

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg  
(Direktor: Prof. Dr. med. B. MUELLER)

## **Untersuchungen über Histologie und Metallisation nach elektrischen Einwirkungen auf die Haut\***

Von

**MANFRED SCHÄFFNER**

Mit 5 Textabbildungen

(Eingegangen am 28. Dezember 1964)

Bei einer Leiche fanden sich verbrennungsähnliche, ungefähr ringförmige Verletzungen an zwei Fingern einer Hand und der großen Zehe der anderen Körperseite. Es tauchte ein gewisser Verdacht auf, daß diese Veränderungen durch elektrischen Strom herbeigeführt worden sein könnten. Geklärt ist die Angelegenheit noch nicht.

Dieser Vorfall gab Veranlassung zur Bearbeitung folgender Fragestellungen:

1. Findet man die bekannten Bilder der büschelförmig ausgezogenen Epithelien des Stratum germinativum der Haut außer nach Einwirkung von elektrischem Strom und Hitze auch nach anderen Einwirkungen auf die Haut?
2. Wie verhält sich die Metallisation nach Einwirkung von elektrischem Strom? Gibt es auch andersartige Metallisationen, die zu Fehlschlüssen führen könnten?

### *I. Histologische Befunde*

Daß das Bild der büschelförmig ausgezogenen Epithelien des Stratum germinativum nicht für die Einwirkung von elektrischem Strom allein charakteristisch ist, ist bekannt und wird außer im Schrifttum auch in einer Anzahl von Lehrbüchern hervorgehoben (GANS u. STEIGLEDER, GRADWOHL, HABERDA, KOEPPEN, B. MUELLER, POLSON, PONSOLD, PROKOP, PUCCINI, GRAER u.a.).

Wir stellten folgende Versuche an:

Auf der enthaarten Rückenhaut von weißen Ratten sowie auf Leichenhaut wurden *elektrische* Verbrennungen gesetzt. Es wurden zunächst flächenhafte

\* Mein besonderer Dank gilt Herrn ALFONS ERBACH, der durch seine große Erfahrung auf dem Gebiet der Histologie und Histochemie entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat. Danken möchte ich auch den Herren SCHIBLI und MODABER, die ihre Dissertation über Einzelfragen dieses Komplexes angefertigt haben. Über die Ergebnisse wurde im Rahmen einer Diskussionsbemerkung auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Zürich, Oktober 1964, berichtet.

Kupferelektroden benutzt (0,4 auf 1,6 cm), die Stromfließdauer betrug bei den Tierversuchen stets 2 sec. Von 96 Schnitten aus 4 Versuchen konnte nur in 47 Schnitten eine deutliche Ausziehung der Basalzellkerne sowie der Zellkerne der äußeren Haarwurzelscheiden beobachtet werden. In 45 Fällen sahen wir eine Verschmelzung

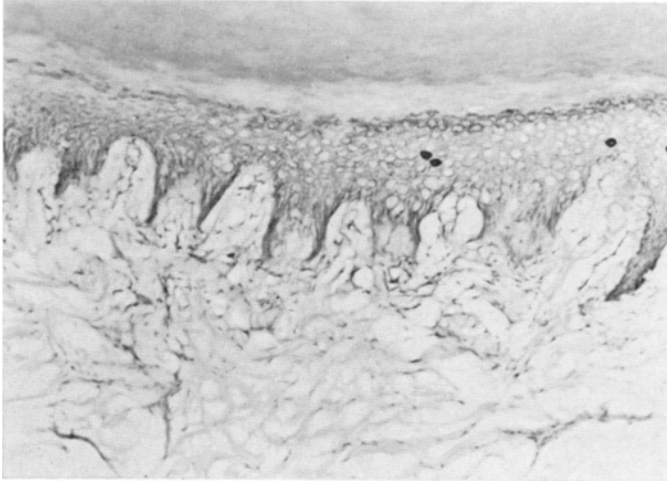


Abb. 1a. Leishenhaut, ca. 10 Tage bei  $-10^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt. Deutliche Ausziehung der Basalzellkerne

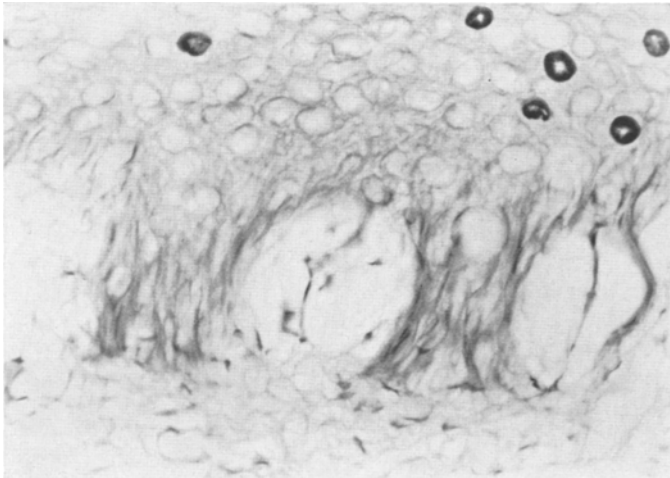


Abb. 1b. Ausschnittsvergrößerung — Versuchsanordnung wie bei Abb. 1a

des Bindegewebes im Corium, in 16 Fällen eine Zerfetzung der Haarschäfte und Haarwurzeln und in weiteren 16 Fällen eine Hohlraumbildung entlang der Haare.

Wurden jedoch kleinere Elektroden verwendet (1 mm breiter Kupferdraht, flach oder mit der Spitze aufgelegt), so kam es bei einer Stromfließdauer von 1 sec und mehr ausnahmslos zu einer Ausziehung der Basalzellkerne. Verschmelzungen

des Bindegewebes im Corium wurden in wechselnder Stärke, aber nicht in allen Versuchen beobachtet (35 Leichenhautschnitte aus 11 Versuchen). Alle Versuche wurden mit Wechselstrom bei einer Spannung von 220 V durchgeführt.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich, daß das Bild der Ausziehung der Epithelien bei Einwirkung von elektrischem Strom gelegentlich auch fehlen kann, und zwar besonders dann, wenn breitflächige Elektroden mit der Haut in Berührung kommen.

Bei rein *thermischen* Verbrennungen mit heißen Drähten bei unterschiedlichen Hitzegraden konnten wir bei 10 Tierversuchen und 13 Lei-

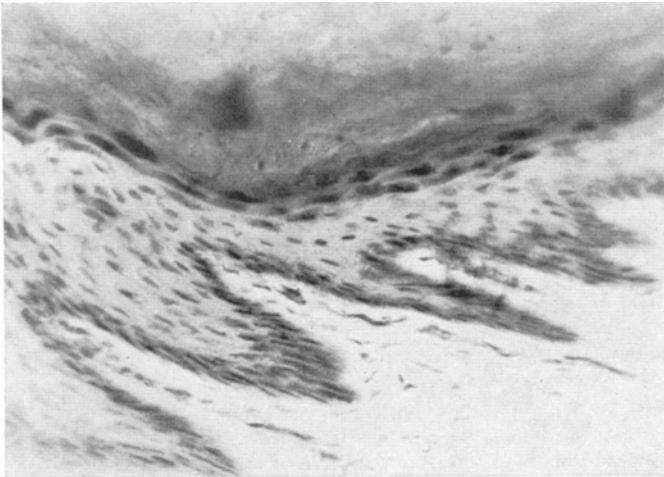


Abb. 2. Bei Zimmertemperatur 18 Tage lang ausgetrocknete Leichenhaut.  
Deutliche Ausziehung der Basalzellkerne

chenhautversuchen ausnahmslos eine Ausziehung der Basalzellkerne sowie der Zellkerne der Haarwurzelscheiden feststellen. Auch eine Verschmelzung des Bindegewebes im Corium war in wechselnd starker Ausprägung bei allen thermischen Verbrennungen zu sehen, öfters auch eine Hohlraumbildung entlang der Haarbälge.

Wir untersuchten nunmehr die Einwirkung von *Kälte*: Unversehrte Leichenhaut von der Fußsohle wurde 20 Tage lang in der Kühltruhe bei  $-10^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt. Die histologische Untersuchung ergab eine mäßige Austrocknung des Gewebes vom Rande her; am Übergang zur Hautpartie, in deren Bereich eine Vertrocknung nicht zu erkennen war, zeigten sich deutlich Ausziehungen der Zellkerne des Stratum basale und des Stratum germinativum, sie waren in den Epithelzapfen besonders ausgeprägt. Um die Zellkerne herum schien eine hydropische Schwellung des Gewebes vorhanden zu sein. Es entstand der Eindruck, als ob mechanische Kräfte, etwa Druck und Zug beim Auftauen, diese Zellkernveränderungen verursachen könnten (Abb. 1 a und b).

Wir haben weiterhin Leichenhaut bei Zimmertemperatur, in der Kühltruhe bei  $-10^{\circ}\text{C}$  und im Kühlschrank bei  $+8^{\circ}\text{C}$  63 Std, 113 Std sowie 8, 10, 12, 16 und 18 Tage aufbewahrt. Es kam zu einer Eintrocknung vom Rande her, das eingetrocknete Gewebe war vermindert färbbar, es fiel auf, daß die dargestellten Zellkerne des Epithels längs ausgezogen waren. Die Breite der Zellkerne war stark vermindert, es handelt sich hier um Befunde, auf die bereits B. MUELLER hingewiesen hat. Im Bereiche der Übergangszone zwischen der ausgetrockneten und der noch erhaltenen Epidermis sahen wir deutliche Ausziehungen der Zellkerne, die nach dem Eindruck, der bei uns entstanden ist, sich nicht dadurch erklären lassen, daß es sich um Schrägschnitte handelt (Abb. 2).

## II. Chemische und histochemische Metallisationsbefunde

SCHRADER fand bei seinen tierexperimentellen Untersuchungen sowohl Eisen als auch Kupfer an der Oberfläche der Haut, und zwar auf der Hornschicht, im Corium und insbesondere auch in den Haarwurzeln. Er experimentierte mit einem Wechselstrom von 110 V und einem Gleichstrom von 220 V. Bei thermischen Verbrennungen erhob er keine Befunde, die mit den nach Einwirkung von elektrischem Strom entstandenen verwechselt werden konnten. KOEPPEN, der mit einem Wechselstrom von 220 V experimentierte, sah zwar keine Metallablagerung in den tieferen Gewebsschichten, er hielt jedoch die Metallisation für das entscheidende Merkmal für die Diagnose einer Einwirkung von elektrischem Strom.

Zu der gleichen Auffassung kamen in neuerer Zeit ADJUTANTIS und SKALOS, sie benutzten als Reagens für den Kupfernachweis Benzoin-Oxim. Die zu untersuchende Metallspur wird durch Aufbringen eines Tropfens verdünnter Salpetersäure in Lösung gebracht und durch einen kleinen Filtrierpapierstreifen aufgesaugt, der zuvor mit dem Reagens beschickt wurde. Bei Vorhandensein von Kupfer auf der Haut entsteht auf dem Filtrierpapier eine Grünfärbung. Man kann diese Methode auch für den Nachweis anderer Metalle verwenden. Die Art des Vorgehens wird von den erwähnten Verfassern als *Akroreaktionstest* bezeichnet.

Wir haben zunächst unter Anwendung dieses Testes elektrische Hautverbrennungen untersucht, die mit Kupferelektroden erzeugt wurden, fernerhin Verschmutzungen mit Kupferoxyd und Kupferpulver. Eine deutliche Reaktion ergab sich nur, wenn der Strom längere Zeit durch die Haut geflossen war oder wenn eine mechanische Verunreinigung mit Kupfer bestanden hatte. Wir hatten den Eindruck, als ob diese Reaktion ein wenig zu unempfindlich sei.

Nach zahlreichen Vorversuchen benutzten wir folgende Technizismen:

1. Akroreaktion mit Rubeanwasserstoffsäure zum Kupfernachweis.
2. Akroreaktion mit Kaliumhexacyanoferrat (Berliner-Blau-Reaktion) zum Eisennachweis.
3. Histochemischer Kupfernachweis mit Rubeanwasserstoffsäure.
4. Histochemischer Eisennachweis mit Kaliumhexacyanoferrat.

### III. Untersuchungen mit Hilfe der Akroreaktion auf Kupfer und Eisen

Die sog. Akroreaktion zum Nachweis von Kupfer mit Hilfe von Rubeanwasserstoffsäure variierten wir wie folgt: Die Rubeanwasserstoffsäure ist nach FETGL deutlich empfindlicher als Benzoin-Oxim (Erfassungsgrenze  $0,006 \mu\text{g}$  gegenüber  $0,1 \mu\text{g}$  bei Benzoin-Oxim). In einer Serie von Vergleichsversuchen konnten wir die größere Empfindlichkeit von Rubeanwasserstoffsäure bestätigen.

Wir verwendeten eine 0,1%ige Lösung von Rubeanwasserstoffsäure in 70%igem Alkohol, trankten die keilförmig zugeschnittenen Filterpapierstreifen ( $8 \times 25 \text{ mm}$ , Weißband, aschefrei, Schleicher & Schüll) in der Lösung und ließen sie trocknen. Die zu untersuchende Hautstelle wird mit einem Tropfen 6%iger Salpetersäure beschickt. Nach Einwirken von 3 min wird der Tropfen, in dem das Kupfer als Metallsalz gelöst ist, in den präparierten Filterpapierstreifen aufgesaugt. Wenn die keilförmigen Streifen mit der Spitze nach oben gehalten werden und die Metallsalze von der Basis her aufgesaugt werden, so kommt es zu einer Anreicherung der Kupfersalze in der Spitze, was die Empfindlichkeit des Nachweises erhöht. Der noch feuchte Streifen wird zum Neutralisieren über Ammoniakdampf gehalten. Es setzt sofort die Reaktion ein: Es zeigt sich eine grau-grüne Farbe. Störend sind Kobalt und Nickel. Kobalt scheidet durch sein seltenes Vorkommen in der Praxis weitgehend aus, Nickel gibt eine farblich gut unterscheidbare Reaktion mit violett-brauner bis blauer Farbe.

Unter Anwendung einer entsprechenden Technik kann man mit Hilfe der Berliner-Blau-Reaktion auch Eisen nachweisen.

Wir verursachten zunächst elektrische Verbrennungen auf Ratten- und Leichenhaut, indem wir Eisen- und Kupferelektroden auf die Haut aufsetzten. Es handelte sich um eine flächenhafte Elektrode mit einem Ausmaß von  $0,4$  zu  $1,6 \text{ cm}$ , um flach aufgelegten Kupferdraht mit einer Dicke von  $2 \text{ mm}$ , auch wurde Kupferdraht nur mit der Spitze auf die Haut aufgesetzt (Auflagefläche  $2 \text{ mm}$  Durchmesser). Benutzt wurde ein Gebrauchsstrom von  $220 \text{ V}$  Wechselstrom, die Stromfließdauer lag zwischen weniger als einer halben Sekunde und  $8 \text{ sec}$ . Bei 45 Versuchen konnte mit der Akroreaktion immer Eisen oder Kupfer im Bereiche der entstandenen Verbrennung nachgewiesen werden.

Wir wollten nunmehr prüfen, ob es zu einer Metallisation auch dann kommt, wenn ein Lichtbogen entsteht, ohne daß die Elektrode auf die Haut aufgesetzt wird. Benutzt wurde ein Strom von  $6000 \text{ V}$ , der Abstand zwischen Elektrode und Haut betrug  $1\text{--}2 \text{ mm}$ ; nach einer Stromfließdauer von  $1\text{--}3 \text{ sec}$  war es uns bei 7 Versuchen niemals möglich, eine Metallisation nachzuweisen.

Die weiteren Untersuchungen richteten sich darauf, ob es im praktischen Leben *künstliche Metallisationen* der Haut gibt, die nicht mit der Einwirkung von elektrischem Strom zusammenhängen.

Wird mit einem leicht oxydierten Eisen- oder Kupferdraht auf der Haut gerieben, so läßt sich das Metall auf der Haut auch nachweisen. Wird in eine Wunde, die durch thermische Verbrennung entstand, Metallstaub eingerieben oder wird eine thermische Verbrennung gesetzt, nachdem die Haut vorher an dieser Stelle mit Metallstaub verunreinigt

wurde, so ließ sich nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen trotz täglicher Reinigung mit Seife und warmem Wasser das Metall noch 6—8 Tage nachweisen; es handelte sich hier um Versuche, die an der Haut von 12 lebenden, an der betreffenden Stelle enthaarten Ratten vorgenommen wurden.

Säubert man einen Kupfertopf mit Topfreinigern oder Metallspänen, so kann das Metall in reichlicher Menge auf die Haut kommen. Das gleiche ist der Fall, wenn die Haut mit dem Reinigungsmittel ATA beschickt wird, das feinste Kupferteilchen enthält (etwa nach Reinigung eines Kupferkessels). Wäscht man die auf diese Weise verunreinigte Hand bei unverletzter Haut mit Wasser und Seife, so ist nach dem Ergebnis unserer Versuche danach Kupfer nicht mehr nachweisbar.

Eine zufällige Metallisation der Haut mit *Eisen* scheint nicht selten zu sein. Bei sechs Angehörigen unseres Instituts war an der Innenseite des Daumens ausnahmslos eine positive Eisenreaktion zu erheben, zum Teil auch an anderen Hautpartien der Hand. Reibt man einen Finger, an dem zunächst kein Eisen nachzuweisen ist, nur leicht an einem Eisenwerkzeug, so zeigt sich eine deutliche Berliner-Blau-Reaktion. Sticht man rostige Eisennägel in Leichenhaut ein, so konnten wir an dieser Stelle ausnahmslos Eisen mit Hilfe der Akroreaktion feststellen. Auch fanden wir zufällig eine Metallisation mit Eisen von größerer Ausdehnung an der leicht verschmutzten Fußsohle einer Leiche.

Unter den gegebenen Umständen wird man bei entsprechendem histologischen Befund den zusätzlichen Nachweis einer Metallisation an der entsprechenden Stelle nur dann als beweisend für eine vorangegangene Einwirkung von elektrischem Strom ansehen können, wenn man eine künstliche Metallisation hinreichend sicher ausschließen kann. Hierbei ist besonders zu berücksichtigen, daß eine zufällige Metallisation in thermisch gesetzten Brandwunden auch dann ziemlich lange erhalten bleibt, wenn man die Hautstelle nachträglich mit Seife und warmem Wasser reinigt.

#### *IV. Histochemische Untersuchungen über die Metallisation* *Kupfer*

Wir benutzten zum histochemischen Nachweis die von PEARSE beschriebene Methode mit Rubeanwasserstoffsäure. Die am Kryostat gefertigten Schnitte kommen zunächst für 10 min in eine 0,1%ige Lösung von Rubeanwasserstoffsäure in 70%igem Alkohol und danach für 24—48 Std in ein Gemisch dieser Lösung mit Natriumacetat (0,1%ige Rubeanwasserstoffsäure in 70%igem Alkohol + 100 mg Natriumacetat auf 100 ml), danach kann mit Kernechtrot gegengefärbt werden.

Es wird auch sonst von einer Formalinfixierung des zu untersuchenden Gewebes und nachträglicher Paraffineindeckung abgeraten. Auch

wir machten entsprechende Erfahrungen: Bei 73 Schnitten aus 24 verschiedenen Versuchen ließ sich Kupfer histochemisch nicht mehr nachweisen, obwohl die Akroreaktion positiv war. Allem Anschein nach wird oberflächlich haftendes Kupfer im Verlaufe der Fixation und der weiteren Arbeitsgänge bei der Paraffineindeckung abgelöst. Der Gefrierschneidetechnik am frischen Gewebe unter Benutzung des Kryostaten muß eindeutig der Vorzug gegeben werden.

Bei den von uns durchgeführten 12 Leichenversuchen und 9 Versuchen an der enthaarten Rattenhaut (die Tiere waren vorher narkoti-

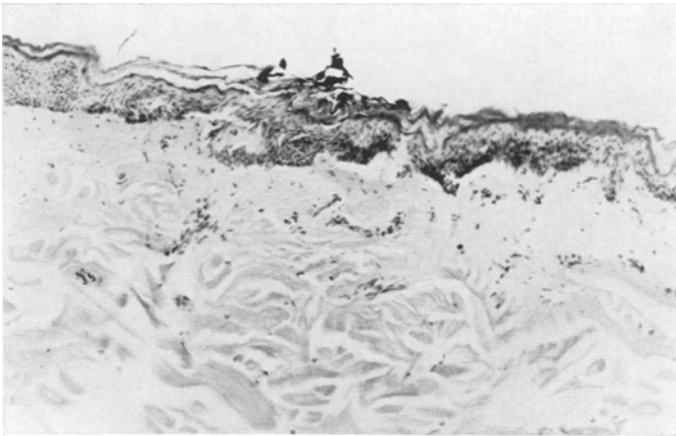


Abb. 3. Metallisation bei einer elektrischen Verbrennung (Kupferdraht auf Leichenhaut flach aufgelegt, 220 V Wechselstrom, Stromfließdauer 2 sec)

siert worden), konnten wir das abgelagerte Metall, welches sich durch Rubeanwasserstoffsäure schwarzbraun darstellt, nur auf und in der Hornschicht nachweisen (Abb. 3). Weder eine Änderung der Elektrodenform noch die Stromfließdauer hatten bei Gebrauch eines Wechselstromes von 220 V auf die Lokalisation einen Einfluß, auch dann nicht, wenn die Stromfließdauer bei Leichenversuchen bis zu einer Stunde betrug. Im Gegensatz zu SCHRADER haben wir keine Kupferablagerungen im Bindegewebe des Corium und entlang der Haarschäfte beobachten können.

Bei 7 Versuchstieren wurden die geschädigten Hautstellen nach  $2\frac{1}{2}$ , nach 10, nach 25 und 75 Std sowie nach 5, 6 und 7 Tagen excidiert. Bei allen Schnitten war bis zum 5. Tage Kupfer nachzuweisen. Von da an verlief der histochemische Kupfernachweis negativ. Der Zeitpunkt, von dem an sich kein Kupfer mehr nachweisen ließ, deckte sich mit dem Zeitpunkt, an dem sich der Schorf ablöste. Ebenso lange war auch die Ausziehung der Epithelien erkennbar.

*Eisen*

Wir benutzten histochemisch die allgemein bekannte, Berliner-Blau-Reaktion. Waren die Organteile in Formalin fixiert worden, so stellte sich das Eisen nicht nur an der Oberfläche als blauer Belag dar, es kam vielmehr auch zu einer intensiven Blaufärbung der Talgdrüsen, zum Teil auch der Muskulatur. Wir fixierten daher mit Alkohol und

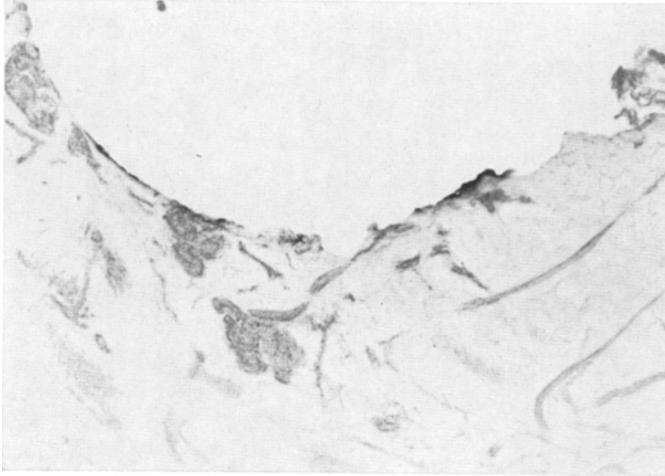


Abb. 4. Eisenablagerung in der Tiefe des Stichkanals, hervorgerufen durch Eisenelektrode bei 6000 V. Stromfließdauer 1 sec

betteten dann ein, oder wir schnitten die frischen Gewebstückchen mit dem Gefriermikrotom; beide Methoden waren brauchbar.

Bei insgesamt 25 Versuchen unter Anwendung eines Stromes von 220, 380 und 6000 V bei unterschiedlich langer Stromfließdauer haben wir bezüglich der Lokalisation des Metalles keine wesentlichen Abweichungen gegenüber der Verteilung des Kupfers gesehen. Auch bei Benutzung von Eisenelektroden lag das Metall auf oder in den oberen Partien der Hornschicht. Es kam vor, daß das Eisen beim Anfärben der Schnitte in das Metallsalz überging, dann allerdings kam es zu einer Diffusion des Metallsalzes; dadurch konnte eine Ablagerung von Eisen in den tieferen Gewebsschichten vorgetäuscht werden.

Bei 2 von 25 Versuchen konnten wir einen positiven Eisenbefund nicht feststellen. Es scheint so, daß die Gewebsschnitte allzu dünn waren, so daß das in diesen Schnitten vorhandene Eisen zu einer positiven Reaktion nicht ausreichte.

Eine Abhängigkeit der Stärke der Metallisation von der Höhe der Spannung oder von der Stromfließdauer konnten wir nicht erkennen. Wir gewannen aber den Eindruck, daß bei erheblicher elektrischer Ver-



brennung, die zu einer Verschmörung des Gewebes führte, die Metallisation nur am Rande des Gewebsdefektes zu erkennen war. Vielleicht kann man dies so erklären, daß das verschmorte Gewebe an der Elektrode haften bleibt.

Wurde mit einem rostigen Eisennagel in Leichenhaut eingestochen, und wurde später der gleiche Nagel als Elektrode bei einer Spannung von

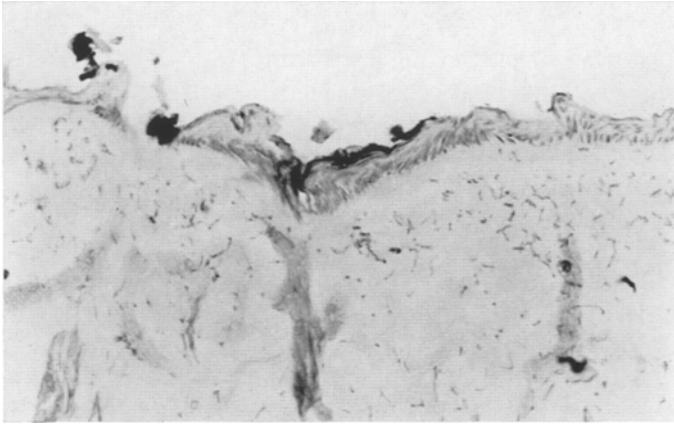


Abb. 5. Eisenschmigel in Leichenhaut durch heißen Glasstab eingebrannt. Eisen in und auf der Hornschicht, Zellkernausziehungen

6000 V und einer Stromfließdauer von etwa einer halben Sekunde verwendet, so zeigten sich Hautdefekte, die man bei makroskopischer Betrachtung miteinander verwechseln konnte.

Bei der histochemischen Untersuchung befand sich bei den Versuchen mit dem heißen Nagel Eisen nur am oberen Ende des Stichkanales, während es bei elektrischen Verbrennungen meist mehr in der Tiefe des Gewebsdefektes zu sehen war (Abb. 4). Die Unterschiede waren jedoch nicht immer so deutlich, daß man unter Berücksichtigung der Lokalisation der Ablagerung eine thermische Verbrennung von der durch elektrischen Strom gesetzten mit Sicherheit unterscheiden konnte, sofern man die Diagnose nur auf das histologische Bild stützen will.

Ist der thermischen Verbrennung eine zufällige Metallisation vorausgegangen (Abb. 5), so ist auch bei Untersuchung auf Eisen auf Grund des histochemischen Befundes allein eine Abgrenzung gegenüber einer elektrischen Verbrennung nicht möglich.

### *Zusammenfassung*

1. Aus unseren Untersuchungen ergab sich, daß der bekannte Befund der Ausziehung der Epithelien des Stratum germinativum und Stratum basale außer bei Einwirkung von elektrischem Strom und von Hitze auch

bei Einwirkung von Kälte und an der Grenze von Hautvertrocknungen zu erkennen ist. Bei Einwirkung von elektrischem Strom fehlt dieser Befund mitunter, besonders wenn großflächige Elektroden benutzt wurden.

2. Die Metallisation nach Anwendung von Kupfer- und Eisenelektroden war eine oberflächliche. Wir konnten die Befunde von SCHRADER nicht bestätigen, nach welchen sie sich auch im Bereich der Haarbälge vorfindet. Es bestand keine deutliche Relation zwischen der Höhe der Spannung und der Ausdehnung der Metallisation.

3. Wenn man glühende Eisennadeln in die Haut einsticht und die Befunde mit Stromeinwirkungen vergleicht, die mit gleichartigen Eisenelektroden herbeigeführt worden waren, so ergab sich, daß die Metallisation bei elektrischen Verletzungen mehr in die Tiefe ging, doch waren die Befunde nicht so regelmäßig, daß man sich allein darauf verlassen kann.

4. Eine mehr flächenhafte Metallisation, die durch Waschen mit Wasser und Seife leicht zu beseitigen ist, entsteht zuweilen künstlich (z.B. beim Reinigen eines Kupferkessels). Ist aber eine Wunde vorhanden, z.B. eine Brandwunde, und kommt in diese Wunde Kupfer, so ist die Metallisation noch bis zu einer Woche nachweisbar; ebensolange fand sich auch das histologische Bild der Ausziehung der Epithelzellen.

5. Eisen auf der menschlichen Haut kann ubiquitär sein; so fanden wir Eisenmetallisation an der leicht verschmutzten Fußsohle einer Leiche in größerem Umfange.

6. Zur Feststellung der Einwirkung von elektrischem Strom ohne das Vorliegen einer brauchbaren Anamnese wird notwendig sein, daß man nicht nur die fragliche Stelle histologisch und chemisch oder histochemisch untersucht (Vermeidung von Formalinfixierung), sondern auch Hautteile aus der Umgebung der Hautveränderung und unter Umständen auch Hautpartien, die von der fraglichen Veränderung entfernt liegen.

7. Der Akroreaktionstest mit Rubeanwasserstoffsäure bzw. Kaliumhexacyanoferrat (Berliner-Blau-Reaktion) kann zum Metallsnachweis bei fraglichen elektrischen Einwirkungen auf die Haut empfohlen werden; die Methode ist einfach und recht empfindlich und schließt eine chemische Nachuntersuchung nicht aus.

### *Summary*

1. Through our experiments, we were able to demonstrate, not only the known fact of elongation of epithelial cells in the stratum germinativum and the stratum basale resulting from electrical current and heat but also that it is caused by cold and is found at the edges of dried skin.

Electrical current did not always cause elongation, especially when we used electrodes with a large surface area.

2. Metalization, produced with copper and iron electrodes, was mainly superficial. We were unable to confirm the findings of SCHRADER that metalization occurs also in the hair follicle. There is no distinct relationship between the amount of voltage and the extent of metalization.

3. Comparison between the effects of penetrating the skin with red-hot iron needles and of homogeneous iron electrodes showed that the metalization caused by electrical damage penetrates the skin more deeply. However, the findings are not sufficiently consistent to be relied upon.

4. A more superficial metalization, which can be easily removed with soap and water, can occasionally be artificially produced (e.g. cleaning a copper kettle). When a wound, such as a burn, is present, and copper enters this wound, the metalization is demonstrable up to one week afterwards; as is the elongation of the epithelial cells.

5. Iron can be ubiquitous on the human skin; similarly, we found iron metalization, on the lightly-dirtied foot sole of a corpse.

6. To determine the influence of an electrical current, without the presence of a useful anamnesis, it is necessary to examine histologically and chemically or histochemically (avoid formalin fixation) not only the area in question, but also surrounding skin sections in the area of change, and also under certain circumstances, skin sections located outside the questionable area.

7. The acroreaction with rubeanic acid or Kaliumhexacyanoferrate (Berlin Blue Reaction) can be recommended for determination of metal in areas of questionable electrical influence in the skin. The method is simple, relatively sensitive, and does not interfere with later chemical determinations.

### Literatur

- ADJUTANTIS, G., u. G. SKALOS: Identifizierung von Strommarken durch den sog. Akroreaktions-Test. *J. forens. Med.* **9**, 101 (1962). Ref. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **55**, 127 (1964).
- FEIGL, F.: *Tüpfelanalyse*, Bd. I, Anorganischer Teil. Frankfurt/Main: Akad. Verlagsgesellschaft mbH 1960.
- GANS, O., u. G. K. STEIGLEDER: *Histologie der Hautkrankheiten*, Bd. I, S. 198. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1955.
- GRADWOHL, R. B. H.: *Legal medicine*, p. 201. St. Louis: C. V. Mosby 1954.
- GRAEV, M.: Su talune espressioni istologiche — allungamento dell cellule epidermiche — nelle ustioni sperimentali. *Minerva med.-leg.* **84**, 116 (1964).
- HABERDA, A.: *Lehrbuch der gerichtlichen Medizin*, Teil II, S. 721. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1923.

- KOEPPEN, S.: Die Anatomie der elektrischen Verletzungen. Dtsch. med. Wschr. **1928**, 2127.
- , u. H. GERSTNER: Untersuchungen über elektrische Strommarken im Vergleich zu experimentell erzeugten Wärmeverletzungen der Haut. Virchows Arch. path. Anat. **295**, 679 (1935).
- , u. F. PANSE: Klinische Elektropathologie. Stuttgart: Georg Thieme 1955.
- MODABER, P.: Über die Metallisation, insbesondere über das Verhalten des Eisens nach elektrischem Strom. Med. Diss. Heidelberg 1965.
- MUELLER, B.: Gerichtliche Medizin. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- PEARSE, E.: Histochemistry; theoretical and applied, second edit. London: Churchill Ltd. 1961.
- POLSON, D. J.: The essentials of forensic medicine, p. 186. London: English Universities Press Ltd. 1955.
- PONSOLD, A.: Lehrbuch der Gerichtlichen Medizin, S. 443. Stuttgart: Georg Thieme 1957.
- PROKOP, O.: Lehrbuch der Gerichtlichen Medizin, p. 130. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit 1960.
- PUCCINI, G.: Le lesioni cutanee da elettricitid; particolarità strutturali del marchi elettrice. Minerva Med.-leg. **84**, 91 (1964).
- ROMEIS, B.: Taschenbuch der mikroskopischen Technik, S. 1205. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1943.
- SCHIBLI, R.: Vitale Reaktionen bei elektrischen Verbrennungen. Med. Inaug.-Diss. (1964).
- SCHRADER, G.: Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen. Jena: Gustav Fischer 1920.
- SCHRIDDE, H.: Der elektrische Stromtod. Pathologisch-anatomische Untersuchungen. Klin. Wschr. **1925**, 2143.

Dr. med. MANFRED SCHÄFFNER  
675 Kaiserslautern, Mozartstr. 12