämatoxylin-Eosin, die am deutlichsten den Kontrast der roten Blutkörperchen gegenüber der umgebenden blau gefärbten Glia- oder Markscheidensubstanz wiedergibt. Die übrigen angewandten Färbungen — Hämatoxylin-Sudan, Thionin und die Markscheidenfärbung nach *Olivecrona* — wurden da, wo es nötig erschien, gebraucht. Es empfiehlt sich bei derartigen Untersuchungen, Gehirn- und Rückenmarksschnitte für die Hämatoxylin-Eosinfärbung nicht zu dünn anzufertigen, etwa 15 μ dick, und sämtliche Schnitte, um die Myelinsubstanz aufzulösen und ein einheitliches und schönes Bild zu bekommen, in 70%igem Alkohol aufzufangen.

Ein sehr wesentliches und beachtenswertes Moment im Rahmen dieser Arbeit bedeutet die *Verwendung des binokularen Mikroskopes*. Um z. B. echte Blutungen

von Kunstprodukten zu unterscheiden, ist es unerlässlich, sich des binocularen Mikroskopes zu bedienen, d. h. plastisch zu sehen. Nur so ist es möglich, kleinste Niveauunterschiede im Schnitt zu erkennen und z. B. gerade bei den in der elektropathologischen Literatur immer wieder beschriebenen kleinsten Blutungen zu untersuchen, ob dieselben Kunstprodukte sind und ob die roten Blutkörperchen, wie es nach dem Ergebnis unserer Untersuchungen häufig der Fall ist, auf oder unter dem Schnitt, nicht im Gewebe liegen.

Bereits bei den ersten 10 untersuchten Gehirnen ergab sich im mikroskopischen Bild eine Reihe von Veränderungen, die nur als Kunstprodukte angesprochen werden können. Zunächst möchte ich hier auf eine Erscheinung hinweisen, die wir in sämtlichen gequetschten und ungequetschten Gehirnschnitten sahen. In zahlreichen Gesichtsfeldern finden sich kleinere und größere Lücken im Gewebe von kraterähnlicher Form. Die Ränder dieser Lücken erscheinen sehr fein gezackt und gegenüber der umgebenden Glia dünn ausgezogen. Ihre nächste Umgebung ist kernlos oder sehr kernarm. Ab und zu liegt inmitten eines solchen Kraters ein Gefäß mit roten Blutkörperchen strotzend gefüllt, im Quer- oder Längsschnitt getroffen, wie eine Insel von der umgebenden Substanz losgelöst, oder nur durch eine ganz dünne, feine Gewebsbrücke mit dieser verbunden. Die weitere Umgebung dieser Quetschlöcher erscheint etwas dunkler in der Färbung als der dünne feine Rand. Die Entstehung dieser Lücken in der Gewebssubstanz kann man sich nur dadurch erklären, daß einzelne besonders gut gefüllte Gefäße mit dem umgebenden Gewebe dem von außen durch die Hand des Obduzenten oder durch das Messer einwirkenden Quetschungsdruck ausweichen, bis sie von der Umgebung abreißen. Bei der Quetschung erfolgt von seiten des Gefäßes auf die weiche Glia gleichzeitig ein Druck, durch den die in der Umgebung des Gefäßes befindlichen Gliazellen abgedrängt werden, so daß um das Quetschloch herum ein Bezirk entsteht, den wir nach *Schridde* als kernlose Zone bezeichnen. Ein weiterer Teil der durch die Quetschung bereits in ihrem Gewebszusammenhang beschädigten Gefäße fällt bei der Färbung aus. Daß unsere Annahme zu Recht besteht, beweisen unsere Versuche an den Gehirnen, die mit Absicht bei der Obduktion gequetscht wurden und die beschriebenen Veränderungen in ungefähr jedem Schnitt zeigen. *Die von Kawamura und Spitzka als Folge des elektrischen Stromes beschriebenen Lücken im Gewebe entsprechen meiner Meinung nach diesen Quetschlöchern und sind als künstliche Veränderungen zu werten.* Kommt es nicht zur vollständigen Ausbildung eines Quetschloches, entweder weil der Quetschungsdruck nicht besonders stark einwirkte, oder weil die Gefäßwand genügend Widerstand leistete, so findet sich perivascular ein etwas erweiterter Raum, ebenfalls ein Ausdruck der Quetschung, d. h. eine künstlich hervorgerufene Veränderung. Derselbe kann das Gefäß ziemlich gleichmäßig umgeben, wenn z. B. der Quetschungsdruck von oben oder von unten gleichmäßig auf das Gefäßrohr eingewirkt hat und die Glia nach allen Seiten abgedrängt ist. Auf diese Weise entsteht

die Erweiterung der perivaskulären Lymphräume, in der neben *Kawamura* und *Koeppen Critschley* eine Folge der elektrischen Stromeinwirkung sieht.

In der Umgebung solcher Quetschlöcher finden sich einzelne oder mehrere rote Blutkörperchen, die zum Teil noch in dem perivaskulären Raum oder im Bereich der entkernten Zone oder auch unabhängig von den Quetschlöchern in der Nähe eines gut gefüllten Gefäßes auf dem Schnitt liegen. In zahlreichen Schnitten sind auch ganze Gefäße mit Inhalt aus dem Gewebszusammenhang losgelöst und liegen im Bereich der entkernten Zone oder unweit eines Quetschloches auf dem Schnitt. Nur mit Hilfe des binokularen Mikroskopes vermag man, wie ich hier nochmals betonen möchte, einwandfrei zu entscheiden, ob solche Gefäße und ob vor allem die vereinzelt roten Blutkörperchen auf und nicht in der Substanz liegen. Bei Betrachtung mittels eines monokularen Mikroskopes erwecken gerade einzelne auf dem Schnitt liegende rote Blutkörperchen den Eindruck feinsten Blutungen oder Blutaustritte, zumal sie stets im Bereich gut gefüllter Gefäße zu finden sind. Die Ursache für derartige Bilder ist das Mikrotommesser oder das Messer des Obduzenten. Beim Durchschneiden eines gut gefüllten Gefäßes nimmt das Messer vereinzelt rote Blutkörperchen mit und wischt sie über die Gefäßwand in den perivaskulären Raum oder in der Nähe des durchschnittenen Gefäßes auf den Schnitt. Entsprechend vermag auch das Messer Gefäße, die unter Umständen schon durch Quetschung keinen festen Zusammenhang mit dem Gewebe mehr haben, vollständig loszulösen und unweit ihres Zugehörigkeitsortes auf den Schnitt zu schieben oder auch nur an einer Haftstelle abzulösen und auf den Schnitt hinüberzulegen. Einem Untersucher, dessen Gedankengänge bereits in einer bestimmten Richtung festliegen, mögen solche Bilder unter Umständen als echte pathologische Veränderungen erscheinen. So entsteht unter der Voraussetzung, der elektrische Strom müsse unbedingt im Zentralnervensystem makroskopisch oder mikroskopisch sichtbare Veränderungen hervorrufen, die Anschauung von den kleinsten Diapedisis- und Petechialblutungen im Bereich gut gefüllter Gefäße, während unseres Erachtens solche „Blutaustritte“ mit den Gewebslücken und dilatierten perivaskulären Räumen als künstliche Veränderungen anzusehen sind.

Auch die von *Jellinek* beschriebenen und abgebildeten Erbleichungs-herde und die kreisrunden Aufhellungen *Radaschs* und *Spitzkas* sind nicht durch den elektrischen Strom bedingt. In Gehirnschnitten, die reichlich Myelin enthalten, sieht man „Erbleichungsherde“ in jedem Fall, wenn die Schnitte nicht mit Alkohol vorbehandelt werden und in diesem einige Zeit liegenbleiben. Bei den technischen Vorbemerkungen für die Anfertigung der Gehirn- und Rückenmarksschnitte habe ich bereits darauf hingewiesen, daß es für derartige Untersuchungen unerlässlich ist, die Schnitte in Alkohol aufzufangen. Ich habe bei fast allen Gehirn- und

Rückenmarksschnitten, die ich zunächst in Wasser und dann in Hämatoxylin brachte, Unterschiede in der Färbung gesehen. Die myelinhaltigen Partien färbten sich entweder gar nicht oder nur sehr schwach rosa. Von dem gleichen Material angefertigte neue Schnitte, in denen das Myelin mit Alkohol vor der Färbung entfernt wurde, zeigten ein einheitliches Bild. Auch in Fällen, in denen das Gehirn infolge von echten Blutungen oder Tumoren nekrotische Bezirke aufwies, war die Färbung einheitlich und ergab selbst in Schnitten aus solchen nekrotischen Bezirken keine „Erbleichungsherde“ im Sinne *Jellineks*. Wie *Pansee* berichtet, sieht auch *Creutzfeldt* die kreisrunden Aufhellungen *Radaschs* und *Spitzkas* als Kunstprodukte an. Aus der Mitteilung *Panses* ist zu entnehmen, daß die Aufhellungen erst am fixierten Material festgestellt wurden, es wäre deshalb interessant zu erfahren, ob bei diesen Fällen stets die gleiche Methode zur Fixierung des Materials zur Anwendung kam, da die Wahrscheinlichkeit besteht, daß die Gehirne derartige Bilder infolge einer unzweckmäßigen Vorbehandlung aufwiesen.

Auch eine Homogenisierung des Gefäßinhaltes und die von *Koeppen* als hyaline Thromben gedeuteten homogenen Zylinder in den Capillaren des Zentralnervensystems kann man nicht als Folge eines pathologischen Zustandes, d. h. einer elektrischen Stromwirkung, ansehen. In Fällen von Gehirnpurpura oder Gehirnblutungen, die der Sammlung einverleibt und der Fixierungsflüssigkeit längere Zeit ausgesetzt waren, sahen wir neben den für diese Erkrankung charakteristischen Erscheinungen und für echte Blutungen sehr eindrucksvollen Bildern auch diese Homogenisierung, die *Koeppen* und *Kawamura* der Wirkung des elektrischen Stromes zuschreiben. Es liegt nahe, gerade bei den Fällen von Gehirnpurpura solche Bilder als Folge der Erkrankung anzusehen; da aber in zahlreichen Gehirnschnitten von Obduktionen, bei denen die Todesursache einwandfrei unabhängig von Gehirnveränderungen feststand, und vor allem auch in der Dura mater des Rückenmarkes, das längere Zeit der Einwirkung des Formalins ausgesetzt war, sowie vollständig unabhängig davon überhaupt an Material, das mit einer 40%igen Formalinlösung nur etwa 24 Stunden fixiert wurde, sich diese Homogenisierung des Gefäßinhaltes in schönster Weise zeigt, können wir in derartigen Bildern keine Folge des elektrischen Stromes erblicken, sondern glauben, daß die Homogenisierung lediglich durch die Formalinwirkung bedingt ist.

Auch für die von *Jellinek* angegebenen „Phänomene der Gliahosen und Gefäßmäntel“ glauben wir eine Erklärung gefunden zu haben, nach der man den elektrischen Strom als Ursache dieser Erscheinung ausschließen muß. Unabhängig von den Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit war uns bei der histologischen Untersuchung von Gehirn- oder Rückenmarkspräparaten wiederholt aufgefallen, daß um die Gefäße herum häufig sehr dichtgedrängte Zellanhäufungen liegen. Bei flüchtiger

Betrachtung könnte man an lymphocytäre Einlagerungen denken, jedoch zeigt der Vergleich mit Präparaten von Paralysefällen, daß diese perivaskulären Zellanhäufungen niemals so dicht liegen wie die Lymphocyten bei der Paralyse, und daß vor allem ihre Zellkerne auch dunkler und ungleichmäßiger sind. Daß es sich um zusammengedrängte Gliazellen handelt, hat *Jellinek* richtig erkannt, obwohl er die Frage offen läßt, ob an der Bildung dieser „Gefäßmäntel“ nicht auch Lymphocyten beteiligt sind. Völlig unabhängig vom elektrischen Strom zeigten besonders unsere Quetschpräparate solche Zellanhäufungen um Gefäße herum. Nach unserer Ansicht entstehen dieselben dadurch, daß die Kerne der Gliazellen aus den beschriebenen entkernten Zonen durch den Quetschungsdruck zunächst weg-, dann zusammengeschoben werden, bis sie auf den Widerstand einer entfernteren, dem Quetschungsdruck nicht mehr ausgesetzten Gefäßwand stoßen, in deren Umgebung sie liegenbleiben.

Dabei wird auch das Chromatin der Kerne zusammengedrückt und wirkt bei der Färbung dunkler als in der ungequetschten Gliazelle. Man geht wohl auch nicht fehl, in den von *Jellinek* abgebildeten lymphocytären Infiltrationen Kunstprodukte dieser Art, d. h. zusammengequetschte Gliazellkerne, zu erblicken. Diese Annahme ist um so wahrscheinlicher, als ganz abgesehen von meinen Untersuchungsergebnissen es sich bei *Jellinek* um Material von plötzlichen elektrischen Todesfällen handelt. Nur in einem Fall wird das Zentralnervensystem eines Mannes beschrieben, der $7\frac{1}{2}$ Jahre nach dem elektrischen Unfall unter den Symptomen einer Rückenmarkserkrankung und kavernösen Tuberkulose gestorben ist. In diesem letzten Fall sind natürlich lymphocytäre Infiltrate als der Ausdruck einer chronisch-entzündlichen Veränderung im Rückenmark sicher vorhanden, wobei ich nicht darauf eingehen kann, ob die Rückenmarkserkrankung auf einen $7\frac{1}{2}$ Jahre zurückliegenden elektrischen Unfall zurückgeführt werden kann. Daß eine so schnelle Reaktion der Lymphocyten, wie sie nach *Jellineks* Ansicht beim plötzlichen elektrischen Tode eintreten soll, allen bisherigen Erfahrungen völlig widerspricht, hat bereits *Schridde* betont.

Als wichtigsten und praktisch bedeutsamsten Befund zeigten bereits zahlreiche Schnitte aus den 10 unvorbehandelten Gehirnen durchweg Veränderungen nach Art der Blutungen die *Jellinek*, *Koeppen* u. a. auch in anderen Organen der Wirkung des elektrischen Stromes zuschreiben. Wir sehen in unserem mikroskopischen Material in fast allen Organen ganz unabhängig vom elektrischen Strom derartige Scheinblutungen täglich und lassen sie als Kunstprodukte völlig unberücksichtigt. In unseren Quetschungsversuchen konnten wir im Gehirn und Rückenmark Bilder erzeugen, die sich bis auf kleinste Einzelheiten vollständig mit denen decken, die *Jellinek* seiner Elektropathologie beigegeben hat. In

zahlreichen Schnitten sahen wir lediglich als Folge der beabsichtigten unvorsichtigen Vorbehandlung Bilder, die schwere Veränderungen vortäuschen könnten, z. B. in einem Fall, bei dem die Todesursache ein Uteruscarcinom war, eine ausgedehnte Zerstörung der mit Massen von roten Blutkörperchen vermischten Gehirnssubstanz. In einem anderen Fall — Todesursache eitrige Cystopyelitis — fanden sich in den untersuchten Quetschungsschnitten Blutmassen auf der Gehirnrinde. Hier war das noch flüssige Blut dem Quetschungsdruck in die Peripherie ausgewichen und beim Durchschneiden der Gefäße über die Oberfläche des Gehirns gewischt worden. Auch streifenförmige Blutungen mit Zerreißung der Gefäßwand sah ich in mehreren untersuchten Schnitten als Folge einer Quetschung in der gleichen Art, die *Jellinek* als besonders anschaulich für die Wirkung des elektrischen Stromes wiederholt abgebildet hat. Entsprechende Beispiele kann ich von allen meinen Fällen, auch den nichtgequetschten, anführen. Von der kleinsten „Diapedesisblutung“ bis zum großen zerrissenen Gefäß sahen wir alle jene Bilder als Ergebnis unbeabsichtigter oder beabsichtigter unvorsichtiger Behandlung des Obduktionsmaterials, in denen die erwähnten Forscher eine Auswirkung des elektrischen Stromes erblicken wollen. Die Ursache solcher Blutungen sind unseres Erachtens die Finger des Obduzenten und das Mikrotom. Ebenso, wie es gemäß meiner oben erfolgten Darlegung möglich ist, ein ganzes Gefäß durch Quetschung oder durch das Mikrotom aus dem Gewebzusammenhang zu entfernen, kann auch ein Gefäß unter dem entsprechenden Quetschungsdruck zerreißen, so daß die roten Blutkörperchen in den perivaskulären Raum oder in das umgebende Gewebe hineingepreßt werden. In solchen Fällen kann natürlich die Differentialdiagnose zwischen einer echten und einer scheinbaren Blutung schwierig sein, und zwar besonders dann, wenn die roten Blutkörperchen nach Art einer Ringblutung im perivaskulären Raum oder in der Nähe eines Gefäßes innerhalb des Gliagewebes liegen. Hier gaben uns die Schnitte von Gehirnpurpurafällen und von echten Blutungen Anhaltspunkte, mit deren Hilfe bei einer genauen Betrachtung eines Präparates doch ein klarer Unterschied gegenüber der Scheinblutung sehr gut feststellbar ist. Die Gehirnpurpura zeigt als wesentliches Moment, wie *Spielmeyer*¹⁵ hervorhebt, „eine zentrale Nekrose infolge örtlicher Gefäßwandschädigung und Kreislaufstörung“. Dieser nekrotische Bezirk ist meist von einer ziemlich breiten, dichten und gleichmäßigen, teils ring-, teils halbmond- oder fächerförmigen Blutmasse umgeben. Im Gegensatz dazu zeigt die unechte, durch Quetschung hervorgerufene „Ringblutung“ niemals einen nekrotischen Innenbezirk oder einen so dichten und gleichmäßigen Wall von roten Blutkörperchen. In der Hauptsache liegen bei diesen Quetschringblutungen die roten Blutkörperchen außerhalb der deutlich erkennbaren Gefäßwand im perivaskulären Raum; teilweise sind sie in das umgebende Gliagewebe hinein-

gepreßt, aber niemals sieht man das, ich möchte sagen, gleichmäßige Bild, wie es die echte Ringblutung zeigt.

Es erübrigt sich, im Rahmen dieser Arbeit das Bild der großen echten Gehirnblutung zum Unterschied von Quetschblutungen zu beschreiben. Abgesehen davon, daß bereits makroskopisch eine einwandfreie Diagnose in den meisten Fällen gestellt werden kann, ist es natürlich unmöglich, durch beabsichtigte oder unbeabsichtigte unvorsichtige Behandlung eine so große Blutung mit Untergang des umgebenden Gewebes zu erzielen, wie sie durch Zerreißung eines Gefäßes im Leben zustande kommt. Jedoch sahen wir auch in den Fällen von echten Gehirnblutungen neben den ausgedehnten Blutungsherden mit Pigmentzellen und Nekrosen kleinste Quetschringblutungen, auf die Substanz gelegte rote Blutkörperchen, umgelegte und zerrissene Gefäße und zahlreiche Quetschlöcher mit ihren entkernten Zonen, wie sie oben beschrieben wurden.

Von den verschiedensten Forschern ist die Wirkung des elektrischen Stromes auf das Zentralnervensystem im Tierversuch untersucht worden. Abgesehen davon, daß es nicht ohne weiteres zugänglich ist, Ergebnisse des Tierexperimentes auf den Menschen zu übertragen, muß vor allem berücksichtigt werden, daß sämtliche Untersuchungen am Gehirn von Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen vorgenommen wurden, d. h. an einem Material, das schon wegen der Kleinheit der anatomischen Verhältnisse und wegen seiner Weichheit besonders empfindlich ist und zur mikroskopischen Untersuchung der vorsichtigsten Vorbehandlung bedarf. Fälle, in denen zu Untersuchungszwecken eine Elektrode unmittelbar an das Gehirn gebracht wurde, nach Trepanation des Schädeldaches, scheiden hier von vornherein aus. Aber auch die Untersuchungsergebnisse *Kawamuras* und *Koeppens* können wir nicht ohne weiteres anerkennen. Veranlaßt durch ihre Arbeiten, und um die Ergebnisse meiner Untersuchungen auch durch einen Tierversuch zu ergänzen, habe ich die Gehirne von 2 Kaninchen untersucht, wobei eines gequetscht, das andere nach vorsichtiger Eröffnung des Schädels mit größter Sorgfalt herausgenommen wurde. In sämtlichen untersuchten Schnitten des gequetschten und ungequetschten Materials sahen wir Scheinblutungen, und zwar kleinste Blutungen in den teilweise erweiterten perivaskulären Räumen nach Art der oben beschriebenen Ringblutungen, wie auch ausgedehntere Quetschblutungen. Auch umgelegte Gefäße, auf den Schnitt gestrichene rote Blutkörperchen und Quetschlöcher sowie „Gliahosen“ sahen wir in allen Präparaten. In Schnitten aus der Gegend des Plexus chorioideus zeigte sich bei den Quetschpräparaten das gleiche Bild, wie es *Kawamura* in seiner Arbeit wiedergegeben hat, nämlich ausgebreitete scheinbare Blutungen im Plexus chorioideus mit Übergang auf das Ependym und Zerstörung der Gehirnsubstanz. Ich konnte aus diesem Grunde davon absehen, meine Tierversuche weiter auszudehnen, da bereits an diesen beiden Gehirnen sich der einwandfreie

Beweis erbringen ließ, daß man mit der Hand und dem Mikrotommesser die gleichen Ergebnisse erzielen kann, in denen zahlreiche Forscher eine Auswirkung des elektrischen Stromes sehen.

Im großen ganzen ergaben die mikroskopischen Bilder der *Rückenmarksschnitte* durchaus eine Bestätigung der Ergebnisse unserer Gehirnuntersuchungen, wenn auch die Quetschungserscheinungen weniger deutlich als im Gehirn auftraten. Die Ursache hierfür liegt in dem unterschiedlichen histologischen Aufbau. Das Rückenmark hat nur wenig weiche Glia und besteht in der Hauptsache aus reinem Nervengewebe, in dem Markscheide neben Markscheide liegt. Daher sieht man z. B. die Quetschlöcher mit ihren entkernten Zonen innerhalb des Rückenmarkes nur im gliösen Gewebe, aber nicht in der Gegend der Markscheiden. Dagegen finden sich auch hier zahlreiche zerrissene Gefäße mit kleinen Quetschblutungen. Stellenweise, besonders in der Gegend der gefäßreichen Rückenmarkshaut, sind ganze Gefäße mit Inhalt ausgefallen oder durch das Mikrotom auf den Schnitt gelegt. Auch vereinzelte oder zusammengeballte rote Blutkörperchen sind durch das Mikrotom auf das Präparat gestrichen und erwecken bei Betrachtung mit dem monokularen Mikroskop leicht den Eindruck, als ob es sich um echte kleine Blutaustritte handle. Die bereits erwähnte Homogenisierung des Gefäßinhaltes zeigte sich in zahlreichen Schnitten, sehr schön in den peripheren, d. h. der Wirkung des Formalins besonders ausgesetzten Bezirken. Wiederholt sahen wir im Rückenmark Bilder, die den Vorgang der Quetschung sehr deutlich machen, indem sie eine Phase des Quetschungsvorganges zeigen. Wie ich schon oben ausführte, setzen die Markscheiden auf Grund ihrer Elastizität der Quetschung einen größeren Widerstand entgegen als das weiche, leicht zerstörbare gliöse Gewebe. So sahen wir Schnitte, in denen das Gefäß dem Quetschungsdruck ausgewichen war und dabei die umgebenden Markscheiden mit sich gezogen hatte. Die Markscheidenfärbung nach *Olivecrona* ergab hierbei sehr schöne Bilder. Auch künstliche, d. h. durch Quetschung bedingte Hernien zeigten vereinzelte Rückenmarksschnitte in der Form, daß Rückenmarkssubstanz entlang Gefäßdurchtritten als den Stellen des geringsten Widerstandes in oder durch die weiche Rückenmarkshaut gepreßt war.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Gehirn von 25 Obduktionen und das Rückenmark von 10 Obduktionen, sowie das Gehirn von 2 Kaninchen eingehender Untersuchung hinsichtlich künstlicher Veränderungen unterzogen wurden, wobei besonders die in der elektropathologischen Literatur beschriebenen Veränderungen an Gehirn und Rückenmark zum Vergleich herangezogen wurden. Es fanden sich als *Folgen beabsichtigter und unbeabsichtigter unvorsichtiger Behandlung des Materials* völlig unabhängig von der jeweiligen Todesursache *Quetschungslöcher, Erweiterung der perivaskulären Räume, über das Gewebe gestrichene rote Blutkörperchen, scheinbare Blutungen und Gefäßzerreißen*, daneben

sahen wir als *Folge einer Quetschung um die Gefäße Zellanhäufungen nach Art der Jellinekschen „Gefäßmäntel und Gliahosen“*. Bei unzuweckmäßiger Färbemethode ergaben sich durch die Myelinsubstanz bedingte „*Erbleichungsherde*“ im Schnitt. Diese Erscheinungen, die in der elektropathologischen Literatur durchweg als Folgen des elektrischen Stromes beschrieben werden, können wir nach unseren Untersuchungen nur als Kunstprodukte werten.

Schrifttum.

- ¹ *Kratter, Julius*: Der Tod durch Elektrizität. Leipzig 1891. — ² *MacDonald*: New-York med. J., 14. Mai 1892. Zit. nach *Kratter*. — ³ *Jellinek, Stefan*: Elektropathologie. Stuttgart 1903. — Der elektrische Unfall. Leipzig 1925. — Elektrische Verletzungen, Klinik und Pathologie. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1932. — ⁴ *Kawamura, I.*: Virchows Arch. **231** (1921). — ⁵ *Mott, F.W. and Edgar Schuster*: Proc. roy. Soc. Med. **1910**. Zit. nach *Kawamura*. — ⁶ *Capogrossi, V.*: Arch. internat. Méd. légale **1 IV**, 236f. (1910). Zit. nach *Kawamura*. — ⁷ *Panse, Friedrich*: Die Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität. Berlin 1930. — ⁸ *Creutzfeldt*: Zit. nach *Panse*. — ⁹ *Gwynne, J., Morgan and J. S. Amor*: Lancet **1928**, 756. Zit. nach *Panse*. — ¹⁰ *Spitzka, Anthony*: Proc. amer. Philos. Soc. **1908**. Zit. nach *Kawamura*. — *Spitzka, Anthony and Radasch*: Amer. J. med. Sci. **144**, 341 (1912). Zit. nach *Panse*. — ¹¹ *Koeppen, Siegfried*: Virchows Arch. **290** (1933). — Münch. med. Wschr. **1933**, Nr 46. — ¹² *Critchley*: Lancet **1934 I**, Nr 2. Zit. nach Zbl. Path. **60**, H. 3. — ¹³ *Stief*: Arch. f. Psychiatr. **101**, H. 1 (1933). — ¹⁴ *Schridde, Hermann*: Klin. Wschr. **1925**, 45. — Dtsch. med. Wschr. **1928**, 38. — *Schridde, Hermann u. Alvensleben*: Die elektrische Verletzung. Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, herausgeg. von *König u. Magnus*, 1932. — ¹⁵ *Spielmeyer, W.*: Histopathologie des Nervensystems, Bd. I. Berlin 1922.