

(Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin und Kriminalistik der Universität
Halle a. d. S. — Direktor: Prof. Dr. G. Schrader.)

Zur Pathologie der Hirnveränderungen nach tödlichen Unfällen durch Elektrizität¹.

Von
G. Schrader.

Mit 3 Textabbildungen.

(Eingegangen am 8. März 1943.)

A. Einleitung und Problemstellung.

Trotz zahlloser Arbeiten sind in der Elektropathologie noch manche Fragen lebhaft umstritten und harren ihrer endgültigen Klärung. Vor allem hat die Pathogenese des tödlichen Unfalls unter der Elektrizitätseinwirkung immer wieder Anlaß zu Erörterungen und morphologischen Studien gegeben. Die Ergebnisse dieser Bemühungen haben wohl insofern eine gewisse Klärung gebracht, als die Mehrzahl der *unmittelbar* nach der Elektrisierung eingetretenen Todesfälle von den meisten Autoren heutzutage auf eine primäre Herzlähmung zurückgeführt wird. Zirkulationsunterbrechung im Coronarkreislauf durch elektrisch ausgelöste Gefäßspasmen (*Schrader* und *Schlomka*), ferner Kammerflimmern oder direkte Schädigung des Reizleitungssystems (*Koeppe*n) sind auf Grund tierexperimenteller und klinischer Beobachtungen als die entscheidenden Mechanismen erkannt worden.

Daneben sprechen aber doch manche Beobachtungen dafür, daß in gewissen Fällen die verhängnisvolle Elektrisierungswirkung am Zentralnervensystem ansetzt (*Schlomka* und *Schrader, Wegelin*). Die entsprechenden Mitteilungen lassen es noch umstritten erscheinen, ob hierbei die Stromschädigung unmittelbar an lebenswichtigen Hirnabschnitten oder mittelbar über Gefäßspasmen zur Auswirkung kommt.

Letztgenannte Ansicht wird besonders von *Panse* auf Grund bemerkenswerter klinischer Studien vertreten. Besonderes Augenmerk wurde immer wieder der Frage gewidmet, inwieweit ein *Hirnödem* oder eine *Hirnschwellung* dabei eine Rolle spielt. *Pietrusky* hält ausgesprochenes Hirnödem für sehr selten. Doch hat er es, ebenso wie andere Autoren gelegentlich beobachten können (*Haberda* und *Meixner, Koeppe*n, *Schneider, Wegelin*). Beim elektrischen Verbrennungstod scheint es häufiger vorzukommen als beim reinen Stromtod. Die klinischen Beobachtungen vermehrten Liquordruckes nebst Hirndruckerscheinungen in den ersten Tagen nach Überleben einer Elektrisierung dürften in gleicher Richtung liegen (*Huber*).

¹ Herrn Professor *Merkel* zum 70. Geburtstag gewidmet.

Von einigen Autoren wird auch von mehr oder weniger ausgeprägter *Hirnschwellung* berichtet (*Haberda* und *Meizner*). Derartige Befunde wurden mehrfach bei histologischen Untersuchungen nach Tierversuchen mit wiederholten Elektrizitätseinwirkungen erhoben. So sahen *Morrison*, *Weeks* und *Cobb* Schwellung der Oligodendroglia und von Ganglienzellen. *Koeppen* erwähnt ebenfalls akute Ganglienzellschwellung. Von *MacMahon* wurde im Rückenmark eine Schwellung im Bereich der Hinterstränge beobachtet. *Bolognesi* sah bei direkter Stromeinwirkung auf die Nervenfasern Schwellung der Achsenzylinder. Besonders eindrucksvoll ist aus neuerer Zeit die Mitteilung von *Welz*, der bei einem Unfall an einer 15000 Volt Hochspannungsleitung (Drehstrom, Stromstärke 1—2 Ampère; zur Einwirkung kam vermutlich eine Spannung von 8670 Volt) bei dem einen der beiden tödlich Verunglückten, die beide kurz nach der Elektrisierung gestorben waren, eine akute schwere Hirnschwellung fand. Es handelte sich dabei um eine Kombination von Hirnschwellung mit Hirnödemen, was histologisch nachgewiesen wurde. Es fanden sich allerdings an den Hirngefäßen auch ältere Veränderungen, die auf vorausgegangene Kreislaufstörungen unklarer Genese bezogen wurden und eine gewisse Überempfindlichkeit des Gehirns vermuten ließen.

In diesem Zusammenhang verdienen nun die ausgedehnten histochemischen Untersuchungen von *de Crinis* besondere Beachtung, die sich mit der Ergründung der Pathologie der Hirnschwellung beschäftigten. Er fand bei Hirnschwellungen verschiedener Ausprägung, die auf unterschiedliche Krankheitsprozesse zurückzuführen waren, mittels der Xanthhydrolyse eine deutliche Harnstoffvermehrung des Nervengewebes als regelmäßigen Befund. Seine Untersuchungen führten ihn zu der Überzeugung, daß das durch irgendeinen krankhaften Vorgang geschädigte Gehirngewebe Harnstoff retiniert. Da in Gegenwart von Harnstoff die Wasserbindung der die Zellgrenzschicht bildenden Kolloide begünstigt wird, kommt es zu vermehrter Wasseraufnahme in den Zellen und damit zu einer Hirnschwellung. Der histochemisch nachweisbare Harnstoff kann nun nicht allein auf dem Blutwege zu den Ablagerungsstätten im Zentralnervensystem hingebacht worden sein, sondern muß als Stoffwechselprodukt der Eiweißkörper bei gewissen Abbauprozessen gelegentlich auch im Hirngewebe selbst gebildet werden, wo er dann infolge mangelhaften Abtransportes zu vermehrter Anreicherung kommt. Dafür spricht in den vorgenannten Untersuchungen vor allem die Beobachtung von Hirnschwellung als Verblutungsfolge. Bemerkenswert ist weiter die Feststellung von *de Crinis*, daß es Übergänge von Hirnschwellung und Hirnödem gibt und daß seiner Ansicht nach beide Veränderungen auch nebeneinander vorkommen können. Die bereits erwähnte Mitteilung von *Welz* liegt durchaus in diesem Sinne. Dieser ganze pathologische Mechanismus ist auf Zirkulationsstörungen zurückzuführen, die nicht nur mechanisch im Sinne einer Wasserspeicherung in den vorhandenen Gewebespalten zur Auswirkung kommen (*Hirnödem*), sondern auch kolloidale Zustandsänderungen der Gehirnmaterie im Sinne einer echten Wasserbindung an das Gewebe, also einen veränderten Quellungszustand (*Hirnschwellung*) zu setzen vermögen.

Diese Auffassung erscheint außerordentlich bemerkenswert. Wenn auch dagegen durch *W. Müller* gewisse Einschränkungen geäußert wurden, und zwar dahingehend, daß gelegentlich Hirnschwellungsfälle mit nur geringer oder sogar fehlender Harnstoffablagerung zur Beobachtung kommen, so verdient die Theorie von *de Crinis* trotzdem besondere Beachtung gerade im Hinblick auf die noch ungeklärten elektropathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem. Denn wie aus den einleitenden Ausführungen hervorgeht, sind am Zentralnervensystem doch in manchen Fällen Schwellungen bzw. ödematöse Veränderungen zur Beobachtung gekommen. Ihre weitere Verfolgung unter histochemischen Gesichtspunkten erscheint zur tieferen Ergründung der zentralnervösen Schädigungen durch die Einwirkung elektrischen Stromes erforderlich. Dies ist um so mehr gerechtfertigt, als bereits *de Crinis* bei seinen Untersuchungen am Gehirn elektrisch betäubter Tiere auf eine Harnstoffanreicherung stieß und daraus auf Hirnschwellung infolge elektrischer Einwirkung schloß!

Aus diesen Erwägungen ergab sich für uns die *Fragestellung*, ob und in welchem Ausmaß bei tödlichen elektrischen Unfällen auch in der Humanpathologie Harnstoffanreicherungen festzustellen sind, insbesondere an Gehirnen, die makroskopisch *keine* ausgeprägte Schwellung erkennen ließen.

B. Untersuchungsmethodik.

Die Untersuchungen betrafen tödlich verlaufene Unfälle nach Einwirkung von niedergespanntem bzw. hochgespanntem elektrischen Strom, die uns im Laufe der letzten Jahre begegneten.

Die *Untersuchungstechnik* hielt sich an die von *Oestreicher* eingeführte Methodik, mit der wir in anderweitiger vor Jahren durchgeführten Untersuchungen genügende Erfahrungen gesammelt hatten (*Schrader*): Dünne Gewebstücke (Großhirnrinde, Hirnkerengebiet, Kleinhirn, Medulla; ferner zur Kontrolle Niere, mehrfach auch Herz und Leber) wurden unfixiert für 6 Stunden in eine Lösung von 6 Teilen Xanthydrol auf 100 Teile Eisessig gebracht. Anschließend Fixierung in absolutem Alkohol über 48 Stunden, Aufhellung im Xylol, Paraffineinbettung und Färbung mit Hämalan. (Die Xanthydrol-Eisessiglösung muß jedesmal frisch bereitet werden!)

Was die *Spezifität* des histochemischen Harnstoffnachweises durch die Xanthydrolreaktion anlangt, so liegen darüber ausreichende Erfahrungen vor (*de Crinis, Laves, Oestreicher, Schrader, Stübel*). Die Krystallablagerungen (Dixanthylharnstoffkrystalle) sind je nach Ausmaß der Harnstoffretention verschieden stark. Am reichlichsten finden sie sich bei der Urämie und werden in sämtlichen parenchymatösen Organen, insbesondere auch im Gehirn, in charakteristischen dichten Säumen entlang den Randpartien der Schnitte angetroffen. Weniger umfängliche Krystallablagerungen finden sich bei Carcinom und hoch fieberhaften

Krankheiten, bei denen es infolge toxischen Eiweißzerfalls zu einem vermehrten Freiwerden von Harnstoff kommt. Schließlich wird auch bei besonderen pathologischen Nierenveränderungen (*ohne* urämische Symptome) wie kaverner Nieren-Tbc., arteriosklerotischer Schrumpfniere und Prostatikerniere Harnstoffvermehrung im Gewebe angetroffen. Es sei gleich hier hervorgehoben, daß auf derartige störende Faktoren bei der Untersuchung der im folgenden mitzuteilenden Todesfälle nach Elektrizitätseinwirkung besonders geachtet und sie jeweils histologisch ausgeschlossen wurden.

C. Untersuchungsergebnisse.

Die eigenen Untersuchungen betrafen 2 sofort tödlich verlaufene Unfälle an niedergespanntem Strom von 220 Volt, 3 sofort tödlich verlaufene Unfälle an Hochspannungsanlagen von 6000, 15000 und 30000 Volt Spannung; ein Todesfall kurz nach Stromeinwirkung von 15000 Volt (in Kombination mit schweren inneren Verletzungen durch Absturz) und schließlich 2 Spättodesfälle, die 3 bzw. 22 $\frac{1}{2}$ Stunden nach Hochspannungseinwirkung von 15000 und 3000 Volt eingetreten waren.

a) Niederspannungstodesfälle.

1. Josef D., 33 Jahre alt (Sektion 13/42). Sofort tödlicher Unfall beim Handtieren mit einer defekten elektrischen Handlampe, 220 Volt Wechselstrom. *Sektionsbefund*: Kleine Strommarke an Kuppe des rechten Zeigefingers. Sehr markante Strommarke an Innenseite des linken Unterarmes von 4 zu 3 cm Größe. Lungenödem besonders im Bereich der rechten Lunge! Stauung der Hirngefäße, der Nieren, Leber und Milz. Keine Hirnschwellung, keine ödematöse Gehirndurchfeuchtung. — *Histochemischer Befund* (Xanthhydrolyse): Im Bereich der Großhirnrinde nur spärliche und unregelmäßige Krystallablagerung. An den Hirnkernen das gleiche uncharakteristische Untersuchungsergebnis bis auf eine engumschriebene Stelle, an der besonders entlang einigen Gefäßen reichliche Krystallablagerungen sich fanden. Am Kleinhirn im wesentlichen völlig negativer Befund, nur an 2 engumschriebenen Stellen im histologischen Präparat reichlichere Krystallablagerung.

2. Erika H., 7 Jahre alt (Sektion 203/42). Sofort tödlicher Unglücksfall an defekter Lichtleitung im Freien, 220 Volt Wechselstrom, an die das Kind beim Spielen mit beiden Händen faßte. *Sektionsbefund*: Hirsekorn- bis linsengroße Strommarken an rechter Hand zwischen Daumen und Zeigefinger und Beugeseite des rechten Mittel- und Ringfingers, sowie am Ballen des linken Daumens. Starke Durchfeuchtung des Hirngewebes, jedoch keine Hirnschwellung. Geringes Lungenödem in sämtlichen Lappen! Auffallend ungleichmäßige Blutverteilung im Herzmuskel im Bereich der linken Kammerwand. Keine wesentliche Hypertrophie des lymphatischen Rachenringes oder der Thymusdrüse. — *Histochemischer Befund*: In der Großhirnrinde ganz spärliche uncharakteristisch angeordnete kleine Krystallablagerungen, herdförmig in den obersten Rindenschichten. Im Hirnkerngebiet ähnlicher Befund, nur stellenweise etwas deutlichere zonenförmige Krystallablagerungen. Im Kleinhirn ebenfalls uncharakteristische spärliche und sehr kleine Krystallherde, vorwiegend oberhalb der granulierten Zone der Rindenschicht. In der Medulla keine Krystallablagerung.

b) *Sofort tödliche Hochspannungsunfälle.*

3. Heinrich R., 38 $\frac{1}{2}$ Jahre alt (Sektion 169/40). Geriet mit den Händen bei Prüfung einer Preßluftleitung an elektrische Hochspannungsleitung von 6000 Volt Wechselstrom. Sofort leblos zusammengebrochen. Erfolgreiche mehrstündige Wiederbelebungsversuche. *Sektionsbefund:* Pfenniggroße Strommarke am linken Daumenballen und an Streckseite der rechten Hand über Zeige- und Mittelfingergrundgelenk. An den Füßen keine sicheren Stromaustrittspuren. Hämatom der linken Schläfengegend ohne Knochenverletzung. Starke Gehirndurchfeuchtung, jedoch keine wesentliche Schwellung. Geringe Erweiterung der Hinterhörner der Großhirnseitenkammern mit je einem haselnußgroßen Psammomknoten im Plex. choreoid. Thymus persist. (30 g). Stark ausgeprägter lymphatischer Rachenring.

Herdförmig gehäufte Dixanthylharnstoffkrystalle

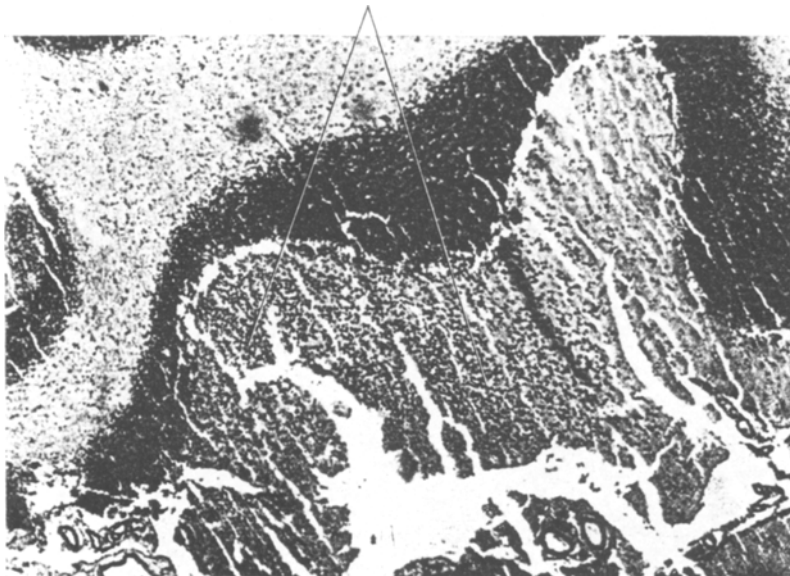


Abb. 1. Kleinhirn. Vergr. 47fach. (Fall Nr. 5.)

Lungenödem! Blutüberfüllung von Lungen und Nieren. — *Histochemischer Befund:* In der Großhirnrinde sehr spärliche uncharakteristische Krystallablagerungen. Im Kleinhirn im wesentlichen ähnlicher Befund, nur stellenweise herdförmige Häufung mäßigen Grades von kleinen Dixanthylharnstoffkrystallen. Im Hirnstamm spärliche etwas größere Krystalle im Bereich einiger großer Ganglienzellen.

4. Ludwig W., 43 Jahre alt (Sektion 192/42). Sofort tödlicher Unfall an Hochspannungsleitung von 15000 Volt Wechselstrom bei Montagearbeit. Hatte 2 Kupferdrähte in der Hand, die mit der Hochspannungsleitung in Berührung kamen. Sofort Kurzschluß mit großem Lichtbogen. Der Verunglückte hatte sich vorher am Mast befestigt, so daß ein Absturz verhindert wurde. *Sektionsbefund:* Deutliche Strommarken an linker Hohlhand, insbesondere an Daumenballen und Daumenspitze, Zeigefingergrund- und -mittelglied, Ringfingergrundglied und Kuppen des Mittel- und Ringfingers mit kleinen Kupfereinsprengungen. Kleinere Strommarken an der rechten Hohlhand. Schrotschußähnliche Stromaustrittspuren an Rück-

seite des rechten Oberschenkels und an linker Knievorderseite. Teils flächenhafte, teils kleinfleckige Verbrennungsspuren 2. und 3. Grades an Hals, Vorderseite des Rumpfes bis zum linken Oberschenkel hin und Innenseite des linken Oberarmes. Oberflächliche Haarversengung an Schläfen und im Gesicht. Starke Durchfeuchtung des Hirngewebes. Vereinzelt petechiale Blutungen am Boden des 4. Ventrikels. Partielles Lungenödem in den Vorderteilen der beiden Oberlappen und des rechten Mittellappens! — *Histochemischer Befund*: Im Bereich der Großhirnrinde deutlicher über größere Strecken zusammenhängender Saum von kleinen bis mittelgroßen Krystalldrusen. Der Krystallsaum jedoch verhältnismäßig schmal. Vielfach die Gefäßwände in diesem Bereich von Krystalleinlagerungen durchsetzt. (Das Material der anderen Hirnabschnitte durch technisches Versehen unbrauchbar.)

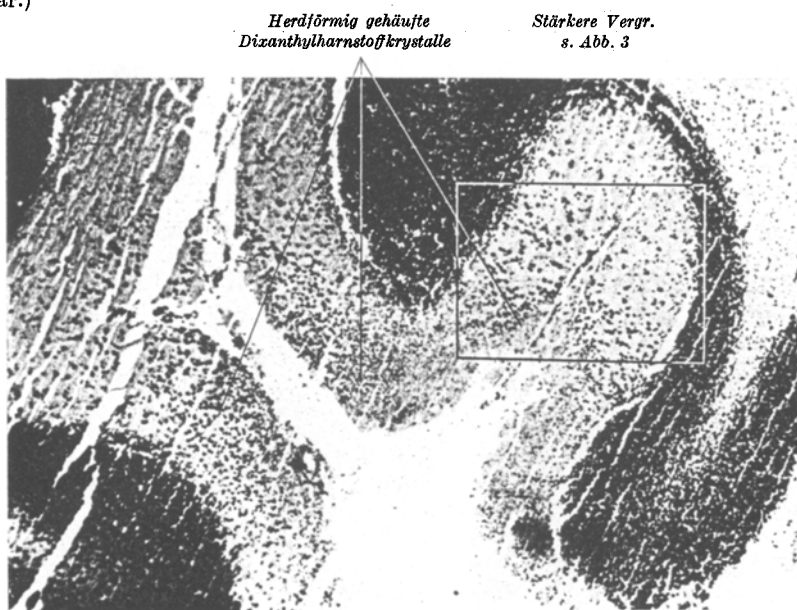


Abb. 2. Kleinhirn. Vergr. 47fach. (Fall Nr. 5.)

5. Kurt M., 43 Jahre alt. (Sektion 305/40). Sofort tödlicher Unfall in Hochspannungstransformatorzelle. 30000 Volt Wechselstrom. *Sektionsbefund*: Ausgedehnte Verbrennung 3. Grades im Gesicht, am ganzen linken Arm, am rechten Unterarm, ferner Verbrennung 1. bis 3. Grades an linker Brustseite. An der Innenfläche des linken Unterarmes zwei nahe beieinanderliegende fünfmarkstückgroße Bezirke mit besonders intensiven Verbrennungsspuren (Strommarken?), sonst keine einwandfreien Strommarken. Kopfknochen und Schläfenmuskeln frei von Verbrennungsspuren. Sehr starke Durchfeuchtung des Gehirns, jedoch keine makroskopisch erkennbare Schwellung. Keine Hirnstammb Blutungen. Geringes Lungenödem rechts. — Ältere und frischere Lungenspitzen- und Kehlkopftuberkulose. — *Histochemischer Befund*: In Großhirnrinde, Hirnkerngebiet und Hirnstamm sehr spärliche uncharakteristische Krystallablagerungen. Ähnlicher Befund auch am Kleinhirn; daselbst jedoch stellenweise herdförmige sehr reichliche Krystallablagerungen verschiedener Größe (siehe Abb. 1—3).

c) Hochspannungsunfall in Verbindung mit Absturztod.

6. Karl H., 53 Jahre alt (Sektion 136/41). Hatte als Lokomotivführer den Tender der Dampflokomotive bestiegen. Beim Aufrichten Berührung der elektrischen Fahrleitung mit dem Kopf. 15000 Volt Wechselstrom. Unter elektrischer Lichtbogenbildung Absturz vom Tender und offenbar kurz danach an den schweren inneren Absturzverletzungen gestorben. *Sektionsbefund*: Strommarken in Gegend der Stirnhaargrenze mit umschriebener Verkohlung der Hautdefekte und ihrer aufgeworfenen Ränder. Verbrennung 2. und 3. Grades der Haut des Gesichtes, des Halses und der oberen Brustpartie. Strommarken an beiden Fußsohlen, ebenfalls mit Verbrennungsspuren 3. Grades. Flächenhafte Verbrennung 2. Grades der beiden Unterschenkel. Kein Schädelbruch. Am Gehirn kein auffallender Be-

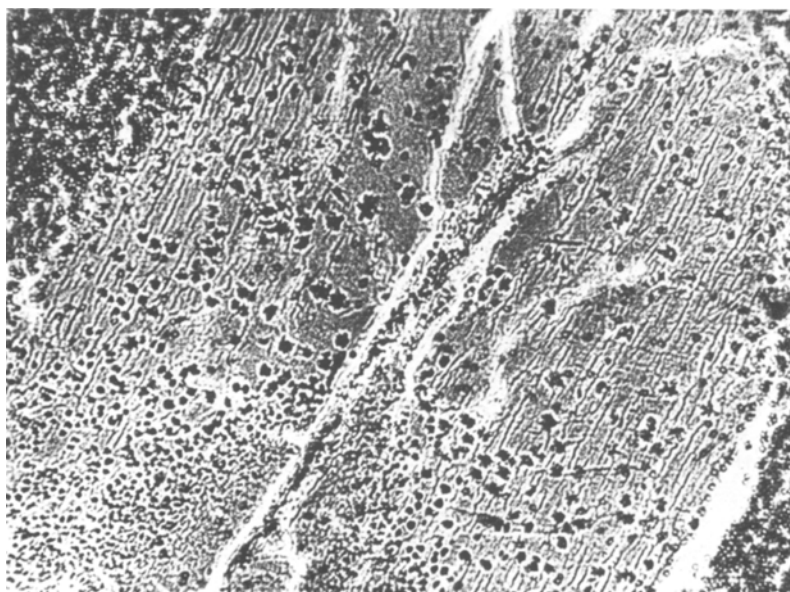


Abb. 3. Ausschnitt aus Abb. 2. Vergr. 150fach.

fund, keine wesentliche Durchfeuchtung oder Schwellung, keine Blutungen. Hautemphysem im Bereich der oberen Brustkorbpartie. Ausgedehnte Rippenbrüche beiderseits, Sternumbruch, Wirbelsäulenbruch mit Zertrümmerung des 6. Brustwirbelkörpers, Aortenriß mit umfangreichem Blutungserguß in beiden Brustfellsäcken. Einriß des rechten Leberlappens mit geringer Blutung in die Umgebung. — Aus dem Hautemphysem war zu schließen, daß H. nach dem Absturz und der Elektrisierung noch kurze Zeit geatmet und gelebt hat. Todesursache war offenbar elektrische Starkstromeinwirkung in Konkurrenz mit innerer Verblutung infolge schwerer Absturzverletzung. — *Histochemischer Befund*: Im Bereich der Großhirnrinde nur an umschriebener Stelle geringe Krystallbildungen. Die Hirnkerne frei von Krystallablagerungen. Im Kleinhirn an engumschriebener Stelle deutliche, zum Teil sehr reichliche Krystallablagerungen in breiterer Zone.

d) Spättdesfälle nach Hochspannungseinwirkung.

7. Ernst F., 41 Jahre alt (Sektion 297/41). Bei Montagearbeiten an elektrische Fahrleitung gekommen, 15000 Volt Wechselstrom, mit Absturz. Tod 3 Stunden nach dem Unfall. *Sektionsbefund*: Strommarke an Innenseite der rechten Hand im Bereich der Fingergrundglieder und angrenzenden Teilen der Hohlhand. Ausgedehnte Verbrennungen 2. und 3. Grades an Rumpf und Oberschenkeln. Fraktur der letzten Rippen rechts hinten. Ruptur der rechten Niere, sowie der Ven. cav. inf. in Nierenhöhe mit großem retroperitonealem Bluterguß. — Todesursache war offenbar die elektrische Hochspannungseinwirkung zusammen mit schwerem Blutverlust infolge von Absturzverletzungen. — *Histochemischer Befund*: Im Bereich der Großhirnrinde stellenweise herdförmig gehäufte reichliche Krystallablagerungen. Am Kleinhirn ebenfalls reichlich Dixanthylharnstoffkrystalle. An Hirnkernen und Hirnstamm keine wesentlichen Krystallablagerungen.

8. Arno B., 33 Jahre alt (Sektion 292/39). Als Lokomotivheizer beim Abölen der Dampflokomotive mit dem Kopf an Starkstromleitung gekommen, 3000 Volt Wechselstrom. Starke Lichtbogenbildung. Tod 21 Stunden später in Klinik. *Sektionsbefund*: Auf Scheitelhöhe Stromübertrittsstelle in Gestalt handtellergroßer Verkohlung. An beiden Fußsohlen deutliche Stromaustrittsspuren entsprechend der Absatzbenagelung, zum Teil auch im Bereich der vorderen Fußsohle. Ausgedehnte Verbrennung 2. Grades am Gesicht, Rumpfvorderseite, Ober- und Unterschenkeln. Verkochung der beiden Temporalmuskeln, Ödem der Kopfhaut. Starke Rötung und Blutüberfüllung des Schädeldaches nebst erheblicher Injektion der angrenzenden Durateile entsprechend der Stromeintrittsspur auf der Scheitelhöhe. Mäßig starke Hirndurchfeuchtung und Hirnhyperämie, jedoch keine Hirnswellung, keine Hirnblutungen. Außerordentlich starke Blutüberfüllung der Lungen. Beginnende Aspirationsgangrän im linken Unterlappen. Flächenhafter Bluterguß neben der Aorta am Zwerchfelldurchtritt. Starke Blutfülle in Leber, Milz und Nieren. Hämoglobinurie. — *Histochemischer Befund*: Xanthidrolreaktion im Bereich der Hirnrinde und Hirnkern sehr deutlich, stellenweise herdförmig verstärkt zu breiteren Säumen von Krystallablagerungen verschiedener Größe. Am Kleinhirn außerordentlich starke Krystallablagerungen, die in ihrem Ausmaß weitgehend den Befunden bei Hirnswellung bzw. Urämie gleichkommen.

D. Erörterung der Ergebnisse.

Die Deutung der histochemischen Befunde bereitet insofern gewisse Schwierigkeiten, als die Xanthidrolreaktion ein außerordentlich empfindliches Reagenz darstellt. Da der Harnstoff im intermediären Stoffwechsel des Eiweißabbaues eine wesentliche Rolle spielt (*Becher-Heilmeyer*), wird man geringere Dixanthylharnstoffbildungen nicht als Ausdruck eines besonderen pathologischen Prozesses werten können. Aus dieser Erwägung heraus ist den geringen Krystallablagerungen, die nahezu bei sämtlichen Fällen an den verschiedenen Gehirnabschnitten und ebenso auch bei den Kontrolluntersuchungen (Herz, Milz, Leber und Nieren) in Erscheinung traten, keine besondere Bedeutung beizumessen.

Die stärkeren und zum Teil hochgradigen Krystallhäufungen der Fälle 7 und 8, in denen der Tod erst nach 3 bzw. 21 Stunden eintrat, sind hinwiederum höchstwahrscheinlich auf den starken Eiweißzerfall infolge der ausgedehnten Verbrennungen zu beziehen, wobei es bei dem längeren

Überleben der elektrischen Stromwirkung sicherlich zu einem Harnstofftransport auf dem Blutwege nach dem Gehirn hin kam. Vermutlich sind diese letztgenannten Befunde auf eine beginnende Hirnschwellung als Verbrennungsfolge zu beziehen. Das Fehlen von makroskopisch faßbaren Hirnschwellungsbefunden hier, wie auch in den übrigen Fällen, kann dabei schwerlich im negativen Sinne gewertet werden; denn zur Diskussion steht ja gerade die Frage *geringer* Schwellungsprozesse und ihre versuchte histochemische Erfassung.

Für die Beantwortung dieser Frage kommt demnach besondere Bedeutung den Beobachtungen Nr. 1—6 zu, bei denen der Tod sofort oder kurz nach der Elektrisierung eingetreten war und somit — soweit auch hierbei umfangreichere Verbrennungen zustande gekommen waren — schwerlich genügende Zeit für einen Harnstofftransport auf dem Blutwege zum Gehirn zur Verfügung stand. Ein schlagartiger Herztod, etwa durch Kammerflimmern sofort nach der Stromeinwirkung, dürfte im Hinblick auf das Lungenödem, das in den Fällen 1—5, zum Teil allerdings nur partiell und in geringer Ausprägung, gefunden wurde, wohl nicht vorgelegen haben. Damit soll keineswegs ausgeschlossen werden, daß nicht nach einer primären Funktionsstörung des Herzens, sei es über elektrisch ausgelöste Coronarspasmen, sei es über elektrische Schädigung des Reizleitungssystems, sekundär nach einer gewissen Durchströmungszeit doch noch ein Kammerflimmern zustande kam. Es muß also in diesen Fällen der „sofortige“ Todeseintritt eine gewisse Einschränkung erfahren.

Bemerkenswert ist nun in diesen Beobachtungen, daß der histochemische Harnstoffbefund am Gehirn einige Auffälligkeiten bietet, die sich nicht einzig mit unspezifischen Ablagerungen erklären lassen. Es wurde im Fall 1, 3, 5 und 6 am Kleinhirngewebe stellenweise eine mehr oder weniger engumschriebene auffallende Häufung von Dixanthylharnstoffkrystallen gefunden (s. Abbildungen S. 93—95). Wenn diese Bilder auch nicht an die charakteristischen Befunde bei Urämie bzw. bei ausgesprochener Hirnschwellung heranreichen, so übersteigen sie auf der anderen Seite doch deutlich das Ausmaß der als unspezifisch zu wertenden Krystallablagerungen. Bei aller kritischen Zurückhaltung, die auf Grund dieser nur wenigen Beobachtungen geboten ist, erscheinen mir diese Feststellungen doch bemerkenswert. Man wird sie wohl dahin deuten können, daß bei dem sicherlich komplexen Geschehen des „sofortigen“ Todes nach elektrischer Stromeinwirkung auch schädigende Einflüsse am Zentralnervensystem ansetzen, die zu mehr oder weniger ausgeprägten Schwellungsprozessen an einzelnen Hirnregionen, insbesondere am Kleinhirn führen und die bei ihrem begrenzten Ausmaß nur histochemisch durch örtliche Harnstoffvermehrung zu erfassen sind. Vermutlich kommen darin regional begrenzte Zirkulationsstörungen durch elektrisch

ausgelöste Gefäßspasmen (*Panse, Schrader* und *Schlomka*) zum Ausdruck, die infolge des raschen Ablebens der Verunglückten kein größeres Ausmaß mehr erreichen konnten. Besondere Beziehungen zur Stromart (nieder- oder hochgespannter Strom) sind bisher nicht zu ersehen. Es wird noch weiterer Sammlung von einschlägigen Beobachtungen und histochemischen Untersuchungen bedürfen, bevor man dazu Stellung nehmen kann.

Mit diesen vorläufigen Feststellungen und theoretischen Erwägungen soll nun keineswegs die alte Streitfrage über die Todesursache beim elektrischen Unfall etwa einseitig im Sinne einer „elektrischen Hirnlähmung“ aufgeführt werden. Das liegt mir völlig fern. Zweck dieser Mitteilung ist vielmehr, eine Anregung zu geben, den sicherlich sehr komplizierten Vorgängen beim tödlichen Unfall nach elektrischer Stromwirkung auch mit dieser histochemischen Methode nachzugehen. Da solche Unfälle nach den hiesigen Erfahrungen nur in beschränkter Zahl zur Beobachtung kommen und Tierversuche bei den zeitgebundenen Schwierigkeiten in größerem Umfange kaum durchzuführen sind, wird es entsprechender Untersuchungen auch an anderen Orten bedürfen, um die im vorstehenden mitgeteilten Beobachtungen und theoretischen Erwägungen noch breiter zu unterbauen.

E. Zusammenfassung.

Ausgehend von den histochemischen Harnstoffbefunden bei der Hirn-*schwellung (de Crinis)* wurde die Frage aufgeworfen, ob und in welchem Ausmaß bei tödlichen Unfällen nach Elektrizitätseinwirkung am Gehirn Harnstoffanreicherungen festzustellen sind, insbesondere auch dann, wenn makroskopisch keine ausgeprägte Schwellung erkennbar ist. Es kamen 8 tödliche Verunglückungen an nieder- und hochgespanntem Wechselstrom zur Untersuchung. Mittels der Xanthidrolreaktion wurde bei 2 Spättodesfällen nach schwerer Hochspannungsverbrennung eine zum Teil erhebliche Harnstoffvermehrung an verschiedenen Hirnabschnitten, besonders dem Kleinhirn, gefunden, die vorwiegend auf den Eiweißzerfall unter den Verbrennungsfolgen, dagegen kaum auf unmittelbare Elektrizitätswirkung, zu beziehen ist. Bei 4 von den 6 übrigen Fällen mit sofortigem bzw. kurz nach der Elektrisierung erfolgtem Tod (Nieder- und Hochspannungsunfälle) war stellenweise am Kleinhirn eine engumschriebene auffällige Häufung von Dixanthylharnstoffkrystallen festzustellen. Diese Befunde sprechen für örtliche Entstehung unter der elektrischen Stromwirkung und sind als Ausdruck regionaler Schädigung zu werten. Sie stellen vermutlich engbegrenzte Schwellungsprozesse auf Grund elektrisch ausgelöster Zirkulationsstörungen im Gehirn dar.

Nachtrag bei der Korrektur: Inzwischen kam noch ein weiterer sofort tödlicher Hochspannungsunfall zur Beobachtung: Wilhelm F., 20 Jahre alt (Sektion 125/43). Stieß beim Aufrichten auf einem mit durchfeuchtetem Stroh beladenen Eisenbahnwagen mit der Stirn gegen elektrische Hochspannungsleitung von 15000 Volt Wechselstrom. Sofort leblos umgesunken. Keine wesentliche Lichtbogenwirkung beobachtet. *Sektionsbefund:* Strommarke an der Stirn von 7:5 cm mit geringer Haarversengung und Metallisation. Keine Stromaustrittspuren. Blutüberfüllung von Gehirn, Lungen, Leber und Nieren. Kein Lungenödem. Geringe Hirnschwellung mit ödemähnlicher Hirndurchfeuchtung. — *Histochemischer Befund:* Im Großhirn (Pons, Rinde) und im Lobul. biventer des Kleinhirns keine Krystallablagerungen. In der Caps. intern. verstreute ziemlich große Dixanthylharnstoffkrystalle, besonders gehäuft in der Wand einer kleinen Vene. Im Lobul. semilun. inf. cerebelli an kleiner Stelle der lateralen Region verstreute Krystalle. Im medialen Abschnitt des Lobul. semilun. sup. sehr reichliche Krystallablagerungen verschiedener Größe in zonenförmigem Bezirk, ähnlich Fall 5 (siehe Abb. 1—3).

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Becher-Heilmeyer*, Lehrbuch der speziellen pathologischen Physiologie. Jena 1937. — ² *Bolognesi*, zit. nach *Wegelin*. — ³ *de Crinis*, Z. Neur. **162**, 646 (1938). — ⁴ *Haberda* u. *Meixner*, zit. nach *Pietrusky*. — ⁵ *Huber*, Erg. Chir. **31**, 843 (1938). — ⁶ *Koeppen*, Dtsch. Arch. klin. Med. **186**, 421 (1940). — ⁷ *Laves*, Wien. klin. Wschr. **1928**, 1403. — ⁸ *MacMahon*, zit. nach *Wegelin*. — ⁹ *Morrison*, *Weeks* u. *Cobb*, zit. nach *Wegelin*. — ¹⁰ *Müller, W.*, Virchows Arch. **297**, 141 (1936). — ¹¹ *Müller, W.*, Virchows Arch. **305**, 230 (1939). — ¹² *Oestreicher*, Virchows Arch. **257**, 614 (1925). — ¹³ *Panse*, Mschr. Psychiatr. **78**, 193 (1931). — ¹⁴ *Pietrusky*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **29**, 135 (1938). — ¹⁵ *Pietrusky*, In Handwörterbuch der gerichtlichen Medizin. **1940**, 804. — ¹⁶ *Schneider*, Wien. med. Wschr. **1929**, Nr 12. — ¹⁷ *Schrader* u. *Schlomka*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **20**, 351 (1933). — ¹⁸ *Schrader* u. *Schlomka*, Arch. Gewerbepath. **5**, 615 (1934). — ¹⁹ *Schrader*, Verh. I. internat. Kongr. gerichtl. u. soz. Med. Bonn **1938**, 308. — ²⁰ *Stübel*, Anat. Anz. **54**, 236 (1921). — ²¹ *Wegelin*, Verh. VII. internat. Unfall-Kongr. Brüssel **1935**. — ²² *Welz*, Virchows Arch. **305**, 646 (1940).