

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg  
(Direktor: Professor Dr. BERTHOLD MUELLER)

## Makroskopische und lupenmikroskopische Untersuchungen zur Oberflächenbeschaffenheit an Strommarken\*

Von  
**KYRILL BOSCH**

Mit 5 Textabbildungen

(Eingegangen am 23. Januar 1965)

In letzter Zeit ist die Frage der Beweisbarkeit einer Strommarke wieder aufgeworfen worden (siehe auch SELLIER, SCHÄFFNER) unter besonderer Berücksichtigung anderer Ursachen, wie Hitze, Kälte und Austrocknung. Auch die Mikrometallisation von Oberfläche und tiefen Gewebsschichten wurde eingehend untersucht (PIOCH, SCHÄFFNER).

Ich sah meine Aufgabe darin, auf besondere Differenzierungsmerkmale makroskopisch und lupenmikroskopisch zu untersuchen, die Rückschlüsse auf die ursächliche Entstehung erlaubten.

Bei zahlreichen Versuchsserien unter verschiedenen Stromstärken und Einwirkungszeiten wiesen die entstandenen Veränderungen an der Hautoberfläche eine erhebliche Variationsbreite auf. Die Bilder schwanken zwischen deutlichen Verbrennungen mit Bildung von Hornschmelzperlen bis zu kleinsten, punktförmigen, schwarzen Läsionen oder geringen Austrocknungserscheinungen. Eine Metallisation wurde manchmal von Verbrennungsercheinungen überdeckt und entzog sich somit dem Nachweis (Rubaneawasserstoff). Grünliche Verfärbungen der Haut waren Kupferoxyde.

Da größere Hautveränderungen bessere Rückschlüsse versprachen, wurde die Kontaktfläche der Kupferelektrode (Kupfervolldraht) schlingenförmig um einen Finger oder eine Zehe einer Leiche gelegt. Es entstanden ringförmige Läsionen, die jedoch häufig von unveränderten Stellen unterbrochen waren. Grünverfärbungen konnten auch außerhalb der Verbrennungseffekte festgestellt werden. Der Stromdurchfluß (Gebrauchswechselstrom 220 Volt) dauerte zwischen 1 und 5 sec. Bei einer Serie von über 30 Versuchen konnten in diesen grünverfärbten Regionen schon bei Verwendung von Kupfervolldraht mit der Stereo-lupe immer wieder feinste Schmelzeffekte an der Hornschicht nachgewiesen werden. Um einen gleichmäßigeren Kontakt zu erreichen, wurde nunmehr als Elektrode eine blanke Kupferlitze (spiralige Zwirnung

\* Vorgetragen als Diskussionsbemerkung auf dem 43. Kongreß für gerichtliche und soziale Medizin, Zürich, 15. 10. 64.

feinster Kupfereinzelfäden 23- bis 50fach, Durchmesser der Litze 1,0 bis 1,75 mm, Stärke des Einzelfadens 0,20 bis 0,24 mm) benutzt. Es ließen sich durch den besseren Kontakt weitere Besonderheiten nachweisen. Die Oberflächenstruktur der spiraling gedrehten Litze hinterließ auf der Hornhautschicht eine Art Negativ (Abb. 1). Je nach der Stärke des Kontaktes war die Deutlichkeit verschieden. Ein solcher Abdruck der feinen Einzeldrähte ist nicht zu verwechseln mit den Papillarlinien oder anderer natürlicher, feiner Hautfeldererung; die Zwirnung der Drähte,



Abb. 1. Übersichtsaufnahme einer elektrischen Verbrennung mit Negativabdruck der benutzten Kupferlitze

die Parallelität und Feinheit der Rillen und ihre enge Anordnung verleihen dem Abdruck ein charakteristisches Gepräge. Bei geeignetem streifendem Licht, das wegen der Transparenz der Haut nicht zu grell und rothaltig sein soll, oder bei Beleuchtung im Grenzwinkel der Totalreflexion lassen sich die feinen Rillen deutlich sichtbar machen und mit der Stereolupe betrachten, selbst wenn eine Kupferverfärbung nicht oder nur andeutungsweise sichtbar ist. Bekanntlich läßt die Farbintensität bei Lupenbetrachtung oft derart nach, daß die Übersicht verlorengehen kann.

Das beschriebene Phänomen des Litzenabdruckes sagt aber über die Entstehungsart zunächst nicht mehr aus, als daß Hitze eingewirkt hat. Die Ursache bleibt, wie bei dem histologischen Bild der elektrischen Verbrennung offen.

Noch bevor deutliche Verbrennungen auftraten, waren feinste, nicht runde Schwärzungen manchmal innerhalb des Litzenabdruckes

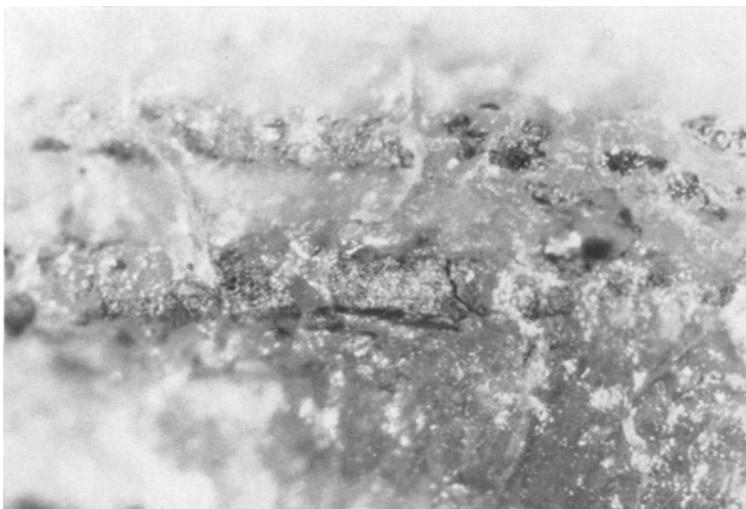


Abb. 2. Detail aus Abb. 1, M 40 : 1. Innerhalb der strangförmigen Abdrücke lassen sich neben verkohltem Keratin auch folienartige Kupferschichten nachweisen. Grünverfärbungen im Schwarzweiß-Bild nicht zu differenzieren. Beleuchtung: Dunkelfeldauflicht

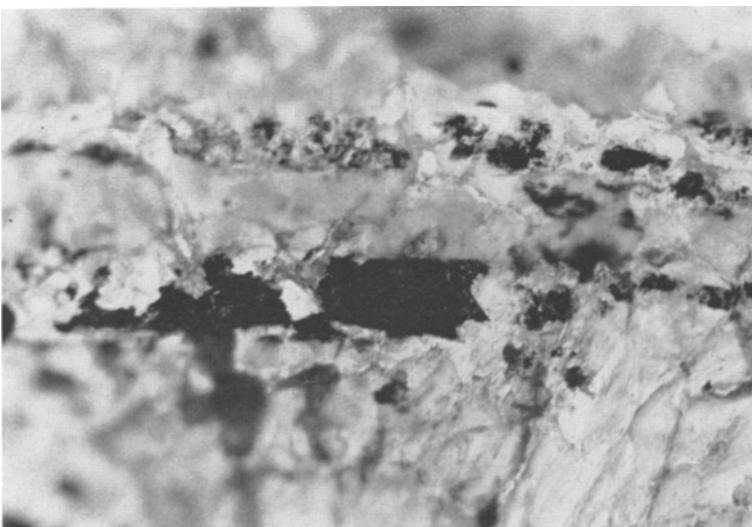


Abb. 3. Die gleiche Stelle aus einer Strommarke wie Abb. 2, jedoch im Hellfelddurchlicht mit Zusatz von Dunkelfeldauflicht. M 40 : 1. Kohlepartikelchen und metallische Kupferniederschläge gleichmäßig schwarz

festzustellen. Im Dunkelfoldauflicht, besser im Hellfeldauflicht unter der Lupe oder bei lupenmikroskopischer Betrachtung waren diese schwarzen Partikel nur zum Teil als Verkohlung auszumachen, zum Teil handelte es sich um metallische Kupferablagerungen (Abb. 2). Im Durchlicht war dagegen eine Unterscheidung von den verkohlten Keratinmassen

nicht möglich (Abb. 3). Die Untersuchung im Durchlicht ist bei genügend dünner Abschälung der Haut möglich. Die Kupferauflagerungen entsprachen in ihrer Form dem Bruchstück einer halben Röhre bzw. einem Rindenstück. Die Ränder waren scharf und bizarr gebrochen. Die Oberfläche des folienartig aufgelagerten Kupfers war unruhig, ähnlich einem feinen Mosaik aus Interferenzfarben mit Überwiegen des Kupfertones. Die auf der Oberfläche von Kupferdrähten stets vorhandenen Ziehpuren fehlten.

Je nach der Intensität der gesetzten Verbrennung kam es zu Schmelzeffekten der Hornschicht. Da sie in diesem Zustand stark klebrig war, blieb sie an der Kupferlitze hängen, deren Oberfläche im Gegensatz zum Volldraht größer und durch die Spalten griffiger ist. An der Litze ließen sich nun anhaftende Epithelzellen von der Hautoberfläche nachweisen. Alle Übergänge waren zu sehen von deutlichen erkennbaren Hornplättchen bis zu brauen und schwarz-braunen zusammengesinterten Hornmassen (Abb. 4). Die Dicke der Epithelauftragung hing davon ab, in welcher Schicht die Hautoberfläche beim Abnehmen der Elektrode gespalten wurde. Die Adhäsion kann aber auch so groß sein, daß die äußerste Schicht des einzelnen Kupferfadens abreißt und auf die Haut übertragen wird. Die Fehlstellen an der Litze imponierten als blanke Oberflächenbezirke in oxydierter Umgebung, an denen die Ziehpuren vom Herstellungsvorgang (kaltes Recken) fehlen. Auf der Haut waren die kongruenten Metallstücke nachweisbar. Diese Metalldefekte waren an den Litzeneinzeldrähten in ihrer Oberfläche ebenso unruhig und schillernd (Abb. 5) wie die Kupferstücke auf dem Hautabdruck.

Die beschriebenen Vorgänge der Kupfer- bzw. Epithelübertragung machen es verständlich, daß bei einer elektrischen Verbrennung nicht immer Metallisation nachzuweisen ist, wenigstens nicht dort, wo die stromführende Elektrode durch Epithelverlust und -übertragung isoliert wurde. Die geschädigten Hautstellen imponierten in ungünstigen Fällen zunächst nur als matte, leicht austrockenbare Oberflächen.

Die Kupferanlagerungen auf der Haut waren festhaftend und überdauerten eine Fixierung. Beim Trocknen der Hautstücke sprangen sie nicht ab. Der Schrumpfungsvorgang erlaubt es aber nicht, absolute Maße der verwendeten Litze aus den Abdrücken abzulesen.

Da die beschriebenen Effekte durch Hitzeeinwirkung vorgetäuscht werden können, wurden die Versuche ausgedehnt auf die Wirkung erhitzter Kupferlitze auf die Haut. Es wurde so vorgegangen, daß blanke Litze über dem Bunsenbrenner bis zu verschiedenen Anlauffarben erhitzt und dann auf bereitgelegte Leichenhaut verschieden lang aufgedrückt wurde. Es kam hierbei, je nach der Wärme der Drähte und der Dauer des Aufbringens auf die Haut zu entsprechenden Verbrennungs-, Schmor- und Schmelzeffekten am Epithel und zu Übertragung von Epithel auf die Litze. Ein rindenartiges Abschälen der Kupferstränge

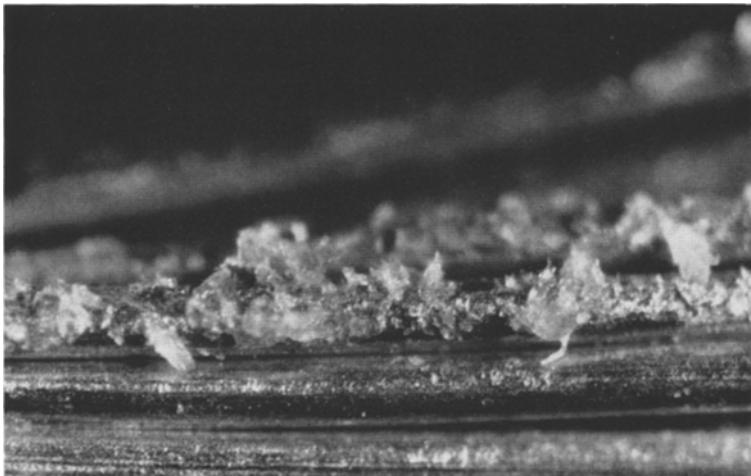


Abb. 4. An den Litzendrähten angelagerte Epithelien. Die unberührten Stellen der Einzeldrähte zeigen noch die Ziehpuren. Gleiches Bild für elektrische und thermische Verbrennung. M 40 : 1



Abb. 5. Kupferfäden einer Litze mit dunklen Oxydationsprodukten, hellen Epithelauflagerungen und folienartig abgeschälten Fehlstellen. Unruhige Oberfläche bei Fehlen von Ziehpuren. M 40 : 1

mit Übertragung von metallischem, makroskopisch sichtbarem Kupfer oder Grünverfärbung traten nicht ein. Es kam vielmehr vorwiegend zur isolierenden Epithelübertragung auf das Metall. Bei den Versuchen mit stromführenden Kupferdrähten bzw. -litzen wurden die Farbeffekte (Anlauffarben) wie bei geglühtem Kupferdraht nicht erreicht, es entstanden vor allem nicht die typischen Grenzzonen.

Aus diesen Erfahrungen heraus sollte man sich bei der äußereren Beobachtung einer auf Strommarken verdächtigen Hautstelle nicht mit diffuser Beleuchtung begnügen, sondern stets diese Stellen mit gebündeltem Licht absuchen, um strukturierte Abdrücke von Drähten und Litzen erkennen zu können. Feinste grünliche Verfärbungen sind als für elektrische Verbrennungseffekte verdächtige Stellen zu sichern und unter der Stereolupe gesondert zu untersuchen. Eine sichtbare Metallübertragung spricht für eine Metallberührung während eines Stromdurchflusses, ebenso wie eine Grünfärbung mit Schmelzeffekten der Hornschicht. Die Epithelien haften fest am Kupferdraht, so daß die Untersuchung in dieser Richtung bei einer inkriminierten elektrischen Leitung erfolgversprechend ist.

### Zusammenfassung

In über 30 Versuchen an Leichenhaut durch ringförmiges Anlegen einer Elektrode aus Kupferdraht oder -litze konnten bei 220 V Wechselstrom für die verwendete Elektrode typische Schmelzeffekte auf der Hornschicht in Form von Abdrücken und rindenartig abgeschälten Kupferbruchstücken innerhalb dieser Abdrücke nachgewiesen werden. An der Elektrode haften Epithelien oder geschmolzene Hornmassen an. Die Befunde reichen aus, thermische und elektrische Verbrennungen zu differenzieren. Bei thermischen Verbrennungen fehlen Grünverfärbung und Kupferablagerungen.

### Summary

In more than 30 experiments on the skin of corpses, we produced, through the application of ring-shaped copper wire electrodes at 220 V/AC typical burns of the epidermis in the form of prints or impression. Within these impressions we were able to demonstrate the presence of bark-like, broken pieces of copper. Epithelium or melted masses of epidermis adhered to the electrode. These findings are sufficient to distinguish between thermal and electrical burns. In thermal burns there is no green coloring and copper deposition.

### Literatur

SCHÄFFNER, M.: Untersuchungen über Histologie und Metallisation nach elektrischen Einwirkungen auf die Haut. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 269 (1965) (vorgetragen als Diskussionsbemerkung auf dem 43. Kongr. für gerichtliche und soziale Medizin, Zürich, 15. 10. 1964).

SELLIER, K., u. M. PROCH: Untersuchungen an Strommarken in Abhängigkeit von der Stromstärke und von der Einwirkungsdauer (Metallnachweis und histologisch-histochemische Untersuchungen) (vorgetragen auf dem 43. Kongr. für gerichtliche und soziale Medizin, Zürich, 15. 10. 1964).

Dr. med. KYRILL BOSCH

Institut für gerichtliche Medizin der Universität  
Heidelberg 69, Voßstraße 2