

## Die Versilberungsmethode nach Timm als Nachweisreaktion für elektrische Metallisationen

E. BÖHM

Institut für gerichtliche und Versicherungsmedizin der Universität München  
(Direktor: Prof. Dr. med. W. LAVES)

Eingegangen am 26. April 1967

Das bekannte Versilberungsverfahren von TIMM zum histochemischen Nachweis kleinster Metallspuren im Gewebe wurde kürzlich von PROCH zur Untersuchung elektrischer Metallisationen der Haut empfohlen. Durch Versilberung im Durchlicht schwarz dargestellte, schlierenförmige, unter der Hautoberfläche gelegene Metallisationen wurden als spezifisch elektrisch bezeichnet (Elektrodenmetall: Kupfer).

Frühere eigene Untersuchungen waren mit Rubeanwasserstoff als Nachweisreagens für Kupfer unter den verschiedensten Bedingungen durchgeführt worden. Sie ergaben eine starke Diffusionsneigung gelösten Kupfers in die Tiefe des Hautgewebes und eine bevorzugte Anreicherung an bestimmten Gewebeelementen.

Da die Methode nach TIMM um ein Vielfaches empfindlicher ist als der Kupfernachweis mit Rubeanwasserstoff, lag der Gedanke nahe, die von PROCH nachgewiesenen Schlierenbilder könnten eine Folge von Diffusionsvorgängen sein, so daß Bedenken hinsichtlich der Spezifität dieser Formationen auftauchten. Es wurden deshalb entsprechende Untersuchungen durchgeführt (Material: Leichenhaut). Die von PROCH an Strommarken demonstrierten Befunde waren gut reproduzierbar. Unklar war der Mechanismus ihrer Entstehung durch Stromeinwirkung. Ausgehend von dem Grundgedanken, daß die Metallübertragung in jedem Fall von der Oberfläche ausgeht und entsprechende Befunde, die zum Auftreten einer umschriebenen tiefergelegenen Metallisation führen könnten, auch hier am besten zu erheben sein würden, benutzten wir als Methodik zunächst die Auflichtungsmikroskopie. Die Metallisation wurde mit Rubeanwasserstoff dargestellt (0,1 %ige Lösung von Rubeanwasserstoff in 70 %igem Äthylalkohol), da die Versilberungsmethodik hierfür zu empfindlich und auch aus optischen Gründen ungeeignet ist.

An Strommarken fanden sich neben den von mir als spezifisch elektrisch bezeichneten umschriebenen Metallisationen punktförmiger Art mit zentraler Perforation Niederschläge ionisierten Metalls im Bereich des anatomischen Forschungsbildes der Haut (Abb. 1), tiefreichende unregelmäßig gestaltete Riß- und Spaltenbildung (Abb. 2), Abreißmerk-

male am Epithel mit Einrollungen (Abb. 3) verschiedenartigste, zum Teil bizarre Auffaltungserscheinungen der Epidermis (Abb. 4). Intensive Metallablagerungen waren auch um die Haaraustrittsstellen anzutreffen.

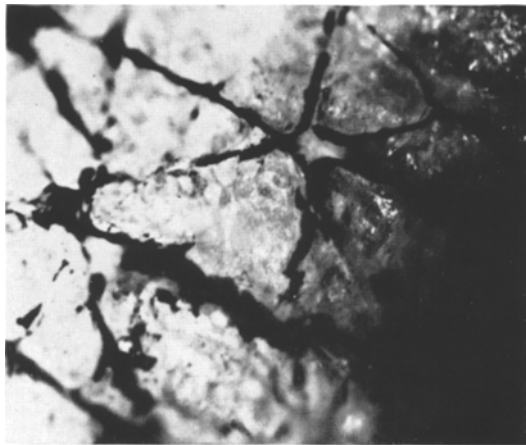


Abb. 1. Kupferniederschläge in den Hautfurchen, kleine Epitheldefekte. Diffusionsmöglichkeiten an den Stellen maximaler Konzentration. Auflichtoptische Untersuchungen. (Im Bild Strommarke.) (Vergr. in allen Abbildungen lin. 300×)

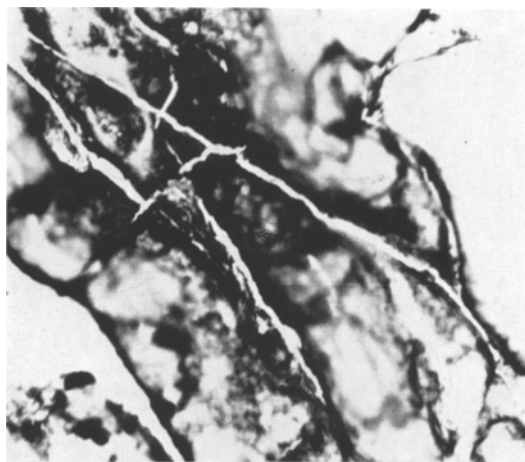


Abb. 2. Unregelmäßige, spaltförmige Rißbildung in der Oberhaut. Diffusionsmöglichkeit durch die entstandenen Spalträume. (Im Bild Strommarke)

Diese an Strommarken erhobenen Befunde ließen sich, abgesehen wiederum von den von mir als spezifisch beschriebenen punktförmigen Metallisationen auch an thermischen Marken in gleicher Weise im Oberflächenbild demonstrieren. Die thermischen Metallisationen wurden mit unter-

schiedlicher Methodik erzeugt, und zwar mittels einer Lötpistole (Weller/100 W) die auf die mit Kupfersulfatlösung bestrichene Haut aufgesetzt



Abb. 3. Großer Abriß und Einrollung der Epidermis, starke Randmetallisation. Möglichkeit zur Ausbildung tiefer Metallisationen durch Auffaltung der Epidermis und Diffusion. (Im Bild thermische Metallisation)

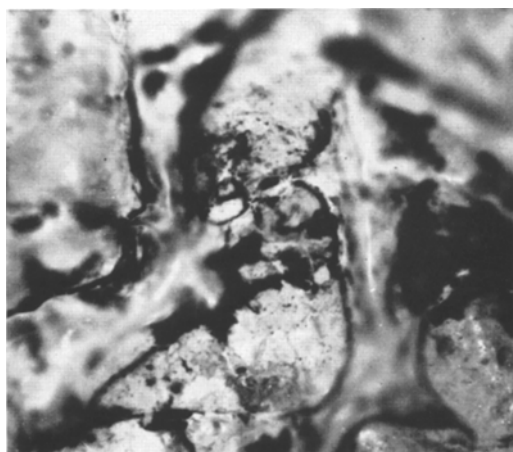


Abb. 4. Bizarre Auffaltung der Epidermis mit umschriebenen Metallabscheidungen. Möglichkeit der Verlagerung von Metallisationen in die Gewebstiefe durch Faltungsprozesse und Diffusion bzw. ähnlich wie unter Abb. 1 Möglichkeit der Vortäuschung tiefer Metallisationen bei ungünstiger Schnittführung. (Im Bild Strommarke)

wurde und mittels eines erhitzten Kupferstabes bei Temperaturen um  $200^{\circ}$ ; daneben wurde auch teilweise Kupferstaub auf die Haut aufgetragen und in gleicher Weise unter Feuchtigkeitszutritt eingebrannt.

Nach dem Ergebnis der auflichtoptischen Untersuchung war also mit zahlreichen Möglichkeiten eines Auftretens tiefer schlierenförmiger Metallisationen bei beiden Metallisationsvorgängen infolge von Diffusionsprozessen zu rechnen, so daß wir kaum noch Unterschiede im histologischen Bild nach Versilberung erwarteten.

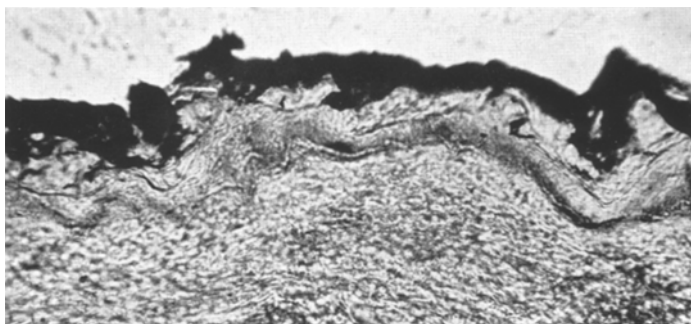


Abb. 5. Histochemisches Schnittbild nach Versilberung (Sulfid-Silber-Bild nach TMM, abgekürzt SSB) mit schlierenförmigen Formationen. (Im Bild Strommarke)

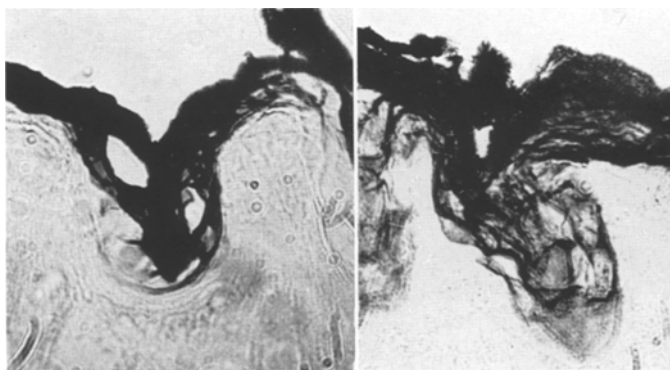


Abb. 6. Ausschnittvergrößerungen mit schlierenförmigen Metallisationen nach Wärmeeinwirkung (SSB / Im Bild Wärmemarke)

Die Aufarbeitung der Strom- und Hitzemarken zur Versilberung wurde wie folgt durchgeführt:

Einlegen der excidierten Hautstücke oder der Gefrierschnitte in  $H_2S$ -Alkohol für 1—3 Std, danach Übertragen in Wasser, gegebenenfalls Entwässerung, danach Anfertigung von Gefrierschnitten oder Paraffinschnitten. Entwicklung der auf Objektträger aufgezogenen Schnitte für 15—30 min, danach Übertragen in destilliertes Wasser, Entwässern durch die Alkoholreihe, Einbettung in Caedax.

(Entwicklerflüssigkeit nach LÜPPO-CRAMER angegeben von LIESEGANG: 10 ml 25 % Gummiarabicum-Lösung mit 0,1 ml 10 % Silbernitratlösung und 2 ml einer Lösung von 2 g Hydrochinon und 5 g Citronensäure in 100 ml Wasser.)

Im *histologischen Schnittbild* zeigten elektrische und thermische Metallisationen entsprechend den Erwartungen keine grundlegenden Unterschiede bei Anwendung der oben beschriebenen Timmschen Versilberungsmethode, vielmehr waren Schlieren und Einschlüßbilder der verschiedensten Art sowie in unterschiedlicher Tiefe im Hautgewebe sowohl bei elektrischer (Abb. 5) als auch bei thermischer Metallisation (Abb. 6) zu finden.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und theoretischer Erwägungen, die bereits früher mitgeteilt wurden, wird man bei der elektrischen Metallisation zwei voneinander verschiedene Elementarvorgänge unterscheiden müssen, und zwar die Primärmetallisation an den Durchschlagstellen und die Sekundärmetallisation im Bereich der Gesamtmarke. Letztere kommt durch die Ausbreitung und Abscheidung löslicher Metallbestandteile aus den Durchschlagspunkten und durch Direktablösung von der sekundär aufgeheizten Elektrode zustande. Die sekundäre Metallisation entspricht auflichtoptisch der reinen Wärmemetallisation, da die Prädilektionsstellen der Abscheidung an den Gebilden der Hautoberfläche identisch sind.

Sofern man mit der Anwesenheit freien Kupfers auf der Haut rechnen muß — die Bedingungen der Freisetzung aus der elementaren Form wurden bereits beschrieben —, muß mit der Abscheidung an präformierte Strukturen sowie mit der Diffusion in die Hauttiefe gerechnet werden. Da bei elektrischen wie thermischen Insulten Dehiszenzen der Oberfläche entstehen (Aufsplitterung der Hornschicht, Epithelabrisse, Zerspaltung der Hautkontinuität durch transepidermale Rißbildungen), ist auch die Voraussetzung zur Entstehung von mehr oder minder tiefreichenden schlierenförmigen Metallisationen gegeben, was nachgewiesen werden konnte. Es sei noch bemerkt, daß starke Auffaltungsprozesse der Epidermis bei der Anfertigung des Schnittes verkannt und schließlich die Oberfläche gleichzeitig zur Bildebene wird. Auch dadurch wird eine tiefere Metallisation schlierenförmiger Art vorgetäuscht. Im gesamten gesehen liefert die Methode der Versilberung nach TIMM keine neuen Befunde spezifischer Art, sie ist im Gegenteil geeignet, wesentliche Gruppierungen der abgesprengten Metallteilchen und -verbindungen zu zerstören, da die Versilberung zu einer globalen Erfassung aller metallischen Anteile führt. Neuere Untersuchungen, über die in anderem Zusammenhang abschließend berichtet wird, ergaben dagegen spezifische Beziehungen zwischen den Umwandlungsformen des Elektrodenmetalls und der Oberhauttextur.

### Zusammenfassung

Mit der Versilberungsmethode nach TIMM sind im histologischen Schnittbild von Strommarken schlierenförmige Metallisationen nachweisbar. Die Spezifität dieser Befunde wurde überprüft. Es ergab sich, daß Metalleinlagerungen dieser und ähnlicher Art auch durch thermische Einwirkung experimentell hervorgerufen werden können. Die Anwendung des Versilberungsverfahrens kann zum exakten Nachweis einer elektrischen Metallisation nicht empfohlen werden.

### Summary

By the silver-plate-method of TIMM streakshaped metallisations in the histologic picture of an incision are traceable. The specificity of those findings was proved. It turned out, that intercalations of metal in this manner or a similar one might be evoked as well by thermal action experimentally. The practice of this silver-plate-method cannot be recommended for an exact proof of an electric metallisation.

### Literatur

- BÖHM, E.: Untersuchungen über das Verhalten von Kupfer in und auf der Haut nach zufälliger und elektrischer Metallisation. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **58**, 166—175 (1966).
- Untersuchungen über die Gestalt oberflächlicher Metallisationen der Haut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **59**, 26—34 (1967).
- BOSCH, K.: Makroskopische und lupenoptische Untersuchungen zur Oberflächenbeschaffenheit an Strommarken. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 318—323 (1965).
- PROCH, W.: L'image histologique des Lésions vitales et postmortem causées par brûlures. Acta Med. leg. soc. (Liège) **19**, 3—4 (1966).
- Nachweis von Strommarken. Vortrag gehalten auf der Arbeitstag für naturwissenschaftliche Kriminalistik vom 6. 9.—8. 9. 1966 in Hannover. (Im Druck.)
- TIMM, F.: Zur Histochemie der Schwermetalle. Das Sulfid-Silberverfahren. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **46**, 706—711 (1958).
- Der histochemische Nachweis des Kupfers im Gehirn. Histochemie **2**, 332—341 (1961).
- , u. R. NETH: Die normalen Schwermetalle der Niere. Histochemie **1**, 403—419 (1959).

Dr. EKKEHARDT BÖHM  
Institut für gerichtliche  
und Versicherungsmedizin  
8 München 15, Frauenlobstr. 7