

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Basel.
Vorsteher: Prof. Dr. W. Gerlach.)

Die spektrographische Untersuchung von Metallisationen an Geweben und Kleiderstoffen bei elektrischen Unfällen.

Von
Prof. Dr. **Werner Gerlach.**

Mit 1 Textabbildung.

Jellinek hat in seinem Buche „Elektrische Verletzungen“ mehrfach auf die Wichtigkeit von Spuren bei Untersuchungen von Geweben und Kleiderteilen bei elektrischen Unfällen, Selbstmorden und beabsichtigten Tötungen hingewiesen. Anlässlich seines Vortrages in Basel ergab sich für solche Untersuchungen ein neues, Erfolg verheißendes Anwendungsgebiet der spektralanalytischen Methode, wie sie von *Wa.* und *We. Gerlach* für medizinische und biologische Fragestellungen ausgebaut wurde. Von besonderem Wert mußte eine solche Methode sein, wenn das Ausgangsmaterial für umfassende chemische Analysen zu gering oder zu wertvoll war, um es völlig zu zerstören. Das gilt um so mehr, als bei einer Reihe von Untersuchungen trotz Verarbeitung des ganzen Materials durch die chemische Untersuchung ein befriedigendes Ergebnis nicht zu erzielen war.

Um zunächst einmal derartige Untersuchungen zu ermöglichen, stellte mir *Jellinek*, dem hier noch besonders gedankt sei, eine Reihe von Proben zur Verfügung, weiterhin hatte ich die Möglichkeit, in einem Fall von tödlichem Starkstromunfall Stromdurchtrittsstellen der Haut zu untersuchen. In allen den untersuchten Fällen war es möglich, auf dem spektrographischen Wege wertvolle Ergebnisse zu erzielen.

Die Gewebe- und Stoffproben wurden sämtlich dem Hochfrequenzfunken ausgesetzt und mit einem Ultraviolett-Spektrographen der Firma Fuess aufgenommen. Die Methodik soll hier nicht nochmals besprochen werden, da sie an anderer Stelle ausführlich besprochen ist (*Wa.* und *We. Gerlach*).

Probe 1. Ein 32 Jahre alter Mann führte Selbstmord dadurch aus, daß er sich einen Eisendraht um die linke Hand wickelte und das andere Ende über die Freileitung einer 28000-Volt-Leitung warf. Er starb erst nach 24 Stunden, wurde nicht bewußtlos, erlitt schwere Brandwunden der linken Hand. Zur spektrographischen Untersuchung stand ein kleines Hautstückchen zur Verfügung, das bei ganz kurzer Belichtungszeit das ganze Eisenspektrum, daneben etwas Silicium, vielleicht

eine Spur Aluminium zeigte. Es kann kein Zweifel sein, daß von dem Eisendraht aus eine starke Metallisation der Oberhaut zustande gekommen war.

Probe 2. Ein 38jähriger Mann verunglückte im Hochspannungsraum dadurch, daß er mit dem Kopf einer blanken Kupferschiene einer 16000-Volt-Anlage zunahe kam. Er erhielt eine Funkenentladung gegen die linke Stirnseite, an der eine pergamentartige Veränderung der Haut mit oberflächlicher, hochgradig grauer Verfärbung entstand. Die Wollkappe, die er auf dem Kopfe trug, zeigt mehrere Durchlöcherungen mit Versengung, das Futter keine Versengung oder Zerreißung. An der linken Fußsohle fand sich eine typische weißgefärbte Strommarke mit eben wahrnehmbaren schwarzen Einsprengungen.

Untersucht wurde ein Stückchen Stirnhaut, Mützenstoff und Futterstoff der Mütze. Das Stückchen der Stirnhaut, das in etwa 1,5 Minuten verfunkt war, zeigte große Mengen von Kupfer, die mit Sicherheit weitgehend über die physiologische Kupfermenge in der Haut hinausgeht. An sich ist es wünschenswert (aber eben nicht immer durchführbar), zum Vergleich ein Stückchen nicht geschädigter Haut zu analysieren. Wie wichtig solche Kontrollen sind, zeigt die Untersuchung der Stoffteile der Mütze an beschädigten und intakten Stellen. Der Mützenstoff enthält recht beträchtliche Mengen von Kupfer, so daß ein sicheres Ergebnis nicht zu erhalten war. Außerdem enthält der Mützenstoff sowohl an den versengten als an den nicht versengten Teilen Ca, Al, Mg, Fe, Si. Auch der Futterstoff enthält an den nicht zerstörten Stellen große Mengen von Cu, so daß Intensitätsunterschiede zwischen zerstörten und nicht zerstörten Stellen nicht zu erheben waren. Wichtig ist an dem Fall das Kupfer, das aus der Kupferschiene durch die Funkenentladung in die Haut des Mannes übergegangen ist.

Probe 3. Ein 31jähriger Mann verunglückte tödlich durch Berührung einer elektrischen Stehlampe (Gleichstrom von 220 V). Er hatte das Metallgestell gegen seine entblößte Brust gepreßt, wo schwach grünlich gefärbte Hautstellen zu sehen waren. Das kleine flache Hautstückchen war in 3 Minuten verfunkt. Es fand sich Kupfer in stärkster Intensität, etwas Eisen, etwas Aluminium. Kupfer war in so großer Menge vorhanden, daß mit Sicherheit eine Metallisation der Haut von der Metallampe aus angenommen werden muß.

Probe 4. Ein 39jähriger Mann geriet mit seiner rechten Kopfseite auf der geerdeten Eisentraverse stehend an eine Sammelschiene (Cu) einer 5000-Volt-Anlage. Das ganze rechte Scheitelbein war zerstört, in der Gegend des Schädelknochens fanden sich Perlen, die chemisch als phosphorsaurer Kalk diagnostiziert wurden und aus dem Knochen ausgeschmolzen waren. Bei dem Unfall hatte der Mann den Ellbogen auf Eisen aufgestützt.

Wir untersuchten spektrographisch ein Stückchen Ellbogenhaut. Es fand sich reichlich Eisen, sehr viel Kupfer, Zink und eine Spur Blei. Auch hier liegt eine sichere Metallisation von der Schiene aus vor.

Probe 5. Es handelte sich um ein Stückchen Leichenhaut, an dem experimentell durch eine Silberelektrode eine Metallisation herbeigeführt war. Es fand sich stärkste Silberintensität, Cu, Fe, Al. Wir müssen annehmen, daß die Silberelektrode mit Cu, Fe, Al verunreinigt war, die gleichfalls bei der Metallisierung in die Haut übergingen.

Probe 6. Ein Stückchen Hemdstoff war bei einem Kurzschluß durch Metall geschwärzt. Die spektrographische Untersuchung des kleinen Stoffstückchens ergab den Befund von Blei, Zink, Kupfer und Eisen.

Probe 7. Untersucht wurde ein Stückchen Hemdstoff einer 39 Jahre alten, tödlich verunglückten Frau, die, im Bett liegend, um sich zu elektrisieren, das Gestell einer Messinglampe gegen ihre Brust preßte, während sie ein zweites Lämpchen aus Messing ergriff. Jede der Lampen hatte mit einer Phase des 220-Volt-Wechselstromnetzes sog. Körperschluß. An Haut und Hemd waren deutliche Spuren nachweisbar. Im Hemdstoff waren Kupfer und Zink deutlich vorhanden, und es ist kein Zweifel, daß aus dem Fuß der Lampe Messing auf das Hemd übergegangen ist. Daneben enthält der Stoff noch eine Spur Blei und Sili-
cium, ersteres ganz sicher vom Lampenfuß ausgehend.

Probe 8. Eine 31 jährige Frau wurde vom Blitz getroffen, wobei ein um den Hals getragenes Kettchen (Gold?) in Ausdehnung von einigen Zentimetern wegschmolz. An der entsprechenden Stelle der Halshaut blieb eine wie durch Tätowierung erzeugte bräunliche Verfärbung zurück, die die Form der Goldkette erkennen ließ. Auch der Halsteil der Seidenbluse zeigt eine ähnlich konfigurierte blaugraue Verfärbung. Das Stückchen Blusenstoff, das ich zur Untersuchung erhielt, war etwa 4:4 mm groß, ganz dünn und in 30 Sekunden verfunkt. Bei der Untersuchung war hier zu bedenken, daß man nicht wußte, aus welchem Material die Kette bestand. Da es möglicherweise Gold war, konnten wir keine Goldelektrode verwenden, und um Kupfer sicher nachweisen zu können, war auch eine Kupferelektrode unbrauchbar. Es wurde daher ein ganz reiner Platindraht verwendet. Die Aufnahme mit dieser Platinelektrode ergab, daß das Gewebe mit Silber, Kupfer und Gold metallisiert war. Der relativen Intensität nach muß eine silberne Kette von etwa 800 Silber vorgelegen haben, die dünn vergoldet war. Daneben bestand eine geringe Verunreinigung mit Kupfer.

Während ich das bisher besprochene Untersuchungsmaterial *Jellinek* verdanke, soll im folgenden über einen Starkstromtodesfall berichtet werden. Es handelte sich um einen 59jährigen Bahnbeamten, der auf das Dach der Lokomotive stieg, weil an dem Bügel ein Kurzschluß eingetreten war. Er versuchte, ohne den Strom abzustellen, den Kurz-

schluß zu beheben. Er hielt sich mit einer Hand (mit der linken) an einem Metallteil fest und griff mit der rechten Hand nach dem Bügel. Er stürzte von der Maschine herab, die Kleider hatten Feuer gefangen, und er wurde mit ausgedehnten, etwa ein Drittel der Körperoberfläche betreffenden Verbrennungen in die Klinik eingeliefert. Er war nicht bewußtlos, starb 8 Stunden nach der Aufnahme im Spital. Bei der Obduktion fanden sich sichere Strommarken an beiden Fußsohlen, die linke Hand zeigte eine rinnenförmige Marke zwischen Daumen und Zeigefinger quer über die Innenhand verlaufend. An der rechten Hand fanden sich 2 Stellen, die geschwärzt waren und möglicherweise Strommarken sein konnten. Die eine fand sich auf dem Handrücken, die andere auf dem Rücken des rechten Mittelfingers. Sie war knapp kleinfingernagelgroß, pergamentartig, eingedellt, geschwärzt. Es handelte sich um eine 15000-Volt-Anlage mit 150 Amp., 1-Phasen-Wechselstrom, 15 Perioden.

Wir haben zur spektrographischen Untersuchung ein Stück der Fußsohle, die beiden fraglichen Stellen am rechten Handrücken, rechten Mittelfinger und 2 Stellen der linken Hand untersucht.

Die Untersuchung ergab an der Fußsohle rechts außer einer Spur Kupfer keine Metallablagerung. Die Kupfermenge entspricht der in der Haut physiologisch zu findenden.

Rechter Handrücken: Cu positiv, ebenfalls in nicht großer Menge.

Rechter Mittelfinger: Pb +++++, Fe +++, Cu ++, Zn +, Ni Spur, Ag +.

Linke Hand (1. Stück): Cu +++++, Pb ++, Zn Spur, Fe +++++, B +++++.

Linke Hand (2. Stück): Cu +++++, Pb ++, Zn Spur, Fe +++++, B +++++.

Aus der spektrographischen Untersuchung geht zunächst einmal hervor, daß die eine Stelle der rechten Hand sicherlich keine Strommarke war, zweitens daß die äußerlich als Strommarke gekennzeichnete Stelle der Fußsohle nicht mit Metall in Berührung gekommen oder keine Stromdurchtrittsstelle war (Schuh). Dagegen zeigte der rechte Mittelfinger und die Rinne der linken Hand eine allerschwerste Metallisation. Der Borbefund in den beiden letzten Aufnahmen ist die Folge der Versorgung dieser Hautstelle mit Borsalbe. Wir glauben nach Lage der Sache und auf Grund unserer Befunde annehmen zu müssen, daß der rechte Mittelfinger von der Funkenentladung selbst getroffen wurde, daß der Strom sich im Körper verzweigte und zum Teil an der linken Hand, zum Teil an den Fußsohlen austrat. An der Austrittsstelle der linken Hand, die Metall berührte, ist es ebenfalls zu einer Metallisation gekommen. Für die Annahme, daß der Mittelfinger der rechten Hand durch die Funkenbildung getroffen wurde, spricht die Tatsache,

daß hier die leichter verdampfenden Metalle Zink und Blei in großen Mengen gefunden wurden. Die beifolgende Abbildung illustriert den spektrophographischen Befund.

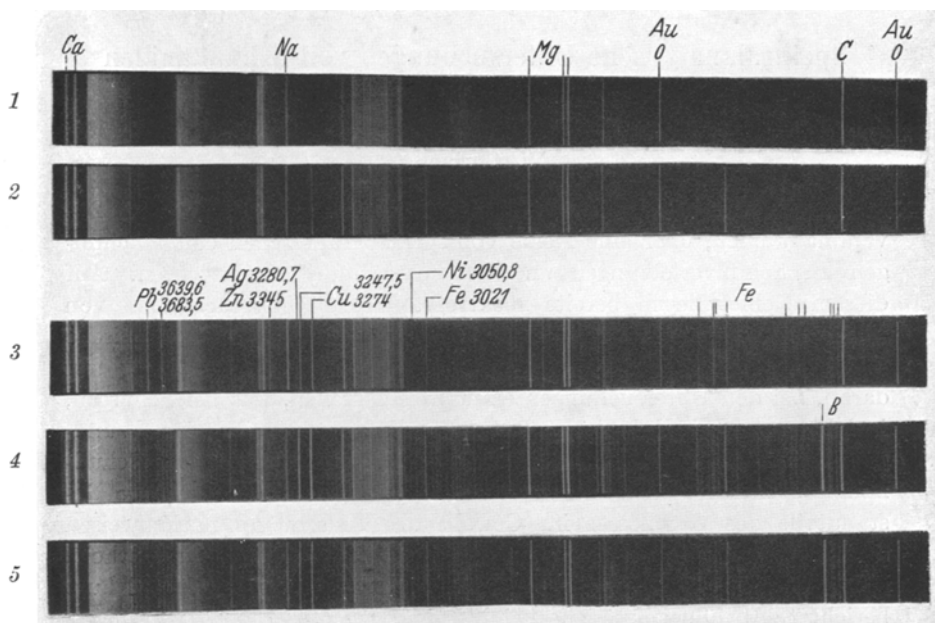


Abb. 1. Spektrophographische Aufnahmen verschiedener Hautstellen. 1 = r. Fußsohle; 2 = r. Handrücken; 3 = r. Mittelfinger; 4 u. 5 = l. Handfläche.

Zusammenfassend glaube ich gezeigt zu haben, daß die spektralanalytische Methode für die Aufklärung von Metallisierungsvorgängen in besonders hohem Maße geeignet ist. Dabei handelt es sich um Fragen, die, wie *Jellinek* gezeigt hat, nicht nur ein wissenschaftliches, sondern unter Umständen ein praktisches, gelegentlich sogar forensisches Interesse haben.

Literaturverzeichnis.

Jellinek, Elektrische Verletzungen. Leipzig: Joh. Ambr. Barth. 1932. — *Gerlach, Wa. u. We.*, Die chemische Emissionsspektralanalyse. 2. Teil. Leipzig: Leop. Voss. 1933.