

(Aus dem Obuch-Institut zur Erforschung der Berufskrankheiten zu Moskau.
Direktor: *L. S. Bogoljepowa*. — Leiter der Chirurgischen Abt.: Prof. *W. R. Chessin*.)

Einige neue forensisch wichtige Befunde aus der Elektropathologie.

Von
A. D. Kaplan.

Mit 9 Textabbildungen.

Die in den letzten Jahren viel untersuchten Probleme des elektrischen Unfalls haben für den gerichtlichen Sachverständigen eine besonders große Bedeutung. Tatsache ist, daß wir bis in neueste Zeit keine wirklich eindeutigen Beweismittel für die elektrische Entstehung der bekannten Verletzungen besaßen. Es ist bekannt, daß das path. anat. Bild weder in vivo, noch post sectionem solche Möglichkeiten zu bieten braucht. Sogar die an der Haut vorkommenden sog. „Stromzeichen“ können wegen ihrer großen Mannigfaltigkeit nur in typischen Fällen als Beweis gelten. Endlich ist auch das mikroskopische Bild des „Stromzeichens“, das von *Jellinek* als typisch betrachtet wurde, von einer Reihe von Autoren (*Schridde*, *Beckmann* u. a.) bezweifelt worden, da ähnliche Erscheinungen (wabentartige Höhlenbildung in der Hornschicht, bürstenförmige Streckung der Zellen des Stratum Malpighii) auch bei gewöhnlichen Verbrennungen mit glühendem Metall beobachtet werden. Wir hatten selbst die Möglichkeit, uns von der Richtigkeit dieses Einwandes zu überzeugen, indem wir oberflächliche Verbrennungen mit dem Paquelin-Apparat an operativ zu entfernenden Stellen der Haut anlegten und sie mikroskopisch untersuchten (s. Abb. 1).

Es muß jedoch betont werden, daß in der großen Mehrzahl der Fälle Aussehen, Form und Verteilung der Hautveränderungen und die örtlichen Umstände des Unglücksfalles, in Verbindung mit den Angaben der technischen Sachverständigen jeden Zweifel ausschließen können. Demnach gibt es Fälle (wir verfügen auch über solche) wo über die Spezifität des Traumas nur auf Grund der path.-anat. Untersuchungen entschieden werden muß.

Gerade in diesen Fällen bekommen unsere an und für sich interessanten Beobachtungen¹ eine ausschließlich praktische Bedeutung.

¹ Das Obuch-Institut sammelt seit 2 Jahren in seiner Klinik alle Fälle von elektrischen Verletzungen Moskaus. Es bestehen bereits Beobachtungen an über 80 Fällen.

Fall 1¹. Patient M., 28 Jahre alt, Schlosser an der elektrotechnischen Abteilung der Moskauer Smidowitsch-Werke M.O.G.E.S.². Am 9. X. 1927 war er damit beschäftigt, auf den Sprossen einer Strickleiter stehend, kupferne Sammelschlangen an den Gruppenölkühler zum Ersatz des Stromtransformators anzuschließen. Trotz der zur Freihaltung des Arbeitsgebiets vom Strome getroffenen Maßnahmen zeigte sich plötzlich, daß in den hinteren Klemmen des Ölkühlers wegen der komplizierten und veralteten Konstruktion der bereits zur Beseitigung bestimmten Schalttafel noch Strom vorhanden war. Daher wurde M., welcher mit der linken Hand die hintere Klemme des Ölkühlers berührt hatte, vom elektrischen Strom von 6600 Volt getroffen. Von den anwesenden Mitarbeitern wurde er von der Leiter heruntergenommen, durch künstliche Atmung zur Besinnung gebracht und in die Ambulanz der Werke geschafft. Nachdem ihm hier die nötige

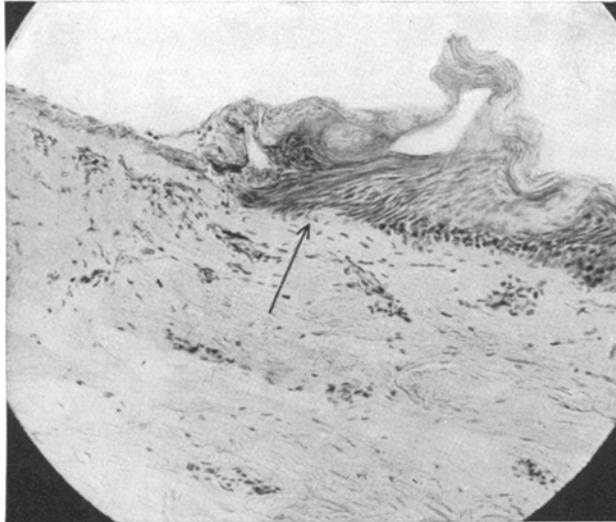


Abb. 1. Oberflächliche Hautverbrennung mit dem Paquelin-Apparat. Ausbuchtungen der Zellen des Stratum Malpighii.

ärztliche Hilfe erteilt war, wurde er ins Obuch-Institut weiterbefördert. Indem ich nun die Einzelheiten bezüglich seines Allgemeinzustandes, seines Äußeren und der Untersuchungsergebnisse, die nichts Besonderes darstellen, beiseite lasse (sie sind in der Arbeit von *Obolenskaja* näher beschrieben), möchte ich mich bei wesentlicheren und interessanteren Befunden aufhalten.

Außer den Verbrennungen durch den Voltaschen Bogen an den Händen und im Gesicht und den typischen „Stromzeichen“ an der Stelle des Eintrittes (linke Hand) und Austrittes (linke Fußsohle) des Stromes, hatte Patient noch Verbrennungen in der linken Leistengegend: 2 kleine bis zum Unterhautbindegewebe eindringende Wundflächen mit festen, abgestorbenen und wie verbrühten, schwer abzutrennenden und gänzlich unempfindlichen Rändern. Die verbrannte Fläche

¹ Ist unter anderem auch von meiner Mitarbeiterin Dr. *A. J. Obolenskaja* in ihrer Arbeit: „Weitere Beobachtungen an Verunglückten durch Stromverletzungen“ in *Nov. Chir.* (russ.) 1928, Nr 10 erwähnt.

² Staatliche Elektrizitätswerke des Moskauer Bezirks.

war von der gesunden Umgebung scharf abgegrenzt, die anliegenden Hautpartien waren mit unversehrtem Haar bedeckt.

Mit was für einer Verbrennung hatten wir es zu tun? War es eine rein thermische oder eine elektrische Verletzung, und wie ist sie entstanden?

Die Unversehrtheit der Haare, die in der Leistenbeuge verhüllten Verbrennungswunden, ihre eigenartigen Umriss (zwei scharf ausgeprägte tiefe Verbrennungswunden mit einem dazwischen liegenden beinahe unversehrten Hautstreifen) ihr Aufeinandertreffen beim leichten Beugen der Extremität führte uns zu folgenden Schlußfolgerungen.

Während seiner ungehinderten Verbreitung an der Hautoberfläche war der Strom in der Leistenfalte an die hier enthaltene Luft geraten; beim Überwinden dieses Widerstandes war er teils in Joulesche Wärme, teils in den Voltaschen Bogen umgewandelt worden.

Bei anderen Entstehungsbedingungen (Verbrennung durch Entzündung der Kleider, unmittelbare Berührung der stromleitenden Teile) hätten die Verbrennungen anderer Art, Form und Lokalisation (vortretende Körperteile) sein müssen.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigte die elektrische Natur der Verbrennung. In den Mikroaufnahmen der Präparate von den Rändern der Wundflächen, aus der Leistengegend (Abb. 2, 3) sehen wir in einer hyalinisierten Bindegewebsschicht zickzackförmige Gänge mit verkohlten Wandungen, teils mit Exsudat, teils mit bedeutenden Mengen von Bakterien angefüllt; diese Gänge müssen als Spuren des Stromdurchtrittes angesehen werden.

Dafür spricht auch der Heilungsverlauf der Brandwunden, die Ausbreitung der Nekrose über die ursprünglichen Grenzen der Verletzung, wie dieses für elektrische Verbrennungen charakteristisch ist.

Fall 2. Patient F., Maler, 20 Jahre alt, war in Begleitung eines Monteurs in den Fideraum einer Abteilung der Elektrischen Werke eingetreten, um seine dort vergessenen Instrumente zu holen. Während einer kurzen Abwesenheit des Begleiters näherte sich F. aus freiem Willen dem am anderen Ende des Korridors liegenden Ölkühler und beugte sich ohne jeden Grund über das den Ölkühler umgebende Gitter. Er berührte mit den Fingern der linken Hand die stromleitenden Teile des Ölschalters bei einer Stromspannung von 6500 Volt (Wechselstrom, dreiphasisch, je 50 Perioden), fiel bewußtlos um und konnte trotz der angewandten Hilfsmaßnahmen (künstliche Atmung) vom Monteur, einem zufällig anwesenden Arzte und dem Arzte der Ersten Hilfe nicht zum Bewußtsein gebracht werden. Er wurde ohne Lebenszeichen ins Obuch-Institut gebracht. Hier wurden während 3 Stunden nach Vorschrift alle möglichen Wiederbelebungsverfahren angewendet (künstliche Atmung, entsprechende Injektionen, einschließlich intrakardialer Adrenalininjektion). Nach 3 Stunden mußte alles aufgegeben werden, weil schon Leichenflecken auftraten.

Ich übergehe die interessanten Einzelheiten der Obduktion und erwähne nur die mikroskopische Untersuchung der Haut von den

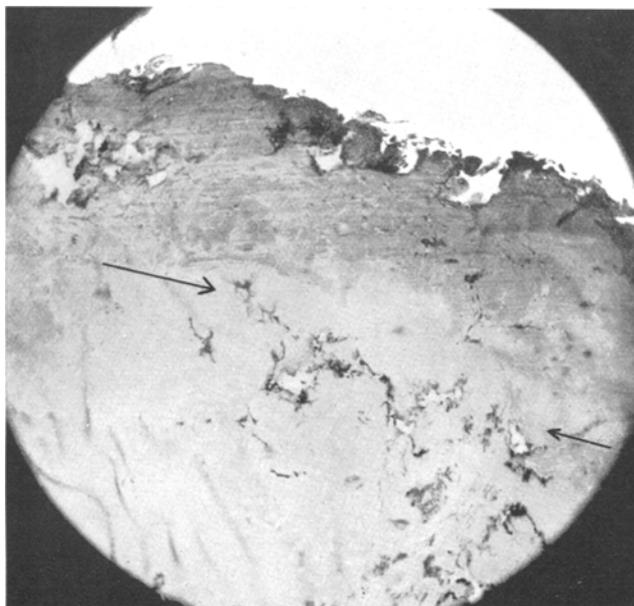


Abb. 2. Fall 1. „Stromgänge“ (zwischen den Pfeilen).

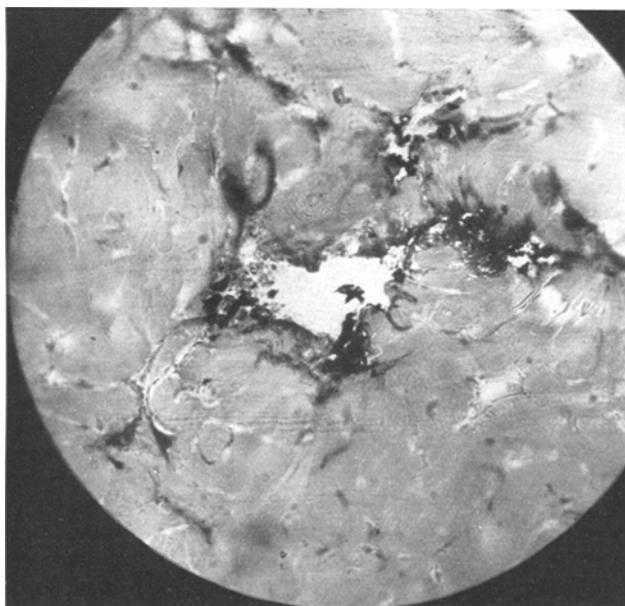


Abb. 3. Fall 1. „Stromgang“. Starke Vergrößerung.

Fingern, mit denen der Verunglückte die stromleitenden Teile berührt hatte.

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden genommen: 1. Die Haut von der Rückseite des Zeigefingers mit dem „Stromzeichen“, 2. dasselbe von der inneren Oberfläche des kleinen Fingers und 3. zwei tief, bis zum Knochen eindringende Hautausschnitte von beiden Seitenflächen des Fingers mitsamt den Gefäßnervensträngen.

Die Stromzeichen hatten das Aussehen von weißlichgrauen, gespritzten schwartigen Flecken an der Epidermis.



Abb. 4. Fall 2. Störung der Verbindung zwischen der Papillarschicht und dem Stratum Malpighii. Stark ausgezogene Endothelzellen der Gefäße.

Mikroskopisch war die Epidermis selbst mit der Malpighischen Schicht blasenförmig abgehoben. Die Zellen der Malpighischen Schicht waren ebenso wie ihre Kerne in eigenartiger Weise bürstenförmig ausgezogen. Im Corium waren oberflächliche Verkohlungen und wabenförmige Höhlen von verschiedener Größe zu sehen. In der anliegenden Umgebung, wo die Epidermis nicht abgelöst war, waren die Zellen der Malpighischen Schicht gleichfalls stark ausgezogen. Die Cutis war nur von der Oberfläche hyalinisiert, die Gefäße nicht erweitert. In den Papillarkörpern der geschädigten Stelle waren die Gefäßendothelzellen ähnlich denjenigen der Malpighischen Schicht gedehnt (Abb. 4). An einer Stelle konnten wir gleichartige Veränderungen an einem tiefer gelegenen Gefäße konstatieren.

Im Präparate vom anderen Finger war die Abhebung der Epidermis nicht stark ausgesprochen. Im Corium bestand bedeutende Erweiterung

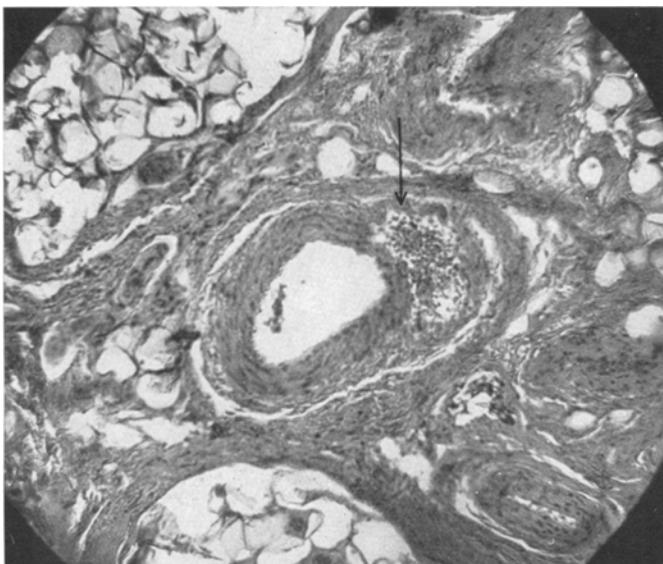


Abb. 6. Fall 2. Hämatom der Arterienwand.

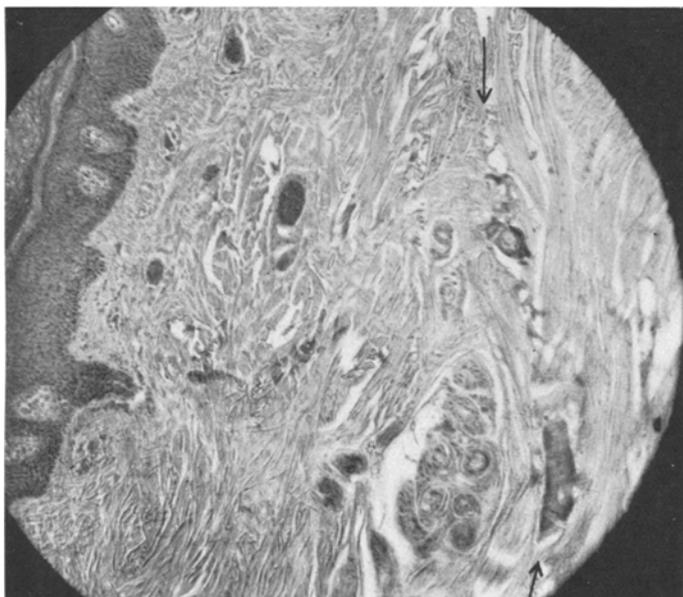


Abb. 5. Fall 2. „Strömungsgang“ (zwischen den Pfeilen).

der Blutgefäße. Das Protoplasma und die Kerne des Epithels waren an einzelnen Schweißdrüsen stark ausgezogen.

Bei der Untersuchung der Cutis von der Stelle der Strommarke in Serienschritten fand sich in einem Präparate ein schräg verlaufender, etwas gewundener Gang, welcher mit durch Hämatoxylin violett gefärbter seröser Flüssigkeit gefüllt war, und dem auf dem Mikrophotogramm abgebildeten (Abb. 2) sehr ähnlich sah (Abb. 5).

Bei der Untersuchung der Gefäßnervenstränge konnte eine Arterienruptur mit Hämatoombildung in der Media und Adventitia entdeckt werden (Abb. 6). Die daneben liegende Vene zeigte in ihrer Wandung eine kernfreie Stelle, von radial ausgezogenen Kernen umgeben. Der anliegende Nerv zeigte Quellung des Endo- und Perineuriums.

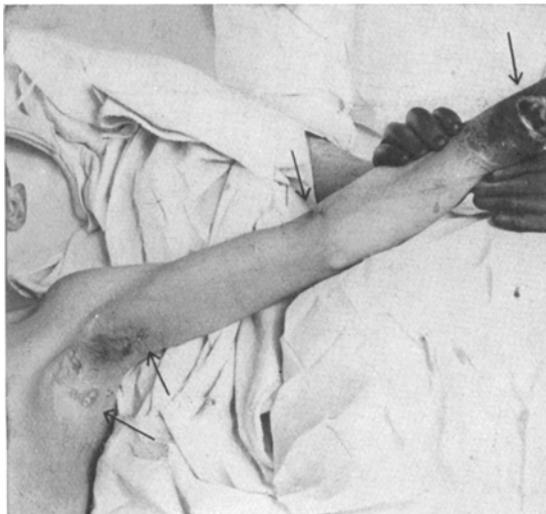


Abb. 7. Fall 3. Verbrennungen an den Hautfalten an den Stellen des Stromganges.

Der Befund beweist, daß es sich um Spuren eines in die Tiefe unter die Malpighische Schicht eingedrungenen Stromes handelte, nämlich durch die Veränderung 1. der Gefäße der Papillarschicht, 2. der Schweißdrüsen und 3. der Gefäßnervenstränge.

Fall 3. S., 23 Jahre alt, Elektroschlosser an der Papierfabrik in der Stadt Balachna, stieg am 7. IV. 1929 auf einer Holzleiter in die Grube unter dem Motor (Wechselstrom 6600 Volt), um ihn zu regulieren. Als sein linker Fuß bereits auf der Zementplattform war, auf welcher der Motor und die Leiter standen, glitt die Leiter aus, und sein rechter Fuß, der noch immer auf der Leiter stand, berührte einen der stromleitenden Teile des Motors. Patient fühlte starkes Brennen am rechten Bein und an beiden Händen. Der Motor schaltete automatisch aus; Patient fiel um, verlor jedoch das Bewußtsein nicht. Am 17. IV. wurde er aus dem Balachna-Krankenhaus ins Institut herübergebracht.

Außer einigen Spuren von Verbrennungen 1. und 2. Grades am Gesicht, ausgedehnten Verbrennungen 3. Grades an der Vorderseite der rechten Hüfte,

dem linken Handrücken, beiden inneren Handflächen (an den Hautfalten), befanden sich am linken Ellbogengelenk und in der linken Achselgrube je 2 isolierte Verbrennungsspuren, die beim Beugen der Extremität im Gelenk, in Form und Lage einander entsprachen (Abb. 7).

Die Lage sowie das identische Aussehen der Hautveränderungen in der Achselhöhle und in den Ellenbogenfalten sprechen zweifellos dafür, daß die sie hervorrufende Ursache in dem Zeitpunkte wirkte, als diese Oberflächen sich berührten. Das Fehlen von Veränderungen in der Umgebung neben der Lokalisation der Veränderungen in der Tiefe der

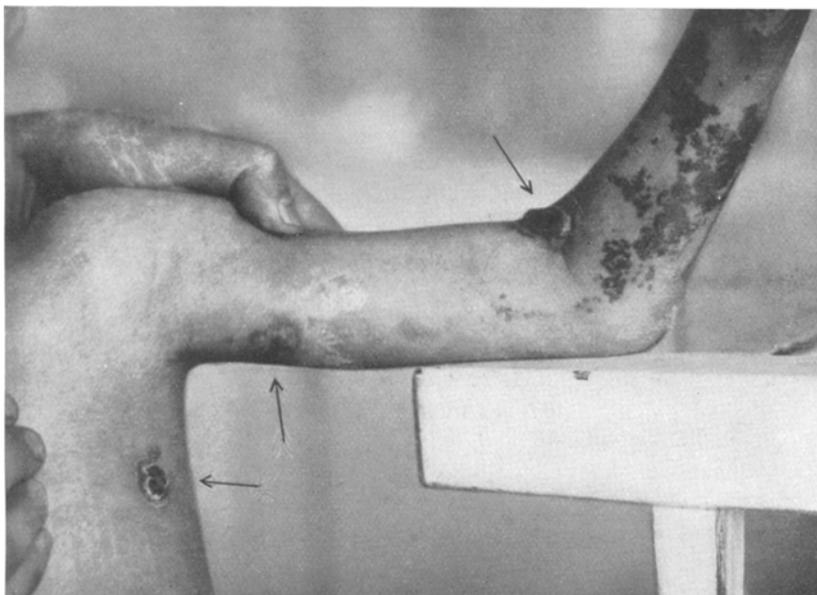


Abb. 8. Fall 4. Verbrennungen an den Falten und den sich berührenden Stellen der Haut beim Stromdurchgang.

Falten, die Unversehrtheit der Haare in der Achselhöhle, sprechen entschieden gegen eine Verbrennung durch die entzündete Kleidung.

*Fall 4*¹. U., 9 Jahre alt, obdachlos. War am 25. X. 1929, mit der Absicht, eine unbezahlte Fahrt zu machen, in den Rheostatenkasten des auf der Endstation stehenden Motorwagens der elektrischen Eisenbahn gekrochen. Beim Einschalten des Stromes wurde er vom Strom getroffen. Der Verletzte wurde ins Eisenbahnkrankenhaus befördert, von wo er am 3. II. ins Obuch-Institut gebracht wurde. Bei der Untersuchung wurde außer den heilenden und bereits geheilten Brandwunden (im Gesicht, an Händen und Füßen), die hauptsächlich die linke Hälfte des Körpers bedeckten, folgendes festgestellt: An der unteren Grenze des linken Axillargebiets, in der Höhe der 7. Rippe, in der mittleren Axillarlinie, fand sich eine etwa 1 cm im Durchmesser breite, von einem dicken trockenen

¹ Die mikroskopische Untersuchung der inneren Organe wird hier nicht angeführt.

Schorf bedeckte, runde Wundstelle; an der Innenseite des linken Oberarms eine ebenso große heilende Wundoberfläche von genau derselben Form und Größe wie am Brustkorb, die beim Annähern des Oberarms an den Brustkorb, ihrer Lage nach, genau der ersten entsprach. In der Falte des linken Ellbogens lag eine granulierende Fläche von der Größe 1×2 cm (Abb. 8).

Dieser Fall ist vollkommen ähnlich dem vorhergehenden. Die Brandstellen sind gleichfalls isoliert, identisch und entsprechen einander beim Zusammenfügen zweier Hautstellen, wenn die Extremität ihre normale adducierte Stellung einnimmt.

Zu diesen 4 beschriebenen Fällen kann ich den Fall von *Pernitzky* hinzufügen, den er mir seinerzeit zur Untersuchung überlassen hatte.



Abb. 9. Fall von Dr. *Pernitzky*. Verbrennungen beim Stromdurchgang in allen Falten der oberen Extremität.

(Der Fall wurde nachher vom Autor in „*Nowaja Chirurgija*“ 7, H. 10 [1928] veröffentlicht.)

Fall 5. Patient D., Elektromechaniker, 24 Jahre alt; berührte in selbstmörderischer Absicht mit beiden Händen 2 Leiter des Hochspannungsstromes (3000 Volt), wurde jedoch ins Orechowo-Zuowo-Krankenhaus bereits bei Besinnung und mit Shockerscheinungen gebracht. Er hatte tiefgehende (bis zum Knochen) Verbrennungen an beiden Zeigefingern, eine nicht so tief gehende Verbrennung 3. Grades an den Daumen und Mittelfingern beider Hände und am linken Ringfinger. Außerdem beiderseitige Verbrennungen an Hand und Ellenbogengelenkfalten und in den Achselhöhlen (2. und 3. Grades) (Abb. 9).

In diesem Falle läßt die Frage über die Herkunft der Verbrennungen auch keine Zweifel zu wegen ihrer bevorzugten Lokalisation und des vollständigen Fehlens irgend welcher Gewebsveränderungen an vor-springenden Körperteilen in der Umgebung.

Also können wir folgendes feststellen:

1. Außer den Berührungsstellen mit den stromleitenden und erdenden Teilen können Veränderungen an der Hautoberfläche durch den elektrischen Strom auch in den natürlichen Hautfalten und den aneinander liegenden Oberflächen derselben erzeugt werden.

2. Solche Verbrennungen sind bei der Einwirkung hochgespannter Ströme beobachtet.

3. Die Lokalisation dieser Verbrennungen führt zu dem Schluß, daß sie an den Stellen des Ein- und Austrittes des Stromes in die Haut bei seinem Hingleiten über die Hautoberfläche erzeugt werden.

4. Ihre Herkunft verdanken diese Verbrennungen der Umwandlung des Stromes in Joulesche Wärme und Voltasche Bögen bei der Überwindung des Widerstandes, den die Hautfalte bildet.

5. Der spezifische Mechanismus solcher Verbrennungen bleibt gewöhnlich bei der Untersuchung des Verunglückten unbeachtet.

6. Beim Durchgang durch die Hautschicht kann der elektrische Strom spezifische Spuren hinterlassen (Stromgänge, s. Abb. 2 u. 3) die den gewöhnlichen Verbrennungen nicht eigen sind.

Hieraus halte ich es für berechtigt, folgende in forensischer Hinsicht wichtige Schlußfolgerungen zu ziehen.

1. Die Veränderungen in den oberflächlichen Hautschichten (wabentartige Höhlen in der Hornschicht, bürstenartige Anordnung des Stratum Malpighii) beweisen die elektrische Herkunft der Verbrennung nur in Verbindung mit anderen Angaben der forensisch-medizinischen und technischen Begutachtung.

2. Veränderungen in den tiefen Hautschichten und dem Unterhautbindegewebe (ausgezogene Zellen und Kerne des Schweißdrüsenepithels, des Endothels, der Papillargefäße, sowie Gefäßrupturen und andere Verletzungen des zuführenden Gefäßnervenbündels) welche bei gewöhnlichen Verbrennungen nicht beobachtet wurden, dürfen als Beweise für die elektrische Entstehung der Verbrennungen gelten.

3. Entscheidende Bedeutung haben die Befunde von „Stromgängen“ in der Haut.

4. Brandwunden in Hautfalten und aneinanderliegenden Hautstellen, können in denjenigen Fällen, wo eine Stromwirkung vermutet werden kann, die Zweifel im positiven Sinne entscheiden.

5. Die auf eine gebeugte (adduzierte) Stellung des Gelenkes während des Unglückfalles hinweisende Lokalisation solcher Brandwunden kann dem Sachverständigen die annähernde Lage des Verletzten und seine Stellung bezüglich der stromleitenden und erdenden Teile bei der Verunglückung anzeigen.

6. Im Interesse der gerichtlich-medizinischen Beurteilung, aber auch im Interesse des Studiums der elektrischen Unfälle im allgemeinen,

müssen unbedingt eingeführt werden: a) obligatorische Krankenhausaufnahme der Verletzten, b) eine obligatorische Obduktion aller am elektrischen Strom Gestorbenen, c) eine möglichst ausgedehnte Entnahme und sorgfältige Untersuchung des path.-anatomischen und klinischen Materials.

Dem Leiter der Chirurgischen Abteilung, Prof. *W. R. Chessin*, der das ganze Material über Elektrotraumatismus mir zur Verfügung stellte, der Leiterin des pathologisch-anatomischen Laboratoriums, Dr. *E. O. Freifeld*, die den pathologisch-anatomischen Teil der Untersuchungen ausführte, sowie der Direktorin des Instituts, Dr. *L. S. Bogoljepowa*, die in jeder Hinsicht die technische und ökonomische Seite der Arbeit ermöglichte, spreche ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus.
