

## Untersuchungen über die Gestalt oberflächlicher Metallisationen der Haut

E. BÖHM

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

Eingegangen am 25. Juni 1966

Die Anwesenheit von Metall auf oder in der menschlichen Haut (Metallisation) läßt bekanntlich über das Zustandekommen einer Metallisation kaum Rückschlüsse zu (SCHÄFFNER, SELLER und PIOCH, BÖHM). Weder der Akroreaktionstest nach ADJUTANTIS und SKALOS, noch Besonderheiten in der histochemischen Lokalisation von Metallionen können als sichere Kriterien eines Stromflusses gewertet werden.

Wir haben uns daher die Frage gestellt, ob sich aus der Ausbreitung einer Metallisation auf der Haut ein Hinweis für deren Entstehung ergibt. Insbesondere wollten wir wissen, ob sich aus der Ausbreitung einer Metallisation Rückschlüsse auf die Form des verursachenden Metallobjektes ziehen lassen.

Wir gingen von folgenden Grundgedanken aus: Das Metall liegt bei jeder Metallisation in der ionisierten Form auf der Haut vor. Es müßte sich also beim Auftragen der auf die verschiedenen Metalle ansprechenden Reagentien ein Negativabdruck der mit der Haut in Berührung gekommenen Metalloberfläche ausbilden. Da wir Verwischungen der Konturen vermeiden wollten, trugen wir die Reagentien mittels eines feinen Sprays auf die Hautoberfläche auf.

Zunächst erzeugten wir an Leichenhaut elektrische Metallisationen mit Wechselstrom von 220 Volt. Die Stromfließzeiten waren stets kürzer als eine Sekunde. Als Elektroden verwendeten wir Kupfer (Drahtgeflecht-Netz, Litze und Blech). Makroskopische Veränderungen waren an der Oberhaut noch nicht festzustellen. Nach dem Aufspritzen des Reagens (0,1%ige Rubeanwasserstofflösung in 70%igem Äthylalkohol) mittels eines Sprühröhrchens zeigte sich innerhalb weniger Minuten ein Negativbild der Elektrodenoberfläche von erstaunlicher Schärfe der Konturen. Als Besonderheit fanden wir feine, bis zu stecknadelkopfgroße dunkle Punkte, besonders in den Randpartien der Elektrodenauflageflächen (Abb. 1—3).

Daraufhin erhitzen wir die gereinigten Elektroden auf eine Temperatur von ca. 150° C und drückten das erhitzte Metall auf die Haut.

Auch hier war ein entsprechender Negativabdruck nach der Besprühung zu sehen. Die punktförmigen Veränderungen fehlten hier jedoch.

Schließlich erzeugten wir eine Metallisation durch Reiben der Haut mit einem Kupferstab. Auch diese war mit der angegebenen Methode

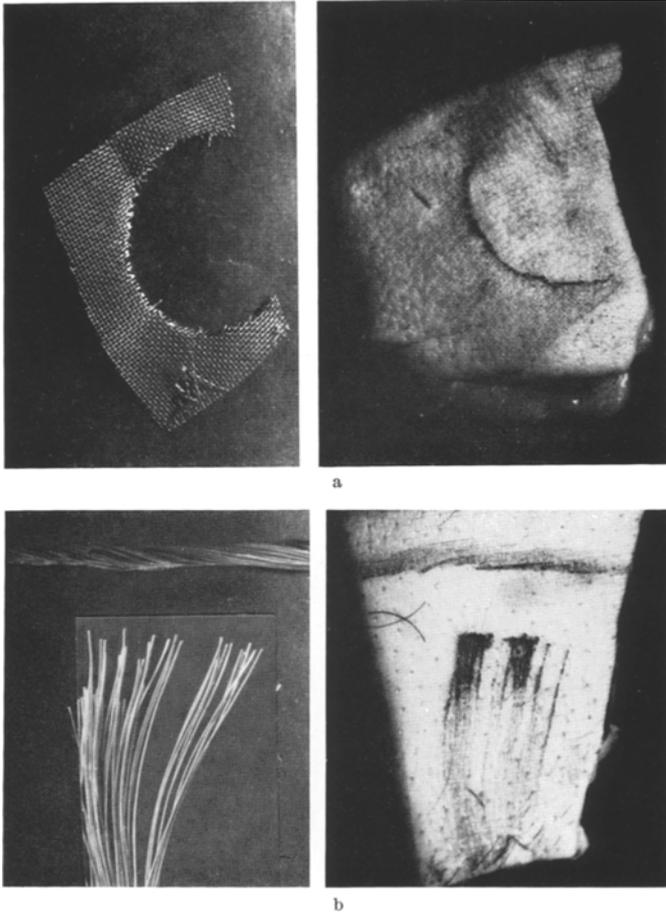


Abb. 1. Elektrische Metallisation durch Auflage a eines Kupfernetzes, b einer Kupferlitze. Deutliches Hervortreten der Stromdurchtrittspunkte in den Randgebieten der Elektroden

einwandfrei nachweisbar. Die Begrenzung wies jedoch so starke Unschärfen und Verwischungen auf, daß eine Abgrenzung gegen die elektrische sowie rein thermisch bedingte Metallisation einwandfrei möglich war. Gleichartige Versuchsreihen wurden mit Eisen, Nickel, Zink, Messing und Aluminium als Elektrodenmetalle mit den entsprechenden

Gegenversuchen ohne Stromeinwirkung durchgeführt. Als Reagentien wurden benutzt:

Eisen: 2%ige Kaliumferrocyanidlösung in 1%iger HCl. Aluminium: Eryochromcyaninlösung (0,3%ig in 1%iger HCl). Zink: 1. 2%ige wäßrige Lösung von Kalium-

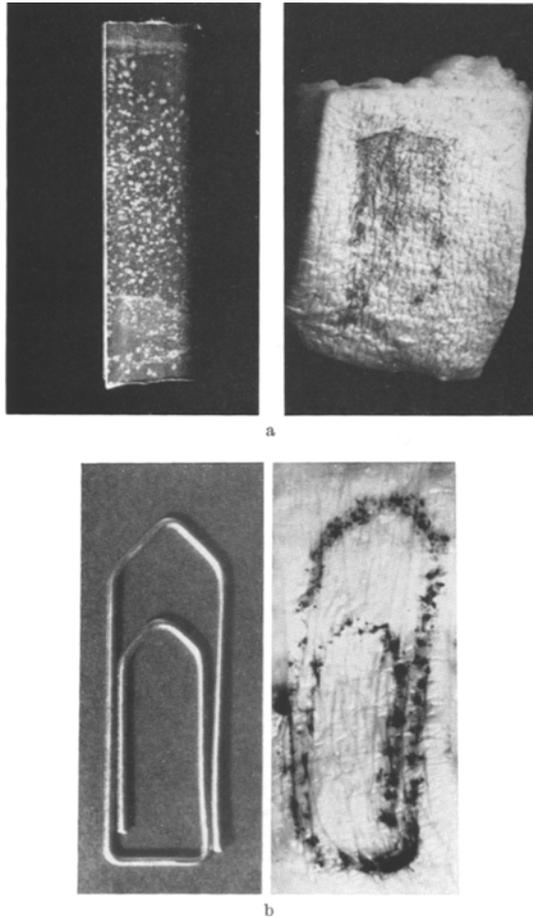


Abb. 2. a Elektrische Metallisation durch ein streifenförmiges Aluminiumblechstück. b Elektrische Metallisation durch eine Eisenklammer: Deutliche Schießscheibenform der Stromdurchbrüche

hexacyanoferrat. 2. Diäthylanilinlösung in Schwefelsäure, zuerst Aufspritzen von 1., dann von 2. Nickel und Messing: Rubeanwasserstofflösung wie bei Kupfer. Nickel gibt einen charakteristisch von Kupfer verschiedenen Farbton (braun-violett) (Einzelheiten der Reagentien und der chemischen Reaktionen bei VEIGL).

Bei den dunklen Punkten, die durch elektrische Metallisation entstanden waren, stellte sich die Frage, was sie darstellen und wie sie entstanden sind. Zunächst lag die Vermutung nahe, daß es sich um

Stromdurchtrittsstellen handeln könnte. Betrachtet man die Haut vor und nach dem Stromdurchfluß, so sind keine Veränderungen festzustellen, bevor man das Reagens aufträgt. Würde es sich bei den Punkten um Verkohlungen handeln, so wären sie bereits vor dem Auftragen des



Abb. 3. Elektrische Metallisation einer Nickelmünze. Auch hier sind die punktförmigen Stromdurchtrittsstellen (Schießscheibenform) zu erkennen

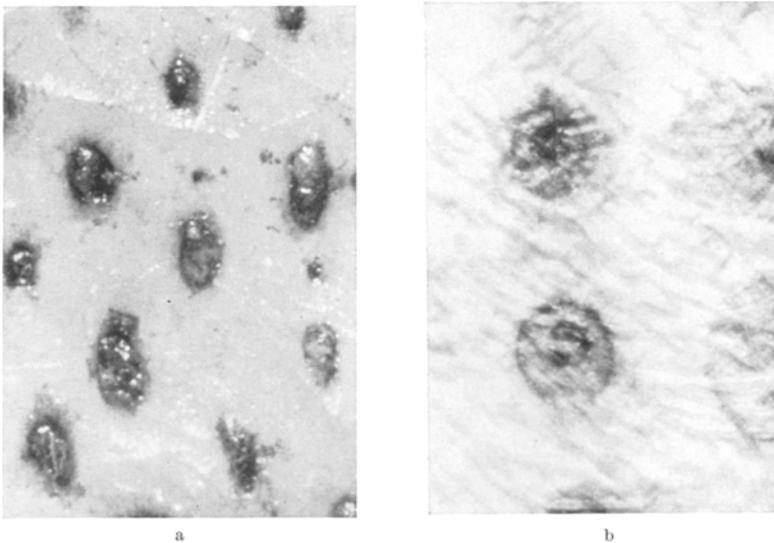
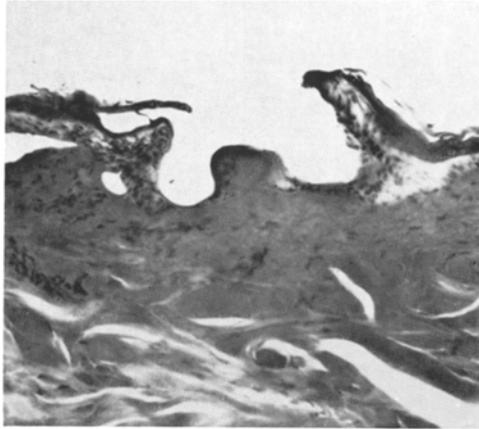


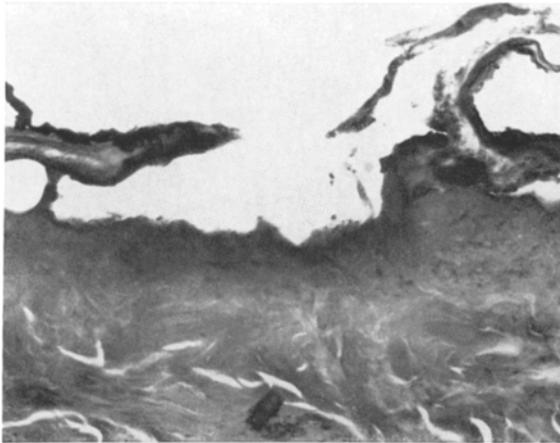
Abb. 4. Lupenoptische Untersuchung der Stromdurchtrittspunkte. Man erkennt deutlich die Schießscheibenform der Metallisation mit zentraler Verbrennung durch den Lichtbogen, den metallarmen Hof und die starke periphere ringförmige Metallisation. a Menschenhaut, b Modellversuch

Reagens sichtbar. Betrachtet man die Punkte nach dem Auftragen des Reagens mit einer Lupe, so erkennt man einen Aufbau aus einer zentralen hellen Stelle und einem intensiven Metallisationssaum. Wir wollten nun die Entstehung dieser eigenartigen Form näher aufklären. Dazu stellten wir uns ein Versuchsmodell aus dünnem Durchschlagpapier und mehreren Schichten Stärkegel, wie es zur Elektrophorese gebraucht wird, her. Die zugeschnittenen Stärkegelstücke legten wir schichtweise auf die

untere Elektrode, auf das oberste Stück kam das leicht befeuchtete Papier, darauf die Testelektrode (Kupfernetz). Die Stromfließzeit war entsprechend den Versuchen an der Haut. Die mikroskopische Untersuchung des Fließpapiers ergab nach Aufsprühen von Rubeanwasserstoff



a



b

Abb. 5. Mikroskopische Untersuchung der Stromdurchtrittspunkte: Ausgesprochene Höhlenbildung, keine Metallisation im Tiefenbereich der Höhlenwandung, Tiefendurchmesser der Höhle deutlich größer als die oberflächliche Stromdurchschlagstelle

eine zentrale Zone mit geringer Metallisation, in der zahlreiche Verbrennungen der gesamten Dicke der Papierschicht vorlagen. Die Randpartien dieser siebartigen Defektzonen wies eine Bräunung bis Schwärzung auf. In der Peripherie dagegen findet sich ein starker ringförmig

angeordneter Metallisationsaum. Das Gesamtbild ähnelt stark einer Schießscheibe.

Zum endgültigen Beweis, daß es sich bei den Defektzonen, die sich gleichermaßen auf der Haut wie im Modell fanden um Lichtbogeneffekte

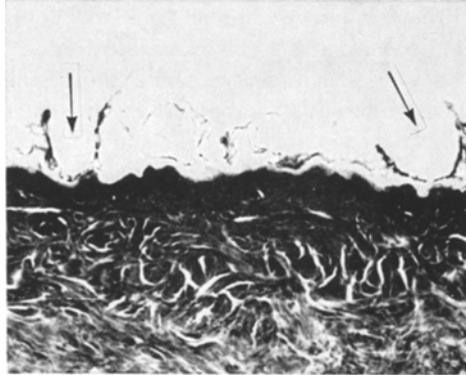


Abb. 6. Rein thermische Einschmelzung der Hornschicht: Trichterförmige Kraterbildung (erhitzter Kupferdraht), Verteilung der Metallisation im Gesamtbereich der Einschmelzung: Negativabdruck der Metalloberfläche

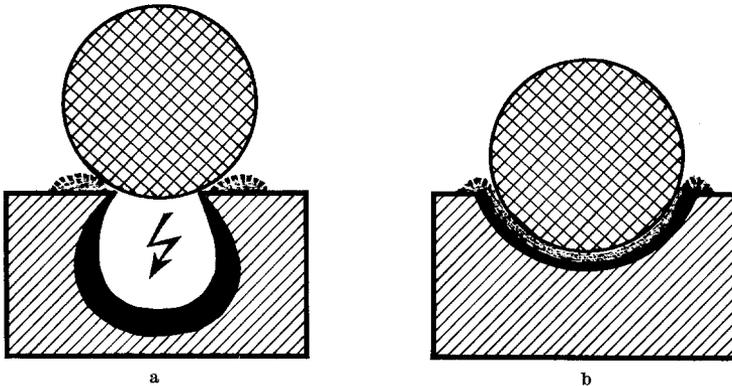


Abb. 7. Schematische Darstellung der Entstehung und Gestalt der Metallisation a) bei elektrischer, b) bei thermischer Metallisation

handelt, photographierten wir während des Stromflusses bei absoluter Dunkelheit und weit geöffneter Blende. Gerade in den Randpartien der Elektroden war schon mit dem Auge ein ausgesprochenes Feuerwerk zu sehen. Nach Entwicklung des Films und Anfertigung von Vergrößerung fand sich eine völlige Identität in der Lokalisation der Lichtbogen und den entsprechenden Schießscheibenformen auf der Haut und auf dem

Papier. Nach Ablösung des Fließpapiers von der Gelschicht zeigte diese wiederum an identischen Stellen kraterförmige bis höhlenförmige Einschmelzungen. Gleiche Höhlenbildungen zeigte die Haut an den entsprechenden Stellen.

Entsprechende Versuche mit erhitztem Metall ließen denn auch erwartungsgemäß niemals eine entsprechende Ausbildung von Schmelzhöhlen erkennen. Die Ausbildung von Metallisationseffekten war quantitativ gar nicht zu vergleichen, sie waren bei thermischer Metalleinwirkung nie so stark. Auch die ausgesprochene Schiebscheibenform war bei thermischer Metallisation nie vorhanden. Beim Versuch gleich tiefe Einschmelzungen bei thermischer Einwirkung wie bei elektrischer Lichtbogeneinwirkung zu erzielen (durch starkes Erhitzen des Metalls), fand sich zwar ein exakter Negativabdruck in Form einer Einschmelzung der gesamten Haut im Bereich der Metallaufgefläche, es lag aber die Gesamtheit der Veränderungen tief eingeschmort in der Haut. Die Form entsprach immer einem Krater, nie einer Höhle, die Einschmelzungen waren generalisiert, nie lokal umschrieben. Die beschriebenen Befunde waren durch lupenoptische (Abb. 4—6) (Stereolupe) und mikroskopische Untersuchung festzustellen. In allen Versuchsserien waren die Veränderungen so charakteristisch, daß an der Natur der den Verbrennungseffekt hervorrufenden Einwirkung ein Zweifel nicht mehr bestand. Wir halten deshalb die angegebene Methodik für die Differentialdiagnose zwischen Strommarke und Verbrennung geeignet. Die Anwendung empfiehlt sich vor allem für die diagnostische Abgrenzung von Frühveränderungen von Strommarken gegenüber geringen oberflächlichen rein thermisch bedingten Läsionen.

### Zusammenfassung

Bei vergleichenden Untersuchungen der Metallisationsart von Strommarken nach kurzer Stromflußzeit und von rein thermischen Marken ergaben sich charakteristische Unterschiede bezüglich der Lokalisation der Metallisation auf der Hautoberfläche im Bereich von Stromdurchtrittsstellen. Bei elektrischer Metallisation fanden sich um die durch Schmelzhöhlen charakterisierten Stromdurchtrittsstellen starke Metallansammlungen (Schiebscheibenform der Metallisation). Die Schmelzhöhlen sind durch Funkenbildung zu erklären. Durch reine Verbrennung hervorgerufene Hautdefekte besaßen bei Verwendung von Metall-Litze ausgesprochene Trichterform, die Metallisation ergab hier einen Negativabdruck der Metalloberfläche ohne punktförmige Metallanhäufungen. Aus der Gesamtform der Metallisation ließ sich bei thermischer und elektrischer Metallisation auf die Form des aufgelegten Metalls schließen. So war eine Abgrenzung einer zufälligen Metallisation von einer thermisch oder elektrisch bedingten möglich.

### Summary

As a result of comparative examinations of electrical traces seen on the skin after a short current flow time, and of traces caused by pure thermic action; to determine the kind of metallization used, characteristic differences at the areas of current penetrations were found relative to the localization of metallization on the surface of the skin.

By electrical metallization, strong metal accumulations (in the form of shot discs of metallization) were found around the characteristic current penetration sites caused by the melting cavities. The melting cavities are to be explained through spark formation. The skin injuries, caused by pure burning using metallic wires, were found to have clear-cut funnel shape. The metallization resulted here with a negative imprint on the skin of the metallic surface used without any point shaped metal accumulations. By thermic and electro-metallization, the form of the employed metal can be known from the whole form of metallization. So was the differentiation of accidental metallization from that caused by electric or thermic possible.

### Literatur

- ADJUTANTIS, G., and G. SKALOS: The identification of the electrical burn. *J. forens. Med.* **9**, 101 (1962).
- BÖHM, E.: Untersuchungen über das Verhalten von Kupfer in und auf der Haut nach zufälliger und elektrischer Metallisation. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* (im Druck).
- BOSCH, K.: Makroskopische und lupenmikroskopische Untersuchungen zur Oberflächenbeschaffung an Strommarken. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **56**, 318—323 (1965).
- FEIGL, F.: Tüpfelanalyse, Bd. I, Anorganischer Teil. Frankfurt a. M.: Akademische Verlagsanstalt mbH 1960.
- JELLINEK, ST.: Elektrische Verletzungen. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1932.  
— Klinische und histologische Bilder als poldifferenzierte Stromeffekte. *Wien. klin. Wschr.* **1953**, 774—775.  
— Anschauliche Feststellungen zum Problem der Strommarke. *Beitr. gerichtl. Med.* **20**, 56—58 (1955).
- KORTÜM, G.: Lehrbuch der Elektrochemie, S. 530. Weinheim a. d. Bergstr.: Verlag Chemie 1957.
- LISON, L.: Histochemie et cytochimie animale. Paris: Gauthier-Villars 1960.
- PEARSE, E.: Histochemistry; theoretical and applied, second edit. London: Churchill Ltd. 1961.
- PIOCH, W.: Histochemische Untersuchungen über die Darstellbarkeit früher Zell- und Gewebsalterationen nach lokaler Hitzeeinwirkung. *Habil.-Schr.* 1963, Bonn.  
— Die histochemische Untersuchung thermischer Hautwunden und ihre Bedeutung für die forensische Praxis. Lübeck: Max Schmidt-Römhild (im Druck).
- ROMEIS, B.: Taschenbuch der mikroskopischen Technik, S. 1205. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1943.
- SCHÄFFNER, M.: Untersuchungen über Histologie und Metallisation nach elektrischen Einwirkungen auf die Haut. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **56**, 270 (1965).

- SCHMIDT, G.: Differenzierung von Strom- und Brandmarken. Kontakt 1963.
- SCHRADER, G.: Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen durch niedergespannten Gleich- und Wechselstrom. Jena: Gustav Fischer 1932.
- SCHRIDDE, H.: Der elektrische Stromtod. Pathologisch-anatomische Untersuchungen. Klin. Wschr. 1925, 2142.
- SELLNER, K., u. M. PLOCH: Untersuchungen an Strommarken in Abhängigkeit von der Stromstärke und der Einwirkungsdauer (Metallnachweis und histologisch-histochemische Untersuchungen) (vorgetragen auf dem 43. Kongr. für gerichtliche und soziale Medizin, Zürich, 15. 10 64). Zusammenfassung im Druck.

Dr. med. EKKHARDT BÖHM  
Institut für gerichtliche Medizin der Universität  
69 Heidelberg, Voßstr. 2