

(Aus dem Elektropathologischen Museum des Universitätsinstituts für gerichtliche Medizin in Wien [Vorstand: Professor Dr. A. Haberda].)

Elektropathologische Histologie.

Von

Dr. med. I. Kawamura,
(Mitsui Mining Comp. Ltd. Tokio).

Mit 23 Textabbildungen.

Die Eigenart der elektrischen Verletzungen und das Problem des Todes durch Elektrizität regten mich schon lange an, diese Fragen wissenschaftlich zu prüfen. Seit dem Jahre 1907 habe ich als Chefarzt der Mitsui Mining Comp. zahlreiche Unfälle durch Elektrizität gesehen. Meine Erfahrung bezieht sich auf 35 Todesfälle und 111 Verletzte, welche am Leben blieben. Von den Toten habe ich 5 in Miike obduziert, die Kranken habe ich im Hospital behandelt.

In den Kohlengruben und in den elektrischen Anlagen der Mitsui Mining Co. ereignen sich verhältnismäßig viele elektrische Unfälle, trotzdem für Schutzeinrichtungen gesorgt ist. Die Ursache ist darin gelegen, daß die Kohlengruben sehr wasserreich sind, daß die Luft infolge des ozeanischen Klimas sehr feucht und salzhaltig ist. Die Bergarbeiter tragen wohl Strohsandalen, doch ist der größte Teil des Fußes entblößt. Unfälle ereignen sich in den Gruben, in den Elektrizitätswerken, in den elektrochemischen Fabriken und in den Verkehrsanlagen, die sehr ausgedehnt sind.

Die Miike Kohlengruben, die zu der im Jahre 1892 gegründeten Mitsui Kohlengewerkschaft gehören und einen Teil der Mitsui Mining Co. bilden, befinden sich im nordöstlichen Teil der Insel Kyusha, und zwar in der Bucht Ariaké. Sie haben ihr eigenes Bahnsystem, welches an die kaiserlich japanischen Eisenbahnen angeschlossen ist. Einige Ziffern mögen die Leistungsfähigkeit der Miike Kohlengruben darstellen:

1909	1 616 025	Tonnen
1911	1 938 323	"
1913	2 188 677	"
1915	1 771 688	"
1917	2 000 834	"

Es gibt da 7 Gruben, welche 176—700 Fuß tief sind. In den Gruben sind 25 000 Arbeiter und 1400 Beamte und sonstige Angestellte beschäftigt.

Außer den elektrischen Einrichtungen gibt es verschiedene mechanische Ausrüstungen, durch deren Bedienung viele Unfälle vorkommen. So hatten wir Verletzungsfälle

im Jahre 1909	10 419
", 1911	10 934
", 1913	13 779
", 1915	12 715
", 1917	22 903

Ein Teil dieser Unfälle ist durch Elektrizität bedingt. In den 2 Elektrizitätszentralen, welche mit den Gruben verbunden sind, sind derzeit 859 Mann tätig. Die elektrische Energie, welche aus den geförderten Kohlen gewonnen wird, dient auch zum Betriebe der Gruben. So verbraucht pro Tag

Mandagrube	40 067 Kilowattstunden
Miyanoouragrube	31 140 "
Yotsuyamagrube	3 071 "
Die Farbstofffabrik	14 638 "
Die Zinkfabrik	4 916 "
Die Hafenabteilung	8 694 "
Licht(Gruben, Bureaus, Wohnungen)	140 281 "

In Verwendung steht sowohl Niederspannung, und zwar 100, 220 und 550 Volt (40 Perioden) als auch Hochspannung 2300 Volt (40 Perioden); außer diesem Drehstrom wird auch Gleichstrom 250 und 550 Volt Spannung erzeugt.

Jede dieser Spannungen, sowohl Niederspannung als Hochspannung, und jede Stromart, sowohl Drehstrom wie Gleichstrom, hat zu Todesfällen Anlaß gegeben; am meisten der Drehstrom, welcher allerdings auch die stärkste Verwendung findet.

Im folgenden gebe ich einen kurzen Auszug aus den Protokollen der 35 Todesfälle, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte:

1. Inone, 23 Jahre, kräftig gebaut, Motorfahrer, Mandagrube, 28. I. 1919, rechte Hand berührte blanken Kupferleiter, Drehstrom 2300 Volt.
2. Nakashima, 29 Jahre, kräftig, Elektroarbeiter, Schwefelsäurefabrik, 21. XI. 1917, linke Hand Kabel, Drehstrom 2300 Volt, schreit um Hilfe, Absturz von Holzmast, künstliche Atmung erfolglos.
3. Koga, 41 Jahre, mittelkräftig, Diener der Bauabteilung, 17. IX. 1916, linke Hand, Drehstrom 2300 Volt.
4. Frau Ohara, 21 Jahre, Bergarbeiterin, schlecht genährt, Mandagrube, 18. VIII. 1916, sie berührte mit ihrem nassen unbekleideten rechten Fuß ein mangelhaft isoliertes Kabel, 220 Volt Spannung (40 Perioden), wurde tot aufgefunden, künstliche Atmung erfolglos.
5. Schulknabe Kuroda, 12 Jahre, kräftig, stieg zum Scherz auf den Holzmast Nr. 2690, Iwahana Mikawasura. Er berührte mit beiden Händen die Leitung, Drehstrom 2300 Volt, und stürzte tot ab, 22. XI. 1917. Beide Handteller große breite Verletzungen.
6. 3 Arbeiter: Yamashita, 33 Jahre, kräftig, Hisamasa, 26 Jahre, mittelkräftig, Hasuo, 31 Jahre, kräftig, arbeiten auf der Spitze eines Oberleitungsmastes, Hochspannung 2300 Volt, 26. VIII. 1913. Durch ein Mißverständnis von Hasuo

wird zu früh eingeschaltet und alle 3 getötet (s. Abb. 1). Yamashita: linke Hand und rechtes Kniegelenk verletzt, Pupillen maximal dilatiert. Hisamasa: linke Hand, rechte Brustseite, beide Fußsohlen verletzt. Hassuo: linke Hand, Herz-gegend, linker Unterschenkel, rechte Hand und rechter Fuß verletzt (vgl. Abb. 1).

7. Sakai, 25 Jahre, mittelkräftig, Motorfahrer, Miyanouragrupe, 26. II. 1910, rechte Hand, Drehstrom, 2300 Volt. Abgang von Stuhl und Harn; rechte Hand und rechte Fußsohle verletzt.

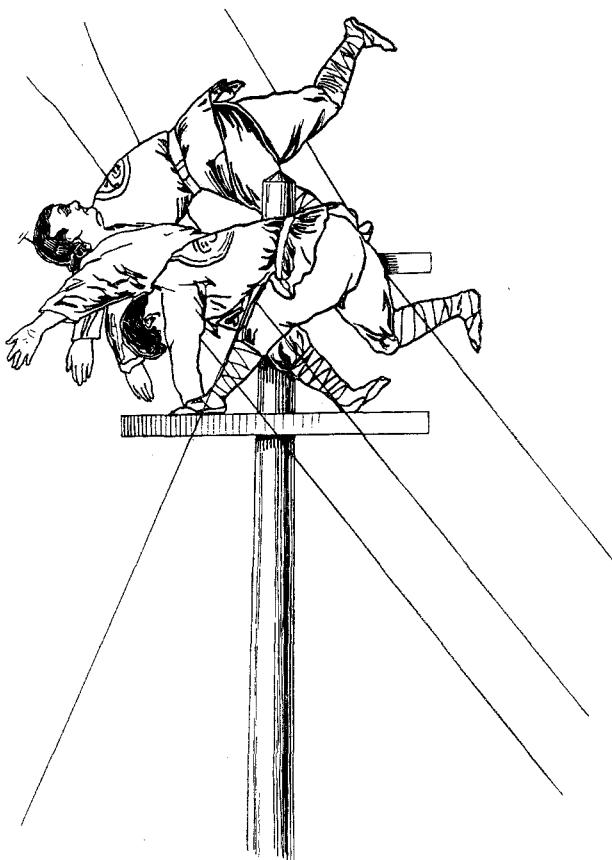


Abb. 1.

8. Shimogawa, 33 Jahre, mittelkräftig, Motorfahrer, Grube Miyanoura, Hinterhaupt, Drehstrom, 2300 Volt, Aufschrei, Blutung aus der Nase. Hinterhaupt, beide Füße verletzt, Pupillen maximal dilatiert.

9. Hayashi, 43 Jahre, kräftig, Kohlenkastentransporteur, Grube Manda, 17. V. 1909, Hinterhaupt, Drehstrom, 2300 Volt, Hinterhaupt, beide Fersen verletzt.

10. Iwamoto, 34 Jahre, kräftig, Kohlenkastentransporteur, Grube Manda, 20. X. 1907, rechte Hand, Drehstrom, 2080 Volt. Der Mann betrat die Pumpenstation der Grube trotz Verbotes, um eine hölzerne Stange dort aufzubewahren. Rechte Hand und rechte Fußsohle verletzt.

11. Ujéda, 23 Jahre, mittelkräftig, Motorfahrer, Grube Miyanoura (die sehr wasserreich), rechte Hand Lampenfassung, 220 Volt Drehstrom. Heftige Konvulsionen, künstliche Atmung erfolglos, 29. IX. 1907. Rechter Handteller und Herzgegend verletzt.

Der Obduktionsbefund lautet:

1. Männliche Leiche, 53 sun lang, mittelmäßig gebaut, mittelmäßig genährt, Haut und sichtbare Schleimhäute sehr blaß. Kiefer und alle Glieder sehr totstarr, am Rücken ausgedehnte Totenflecke.

2. Gesichtsfarbe cyanotisch, Mund- und Nasenschleimhaut ohne Blutung, Pupillen gleich groß und mäßig erweitert.

3. Hals mäßig lang, Thorax flach, einige Drüsenschwellungen auf der rechten Halsseite.

4. Der rechte Handteller trägt 3 stecknadelkopf- bis kleinfingerspitzgroße grauweiße harte und runde Erhabenheiten der Haut, die in der Mitte etwas vertieft sind. Die Umgebung und das Unterhautzellgewebe dieser Stellen zeigt nichts Besonderes.

5. In der Mitte des Sternums 10 cm oberhalb des Schwertfortsatzes eine zeigefingerspitzgroße runde Abschürfung mit scharfem Rande und Vertiefung in der Mitte.

6. Schädel sehr blutreich, Hirnhäute glatt, keine Blutung nachweisbar, Gehirnsubstanz sehr blutreich, Schnittfläche ohne Auffälligkeit.

7. Rechte Lunge hinten angewachsen, Bronchialdrüsen vergrößert.

8. Herz, Leber, Milz, Niere, Nebenniere bieten nichts Auffälliges.

9. Magen, Darm, Blase, die übrigen Bauchorgane erscheinen normal.

12. Mizuno, 21 Jahre, mittelkräftig, Bergarbeiter, Grube Manda, rechte Hand, Gleichstrom, 250 Volt Spannung, Blutung aus dem Munde; Kot- und Harnentleerung; rechter Handteller und rechte Fußsohle verletzt. 21. VIII. 1906.

13. Kawano, 23 Jahre, mittelkräftig, Motorfahrer, rechte Hand, Drehstrom, 2300 Volt. Aufschrei, Absturz vom Mast. Beide Hände verletzt. 20. VII. 1906.

14. Umesaki, 21 Jahre, kräftig, Eisenbahnarbeiter, steht auf Gepäckwagendach und berührt mit Kopf 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Rechtes Scheitelbein verletzt. 5. XI. 1905.

15. Kimura, 27 Jahre, kräftig, Arbeiter. Berührt mit rechtem Fuß ein blankes Kabelende 2300 Volt im Hafen Miike, Aufschrei. Künstliche Atmung erfolglos. Rechte Fußsohle verletzt. 16. III. 1904.

16. Furukawa, 30 Jahre, kräftig, Bergarbeiter. Rechte Hand 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Miyanoura. Rechte Hand, linker Fuß verletzt. 2. VIII. 1901.

17. Tanaka, 30 Jahre, kräftig, Taglöhner. Grube Kachitate. Rechte Hand berührt 2300 Volt. Rechte Hand, linke Lende verletzt. 8. I. 1899.

18. Inonje, 30 Jahre, kräftig, Arbeiter. Rechte Hand berührt Gleichstrom, 550 Volt. Aufschrei und Absturz von Kohlenwagen des Tunnels im Hafen Miike. Beide Handteller verletzt. 27. V. 1918.

19. Yamamoto, 28 Jahre, schwächlich, Taglöhner. Rechte Hand 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos, beide Hände verletzt. 16. X. 1910.

20. Horiuchi, 27 Jahre, kräftig, Bergarbeiter. Linke Hand 2080 Volt Drehstrom. Aufschrei. Linker Oberarm und rechter Oberschenkel verletzt. 28. VII. 1917.

21. Ikeda, 21 Jahre, kräftig, Bergarbeiter. Berührt mit Kopf Drehstrom, 220 Volt, als er im Gang der Grube Tagawa sich aufrichtete; kann nur in gebeugter Stellung begangen werden. Kopfverletzung. 11. X. 1919.

22. Sakakami, 26 Jahre alt, schwächlich, Motorfahrer. Auf Betonmast stehend, erfaßt linke Hand Drehstrom, 1300 Volt. Absturz, Nasenbluten, Frakturen. Linker Handteller und Gesäß verbrannt. 6. VI. 1916.

23. Kurimura, 29 Jahre, mittelkräftig, Arbeiter. Hand berührt Lampensockel, Drehstrom, 230 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Beide Hände verletzt. Pumpenstation der Grube Tagawa. 9. V. 1918.

24. Kuto, 35 Jahre, abgemagert, Grubenarbeiter. Rechter Vorderarm, Drehstrom, 230 Volt, Aufschrei. Rechter Vorderarm verletzt. Grube Tagawa. 17. VII. 1916.

25. Maruyama, mittelkräftig, 26 Jahre, Motorfahrer, berührt mit Nacken Drehstrom, 220 Volt, in der Grube II. Am Nacken Verletzung. 14. I. 1913.

26. Shin, 27 Jahre, mittelkräftig, Arbeiter. Linke Hand Drehstrom, 2300 Volt. Linke Hand verletzt. 17. VIII. 1912.

27. Yoshimura, 35 Jahre, mittelkräftig, Motorfahrer. Linke Hand Drehstrom, 2000 Volt (Transformator in Grube I). Blutung aus Nase. Linker Zeigefinger verletzt. 2. IX. 1914.

28. Namasawa, 26 Jahre, mittelkräftig, Grubentransporteur. Berührt mit Hand Drehstrom, 220 Volt. Rechte Bauchseite verletzt.

29. Murakami, 19 Jahre, mittelkräftig. Rechte Hand berührt Glühlampenfassung, Drehstrom, 100 Volt. Grube Honto. Rechte Hand verletzt. 24. IX. 1919.

30. Suzuya, 27 Jahre, kräftig, Motorfahrer. Berührt mit Hand Drehstrom, 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Beide Hände verletzt. Grube Hondo. 14. III. 1917.

31. Takatsu, 32 Jahre, Arbeiter. Rechte Hand berührt Drehstromleiter, 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Rechte Hand, rechte Brustwand verletzt. Grube Hondo. 3. II. 1915.

32. Kodoma, 56 Jahre, Bergarbeiter. Hinterhaupt berührt Drehstrom, 2300 Volt. 30 Minuten später Beginn der künstlichen Atmung, doch ohne Erfolg. Hinterhaupt verletzt. Grube Hondo. 11. V. 1912.

33. Tokawa, 20 Jahre, Motorfahrer. Berührte Drehstrom, 2300 Volt. Künstliche Atmung erfolglos. Rechter Handteller verletzt. Grube Hondo. 8. II. 1912.

Von den 35 Todesfällen ereigneten sich 26 durch Hochspannung, zumeist Drehstrom von 2300 Volt Spannung. 9 Todesfälle sind auf Niederspannung zurückzuführen, zumeist Drehstrom von 220 Volt, einmal betrug die Niederspannung nur 100 Volt (Fall Nr. 29); der Verunglückte berührte eine elektrische Lampenfassung. Zweimal (Nr. 12, Nr. 18) war die Berührung von Gleichstrom die Todesursache; die Spannung betrug 250 und 550 Volt.

Die Verunglückten waren fast ausnahmslos Männer zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr, ein Opfer war ein 12jähriger Knabe (Fall Nr. 5) einmal war es eine Frau (Fall Nr. 4).

Die Opfer waren zumeist von kräftiger Konstitution, gesund und gut genährt, nur ausnahmsweise handelte es sich um schwächliche und schlecht genährte Individuen (Fall 4, 19, 22, 24).

In den meisten Fällen geschah die gefährliche Berührung mit einer Hand (11 Fälle mit rechter Hand, 7 Fälle mit linker Hand) oder mit beiden Händen; 5 mal war der Kopf, einmal der Nacken (Fall 25) und einmal der Bauch (Fall 28) die tödliche Berührungsstelle; 2 mal (Fall 4, 15) wurde der Elektrizitätsübergang durch den Fuß vermittelt.

Der Tod trat nach Schilderung der Unfallzeugen in den allermeisten Fällen momentan ein: die Opfer brachen lautlos zusammen, ohne weiter ein Lebenszeichen zu geben. Nur Vereinzelte sind ohne Zeugen gestorben und tot aufgefunden worden. Von 2 (Fall 18, 20) wird berichtet, daß sie aufschriem; 3 (Fall 2, 8, 15) riefen um Hilfe.

Bei 3 Opfern (Fall 8, 22, 27) trat Nasenbluten auf, bei Fall 22 ist allerdings zu berücksichtigen, daß er infolge Elektrisierung auch von einem Betonmaste abstürzte. In 1. Falle (Fall 12) trat eine Blutung aus dem Munde auf; außerdem auch noch Harn- und Kotentleerung; letzteres war auch bei Fall 7 zu konstatieren. Bei 5 Unfällen trat zu dem elektrischen Trauma noch ein solches durch Absturz hinzu (Fall 6, 13, 22).

Bei dem Motorfahrer Uyeda (Fall 11), welcher durch Berührung einer Lampenfassung (Drehstrom 220 Volt) um das Leben kam, traten allgemeine Konvulsionen auf. Weiter unten berichte ich über einen ähnlichen Unfall in Wien, dem eine Frau zum Opfer fiel. Das Gehirn und das verlängerte Mark haben wir histologisch untersucht; einige mikroskopische Bilder sind in Abb. 11, 12, 13, 14, 15 dargestellt. Auch diese verunglückte Frau hatte eine elektrische Glühlampe berührt, welche mit Wechselstrom 220 Volt Spannung gespeist wurde. Bemerkenswert ist noch der Massenunfall (Fall 6), welchem 3 Arbeiter gleichzeitig zum Opfer fielen. Abb. 1 zeigt die Situation, in welcher sich die 3 Arbeiter auf einem Holzmaste befanden.

Nahezu alle Todesopfer trugen äußerliche Verletzungen, welche den Stromein- und -austrittstellen entsprachen. Es waren dies zum Teil leichte oberflächliche Hautveränderungen und Wunden, zum Teil bis auf die Knochen und tiefer reichende Substanzverluste. Das Aussehen mancher Verletzungen war das von Verbrennungen; manche wieder zeigten einen ganz merkwürdigen pathologisch-anatomischen Charakter und stimmten mit der Beschreibung überein, welche ihnen zuerst von Jellinek gegeben wurde. Die Eigenart dieser elektrischen Hautveränderungen wurde von Jellinek seit jeher betont. Er spricht von „spezifisch elektrischen Hautveränderungen“. In einer Veröffentlichung aus dem Institut für gerichtliche Medizin in Wien beschreibt er sie folgendermaßen: „Die spezifisch elektrischen Hautveränderungen sind zumeist flache, punkt- oder streifenförmige Erhebungen der Epidermis, die daselbst ihr normales Ko'orit verloren hat und gleichweß oder graugelblich aussieht; in der Mitte einer solchen Prominenz findet sich oft eine runde oder lineare Einkerbung, deren Grund und Ränder zumeist grauschwarz verfärbt sind, in Ausnahmefällen ist der Grund dieser Einkerbung blutig tingiert. Die ganze derart veränderte Hautstelle fühlt sich ziemlich hart und derb an, die Veränderungen reichen zuweilen bis in die Cutis. Zur weiteren Charakteristik gehört

die Eigenschaft, daß jede Spur einer reaktiven Rötung der die genannte Veränderung umgebenden Haut fehlt. Es tritt eher ein schmaler weißlicher Saum hervor, der diese Stellen umfaßt. Die so veränderten Stellen, besonders wenn ihre Oberfläche trocken und ohne Wundsekretion ist, schauen gar nicht wie frische Verletzungen aus, sie haben eher das Aussehen von alten, und gleichen in Ausheilung stehenden Schnittwunden.

Eine weitere und nicht unwichtige Eigenart dieser spezifisch elektrischen Hautveränderungen ist, daß sie dem Träger keine Schmerzen bereiten, gegen Berührung und Nadelstiche unempfindlich sind. Die Schmerzlosigkeit bleibt während des ganzen Heilungsverlaufes bestehen. Der Heilungsverlauf ist schließlich dadurch ausgezeichnet, daß er sich fast ohne Eiterung und ohne Fieber —, dies auch, wenn die Substanzverluste bis Handtellergröße erreichen — vollzieht.

Die Agnosierung bietet manchmal auch für den Erfahrenen große Schwierigkeiten . . .“

Von diesen „Schwierigkeiten“ konnte ich mich bei der Untersuchung meiner Fälle in Miike überzeugen. Auch die Behandlung solcher Fälle und die Beurteilung des Todes durch Elektrizität stellt den Arzt vor ernste Aufgaben. Deshalb entschloß ich mich, nach Wien zu fahren und dort Studien anzustellen. Ich wußte, daß im Universitätsinstitute für gerichtliche Medizin in Wien elektropathologische Studien systematisch betrieben werden. Viel Studienmaterial fand ich im Elektropathologischen Museum dieses Institutes; ich hatte auch Gelegenheit, Obduktionen von elektrisch Verunglückten beizuwohnen, welche von Prof. Haberda und seinen Assistenten ausgeführt wurden. Von 4 derartigen Leichen durfte ich Hautstücke histologisch untersuchen; von 2 Leichen wurden mir Präparate aus Gehirn und verlängertem Marke zur mikroskopischen Untersuchung überlassen.

Meine histologischen Untersuchungen, welche ich im Sommer und Herbst 1920 durchgeführt habe, hatten sich 2 Aufgaben zum Ziel gesetzt: Zunächst die mikroskopische Untersuchung der spezifisch elektrischen Hautveränderung, sowohl von Toten als auch von Lebenden.

2. Die histologische Untersuchung des Zentralnervensystems und der Innenorgane überhaupt vom Menschen und von Tieren, welche durch Elektrizität getötet wurden.

Untersuchungen der Haut.

Die Hautstücke entstammten zum Teil von Leichen, zum Teil von elektrisch Verunglückten, welche auf der Hautklinik des Herrn Prof. Dr. Riehl behandelt wurden. Es waren die Leichen von dem 25 jährigen Gastwirt Franz P., der am 1. Juli 1920 verunglückt war, weiter

von Frau Marie L., welche am 21. Mai 1920 und von dem Arbeiter Eduard P., welcher am 5. VII. 1920 ums Leben kamen. In den 2 ersten Fällen war die Berührung einer elektrischen Lampe, im letzten Fall die Berührung eines elektrischen Aufzuges die Ursache des Todes. Die 2 elektrischen Lampen brannten mit 220 Volt Spannung (Wechselstrom), der Aufzug wurde mit 220 Volt Drehstrom betrieben. Alle 3 Opfer hatten an ihren Fingern spezifisch elektrische Hautveränderungen, die von den Obduzenten auch sofort erkannt wurden.

Die genauere Lokalisation und Beschaffenheit einer dieser Hautveränderungen ist aus dem folgenden Obduktionsprotokoll erkenntlich.

Sektionsprotokoll

aufgenommen vom Landgericht in Strafsachen, Wien, am 2. Juli 1920.

Gegenstand ist die gerichtliche Beschau und Eröffnung der Leiche des Peitl Karl.

a) Äußerlich.

1. Männliche Leiche, $170\frac{1}{2}$ cm lang, kräftig gebaut, muskelstark, gut gehärt, die Haut vorn blaß, am Rücken und den Seitenteilen mit äußerst reichlichen, z. T. rot, z. T. blauvioletten Totenflecken; Glieder totenstarr.

2. Gesicht leicht livid verfärbt, besonders an der Stirne und um die Augen herum, die Augenbindehaut blutreich, ohne Blutungen, Mund und Nase frei, das Gebiß kräftig.

3. Hals kurz, Brustkorb gut gewölbt, mäßig behaart, der Bauch im Niveau der Brust, das Glied kräftig.

4. In der linken Hohlhand liegt über dem Köpfchen des II. Mittelhandknochens eine erbsengroße, weiße, derbe, im Zentrum gedellte Erhabenheit von kreisrunder Form. Über der Beugefläche des Grundgliedes des linken Mittelfingers eine ebenso beschaffene, jedoch elliptisch geformte weizenkorngroße Hautveränderung. Die Umgebung dieser Hautveränderungen zeigt nichts Auffallendes. Im Unterhautzellgewebe unter diesen Hautveränderungen keinerlei Befund zu erheben. An der rechten Hand nichts Auffallendes.

5. In der linken Fußsohle liegt am Kleinzehenrande in der Mitte zwischen Ferse und kleiner Zehe eine kaum erbsengroße, weißliche, ganz flache Erhabenheit, in deren Bereiche die obersten Schichten der Oberhaut leicht abgelöst sind. Die Umgebung und das darunterliegende Gewebe unverändert.

b) Innerlich.

6. Schädeldecken sehr blutreich. Schädeldach länglich eiförmig, von mittlerer Dicke, kompakt, die harte Hirnhaut glatt und glänzend, in ihren Blutleitern massenhaft flüssiges Blut; die weiche zart und durchsichtig, sehr blutreich; das Gehirn weich, sehr stark durchfeuchtet, sehr blutreich, die Kammern eng, Auskleidung glatt, Schlagadern am Hirngrunde zart, Gehirn ohne auffallenden Befund.

7. Unterhautfettgewebe sehr reichlich entwickelt, Bauchdeckenfett $2\frac{1}{2}$ cm dick.

8. Mundhöhle und Rachen enthalten reichlich Schaum, die Schleimhaut sehr blutreich. Die Gaumenmandeln groß, aus ihnen Eiterpfröpfe auszudrücken.

9. Schilddrüse entsprechend groß, feingekörnt, sehr blutreich.

10. Die Lungen mäßig groß, an den Rändern leicht geblätzt, in den vorderen Partien blaß, in den rückwärtigen Partien dunkler gefärbt, in den Zwischenlappenspalten reichlich punkt- und streifenförmige Blutungen. Auf dem Durchschnitte

sind die Lungen allenthalben lufthaltig, äußerst blutreich und sehr stark durchfeuchtet, so daß die schaumige Flüssigkeit besonders von der Schnittfläche der linken Lunge geradezu abschießt.

11. Im vorderen Mittelfellraum ein nicht unansehnlicher Rest der Brieseldrüse (17 g).

12. Das Herz größer, schlaff, enthält sehr reichlich flüssiges Blut, die zwei-zipflige Klappe schlufffähig, zart, die Aorta zart, dünnwandig, mißt über den Klappen 6 cm, im Bogen 5 cm, die Herzkratzgefäße zart, der Herzmuskel rotbraun, morsch, zerreiblich, im rechten und linken Kammerabschnitt dicker, beide Kammern auch weiter, namentlich die linke, deren Fleischbalken deutlich abgeflacht und deren Innenauskleidung weißlich verdickt ist.

13. Die Leber größer, stärker gewölbt, Konsistenz vermehrt, die Schnittfläche dunkelrotbraun, mit deutlicher Stauungszeichnung, Blutgehalt sehr reichlich.

14. Die Milz beträchtlich größer, mißt $14\frac{1}{2} : 10\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$, gekerbt, Kapsel gerunzelt, auf der Schnittfläche die Follikel sichtbar, von derselben nur Blut abzustreifen.

15. Die Nebennieren gewöhnlich.

16. Die Nieren etwas größer, stärker gewölbt, Konsistenz vermehrt, Oberfläche glatt. Kapsel abziehbar, die Schnittfläche mit erhaltener Zeichnung, sehr blutreich.

17. Die Harnblase leer, Schleimhaut blaß.

18. Im Magen zwei Faustvoll Speisebreis (Fleischbröckel, Kartoffel); Schleimhaut sehr blutreich.

19. Im Dünndarm breiiger Inhalt in reichlicher Menge, Schleimhaut blutreich.

20. Im Dickdarm reichlich ungeformter Kot von grünbrauner Farbe, Schleimhaut blaß.

21. Bauchspeicheldrüse mäßig blutreich, zeigt deutlich lappigen Bau.

Auf der Hautklinik des Herrn Prof. Riehl waren 2 Kranke, von welchen einer durch Hochspannung 5000 Volt Drehstrom und der andere durch 500 Volt Gleichstrom verunglückt waren. Das Aussehen der spezifisch elektrischen Hautveränderungen dieser Kranken war dasselbe wie bei den Leichen. Die makroskopische Untersuchung ließ keinen Unterschied erkennen trotz der Verschiedenheit der Stromspannung (die Leichen rührten von Niederspannungsunfällen her) und trotz Verschiedenheit der Stromart (Wechselstrom, Drehstrom und Gleichstrom). Von beiden Kranken der Klinik wurden mir kleine Hautstücke aus dem Bereiche der erwähnten Veränderungen zur Verfügung gestellt.

Kurzer Auszug aus den beiden Krankengeschichten:

1. Der Dynamowärter G. war am 18. Juli 1920 mit Reinigungsarbeiten im Hochspannungsraum beschäftigt. Er stand hoch oben auf einer Leiter und wollte mit seiner rechten Hand hinter einem Transformator (Drehstrom 5000 Volt Spannung, 48 Perioden) Staub wegwischen. Er berührte mit den Fingern der rechten Hand einen blanken Metallteil des Transformatoren und stürzte ab. Er kam angeblich gleich zu sich, wußte aber nichts Näheres über den Unfall anzugeben. Die Rettungsgesellschaft brachte ihn wegen der ausgedehnten Hautverletzungen an beiden Vorderarmen an die Klinik Riehl. Die Fingerbeeren der letzten 3 Finger der rechten Hand trugen „spezifisch elektrische Hautveränderungen“. Die Beugeseite des rechten Vorderarms trägt stellenweise Hautverbrennungen, stellenweise

spezifisch elektrische Hautveränderungen. Der linke Vorderarm ist von ausgedehnten Brandwunden bedeckt.

Aus der Fingerbeere des 4. Fingers der rechten Hand wird ein Hautstück mit einer spezifisch elektrischen Hautveränderung herausgeschnitten. Die histologische Untersuchung dieses Hautstückes, welches in der üblichen Weise präpariert wurde, wurde im gerichtlichen Institut durchgeführt.

2. Elektriker Ferdinand T. verunglückte am 5. August 1920 in einer elektrischen Unterstation. Er saß rittlings auf einer Eisentraverse, um in eine Marmortafel ein Loch zu bohren. Aus unbekannter Ursache geriet er plötzlich mit seinem Kopf zwischen 2 blanke Sammelschienen der Hochspannungsanlage, welche beinahe $\frac{1}{2}$ Meter höher als sein Kopf angebracht waren. Er wurde bewußtlos, blieb ohne Puls und Atmung und wurde durch Geistesgegenwart des Stationsmeisters gerettet: nach Ausschaltung wurde augenblicklich künstliche Atmung eingeleitet. Auf der linken Schulterhöhe und über dem rechten Schulterblatt waren ausgedehnte brandwundenartige Verletzungen. Die Haut des Schädel's, und zwar auf Scheitelhöhe, trug eine zum Teil lineare Verletzung mit tiefer Einkerbung. Die spaltförmige Wunde erschien trocken, ihre Ränder und die nächste Umgebung graugelb verfärbt, die Haare daselbst weder verbrannt noch versengt, die ganze Stelle schmerzlos und gegen Nadelstiche unempfindlich.

Ein kleines Stückchen dieser beschriebenen Hautwunde wurde behufs Untersuchung excidiert.

Der weitere Verlauf dieser Hautwunde zeigte das von Jellinek öfters beschriebene Verhalten: während der konservativen Behandlung nimmt die Verletzung an Ausdehnung zu; aus einer linearen Wunde wird eine breite, flächenhafte; die umgebende Haut, welche scheinbar durch die Stromwirkung unverändert geblieben war, ist schollig zerfallen und hat sich abgestoßen. Der große Substanzverlust geht mit spärlicher Wundsekretion einher, er bedeckt sich mit sehr üppigen Granulationen, welche reich vascularisiert sind. In 3—4 Wochen ist die Wunde geschlossen. Die Narbe ist weich, gefäßreich und zeigt keine Neigung zur Schrumpfung, stellenweise behaart. Die Wunde hat dem Kranken während des Heilungsverlaufes keine Schmerzen bereitet. Die Heilung der anderen Verletzungen, welche durch den elektrischen Lichtbogen entstanden sind, haben den Charakter von Brandwunden aller 3 Grade; sie heilten nach Wochen ab. Der Kranke wurde als genesen und voll erwerbsfähig von der Klinik entlassen.

Außer diesen Kranken sah ich noch einen Patienten der Unfallstation der Klinik Prof. Dr. Hochenegg.

3. Der Zuckerbäckergehilfe Paul E., 25 Jahre, verunglückte durch 600 Volt Gleichstrom, den Betriebssstrom der Wiener städtischen Straßenbahn. Als er um $\frac{1}{2}$ 11 Uhr nachts am 4. Juli 1920 mit der letzten elektrischen Straßenbahn fahren wollte, fand er wegen Überfüllung keinen Platz. Er stieg auf die Eisenpuffer des Beiwagens und erfaßte mit den Händen die Eisenarmatur, an welcher die Laterne befestigt war. Durch Isolationsfehler stand die Armatur unter Spannung, er wurde elektrisiert, wurde bewußtlos und stürzte ab. Die Volarseite seiner beiden Hände zeigt graugelbe Flecken der Oberhaut, welche als Beispiel einer „spezifisch elektrischen Hautveränderung“ gelten kann. Auf Abb. 2 sind die Originalbilder reproduziert, welche vom akademischen Maler Heu am 8. Juli angefertigt wurden. Trotzdem die Veränderungen bereits den 4. Tag bestehen, sind sie in ihrem Aussehen unverändert.

Alle Hautstücke, welche von Lebenden oder Toten herrührten, wurden nach derselben Methode behandelt. Als Fixierungsflüssigkeit diente teils Formalin (10%), teils konzentrierter Alkohol. Außer Paraf-



Abb. 2. Spezifisch elektrische Hautveränderungen (Strommarken).

finschnitten wurden auch Gefrierschnitte untersucht. Angewendet wurde Lithium-Carmin und Gram-Färbung.

Die mikroskopischen Befunde der von mir untersuchten Präparate



Abb. 3. Unfall Carl P. Hautstück der Hohlhand. Spezifisch elektrische Hautveränderung (Strommarke),

zeichnen sich durch große Ähnlichkeit, fast durch volle Übereinstimmung aus. Die strukturellen Verhältnisse waren einander sehr ähnlich; so stammt z. B. das Bild Abb. 3, 4 von der Strommarke zweier Leichen, das Bild Abb. 5 von der Strommarke eines Lebenden. Die beiden

Bilder zeigen, daß die Hornschichte, der makroskopisch sichtbaren Delle entsprechend, auffällig verschmälert ist; in der Nachbarschaft ist dieselbe Schicht der Oberhaut 2 und 3 mal so breit. Diese Schicht der Oberhaut ist nicht bloß verschmälert und zusammengepreßt, sie ist noch anders verändert: man erkennt daselbst keine Struktur, alles ist homogenisiert. Die umgebende Schicht aber läßt deutlich den Zellaufbau erkennen. Die Färbbarkeit dieser zusammengepreßten Stelle der Epidermis ist erhalten, sie ist sogar deutlicher ausgesprochen als in der Nachbarschaft. Nirgends zeigt die Oberhaut Zeichen

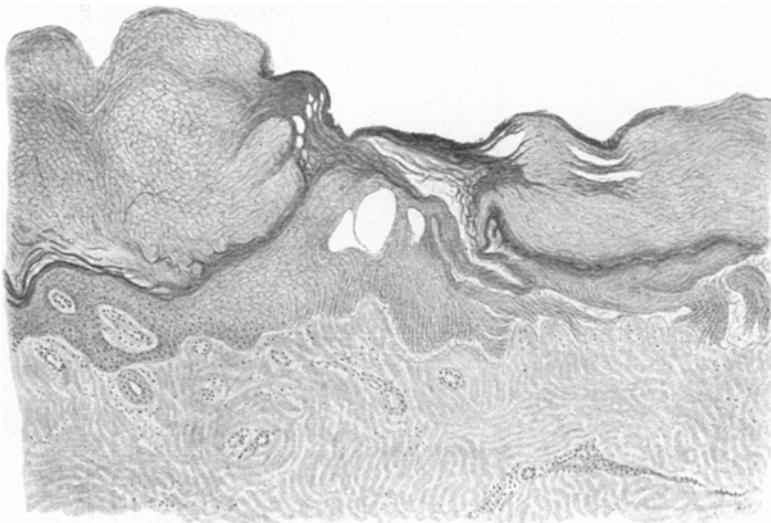


Abb. 4.

von Verkohlung. Unterhalb der veränderten Epidermis ist Höhlenbildung vorhanden. Die Höhlen sind stellenweise in kleinere Fächer geteilt. Die Papillen der Lederhaut sind im Bereiche der zusammengepreßten Schichte der Oberhaut zumeist abgeplattet; ihre Färbbarkeit ist unverändert. Cutis und Subcutis zeigen sonst keine Veränderungen.

Der mikroskopische Befund zeigte, daß die von mir untersuchten „Strommarken“ mit Brandwunden nichts gemein haben; sie zeigten ferner, daß sie eine ganz eigenartige Beschaffenheit besitzen, wie man sie unter den Bildern der Hautpathologie vergebens suchen würde. Mit Rücksicht auf diesen neuen und überraschenden Befund und mit Rücksicht auf die Bedeutung der Frage habe ich die Präparate Herrn Hofrat Prof. Dr. Riehl, Vorstand der Klinik für Hautkrankheiten, zur Begutachtung vorgelegt. Herr Hofrat Riehl hat in freundlicher Weise die Präparate untersucht. Er hat den von mir erhobenen Befund

bestätigt und mich außerdem auf eine auffällige Erscheinung aufmerksam gemacht: die Basalzellen des Rete Malpighii waren zu langen Fäden ausgezogen, parallel und büschelförmig angeordnet, wie es in Abb. 6 dargestellt ist. Die von mir als zusammengepreßt benannte Schicht der Oberhaut bezeichnete Hofrat Riehl als „zusammengesintert“.

Herr Hofrat Riehl¹⁾ erklärte weiter für wünschenswert, zu versuchen, solche Strommarken bei Tieren experimentell zu erzeugen. Ich habe derartige Versuche im Laboratorium der Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien ausgeführt. Das Ergebnis war ein günstiges. Es gelang, an der Sohlenhaut von jungen Meerschweinchen Strommarken zu erzeugen. Die histologische Beschaffenheit zeigt große Ähnlichkeit mit den menschlichen Strommarken (vgl. Abb. 7); auch hier sind die Basalzellen des Rete Malpighii zu Fäden ausgezogen.

Die Versuche wurden am 18. Oktober 1920 ausgeführt. Die Sohlenhaut des einen jungen Meerschweinchens wurde der Gleichstromwirkung, die Haut des anderen der Wechselstromwirkung ausgesetzt. Die Tiere wurden vorher chloroformiert. Die Versuchsanordnung wurde derart gewählt, daß zwei Pfoten des Versuchstieres in je eine federnde Kupferklemme eingepreßt wurden. Die Kupferklemme war blank und hatte 1 cm breite Berührungsbacken. Die Zuleitungsdrähte wurden mit Schrauben befestigt.

Da ich nicht bloß flächenhafte Berührung, sondern auch lineare erzielen wollte, wurde auf eine Backe resp. Platte einer Kupferklemme ein blanker Stahldraht aufgelötet; die Umgebung der Lötstelle mit Lack abisoliert. Dieses aufgelötete Drahtstück wurde an die Sohlenfläche der Pfote angepreßt, um den

¹⁾ Ich bin Herrn Hofrat Professor Riehl zu besonderem Dank verpflichtet für die sehr große Mühe und für das Interesse, welches er dem Studium der „Strommarken“ entgegenbrachte. Dank seinem Entgegenkommen war es mir gestattet, in der Dermatologischen Gesellschaft in Wien am 11. November 1920 über diese meine wissenschaftliche Arbeit zu sprechen.



Abb. 5. Spezifisch elektrische Hautveränderung.

Elektrizitätsübergang in dieser Linie zu bewerkstelligen. Es kam zunächst Gleichstrom von 100 Volt Spannung zur Einwirkung, welcher stufenweise um je 100 Volt bis 500 Volt anstieg. Die Stromdauer einer jeden Einwirkung dieser 5 Stufen betrug 10 Sekunden. Die Sohlenhaut blieb erst unverändert trocken, dann wurde sie mit Wasser befeuchtet, schließlich mit einer dünnen Lösung calcinierter Soda



Abb. 6. (Linke Hälfte von Abb. 3, stark vergrößert). Unfall Carl P. Hautstück der Hohlhand.

eingerieben. Trotz sorgfältigster Versuchsanordnung gelang es zunächst nicht, irgendwelche Veränderungen in der Sohlenhaut zu erzeugen, welche mit freiem Auge sichtbar waren. Ich veränderte nun den Elektrizitätsübergang in der Weise, daß ich die Pfoten aus den stark federnden und zusammenpressenden Kupferklemmen befreite; ich wählte statt des pressenden und ganz unverschieblichen Kontaktes eine leichte und oberflächliche Berührung; diese Berührung vermittelte auch die Einschaltung, d. i. den Schluß des Stromkreises. Erst bei dieser Berührungsart bildeten sich allerkleinste grauweiße Verfärbungen der Sohlenhaut.

Bei manchen dieser Berührungen kam es auch zur Funkenbildung. Nachdem das Tier getötet worden war, wurde die so veränderte Pfote amputiert und in Alkohol gelegt. Als die Pfote nach 48 Stunden aus dem Alkohol genommen wurde, waren die grauweisen und graugelben Hautflecken nur dadurch kenntlich, daß an ihre Stellen allerkleinste Grübchen getreten waren.

Beim zweiten Versuchstier wurde Wechselstrom angewendet. Es wurde dieselbe Versuchsanordnung gewählt wie bei Gleichstrom. Auch bei diesen Versuchen gelang es, durch oberflächliche Berührung (und nicht durch Anpressen der Elektrode) eine Veränderung an der Sohlenhaut zu erzielen. Bei Einwirkung von 250 Volt Wechselstrom bildeten sich auf der Sohlenhaut drei rundliche, in

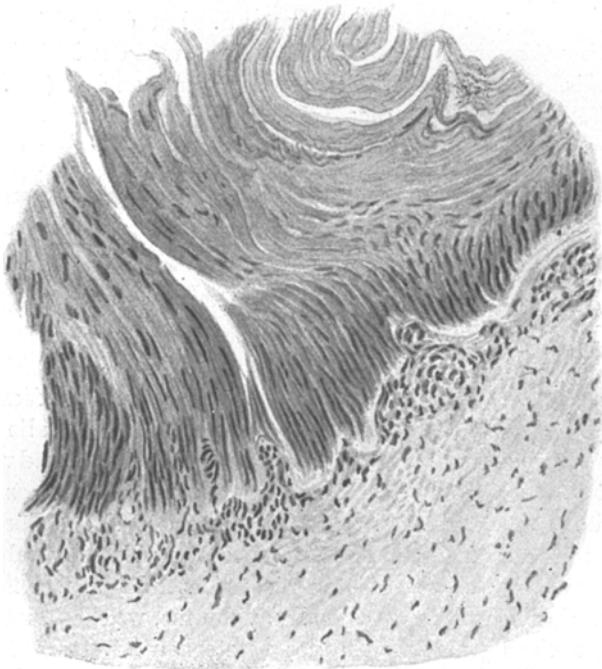


Abb. 7. Meerschweinchenspote, Oberhaut. Experimentell erzeugte „Strommarken“.

einer Linie stehende hanfkorngrößen Dellen; ihr Aussehen ist kaum verschieden von dem der umgebenden Haut. Bei Einwirkung von 300 Volt Wechselstrom bildet sich ein rundlicher, graugelb gefärbter Fleck, er hat in der Mitte eine Delle und besitzt die Größe eines Hirsekorns. Diese Veränderung war der in der menschlichen Haut auftretenden elektrischen Verletzung noch am meisten ähnlich. Auch diese Pfote wurde in Alkohol getan und der Klinik Riehl übergeben.

Die von mir mitgeteilten Hautveränderungen beanspruchen in mehrfacher Hinsicht unser Interesse: Zunächst deshalb, weil sie histologische Bilder darbieten, die unter den Bildern der Histopathologie der Haut keine Analogie haben. Sowohl die „Sinterung der Oberhaut“, als auch die Umwandlung der Basalzellen des Rete Malpighii zu fadenförmigen Gebilden stellen eine überraschende Eigenart dar. Schon diese merkwürdige Morpho-

logie lehrt uns, daß die Ursache dieser Umwandlungen und Veränderungen eine besondere und ungewöhnliche sein muß; die bisher bekannten Noxen der Pathologie, z. B. Hitze, Infektion, Intoxikation usw. haben niemals zu ähnlichen Veränderungen der Haut Anlaß gegeben. Meine histologischen Untersuchungsergebnisse stehen im Einklang mit der von Jellinek seit jeher vertretenen Auffassung, daß diese Hautverletzungen keine Brandwunden sind; keines der von mir untersuchten Präparate gibt Veränderungen zu erkennen, wie man sie bei Brandwunden findet, wir haben es vielmehr mit durchaus neuen histopathologischen Bildern (vgl. Abb. 3, 6, 7) zu tun. Mit dieser histologischen Eigenart stimmt auch der klinische Charakter und der Heilungsverlauf überein; er ist durchaus verschieden von Brandwunden (vgl. Abb. 2). Dieses auffällige Verhalten dieser Hautverletzungen wurde neuerlich von Jellinek im Jahre 1918 in einer besonderen aus der Klinik Wenckebach hervorgegangenen Arbeit: „Die Eigenart der elektrischen Verletzung und ihre ärztliche Wertung“¹⁾ klargelegt. Jellinek unterscheidet:

1. Echte elektrische Verletzungen, die sog. „spezifisch elektrischen Hautveränderungen“ („Strommarken“).
2. Verbrennungen.
3. Mischformen dieser beiden.

Es ist auffallend, daß in der medizinischen Literatur diese genaue Unterscheidung nicht gemacht wird, im Gegenteil fast alle Autoren sprechen nur von elektrischen Verbrennungen und Brandwunden. So schreibt z. B. G. Corin²⁾ anlässlich der Besprechung eines ausführlichen Obduktionsprotokolles: „Die Diagnose des Todes durch Elektrizität ist sehr schwierig; außer Anamnese und Brandwunden bietet der Kadaver eines elektrisch Toten nichts Besonderes, was ihn unterscheiden würde vom Kadaver eines Individuums, welches durch irgend eine Ursache eines plötzlichen Todes verstorben ist.“ Corin spricht ausführlich von den „Lésions de brûlure produites par l'entrée du courant dans la peau“ und meint, daß diese Brandwunden keinen besonderen Charakter aufweisen. (Les lésions de brûlure constatées chez les électrocutés ne présentent aucun caractère . . .“) J. A. Jex-Blake³⁾, welcher im Jahre 1913 im Royal college of physician of London ein Sammelreferat über den damaligen Stand der Elektropathologie erstattete, spricht ebenfalls nur von Brandwunden. Er erwähnt nur Verbrennungen größerer oder kleinerer Ausdehnung an den Stromein-

¹⁾ Wiener klin. Wochenschr. 1918, Heft 45.

²⁾ Mort par électrocution ou syncope? Extrait des Annales de la Société de Médecine légale de Belgique 1908.

³⁾ Death by electric currents and by lightning. Brit. med. journ., März 1913. The Goulstonian lectures für 1913 delivered before the Royal college of physicians of London.

oder -austrittstellen. Jex-Blake schreibt: „In the first place, burns of greater or less superficial extent, are generally seen at the points, where the electric current has entered and left the body.“ Er betont, daß diese Brandwunden sorgfältig studiert wurden von Sheild and Delepine¹⁾ und von Mally²⁾. Alle sprechen nur von Brandwunden, so auch J. Rodet³⁾ in seiner in Paris 1917 erschienenen Monographie in Kap. 6 von „Brûlures“.

C. W. G. Miere met⁴⁾, Prosektor der pathologischen Anatomie an der Reichsuniversität Groningen, war der erste, welcher die von Jellinek betonte Eigenart der elektrischen Verletzungen zur Kenntnis nahm; er ging auch daran, die Verhältnisse mikroskopisch zu erforschen. Miere met hat sehr mühevolle histologische Untersuchungen ausgeführt und festgestellt, daß die histologischen Veränderungen sehr merkwürdige sind. Er beschreibt sie folgendermaßen: „Die Haut am linken Mittelfinger zeigt eine teilweise braunschwarze Veränderung der Hornlage und der Epidermiszellen, die nicht mehr als solche abgegrenzt zu erkennen sind, sondern ein mehr homogenes Bild mit einer Vertiefung darbieten. An einzelnen Stellen ist die Oberhaut von der Lederhaut abgehoben, die die gewöhnliche Struktur weniger gut erkennen läßt. Der Bindegewebezwischenstoff färbt sich wohl stark, aber nicht in der gewohnten Farbe, wie zu erwarten ist. Die rote Farbe ist hier viel dunkler als normal und die kollagenen Bündel sehen zusammengeklebt aus“ . . . „Es ist merkwürdig, daß nirgends von Schriftstellern, die das Vorkommen dieser eigenartigen Hautveränderungen melden, über die histologischen Kennzeichen dieser Flecken gesprochen wird. Selbst Jellinek, der als erster auf das Vorkommen dieser pathologischen Bilder hingewiesen hat und auf die charakteristische Bedeutung, die sie für die Einwirkung des elektrischen Stromes besitzen, die Aufmerksamkeit lenkte, sagt ausdrücklich, daß er durch besondere Umstände nie zu einer mikroskopischen Untersuchung gekommen ist.“

Die von Miere met untersuchten Hautstücke stammten von einem Mann, der durch Berührung von Wechselstrom 220 Volt Spannung (50 Perioden) getötet wurde.

Miere met erkannte wohl, daß die Histopathologie der elektrischen Hautverletzungen ein eigenartiges Bild darbietet, er spricht aber doch auch noch von „eigenartiger Hautverbrennung“ („eigenaardige huidverbranding“).

¹⁾ Brit. med. journ. **1**, 531. 1885.

²⁾ Rev. de chir. Paris **21**, 321. 1900.

³⁾ Actions physiologiques et dangers de courants électriques. Paris, Gauthier-Villars & Co., 1917.

⁴⁾ Over den dood veroorzaakt door electriciteit, en de histopathologie van een dardoor verwekte eigenaardige hindverbranding. Ned. Tijdschr. v. Geneesk. 1917, Tweede Helft, Nr. 22.

Miere met war nahe daran, die Histopathologie der „spezifisch elektrischen Hautveränderungen“ zu finden; es ist ihm nicht ganz gelückt, weil ihm wahrscheinlich kein geeignetes Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand. In Wien ereigneten sich während meiner Anwesenheit mehrere elektrische Unfälle, welche eine Auswahl des Untersuchungsmaterials gestatteten.

Meine histologischen Befunde stellen den Anfang einer Untersuchungsreihe dar, welche gewiß diesen Veränderungen gewidmet werden wird. Die Erforschung der Beschaffenheit dieser Hautveränderungen hat aber auch noch ein anderes Interesse: sie könnten vielleicht als Wegweiser dienen zur Beurteilung und Erkennung von Veränderungen in Innenorganen. Wie ich weiter unten auseinandersetzen werde, gibt es auch histologische Veränderungen in den Innenorganen von Menschen und Tieren, welche durch Elektrizität getötet wurden.

Die von mir erhobene Histopathologie der spezifisch elektrischen Hautveränderungen wird gewiß nachgeprüft werden; sie wird dadurch praktische Bedeutung gewinnen, d. i. pathognostischen Wert für Erkennung der Todesursache. Die Kenntnis der spezifisch elektrischen Hautveränderungen ist im Institut für gerichtliche Medizin in Wien derart begründet, daß die Todesursache schon nach dem makroskopischen Befund allein sichergestellt wird; es war dies auch bei den drei Obduktionen der Fall, denen ich im Institut anwohnte. Die histologische Untersuchung hat aber auch da einen doppelten Wert: sie dient 1. als willkommene Bestätigung des makroskopischen Befundes; 2. dürfte der mikroskopische Befund Sicherheit bieten dort, wo der grob anatomische Charakter der Hautveränderung undeutlich ist.

Was die Erklärung der Entstehungsweise dieser Veränderungen anlangt, so muß ich zunächst auf die Theorie von Jellinek verweisen. Jellinek steht auf dem Standpunkt, daß die „spezifisch elektrischen Hautveränderungen“ als Nachwirkung des Durchtrittes von Elektrizität in einem Leiter zweiter Ordnung anzusehen sind. Die menschliche Haut vermag Elektrizität zu leiten, aber nur unter Überwindung eines großen Übergangswiderstandes, während innerhalb des Körpers der Widerstand nur ein relativ minimaler ist. Die Überwindung dieses großen Leitungswiderstandes in der Haut, also nur an Eintrittsstelle und Austrittsstelle kommt in der Entwicklung Joulescher Wärme zur Geltung, welche bei genügender Stromstärke (Joulesches Gesetz $I^2 \cdot W \cdot t$) eine so intensive ist, daß sofortige Abtötung des Hautoptik gewebes eintritt.

Miere met glaubt, daß außer der Jouleschen Wärme noch ein anderer Faktor zu erwägen ist; er meint die Elektrolyse, die der Strom bewirken kann. Miere met betont aber selbst, daß die elektro-

lytische Wirkung nur durch Gleichstrom, nicht aber durch Wechselstrom verursacht werden soll. Auch in dem von ihm untersuchten Falle waren die Hautveränderungen nicht durch Gleichstrom, sondern durch Wechselstrom entstanden. Miere met sagt: „Weil wir es in meinem Falle mit Wechselstrom zu tun hatten, so können wir zur Erklärung der histologischen Veränderungen die Elektrolyse nicht zu Hilfe rufen, und es muß uns genügen anzunehmen, daß sich durch die Wärme, welche innerhalb der Haut beim Passieren des Stromes gebildet wird, ein koagulierender Prozeß entwickeln kann; demzufolge finden wir auch im mikroskopischen Präparat eine Schwellung der kollagenen Fasern und eine verminderte Verdichtung des Bindegewebes. Ob hier die besondere Art allein, wie die Wärme entsteht, zur Erklärung genügt, mag unentschieden bleiben. Möglicherweise werden spätere Untersuchungen sagen können, inwiefern hier noch andere Faktoren im Spiele sind.“ Roll¹⁾ erwähnt bei den Untersuchungen Miere mets, daß nach einer mündlichen Mitteilung Koliskos die Nekrose — er meint die Jellineksche Strommarke — auch später, z. B. im Laufe des nächsten Tages, auftreten kann, was gegen einen elektrolytischen Ursprung und für Gefäßeinflüsse sprechen dürfte.

Durch Jellineks Theorie von der inneren Calorienentwicklung vermag wohl ein Teil der Erscheinungen erklärt zu werden. Betrachtet man aber die Veränderung der Basalzellen des Rete Malpighii, die zu langen Fäden ausgezogen sind und vielfach parallel laufen, so denkt man noch an andere Faktoren: außer der Jouleschen Wärme und außer der Elektrolyse dürften noch rein elektrische Kräfte eine Rolle spielen, nebstdem aber auch noch mechanistische Einwirkungen als Umwandlungsformen der elektrischen Energie. Jede einzelne der Zellen hat ihren ursprünglichen Charakter verloren und zeigt eine vollkommen veränderte Struktur; jede einzelne Zelle scheint zum Angriffspunkt geworden zu sein für die elektrischen Kraftlinien oder für corpusculäre Elemente der Elektrizität. Die strahlenförmige Verteilung der mikroskopischen Veränderungen um einen Zentralpunkt der Oberhaut erweckt den Eindruck, daß die Energiewirkung sich in kegelförmigem Felde vollzieht. Die elektrischen Kräfte gleichen dem Strahlenkegel einer Konvexlinse; die Oberfläche der Oberhaut ist der Brennpunkt, von welchem die Strahlen auseinandergehen und in die Tiefe der Haut eindringen. Die oberflächlichen Hautschichten, d. i. die der Epidermis, werden von den meisten Strahlen getroffen, die tieferen Schichten werden weniger Strahlen aufzunehmen haben. Es werden aber umfangreichere Gebiete von den Strahlen getroffen, weil der Gang der Strahlen immer mehr auseinanderweicht.

¹⁾ Roll, Lehrbuch der gerichtl. Medizin (Holländisch), I. Bd., 2. Aufl., Bemerkung auf S. 403.

Unterhalb der Haut ist der elektrische Leitungswiderstand außerordentlich gering; deshalb werden die Kräfte des Strahlenkegels sofort den ganzen Raum und den ganzen Querschnitt einnehmen; den Raum, der sich ihnen unterhalb der Haut bietet. Die Veränderungen der Oberhaut und der Lederhaut stimmen überein mit dem geschilderten Strahlengang: im Brennpunkt schneiden sich alle Strahlen, dort ist auch die Wirkung am stärksten. Der Brennpunkt liegt an der Oberfläche der Epidermis, dort ist auch die stärkste Wirkung schon makroskopisch durch eine Delle gekennzeichnet. Im mikroskopischen Bilde ist die „Zusammensinterung“ der Epidermiszellen an dieser Stelle am meisten ausgesprochen. Die Homogenisierung dieser Stelle der Oberhaut nimmt derart ab, als die Entfernung vom Zentralpunkt (Delle) wächst. Das Rete Malpighii und die Lederhaut liegen weiter vom Brennpunkt des Strahlenganges, sie werden deshalb im größeren Umfange von Strahlen getroffen. Die mikroskopischen Veränderungen in diesen Teilen der Haut reichen weiter hinaus als die der Oberhaut.

Die unterhalb der Haut gelegenen Gebilde, d. i. Unterhautzellgewebe usw., geben keine histologische Veränderung zu erkennen; dies ist wohl damit zu erklären, daß sich daselbst der Strahlenkegel in lauter parallele Kraftlinien auflöst; die Gewebe unterhalb der Haut haben ein sehr gutes Leistungsvermögen. Die parallele Anordnung der zu Fäden ausgezogenen Basalzellen scheint geradezu den Durchgang zu zeigen, den der Strom in diesen Gebilden genommen hat.

Die von mir untersuchten Hautstücke stammen von Menschen, welche durch die Elektrisierung augenblicklich starben; es blieb mithin keine Zeit für Reaktionen, welche zu den beschriebenen Hautveränderungen Anlaß geben konnten. Auf jeden Fall verdient noch folgender Umstand Beachtung: die tierexperimentell erzeugten Hautveränderungen stimmen im strukturellen Verhalten mit den menschlichen Strommarken überein. Auch die Versuchstiere sind sogleich getötet worden; es war keine Zeit für die Entwicklung anderer Vorgänge geblieben; auch bei den histologischen Veränderungen der tierexperimentellen Strommarken ist die parallele Anordnung der zu Fäden ausgezogenen Retezellen auffallend. Professor Riehl ist der Meinung, daß alle diese Erscheinungen als Folge des Durchtrittes der Elektrizität durch die Haut direkt entstanden sind. Er meint, daß sich die mechanistische Leistung des Stromes in der Hornzellschicht in Form einer Kompression äußert, während sie bei Durchtritt durch die im lebenden Zustande zäh flüssige Keimschicht eine mechanische Ausdehnung in der Richtung des Stromes zustande bringt (Elektronenwirkung). Die Hohlräume erklärt Riehl mit elektrolytischer Zerstörung der Eiweißmassen, mit Gasentwicklung elektrolytischen Ursprungs.

Alles in allem nimmt die „spezifisch elektrische Hautveränderung“ oder auch „Strommarke“ eine Sonderstellung in der Pathologie ein; nicht nur durch ihre Genese und ihr klinisches Verhalten, sondern auch durch ihre histologische Beschaffenheit. Schon das grob anatomische Aussehen dieser Hautveränderungen wurde von der Wiener Schule als charakteristisch für elektrische Entstehungsweise bezeichnet; nach meinen histologischen und tierexperimentellen Untersuchungen darf auch der mikroskopische Befund als pathognostisch bezeichnet werden.

Untersuchungen der Innenorgane.

Meine Untersuchungen beziehen sich zunächst auf das Zentralnervensystem von 2 Menschen, welche durch Berührung von 220 Volt Wechselstrom (48 Perioden) getötet wurden. Beide Opfer hatten elektrische Lampen berührt. Der Tod soll wenige Minuten darauf eingetreten sein. Kunstgerechte Hilfeleistung wurde nicht ausgeführt. Der Obduktion der Leichen habe ich angewohnt und die Untersuchungsstücke aus Gehirn und verlängertem Mark entgegengenommen. Die mir zur Verfügung gestellten Untersuchungsstücke habe ich in 10 proz. Formalin fixiert, dann in der gewöhnlichen Weise gehärtet und gefärbt.

Das dritte menschliche Untersuchungsobjekt waren Schnitte aus dem Herzen eines 18jährigen Elektrikers. Dieser Mann ist durch unvorsichtige Berührung von Isolationsprüfern getötet worden. Die Spannung betrug 1000 Volt Wechselstrom.

Außer diesen menschlichen Organen habe ich die Innenorgane eines Meerschweinchens und einer Maus histologisch untersucht.

Es gelang diese Tiere momentan zu töten. Auf die Plötzlichkeit des Todes wurde besonderes Gewicht gelegt; es sollte dadurch jedes Zeitminimum für reaktive Veränderungen ausgeschaltet werden. Zur Einwirkung kam Wechselstrom 105 Volt Spannung (48 Perioden); die Elektroden wurden in Rachen und Rectum appliziert. Die Versuche wurden ausgeführt im August 1920 in der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien. Die toten Versuchstiere wurden sogleich in Formalin gelegt und einige Tage später präpariert.

Vor der Mitteilung der histologischen Befunde der verunglückten Menschen möchte ich einige Tatsachen klarmachen. Die Angaben der Leute, die dabei waren, sind nicht ganz genau, jedoch sind diese Mitteilungen für die Beurteilung der histologischen Veränderung und für die Beurteilung des Todesmechanismus von Interesse.

Karl P., 26 Jahre, Gastwirt, verunglückte in einem Weinkeller am 30. VI. 1920 $1\frac{1}{2}$ Uhr mittags. Drehstrom 220 Volt Spannung, 48 Perioden. Kellner Franz F., der beim Unfall anwesend war, macht darüber folgende Angaben: wir waren zusammen im Weinkeller. Herr P. ergriff eine auf einem Weinfäß liegende

elektrische Handlampe, welche er einschalten wollte, und zwar durch Einschrauben der Glühlampe. Ob die Lampe aufleuchtete oder nicht, weiß ich nicht anzugeben. An der Kellerdecke brannte eine zweite Lampe. Plötzlich rief P.: „Ich bitt' Ihnen, Franz, helfen S' mir.“ F. stürzte hinzu und riß mit Hilfe eines Hammers die Lampe aus der Hand des Gastwirts. P. war an einem Weinfäß angelehnt stehengeblieben und sei allmählich erst im Laufe einer $\frac{1}{2}$ Minute zu Boden geglitten. F. bemühte sich, den Verunglückten vom Unfallsorte fortzuschleifen, und zwar in eine Kellercke, weil er glaubte, ihn dort leichter aufrichten zu können. Dort angelangt, betastete er den Puls und fand ihn regelmäßig, jedoch langsam, auch die Atmung sei noch vorhanden gewesen, die Atemzüge waren stöhnend. Er machte dem Verunglückten die Weste auf und merkte, daß auch der Herzschlag immer schwächer wurde. Auch war Urin abgegangen. Erst wollte er den Unfall vor der Gattin des Mannes verheimlichen, doch als er merkte, daß Puls und Atmung ausbleiben, lief er aus dem Keller und alarmierte das Haus. Ein bald herbeigeholter Arzt konstatierte den Tod.

Der Verunglückte hatte mit seiner linken Hand die metallene Lampenfassung berührt. Der Stromübergang zur Erde (Erdschluß) vollzog sich dadurch, daß ein Schuhnagel nach innen vorragte und mit der bloßen Sohlenhaut in Berührung kam. Die betreffende Stelle der linken Sohlenhaut und die linke Hohlhand (Köpfchen des 2. Metacarpus) trugen spezifisch elektrische Hautveränderungen.

Die spezifisch elektrische Hautveränderung in der linken Hohlhand war linsengroß und von charakteristischem Aussehen; sie wurde herausgeschnitten und mir von Professor Haberda zwecks Untersuchung zur Verfügung gestellt.

Die Strommarke an der linken Fußsohle war hanfkörnig groß, nicht so deutlich ausgeprägt, mit freiem Auge gerade noch erkennbar.

Die Obduktion wurde am Morgen des 2. VII. 1920 von Professor Haberda ausgeführt; der Befund bereits eingangs erwähnt.

Nach Schilderung des Augenzeugen handelt es sich in diesem Falle nicht um primären Herztod. Zuerst kam es zum Erlöschen des Bewußtseins und der psychomotorischen Funktionen, dann erst erfolgte Atmungs- und Herzstillstand; der Stillstand des Herzens sei nicht plötzlich eingetreten, sondern langsam: der Puls sei immer schwächer und seltener geworden.

Die Stücke von Gehirn und verändertem Mark wurden in Formalin getan und von mir in der gewohnten Weise gehärtet, präpariert und gefärbt. Die Paraffinschnitte wurden nach verschiedenen Methoden gefärbt: Eosin-, Hämatoxylin, Toluidinfärbung, Haidenheinsche Färbung.

In den aus verschiedenen Teilen der Hirnrinde stammenden Schnitten, in pons und in Medulla oblongata findet man Gefäßzerreißen, Blutungen in das Parenchym, Homogenisierung des Inhaltes der Blutgefäße, Veränderungen (Erkrankungsformen) der Ganglienzellen, Schwellung der Achsenzylinder. Ich habe die Präparate dieses Falles sowie auch die von Frau Marie L. Herrn Hofrat Obersteiner¹⁾, ehem. Vorstand des Neurologischen Universitätsinstitutes, sowie seinen Schülern, Herrn Prof. Dr. Marburg, derzeit Chef des Institutes und Assistent Dr. Pollak zur Begutachtung vorgelegt.

Die histologischen Befunde, welche ich im Zentralnervensystem von Menschen und auch von Tieren erhoben habe, wurden als richtig be-

¹⁾ Herrn Hofrat Obersteiner und den anderen Herren des Institutes sage ich verbindlichsten Dank.

funden; ich bringe dieselben in Abb. 8—15 und 23 zur Darstellung. Jedes einzelne dieser Bilder wird besonders beschrieben. Ich möchte nur eine zusammenfassende Darstellung dieser mikroskopischen Befunde vorausschicken, welche sich in Übereinstimmung befindet mit der Auffassung des Institutes Obersteiner:

Die Gefäße und die Capillaren sind strotzend mit Blut gefüllt und stark erweitert. Bei einzelnen derselben sind perivasculäre Hämorrhagien sichtbar; diese nehmen jedoch nirgends einen besonders großen Umfang an, es hat den Anschein, als ob es sich um Rhexisblutung handeln würde.

In einem Teil der erweiterten Gefäße ist ein nahezu homogener, fast hyaliner Inhalt, stellenweise lassen sich in diesem rote Blutkörperchen, die merkwürdig geballt und deformiert aussehen, erkennen.

Bezüglich der Lymphräume sind die perivasculären erweitert, auch sonst ist das Gewebe von Lücken durchsetzt; stellenweise sieht man geronnene, in Hämalaun-Eosin schwachrosa gefärbte Massen. Einzelne Achsenzylinder, besonders in der Umgebung des stärker lückigen Gewebes, erscheinen verbreitert.

Die Ganglienzellen sind stellenweise vollständig normal, sowohl in bezug auf den Kern, als auch die Tigoidesubstanz; stellenweise ist der erstere jedoch homogen geschrumpft, die Tigoide in eine feinkörnige Masse umgewandelt; letzteres zeigt sich an den großen Zellen der Medulla oblongata.

Die Oliva inferior zeigt solche Veränderungen am ausgesprochensten, besonders bezüglich des Kerns, den man vielfach randständig und die Zellwand vorbauchend findet.

Die vorher erwähnte Auswahl der Präparate und ihre Beschreibung bezieht sich auf nachstehende Abbildungen (Abb. 8—15):

Abb. 8. Gefäßruptur in der Medulla oblongata, in der Nähe des 4. Ventrikels. Das Gefäß zeigt eine Kontinuitätstrennung nach zwei Seiten hin. Ausgebreitete Blutung in das umgebende Parenchym. Zahlreiche mehr oder minder gut erhaltene Erythrocyten, Leukocyten und Kernreste im Bereiche der Blutung. Gefäßwand an den Stellen der Ruptur vollkommen geschwunden. An einer Stelle sieht man noch Reste der ausgeweiteten und ödematösen Wand, die in die Blutung hinein ohne scharfen Übergang mündet (Medulla, Unfall Karl P.).

Abb. 9. Gefäß mit Umwandlung seines Inhaltes in eine homogene Masse. Mäßige Ansammlung mononukleärer Elemente in den perivasculären Räumen (Pons, Unfall Karl P.).

Abb. 10. Situation aus dem Pons. Ausgedehnte capillare Blutung zwischen Brückenfasern und Kernen, geschlossenes und vereinzeltes Eindringen von Blutelementen zwischen den Fasern und Nervenzellen; leichte Auseinanderdrängung der Fasernzüge durch die Blutungsherde (Unfall Karl P.).

Ein Befund im Bereich des Olivenkernes konnte nicht mit Sicherheit erklärt werden. Das Bild hat große Ähnlichkeit mit einer erkrankten Ganglienzelle („Nekrose einer Ganglienzelle“), ist von „periganglionärem Raum“ umgeben; um letzteren zieht sich ein „dichter Fibrinkranz“. Andere meinten, daß es sich um einen „hyalinen Thrombus“ in einer Capillare handeln könnte.

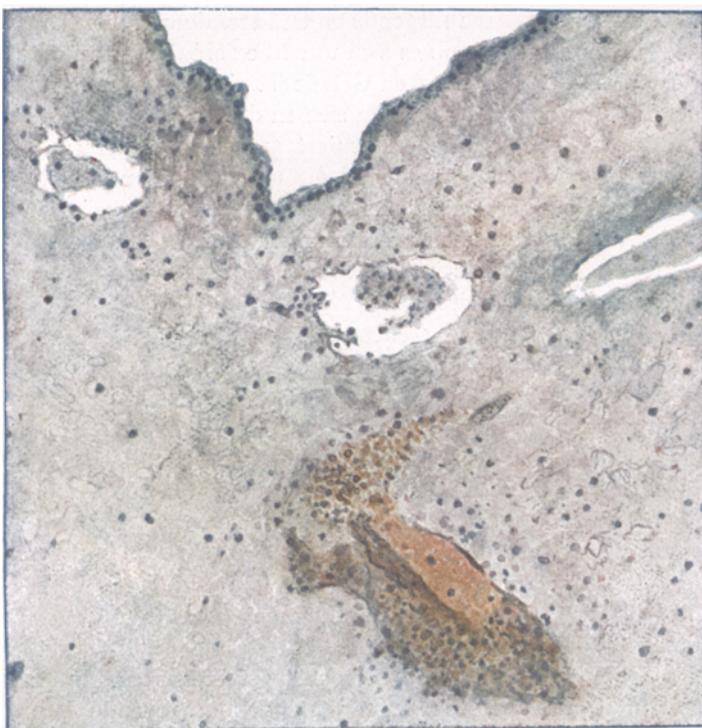


Abb. 8. Karl P. Medulla obl. (IV. Ventr.) Gefäßruptur. 220 \times Vergrößerung.

Unfall Marie L.

Marie L., 42 Jahre, Hausbesorgerin, verunglückte am 21. Mai 1920 2 $\frac{1}{2}$ Uhr nachmittags durch Berühren einer elektrischen Lampe Drehstrom 220 Volt (48 Perioden). Die Frau arbeitete in einer Souterrainküche, sie war mit Waschen beschäftigt, ging barfuß und berührte mit der linken nassen Hand eine elektrische Lampe. Sie schrie um Hilfe und wurde nach Bericht der Augenzeugen von Krämpfen geworfen. Die einen behaupten, das Schreien und die Krämpfe habe 2—3 Minuten gedauert, die anderen, daß es 10 Minuten und auch mehr gewesen sein dürften. Tatsache ist, daß ihre Rufe auf 50 Meter Distanz wahrgenommen wurden. Die einen beschreiben die Rufe als ein „Gekier“ d. i. Schreien eines Kindes, andere wieder sagen, es waren die Rufe wie einer Wahnsinnigen. Auch in diesem Falle wurde keine kunstgerechte Hilfe geleistet; außerdem kostbare Zeit verloren,

indem die Verunglückte über die Stiegen in einen Wohnraum getragen wurde. Dort erst hat ein herbeigeholter Wachmann Zungentraktionen ausgeführt. Die Frau soll stets gesund gewesen sein.

24 Stunden später wurde die Obduktion im Institut für gerichtliche Medizin ausgeführt.

Der Auszug aus dem Obduktionsprotokoll lautet:

Der Daumenballen der linken Hand zeigt 3 hirsekorngroße, näpfchenförmige Dellen der Oberhaut mit weißlichem Wall auf einem ca. hellergrößen Gebiete.

Die Lider beider Augen und auch deren Bindehämte zeigen allerkleinste punktförmige Blutaustretungen (Ekchymosen und Petechien).



Abb. 9. Karl P. Pons. Homogenisation des Gefäßinhalts.
220 × Vergrößerung.

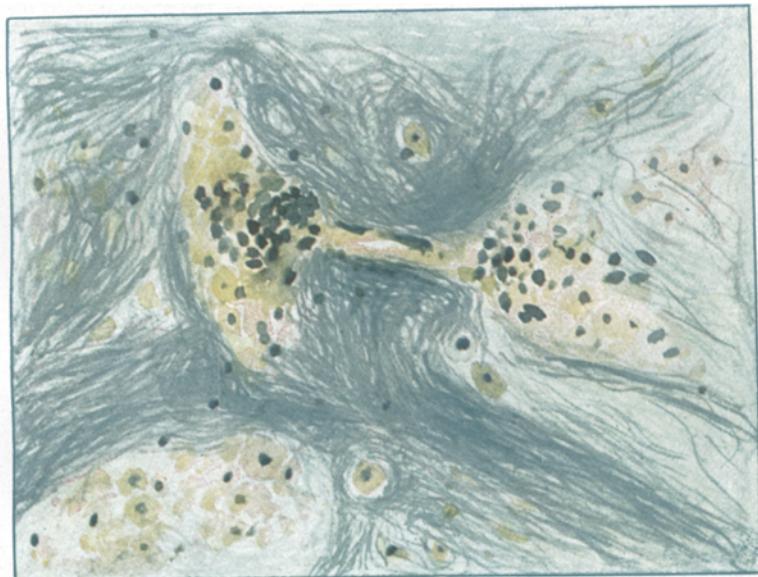


Abb. 10. Karl P. Pons. Blutung zwischen Brückenfasern. 220 × Vergrößerung.

Über dem linken Zungenbeinhorn befindet sich eine erbsengroße Blutaustretung der Schleimhaut.

Die Lunge gebläht, punktförmige subpleurale Blutungen, auf der Schnittfläche Ödem.

Punktförmige Blutungen am Epikard, eine isolierte, an der mittleren Semilunarklappe der Aorta; das Blut im Herzen flüssig.

Erbleichungsstellen im Thalamus opticus und im Linsenkern.

Ein Stück der veränderten Haut über dem linken Daumenballen wird zwecks histologischer Untersuchung herausgeschnitten.

Das Gehirn und Rückenmark wurde konserviert. Aus einigen Teilen der Gehirnrinde und dem verlängerten Mark habe ich Schnitte angefertigt und gefärbt. Die histologischen Befunde zeigen im großen und ganzen eine Übereinstimmung mit dem vorhergehenden Fall. Besondere Beachtung verdienen die Veränderungen der Ganglienzellen der Nervenkerne (insbesondere Vaguskern) in der Medulla oblongata. Diese Befunde sind um so beachtenswerter, weil die

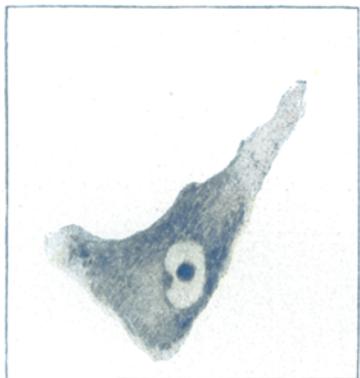


Abb. 11. Marie L. Ganglienzelle aus dem Vaguskern. Immersion.

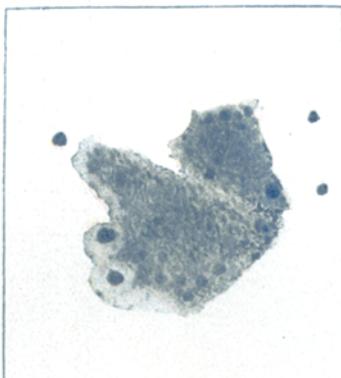


Abb. 12. Marie L. 2 Ganglienzellen aus dem Vaguskern. Immersion.

Obduktion 24 Stunden post mortem ausgeführt wurde. Die nachstehenden 5 Abbildungen dieses Falles stehen in Übereinstimmung mit den Befunden des vorhergehenden Falles Karl P.

Abb. 11. Ganglienzelle aus dem Vaguskern. Ansammlung des Tigroid an den peripheren Abschnitten der Zelle, zentrale Homogenisation mit Tigroidverlust. Buchtung des Kerns und beginnende Randstellung (Medulla, Vaguskern).

Abb. 12. 2 Ganglienzellen aus dem Vaguskern. Schwere Zellerkrankung im Sinne einer vollständigen Tigrolyse, Umwandlung in staubförmige Granula, Kernverlust, der durch Chromatinverdichtung im Zentrum der Zellen angedeutet wird. Unscharfe Begrenzung der Zellen und beginnende sekundäre Neuronophagie mit sichtbarer Plasma-brücke der Trabanzellen (Vaguskern).

Abb. 13. Ganglienzelle aus dem Vaguskern mit beginnender Kern-degeneration und deutlich ausgesprochener peripherer Tigrolyse. Zusammenballung des Tigroids zu groben Fäden und Schollen im Zen-

trum der Zelle, die zum Teil den Kern überdeckt. Deutliche Abrundung der Zelle und Fortsatzverlust (Vaguskern).

Abb. 14. Ganglienzelle mit schwerer Veränderung durch Auflösung des Tigroids in eine mehr oder minder homogene oder staubförmige Schicht. Beginnende Auswanderung des Kerns angedeutet durch Vorbuchung der Kernscheide (Vaguskern).

Abb. 15. Sekundäre Neuronophagie an einer Ganglienzelle des Vaguskerns. Vom Zellplasma sind nur wenige Reste vorhanden, ebenso ist der Kern noch erhalten. Zerfall des übrigen plasmatischen Anteils der Zelle und Ansammlung zahlreicher Neuronophagien im Bereich der zugrunde gegangenen Zellteile.

Außer diesen Befunden aus dem Zentralnervensystem will ich noch über ein Herzpräparat eines 3. Menschen berichten. Das Präparat stammt von einem Elektroarbeiter, welcher durch Berührung von Wechselstrom 1000 Volt Spannung getötet wurde. Ein Herzmuskelpräparat dieses Falles wurde neuerlich angefertigt. Der mikroskopische Befund zeigt Zerreißung der Herzmuskelfasern und frische Blutungen.

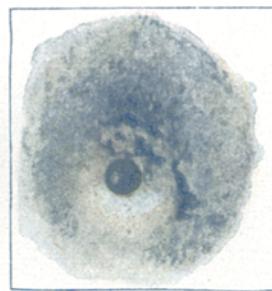


Abb. 13. Marie L. Ganglienzelle aus dem Vaguskern. Immersion.

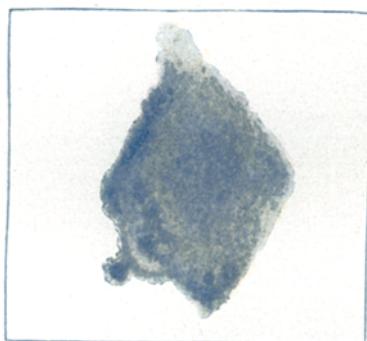


Abb. 14. Marie L. Ganglienzelle aus dem Vaguskern. Immersion.

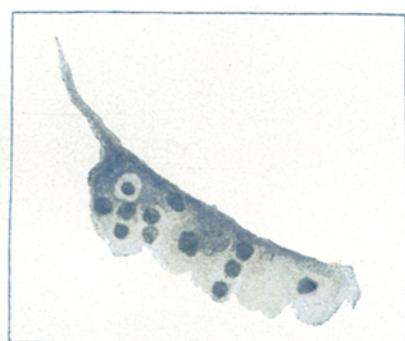


Abb. 15. Marie L. Neuronophagie (Vaguskern). Immersion.

Ich habe dieses Präparat sowie auch die von den Innenorganen der Tiere Herrn Professor Stoerk¹⁾, Vorstand des Universitätsinstitutes für pathologische Histologie, zur Begutachtung vorgelegt. Meine Befunde, die von ihm bestätigt wurden, teile ich eingehend mit.

Vorher soll ein kurzer Auszug aus dem Unfallprotokoll dieses „Herzfallen“ gebracht werden: Monteur Josef Sp. verunglückte tödlich in einem Wiener Elektrizitätswerke am 28. II. 1902 durch Berührung von Wechselstrom von 1000 Volt Spannung (52 Perioden). Beide Hände

¹⁾ Herrn Professor Stoerk erlaube ich mir nochmals zu danken.

hatten blanke Metallteile von sog. Isolationsprüfern erfaßt. Er soll nicht aufgeschrien, sondern nur halblaut gestöhnt haben. Er blieb in vornüber gebeugter Stellung an einem Tischrand stehen. Der 10 Minuten nach dem Unfall herbeigeholte Arzt habe den Tod konstatiert. Im



Abb. 16. Herzmusculatur (Josef Sp.).

Zentralnervensystem wurden mikroskopische Blutextravasationen an vielen Stellen gefunden.

Auch Veränderungen der Ganglienzellen werden beschrieben (Jellineks Elektropath. 1903).

Von diesem Herzpräparat sind folgende 2 Befunde bemerkenswert.

Abb. 16. Spaltförmige Kontinuitätstrennung spitzwinkelig schief durch die vom Schnitt längs getroffene Herzmusculatur setzend, mit

roten Blutkörperchen erfüllt; die Herzmuselfasern endigen mit unregelmäßigen Rißformen am Spaltrande (mikrophotographische Aufnahme).

Abb. 17. In der Umgebung einer Ganglienzelle, stellenweise un-

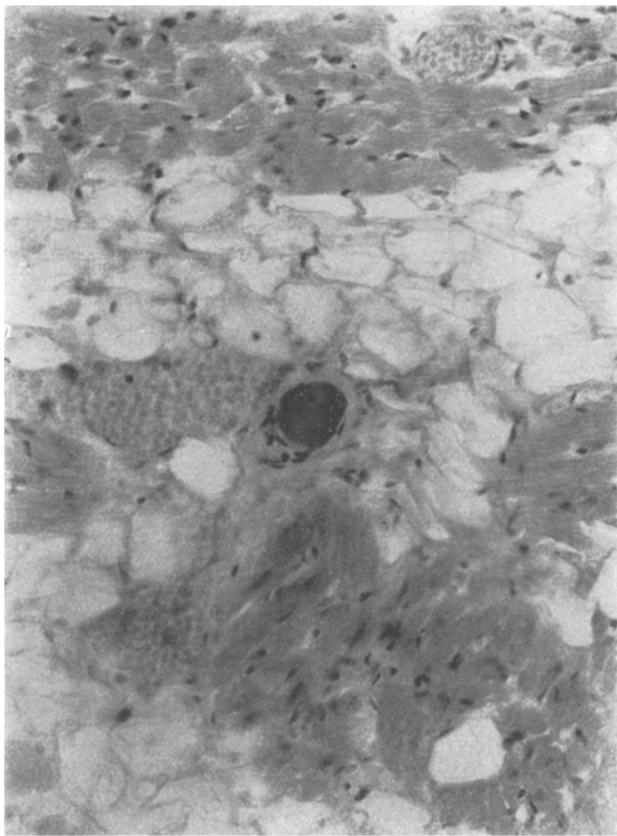


Abb. 17. Herzmuskulatur mit Ganglienzelle (Josef Sp.).

mittelbar an deren Peripherie heranreichend, eine frische Blutung (mikrophotographische Aufnahme).

An einer anderen Stelle dieses Präparates gibt es capilläre Blutungen; die roten Blutkörperchen stehen dichtgedrängt in Einzelreihen hintereinander angeordnet, zwischen den Herzfibrillen.

Tiere xperimentelle Befunde.

Auch von 2 Tieren habe ich das Zentralnervensystem und die übrigen Innenorgane histologisch untersucht. Eine weiße Maus und ein junges

Meerschweinchen wurden in der Biologischen Versuchsanstalt von mir elektrisch getötet. Ich verwendete den dort vorhandenen Wechselstrom 105 Volt Spannung (48 Perioden). Die Elektroden wurden in Rachen und Rectum eingelegt. Die Tötung gelang bei der Maus blitz-

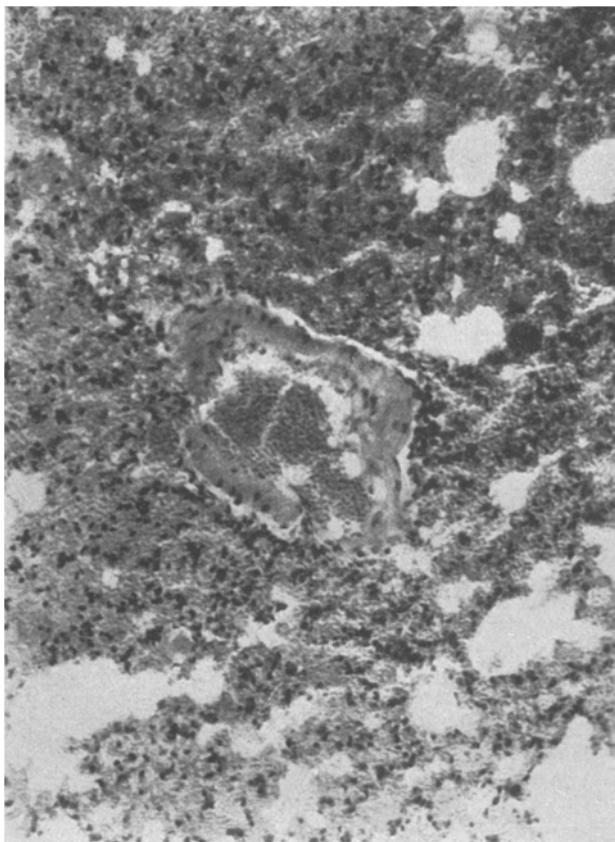


Abb. 18. Maus-Lunge.

artig, so rasch und so unauffällig, daß ich gar nicht merkte, daß der Versuch vorbei ist. Bei dem Meerschweinchen mußte im Verlaufe von mehreren Sekunden dreimal eingeschaltet werden, bis die Lebensfunktionen erloschen. Die Einschaltung dauerte jedesmal nur solange als notwendig den Schalter ein- und auszudrehen. Die getöteten Tiere wurden sofort in Formalin (10%) gelegt. Die sofortige Sektion wurde unterlassen, um dadurch keine künstliche Läsionen der Innenorgane zu setzen. Einige Tage später wurden die Innenorgane herausgeschnitten präpariert und gefärbt.

Bevor ich die histologischen Befunde berichte, werde ich noch auf folgendes aufmerksam machen: ich war bestrebt, die Versuchsanordnung derart zu gestalten, daß der Tod augenblicklich oder im Verlauf von wenigen Sekunden eintrat. Trauma und Tod sollten in möglichst eine und dieselbe Zeitphase fallen. Die Absicht war, nach Möglichkeit jede andere Ursache auszuschalten; nur Elektrizität und nicht eine andre Kraft oder eine Reaktion sollten Veränderungen in den Innenorganen hervorrufen.

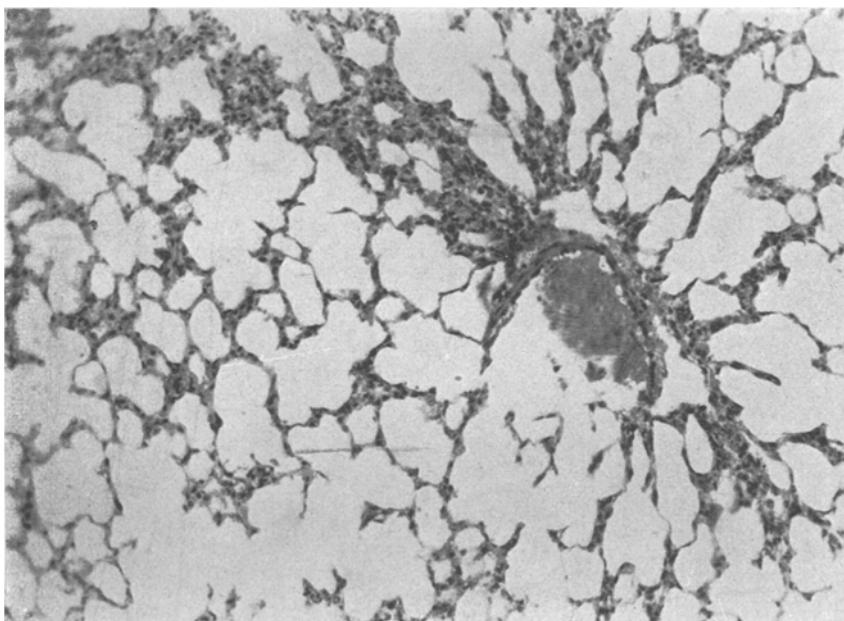


Abb. 19. Meerschweinchenlunge (traumat. Emphysem).

Tritt nämlich der Tod nicht sofort ein, so kommt es zu vielerlei Folgeerscheinungen der Elektrizitätswirkung: zu Schwankungen des Blutdrucks, zu Steigerungen des Druckes des Liquor cerebrospinalis, des Bronchialluftdruckes¹⁾, zu Temperaturerhöhungen, gewiß auch zu strukturellen und chemischen Veränderungen in den Zellen und in den Geweben, zu mikroskopisch nachweisbaren Veränderungen; alle diese Folgeerscheinungen können zu weiteren reaktiven Störungen führen. Es werden deshalb nur jene Veränderungen für unsere Fragestellungen im Vordergrunde stehen: Veränderungen bei Tieren, welche durch

¹⁾ Auch derartige Untersuchungen habe ich ausgeführt, teils in der Biologischen Versuchsanstalt, teils im Laboratorium der Elektrizitätswerke der Gemeinde Wien. Ich werde darüber anderenorts berichten.

Elektrizität augenblicklich getötet wurden. Meine Versuchstiere sind auch derart rasch gestorben; es fehlt die Zeit für die Entstehung von reaktiven Veränderungen.

Ich muß daher mit Recht annehmen, daß die histologischen Ver-

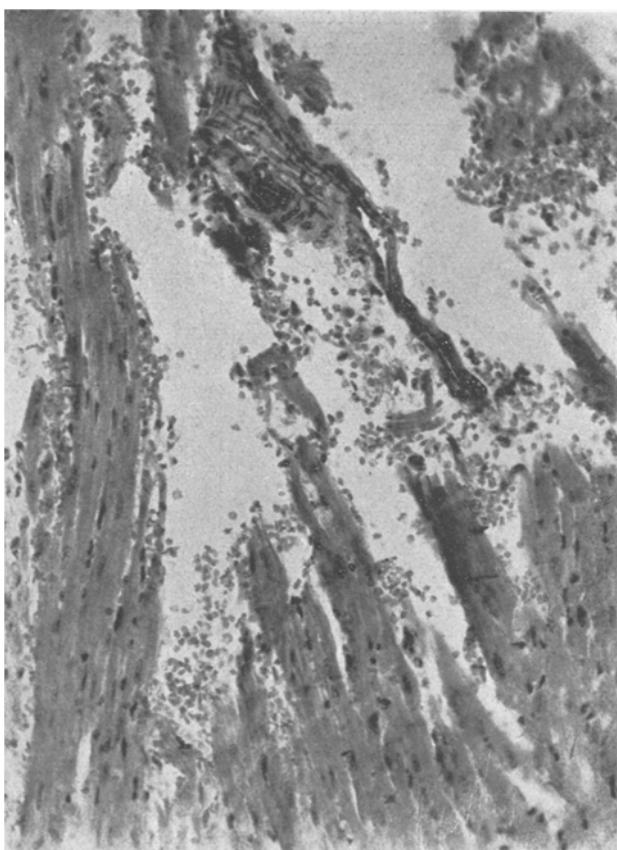


Abb. 20. Meerschweinchenherz (Zerreißungen).

änderungen mit der Elektrizitätswirkung im direkten Zusammenhang stehen. Es gibt allerdings auch unter unseren Befunden Bilder, welche trotz plötzlichen Todes noch auf eine andere Kraft als Elektrizität hinweisen. So zeigt z. B. Abb. 19 Zerreißungen der Alveolarsepta der Meerschweinchenlunge. Die Entstehung dieses traumatischen Emphysems kann nur eine akute gewesen sein; die Zerreißung der feinen Septa ist mehr wahrscheinlich durch abnorme Steigerung des Bronchialluftdruckes als direkt durch Elektrizität.

Auch noch eine 2. Veränderung in den Innenorganen des Meerschweinchens vermag schwer durch direkte Elektrizitätswirkung erklärt werden; es ist eine spaltförmige Kontinuitätstrennung im Leberparenchym eines Meerschweinchens. Ich bin allerdings nicht in der Lage, irgendeine Erklärung für das auffällige histologische Bild zu geben (vgl. Abb. 21).

Von diesen Ausnahmen abgesehen, sind die histologischen Befunde der Innenorgane der Versuchstiere zumeist in Über-

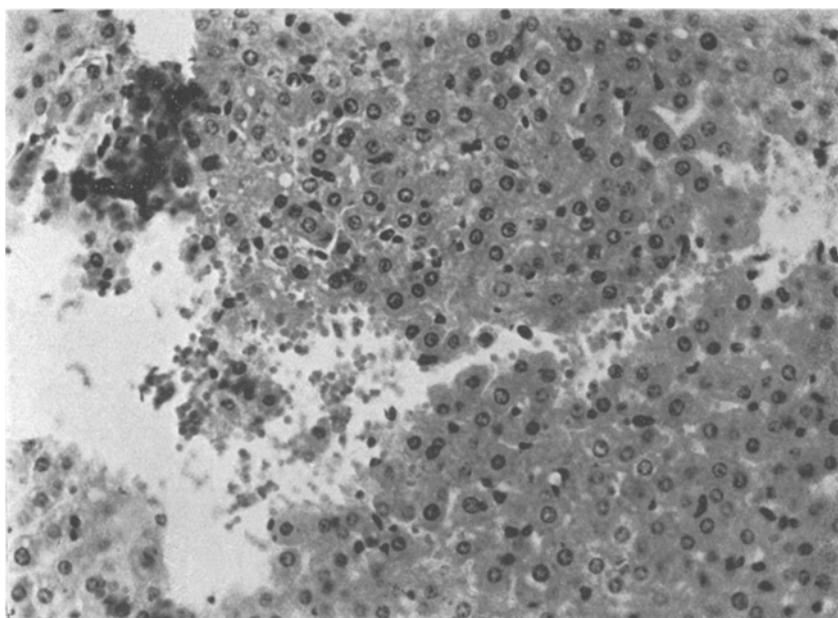


Abb. 21. Meerschweinchenleber (Zerreißung).

einstimmung mit den menschlichen Befunden. Es handelt sich auch da um capilläre Blutaustritte, welche in den verschiedensten Anteilen zu finden sind; nicht nur Capillaren, sondern auch größere Gefäße sind rupturiert.

Im Zentralnervensystem gibt es Veränderungen der Ganglienzellen, Quellung der Achsenzylinder und andere bei den menschlichen Präparaten erwähnte Befunde.

Auch die Veränderungen im Herzen, d. s. die Zerreißungen der Muskelfasern, sind in Übereinstimmung mit den menschlichen Präparaten. Von den von mir erhobenen mikroskopischen Befunden lasse ich nun diejenigen folgen, welche Zustimmung gefunden haben. Es sind dies:

Maus - Lunge.

Nekrotisierende Läsion der Gefäßwand mit Ruptur derselben, erkennbarer Blutaustritt, Blutaustritt in das Gewebe, Erfüllung der Alveolen in diesem Areale. Im übrigen Parenchym auffällige Capillarfüllung.

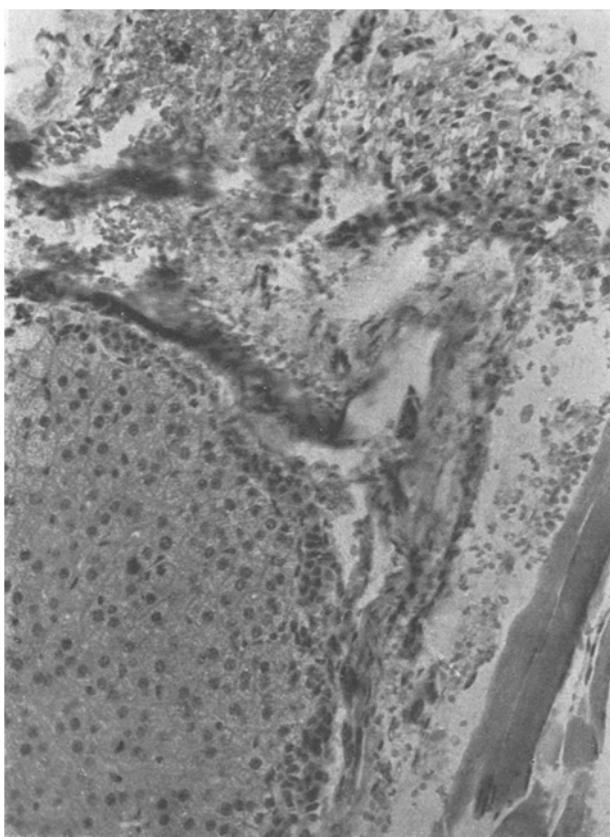


Abb. 22. Meerschweinchennebenniere.

Maus - Lunge (vgl. Abb. 18):

Gefäß mit eigenartig gequollener Wand, welche mehrfach Kontinuitätstrennungen und Blutaustritte aufweist. Endothelkerne dabei in Form und Färbbarkeit erhalten; Alveolarlumen der Umgebung angeblutet.

Meerschweinchenlunge (vgl. Abb. 19).

„ Emphysemartiges Bild mit überaus zahlreichen Kontinuitätstrennungen der Alveolarwände.

Meerschweinchenherz (vgl. Abb. 20).

Zerwerfung und Zerreißung des Myokards mit Flüssigkeitsansammlung zwischen den lädierten Elementen; an einer Stelle auch Blutung in eine solche traumatisch entstandene Gewebsspalte.

Meerschweinchenherz.

Befund in voller Übereinstimmung mit dem vorhergehenden (vgl. Abb. 21), nur die Blutung etwas ausgeprägter.

Meerschweinchenleber (vgl. Abb. 21).

Spaltförmige Kontinuitätstrennung im Leberparenchym mit sehr unregelmäßig geformtem Rande. Sowohl in Lichtung dieses Spaltes wie auch seinem Rande angelagert rote Blutkörperchen, auch aus dem Verbande geratene freiliegende Leberzellen.

Meerschweinchennebenniere (vgl. Abb. 22).

Infiltrierende Blutung in das lockere Zellgewebe an dem einen Nebennierenende.

Niere und Milz beider Versuchstiere zeigten starke Gefäßfüllung, sonst nichts Auffälliges.

Meerschweinchengehirn (vgl. Abb. 23).

Ausgebreitete Blutung in die Maschen des Plexus choroideus mit konsekutiver Zerstörung der normalen Zellkonfiguration, Übergreifen der Blutung in das Ependym und in das subependymäre Gewebe.

Zu der erwähnten Übereinstimmung der histologischen Befunde von Menschen und Tieren wäre noch folgendes hinzuzufügen: Die Hämorrhagien im Zentralnervensystem von Frau L. sind mit Vorsicht zu deuten; nach Aussagen der Augenzeugen starb sie nicht sofort; es sollen außerdem krampfartige Zuckungen (epileptiform?) vorhanden gewesen sein. Der Obduktionsbefund berichtet auch über punktförmige Blutungen in die Haut der Lider, in das Epikard, in die Schleimhaut des Rachens usw. Derartige Blutungen werden auch nach epileptischen Krämpfen oft konstatiert.

Die histologischen Befunde der Innenorgane, mit Ausschuß des Zentralnervensystems, sind neu; bisher wurden keine derartigen veröffentlicht.

Meine Befunde des Zentralnervensystems befinden sich in Übereinstimmung mit den bisher mitgeteilten Beobachtungen. Die Grundlage zu einer elektropathologischen Histologie wurde von Jellinek gelegt. Seine Befunde wurden mitgeteilt in Virchows Arch. 1902 und in seiner Monographie „Elektropathologie“ Stuttgart 1903. Vor ihm hat allerdings Corrado¹⁾ im Jahre 1898 im Zentralnervensystem von Hun-

¹⁾ Di alcune alterazioni delle cellule nervose nella morte per elettricità. Napoli 1898. Estratto dagli „Atti R. academica medico-chirurgica di Napoli 52. 1898.

den Veränderungen der Ganglienzellen (Vakuolenbildung, Verlagerung der Chromatinsubstanz) beschrieben.

Kleine Hämorrhagien in der Medulla von Versuchstieren hat Grange¹⁾ im Jahre 1882 konstatiert.

Edw. Anthony Spitzka²⁾, welcher in Amerika die Elektrolytischen überwacht, beschreibt im Zentralnervensystem: mikroskopische Blutungen und eigenartige Zerstörungen der Ganglienzellen, Lückenbildung im Gehirnparenchym bei Verdichtung des umgebenden, nicht



Abb. 23. Meerschweinchen. Plexus choroideus-Blutung. 220 \times Vergrößerung.

betroffenen Gewebes. In den perivaskulären Räumen „gasemphysemartige“ Gebilde, möglicherweise hervorgerufen durch Gasblasen, welche auf dem Wege von Elektrolyse frei werden. „Curious circular areas with a peripheral zone of condensation which fades off into the surrounding unaffected areas ... The cellular elements in the rarefied area are few in number though apparently free nuclei are scattered in this

¹⁾ Des accidents produits par l'électricité dans son emploi industriel. Annales d'hygiène publique et de médecine légale **13**. 1885.

²⁾ Observations regarding the infliction of the death penalty by electricity. Read, April 1908. Proceedings American Philosophical Society 1908.

portion . . . They seem to resemble gaseous emphysema and are possibly due to the electrolytic liberation of gas in the peri-vascular spaces.“

F. W. Mott and Edgar Schuster¹⁾ untersuchten die Gehirnrinde eines Mannes, der durch 20 000 Volt Wechselstrom getötet wurde. Der Verunglückte überlebte den Schlag noch 7 Stunden. 39 Stunden nach dem Tode wurde die Obduktion gemacht. Eine 2 mm lange oberflächliche Hämorrhagie war am Occipitallappen zu finden. Das Probestück wurde mit Alkohol gehärtet und mit Nisslmethode gefärbt. Die mikroskopische Untersuchung zeigte zweierlei: „Hämolyse“ der roten Blutkörperchen“ und Chromatolyse der Ganglienzellen. Diese Chromatolyse war derart stark ausgesprochen, daß das „internucleare Netzwerk“ deutlich bloßgelegt wurde. Die Autoren betonen, daß sie niemals eine so „tiefen und universelle Chromatolyse“ gefunden haben, auch nicht, wenn die Untersuchung erst 3 Tage nach dem Tode ausgeführt wurde.

„It is one of marked diffuse chromatolysis whereby an intracellular and intranuclear network is disclosed, owing to hardly any of the basophile chromophilous substance being left. That which remains is more or less encrusted on the trabeculae of the network. I have never seen so profound and universal a chromatolysis, and we would suggest that it was either directly or indirectly the result of the electric shock.“

M. B. Schmidt (Zürich)²⁾ obduzierte zwei Arbeiter, die durch Berührung mit Starkstrom getötet wurden. Die mikroskopische Untersuchung des 1. Falles ergab Hämoglobinzyylinder in den Nieren.

Der zweite Mann war durch Berührung von 25 000 Volt getötet worden. Über diese Untersuchung schreibt er wörtlich: „Die kleinen Blutungen fand ich im zweiten meiner Fälle, genau übereinstimmend mit demjenigen Jellineks, freilich spärlich, in der Medulla oblongata nahe dem Boden des IV. Ventrikels in seiner hinteren Hälfte; die roten Blutkörperchen lagen zum Teil um Capillaren im Hirngewebe, zum Teil um kleine Arterien in den Lymphscheiden.“

Schmidt berichtet noch über eine eigenümliche Veränderung des Muskelapparates: „Hyaline Querbänder in den Muskelfasern.“

H. Chiari³⁾ hat die Nieren eines 40jährigen Maschinisten mikroskopisch untersucht; dieser Mann führte einen Selbstmord aus durch Berührung von 6000 Volt-Spannung. „Zunächst kein Lebenszeichen, nach einviertelstündigen Wiederbelebungsversuchen fing er heftig zu schreien an.“ Am 10. Tage ist er an Tetanus gestorben. Nach dem Unfalle war Albuminurie und Hämoglobinurie aufgetreten. „Mikroskopische Schnitte erwiesen dieselben frei von pathologischen Veränderungen.“

¹⁾ Examination of the brain of a man who lived seven hours after receiving a shock of 20 000 volts. „Proceedings of the Royal Society of Medicine“ 1910.

²⁾ Über Starkstromverletzungen. Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft 1910.

³⁾ Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft 1910, S. 225.

V. Capogrossi¹⁾ (Rom) obduzierte einen 22jährigen Mann, welcher durch Berührung von 50 000 Volt getötet wurde. Die Obduktion wurde einen Tag nach dem Unfall vorgenommen. Die mikroskopische Untersuchung ergab „*une Fragmentatio myocardii*“, weiters subependymäre Blutungen in die Medulla oblongata und degenerative Chromatolyse der Ganglienzellen.

Capogrossi hält letztere Veränderung nicht für eine Leichenscheinung, weil die Leiche sehr frisch war. Der Unfall geschah am 3. IV. 1910 und die Obduktion wurde beinahe 24 Stunden nach dem Tode gemacht: *Dans les préparations colorées par la méthode de Nissl, on constate, dans la substance grise du bulbe une dégénérescence chromatolytique de nombreux éléments cellulaires. La substance tigroïde est fragmentée et pulvérulente. Je n'attribue pas cette particularité à une altération cadavérique parce que le cadavre était encore très frais et la substance nerveuse très ferme et bien conservée.*“

Die Untersuchungen der erwähnten Autoren beziehen sich hauptsächlich auf das Zentralnervensystem; sie decken sich zum großen Teil mit meinen Ergebnissen.

Meine Untersuchungen zeigen, daß die Wirkung der Elektrizität Spuren hinterläßt in den verschiedensten Innenorganen. Wer elektrische Unfälle gesehen hat, der wird darauf geführt, solche histologische Veränderungen anzunehmen; es kommen nämlich nicht bloß akute Erscheinungen von seiten aller Organsysteme (z. B. Nervensystem, Herz, Niere, Lunge) vor, sondern es kommt auch zu degenerativen Veränderungen. Es wurde schon von verschiedenen Klinikern berichtet über degenerative Erkrankungen des zentralen und peripheren Nervensystems, z. B. Symptomenkomplex von Seitenstrangsklerose, multipler Sklerose, Neuritis mit Entartungsreaktion usw. Jellinek hat auch in seiner „*Elektropathologie*“ histologische Präparate (von Versuchstieren) mit sekundärer Degeneration abgebildet.

Die Bedeutung der histologischen Untersuchungen der durch Elektrizität verursachten Erkrankungen ist durch meine Arbeit neuerlich dargestellt worden.

Die *Histopathologie* der von mir untersuchten „*Strommarken*“ ist durch eine besondere Charakteristik ausgezeichnet; sie ist infolge Übereinstimmung mit den tierexperimentell erzeugten Veränderungen von pathognostischer Bedeutung.

Die von mir erhobenen Befunde im Zentralnervensystem und in den sonstigen Innenorganen verdienen doppeltes Interesse: sie helfen uns erklären die oft merkwürdigen klinischen Erscheinungen, sie bilden eine Grundlage für die Begutachtung des Todes durch Elektrizität.

¹⁾ Contribution à l'étude des caractères anatomo-pathologiques de la mort par l'électricité. Archives internationales de Médecine légale **1**, IV, S. 236ff. 1910.

Meine mikroskopischen Befunden vermögen wohl nicht ohne weiteres den Tod zu erklären; es ist jedoch wahrscheinlich, daß histologische Veränderungen im Vaguskern oder im Bereiche der Herzganglien (vgl. Abb. 17) zu mehr oder minder schweren Funktionsstörungen Anlaß geben können. Diese Funktionsstörungen können vorübergehen und sich wieder bessern.

Es ist sehr schwierig, das Problem des Todes durch Elektrizität hier erklären zu wollen; ich möchte nur darauf hinweisen, daß die Auffassung der Wiener Schule durch meine histologischen Untersuchungsergebnisse eine Stütze gefunden hat. Diese Auffassung besteht bekanntlich darin, daß der Tod durch Elektrizität teils durch funktionelle Störungen, teils durch anatomische Veränderungen bedingt ist; daß er in den meisten Fällen nur ein Scheintod ist.

Meine Studienergebnisse verdienen auch noch in anderer Hinsicht Beachtung: das Vorhandensein von mikroskopischen Veränderungen als elektrische Stromwirkung wird von vielen Autoren nicht zugegeben. Manche bezeichnen die klinischen Symptome und auch den Tod als rein funktionell, manche haben wohl mikroskopische Untersuchungen ausgeführt, aber über negative Befunde berichtet. Meine im Institut für gerichtliche Medizin untersuchten Präparate haben positive Befunde ergeben; auch die Untersuchung der Tierorgane ergab positive Resultate. Die Erklärung für meine histopathologischen Arbeitsergebnisse scheint in der Auswahl des Materials und in der Methode der Untersuchung zu liegen.

Zum Schluß erlaube ich mir Herrn Professor Dr. Haberda, Vorstand des Institutes für gerichtliche Medizin, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen für die Überlassung des Materials, der Hilfsmittel des Institutes und für die Anteilnahme an dem Fortgang der Arbeiten.

Auch Herrn Professor Jellinek, unter dessen Leitung ich diese Arbeit ausgeführt habe, bin ich zu großem Dank verbunden.