

(Aus dem Gerichtsärztlichen Institut der Universität Breslau.
Direktor: Prof. *Karl Reuter*.)

Die Hautveränderungen durch den elektrischen Strom¹.

Von
Prof. Georg Strassmann.

Mit 10 Textabbildungen.

1. Makroskopische Befunde.

Es ist vor allem das Verdienst von *Jellinek*, jene Hautveränderungen, die beim Stromübergang in den menschlichen Körper entstehen, beschrieben und auf ihre Bedeutung für die Erkennung elektrischer Unglücks- und Todesfälle aufmerksam gemacht zu haben. *Jellinek* unterscheidet 1. die von ihm als spezifisch für den Stromübergang angesehenen Strommarken, 2. Veränderungen, die als Hitze- oder Brandwirkung anzusprechen sind und 3. Mischformen.

Die Form der Strommarke ist eine kreis- oder nierenförmige, elliptische oder lineare, auch rosetten- und perlenkettenartige Zeichnungen kommen vor. Das hängt vor allem von der Art des berührten Leiters ab.

Die Farbe der veränderten Hautstelle ist gelblichgrau, grauweiß oder bräunlich, die Mitte meist eingesunken, die Ränder sind erhaben, fühlen sich derb an. Bei Tier- und Leichenversuchen fällt häufig Grünfärbung durch Kupferniederschläge auf (*Schriddé u. a.*). Man sieht auch einfache bläschenartige Abhebungen. Wenn bei Übergang von Hochspannungsströmen durch Funkenübergang Verbrennungen entstehen, so unterscheiden diese sich äußerlich oft nicht von den Verbrennungen, die auch sonst durch die Flamme erzeugt werden. Man sieht also blasenartige Abhebungen der Haut, Verschorfungen und Verkohlungen der Haut- und Weichteile, in schweren Fällen auch Zerstörungen der Knochen. Doch kommen auch bei Stromübergang von mehreren tausend Volt außer Erscheinungen, die auf Flammenwirkung und Funkenübergang zu beziehen sind, Hautveränderungen vor, die das typische Bild der Strommarke geben, wie sie sonst beim Übergang niedrig gespannter Ströme beobachtet werden.

Es ist wohl nicht mehr zweifelhaft, daß auch jene Veränderungen, die von *Jellinek* als Strommarke bezeichnet werden und die er als

¹ Herrn Prof. *Reuter* zum 2. III. 1933, seinem 60. Geburtstage, gewidmet.

charakteristische elektrische Erscheinung ansieht, durch starke Wärmeentwicklung beim Stromübergang in die Haut bzw. Stromaustritt aus der Haut zustande kommen. Es ist dies bewiesen worden durch die Versuche von *Mieremet*, *Schridde* und *Beekmann*,, die wir und andere bestätigen konnten. Berührung der Haut mit Glühstahl erzeugt ähnliche Veränderungen, die auch im mikroskopischen Aussehen sich von den elektrischen Hautveränderungen nicht unterscheiden. Die Strommarke ist kein Beweis dafür, daß der elektrische Strom in den lebenden menschlichen Körper übergetreten ist, da an der Leiche durch Stromübergang ebenso wie durch Berührung mit glühendem Metall ähnliche Veränderungen erzeugt werden können.

Mancherlei Faktoren sind es, von denen Aussehen, Form und Ausdehnung der Hautveränderungen durch den elektrischen Strom abhängt. Eine Rolle spielt die Art des berührten stromleitenden Gegenstandes, der Zustand, in dem sich die Oberhaut befindet, ob sie trocken oder feucht ist, welcher Art die Stromspannung, die Intensität, der Widerstand an der Übergangsstelle ist und wie lange der Stromübergang andauert, wo der Strom ein- und wo er austritt, wo positiver und negativer Pol sich befindet. Alle diese Faktoren müssen im einzelnen Fall berücksichtigt werden, lassen sich jedoch nicht immer mit Sicherheit ermitteln.

Die hochgespannten Ströme stellen insofern eine Besonderheit dar, als es bei ihnen am ersten zum Funkenübergang und zur Verbrennung der Kleidung, der Haut und der Weichteile kommt, so daß dann die reine Form der Strommarke nicht vorhanden ist.

Daß bei niedriggespannten Strömen positiver und negativer Pol sich an den Hautveränderungen unterscheiden läßt, hat *Schridde* zuerst hervorgehoben. Der Unterschied liegt vor allem darin, daß Brandwirkungen, die man häufig am positiven Pol auch bei niedrig gespannten Strömen beobachten kann, am negativen Pol so gut wie stets vermißt werden, und daß überhaupt die makroskopisch sichtbaren Veränderungen am negativen Pol sehr viel geringere sind.

In zahlreichen Tiersuchen hat *G. Schrader* neuerdings die makroskopischen und mikroskopischen Erscheinungen studiert, die durch den Übergang von Gleich- und Wechselstrom in den tierischen Körper am positiven und negativen Pol entstehen, sie auch in ihrem Heilungsverlauf verfolgt und mit jenen Veränderungen verglichen, die durch Berührung der Haut mit glühendem Metall entstehen.

Unsere eigenen früheren und jetzigen Untersuchungen erstreckten sich auf Versuche an Leichen, denen Gleichstrom unter einer Spannung von 220 Volt in verschiedenster Weise und bei verschieden langer Dauer durchgeleitet und deren Haut Hitzeeinwirkungen mannigfacher Art ausgesetzt wurde, sowie auf Gleichstrom- und Glühstahlversuche an Meer-

schweinchen. Benutzt wurden für die Stromdurchleitung Kupfer-elektroden. Der Unterschied zwischen positivem und negativem Pol ist bei Leichenversuchen ebenso wie bei Tierversuchen stets sehr deutlich. Die Zeitdauer der Durchleitung des Stromes schwankte zwischen einer halben Sekunde bis zu 2 Minuten.

Wenn man die trockene Leichenhaut mit einer Kupferelektrode berührt, so bemerkt man auch bei Gleichstromdurchleitung am positiven Pol rasch Funkenübergang. Es entsteht zunächst eine blasige Abhebung der Haut, dann schießen immer mehr Bläschen auf, aus dem verflüssigten Hautgewebe schlägt sich Schaum an der Elektrode nieder, es kommt zur Dampfentwicklung, die berührte Hautstelle sinkt ein, die Ränder erscheinen leicht aufgeworfen, färben sich schwärzlich braun, bei etwas stärkerem Druck und längerer Dauer der Stromdurchleitung entsteht ein lochartiger scharf begrenzter Defekt der Oberhaut, der immer weiter in die Tiefe sich erstreckt, je länger man den Strom einwirken läßt und je stärker die Elektrode aufgesetzt wird. Währenddessen gehen dauernd Funken von der Elektrode auf die Haut über, die Ränder des lochartigen Defektes verkohlen immer mehr. Wird die Elektrode locker der trockenen Haut aufgesetzt, so erfolgt meist sofort ein Funkenübergang (*G. Schrader*). Doch kann an der Leiche auch bei fest auf die Haut aufgesetzter Elektrode, wenn die Durchleitung des Stromes lange genug vor sich geht, am positiven Pol ein Hautdefekt mit verkohlten Rändern erzeugt werden. Daß bei elektrischen Todesfällen durch niedrig gespannte Ströme solche in die Tiefe reichenden lochartigen Durchtrennungen selten zur Beobachtung kommen, liegt wohl daran, daß der Stromübergang oft nur Bruchteile von Sekunden dauert und es erst nach längerer Stromdurchleitung und an trockener Haut zu solchen Brandwirkungen kommt. Denn ganz anders ist das Bild zunächst, wenn die Haut künstlich mit Wasser oder Kochsalzlösung befeuchtet wird (*Schrader* hat dies auch bei seinen Tierversuchen beobachtet). An der Leiche fehlt bei Berührung feuchter Haut zunächst jeder Funkenübergang, dafür entstehen sehr reichlich blasige Hautabhebungen, weit über den Umkreis der berührten Stelle hinaus, die allerdings bald platzen und eintrocknen. Die Haut zieht sich strahlenförmig außerhalb der berührten Stelle zusammen, ja es kann durch Hitzeverdrängung von Blut- und Gewebsflüssigkeit im Umkreis um die berührte Stelle ein blaßweißlicher Saum und außerhalb dieses Saums ein schmäler rötlicher Hof entstehen. Besonders geschieht dies, wenn eine hypostatische Hautstelle von der Elektrode berührt wurde. Sobald die Flüssigkeit nach längerer Stromdurchleitung vollkommen verdampft ist, pflegt Funkenübergang am positiven Pol aufzutreten, und aus der blasigen Abhebung wird eine Vertiefung mit schwärzlichen Rändern, der bald ein scharf abgegrenzter Hautdefekt folgt. Solche

Defekte entstehen bei Berührung mit Elektroden, die scharfe Kanten aufweisen, aber auch bei solchen, die eine abgerundete Form haben. Zeigte die Elektrode einen grünen Kupferniederschlag oder entwickelte sich ein solcher an der Elektrode im Lauf der Stromdurchleitung, so zeigt sich auch an der berührten Hautstelle eine schon makroskopisch sichtbare grünliche Verfärbung. Man vermißt diesen Kupferniederschlag jedoch, wenn es rasch an der trockenen Haut zu kraterförmigen Defekten kommt. Zur Entstehung dieses Kupferniederschlages ist wohl eine gewisse Zeitdauer der Stromdurchleitung erforderlich, da bei elektrischen Todesfällen ein solcher Kupferniederschlag makroskopisch selten beobachtet wird.

Die Veränderungen am negativen Pol entstehen bei Leichenversuchen in sichtbarer Form erst dann, wenn der Strom eine Anzahl von Sekunden durch den Körper gegangen ist. Darauf mag es beruhen, daß bei elektrischen Todesfällen an der Stomaustrittsstelle, am negativen Pol so häufig Veränderungen vermißt werden. An der Leiche sieht man am negativen Pol blasige Abhebungen, zuweilen mit einem rötlich oder bräunlich verfärbten Hof und eine Einsenkung der Haut entsprechend dem berührten Gegenstand. Zu einer Wärmeentwicklung kommt es an diesen Stellen auch, aber sie erreicht nicht die hohen Grade wie am positiven Pol (*Schriddé*). Funkenübergang und kraterförmige Defekte konnten an der Leiche von uns am negativen Pol selbst bei minutenlanger Stromdurchleitung nicht erzeugt werden. Dagegen fanden wir bei längerer Einwirkung dann einen grünen Kupferniederschlag auch am negativen Pol, wenn Kupferdrähte zur Durchleitung des Gleichstromes benutzt wurden, die bereits vorher durch Kupferniederschläge grünlich verfärbt waren, eine Erscheinung, die *Schrader* bei seinen Tierversuchen mit Gleichstrom allerdings vermißte.

Bei Todesfällen durch niedrig gespannte Ströme entstehen Verbrennungserscheinungen an der Haut, die man im allgemeinen dabei nicht sieht, wohl nur dann, wenn der Strom längere Zeit durch den Körper gegangen ist.

Bei einem 17jährigen jungen Menschen, den wir am 3. VIII. 1927 sezierten und der im Garten mit dem abgerissenen, aber unter Strom stehenden Draht einer 220 Volt-Lichtleitung längere Zeit in Berührung gekommen war — er war von den Angehörigen, auf den Drähten liegend, tot aufgefunden worden, welche bei dem Rettungsversuch selbst elektrische Schläge erhielten —, zeigten die Hosen Brandlöcher. Diesen Löchern entsprachen an beiden Oberschenkeln elliptische, sich hart anfühlende bräunliche Vertiefungen mit blasiger Abhebung der Oberhaut, ja an der linken Hand war die Oberhaut zum Teil völlig verkohlt, das Unterhautgewebe erschien weiß, hart, einzelne Fingersehnen lagen unter den zerstörten Weichteilen frei. Mikroskopisch zeigten die blasigen

Abhebungen an den Oberschenkeln, die makroskopisch wie Brandwirkungen aussahen, das typische Bild der Strommarke mit Zellabhebung innerhalb der Keimschicht, Hohlraumbildungen in der Keim- und Hornschicht, Zellverlängerungen der Keimschicht, während die Verbrennungen an der Hand eine Zerstörung der oberflächlichen Weichteile, in den tieferen Teilen eine Schmelzung des Gewebes zeigten.

Es ist stets betont worden, daß bei elektrischen Todesfällen durch niedrig gespannte Ströme Haarveränderungen im allgemeinen vermißt werden. Gerade dieses Fehlen von Haarveränderungen hält *Jellinek* für ein Unterscheidungsmerkmal gegenüber der durch Hitze- oder Flammenwirkung entstandenen Hautveränderung. Zum Teil vermißt man Haarveränderungen bei elektrischen Todesfällen deshalb, weil nichtbehaarte Teile, wie die Beugeflächen der Fingerbeeren oder der Hand, mit dem stromführenden Gegenstand in Berührung kamen. Haare leiten die Elektrizität nicht, daher sind Haarveränderungen bei elektrischen Todesfällen nur durch Funkenübergang zu erklären (*Ziemke*).

Bei Todesfällen, wo ein Strom von mehreren 1000 Volt zu Verbrennungen und Verkohlungen der Körperoberfläche führt, finden sich Versengungen der Haare in typischer Form, die makroskopisch und mikroskopisch erkennbar sind, und die wir bei solchen Todesfällen mehrfach, ebenso wie bei Blitzschlagtodesfällen, beobachten konnten.

Auffallend ist aber, daß in der Tat bei Todesfällen durch niedrig gespannte Ströme Haarversengungen fast immer vermißt werden. Auch wenn man elektrischen Strom eine Zeitlang durch den behaarten Kopf der Leiche leitet und dort am positiven Pol kraterförmige Hautdefekte mit verkohlten Rändern unter Dampfentwicklung und Funkenübergang entstehen, so zeigen doch die Haare dieser berührten Stelle so gut wie nie Verbrennungsspuren. Im Gegensatz dazu treten sofort Haarversengungen auf mit dem typischen mikroskopischen Bild, wenn man mit der Bunsenflamme oder auch mit einem glühenden Metallstab ganz kurze Zeit den behaarten Kopf berührt. Bei mikroskopischer Untersuchung der mit glühendem Metall berührten Kopfhaut zeigen die Haare neben einer Bräunung und Lufteinlagerung oft eine Verbreiterung des Haarschaftes um das Mehrfache der Norm, so daß die Haarstruktur völlig unkenntlich ist (Abb. 1). Dieses Bild ist ein etwas anderes, als man es an den sonst durch Flammenwirkung veränderten Haaren zu sehen gewohnt ist, wo die Schwärzung, Kräuselung und Lufteinlagerungen das Charakteristische sind. An einem durch Stromdurchleitung erzeugten Hautdefekt am positiven Pol zeigen sich die Haare, auch wenn die Ränder des Defektes bräunlich verkohlt sind, im großen und ganzen völlig unverändert. Nur ganz selten kann man Einknickungen des Schaftes und geringfügige Verbreiterungen oder auch Lufteinlagerungen erkennen. So

bietet in der Tat das Fehlen von Haarversengungen selbst bei längerer Durchleitung niedrig gespannten Stromes durch eine behaarte Hautpartie ein Unterscheidungsmerkmal gegenüber der Berührung mit glühendem Metall oder mit der Flamme.

Die Hautveränderungen, die am Tier durch Übergang niedrig gespannten elektrischen Stromes erzeugt werden, unterscheiden sich im großen und ganzen nicht von jenen, die bei elektrischen Todesfällen am Menschen oder bei Leichenversuchen beobachtet werden. Nur ist die Intensität der Hautveränderungen bei Tierversuchen oft eine geringere, weil man eine allzulange Einwirkung des elektrischen Stromes, um das Tier zu schonen, möglichst vermeidet, während bei Leichenversuchen die

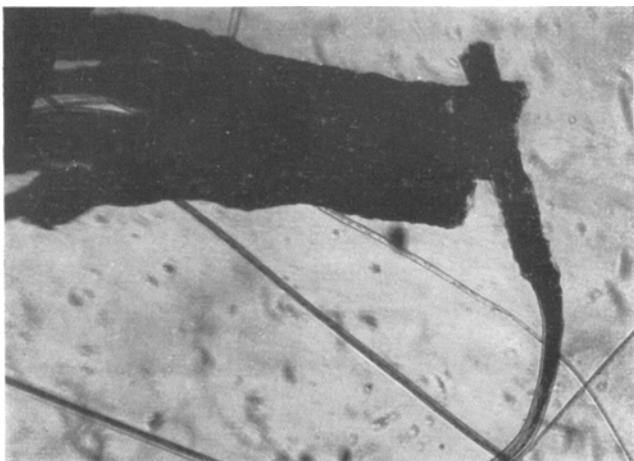


Abb. 1. Behaarter Kopf kurz mit Glühstahl berührt. Der Haarschaft auf das Mehrfache der normalen Breite vergrößert.

Stromdurchleitung viele Sekunden und Minuten durchgeführt und beliebig variiert werden kann.

Wenn man Leichenhaut mit einem glühenden Metallstab oberflächlich berührt, so entsteht sofort eine bräunlich verfärbte Vertiefung mit schwärzlich verfärbten aufgeworfenen Rändern, aus der bei starkem Druck ein scharf begrenztes, wie ausgestanztes Loch mit bräunlich-schwärzlich verfärbtem aufgeworfenen Rand wird. Dieses Loch hat ein schußkanalähnliches Aussehen bei tieferem Einstoßen des Metallstabes in das Gewebe. Die Haare in der Umgebung der berührten Stelle sind deutlich versengt. Intensität und Ausdehnung der Veränderung hängt von der Dauer und Berührung und der Stärke des angewandten Druckes ab. Genau dieselben Veränderungen kann man am Tier erzeugen, wenn man die Haut mit einem glühenden Metallstab berührt.

Dieses Loch kann, wenn man von den Haarversengungen absieht, makroskopisch ähnlich aussehen wie der Defekt, der an trockener Haut der Leiche durch längeren Stromübergang am positiven Pol erzeugt wird. In der Umgebung des durch glühendes Metall an der Leiche erzeugten lochförmigen Kraters kann auch ein bräunlicher oder rötlicher Hof entstehen. Die Brandwirkungen an der Haut kommen jedoch bei Berührung mit einem glühenden Metallstab stärker, ausgedehnter und in kürzerer Zeit zustande als bei der Durchleitung von Gleichstrom durch den Körper der Leiche. Die blasigen Abhebungen, wie wir sie besonders bei Stromdurchleitung durch die künstlich befeuchtete Haut beobachten, treten gegenüber der Brandwirkung bei der Metallberührung zurück.

Zu einer Grünfärbung durch niedergeschlagenes Kupfer kommt es bei der Berührung der Haut mit glühendem Metall im Gegensatz zur Stromdurchleitung nicht.

Daher hat *Schrader* den mikrochemischen Kupfernachweis in der Haut als wichtiges und neues Unterscheidungsmerkmal zwischen der elektrischen und der durch Glühstahl erzeugten Hautveränderung herangezogen.

Bei Leichenversuchen kann man, wie schon erwähnt, die verschiedenartige Ausbildung der Hautveränderungen am positiven und negativen Pol, die Funkenbildung und Brandwirkung bei Berührung trockener Haut am positiven Pol, die Bildung zahlreicher Bläschen bei Berührung feuchter Haut am positiven Pol, die geringfügigen und unscheinbaren Veränderungen am negativen Pol bei kurzer Stromdurchleitung genau beobachten, ebenso wie man die an Stärke und Ausdehnung immer mehr zunehmenden Veränderungen zeitlich deutlich verfolgen kann. Bei ganz kurzer Gleichstromdurchleitung ist am negativen Pol die Veränderung so geringfügig, daß sie makroskopisch kaum in Erscheinung tritt.

2. Mikroskopische Befunde.

Das Charakteristische im mikroskopischen Bild der elektrischen Hautveränderungen durch niedrig gespannte Ströme, sei es nun, daß es sich um elektrische Todesfälle, um Leichen- oder Tierversuche handelt, ist das Auftreten von zahlreichen Hohlräumen in der Horn- und Keimschicht (die Hitzewabenbildung von *Schridde*) und von pallisadenförmigen Zell- und Kernverlängerungen in den tiefsten Schichten der Epidermis am Übergang in die Lederhaut. Außer diesen Hohlräumen, die durch Verdunstung der Gewebsflüssigkeit am Stromübergang entstehen und die meist mikroskopisch leer erscheinen, sieht man vielfach eine Abhebung der Haut innerhalb der Keimschicht. Es kann vorkommen, daß an einzelnen Stellen die gesamte Keimschicht von der Lederhaut abgehoben wird, doch findet man bei Durchmusterung

mehrerer Präparate stets Keimzelleninseln, die noch an der Lederhaut haften, während andere Teile abgehoben sind, so daß die Zellabhebung in der Regel innerhalb der Keimschicht stattfindet. Diese Art der Zellabhebung, im Gegensatz zur Fäulnisblase, ist schon früher bei Hitzeeinwirkung der verschiedensten Art auf die Haut beobachtet worden (*Unna, Leers und Raysky, G. Strassmann und O. Schmidt*). Auch sonst sind die gleichen mikroskopischen Veränderungen an der Leichenhaut nicht nur beim Stromübergang, sondern auch bei Hitzeeinwirkung beobachtet worden (*Schridde, Mieremet*). Die Bedeutung der Hautveränderungen für die Erkennung des Stromüberganges bleibt trotzdem bestehen, da ja bei einem fraglichen elektrischen Todesfall eine Berührung von glühendem Metall oder einer anderen Hitzewirkung kaum in Frage kommen dürfte. Nur beweisen diese Veränderungen nicht, daß der Strom in den lebenden Körper übergegangen ist, da sie auch an der Leiche erzeugt werden können. Dieselben mikroskopischen Erscheinungen sehen wir sowohl bei Übergang von niedrig gespannten wie von hoch gespannten Strömen, wenn auch bei letzteren daneben oft hochgradige Verkohlungen mit Zerstörung der Ober- und Lederhaut vorkommen. Unter der durch Hitzewabenbildung und Zellverlängerungen veränderten Oberhaut sieht man am positiven Pol häufig, daß die Lederhaut nicht mehr ihren faserigen Verlauf zeigt, sondern ein dichtes, kompaktes Aussehen aufweist und sich besonders stark mit Eosin färbt (Schmelzungszone von *Schridde*). Am Rand dieser Zone zeigt die Lederhaut wieder ihr normales Aussehen. Die Schmelzung der Lederhaut ist auch bei Leichenversuchen mit elektrischem Strom zu erzeugen, man sieht sie auch bei Verbrennungen. Bei Leichenversuchen ist häufig mikroskopisch am positiven Pol an Stelle der Hitzewabenbildung ein kraterförmiger Defekt erkennbar, dessen Ränder schwärzlich verkohlt sind. Auch sonst sieht man bisweilen die oberflächlichen Hautschichten bräunlich-schwärzlich verkohlt.

Die Veränderungen am positiven Pol unterscheiden sich von denjenigen am negativen Pol hauptsächlich dadurch, daß hier bräunlich-schwärzliche Verkohlungen der Oberhaut fehlen, wenigstens soweit es sich um niedrig gespannte Ströme handelt, während es bei hoch gespannten Strömen auch am negativen Pol zu Verkohlungen kommen kann. Die Schmelzungszone in der Lederhaut fehlt am negativen Pol. Die blasigen Abhebungen und Zell- und Kernverlängerungen sind am negativen Pol geringfügiger als am positiven Pol, so daß die Unterscheidung beider Pole hauptsächlich in der fehlenden Brandwirkung und in der geringeren Ausdehnung und Intensität der sonst im großen und ganzen gleichartigen Veränderungen der Oberhaut zu sehen ist. Dazu kommen die Durchsiebungen (*Schridde*) und die Lichtungsbezirke (*Schrader*) am negativen Pol, die am positiven Pol fehlen.

Schrader hat auf einen Befund am positiven Pol aufmerksam gemacht, der bis dahin kaum beachtet worden ist, nämlich auf Veränderungen an den Haarwurzelscheiden. Wie man in den tiefsten Schichten der Keimschicht die wirbelartig nach den verschiedensten Richtungen bis zur Unkenntlichkeit des Zellgefüges ausstrahlenden Zell- und Kernverlängerungen beobachtet, so sieht man auch deutliche Zell- und Kernverlängerungen an Zellzügen innerhalb der Lederhaut und besonders deutlich an den Zellen der Haarwurzelscheiden. Diese Zellen werden dadurch zum Teil völlig miteinander verbacken und unkenntlich. Auch an den Haarbalgdrüsen sieht man solche Zellverlängerungen.

Je länger der Strom durch die Leiche geleitet wird, um so besser ist die Schmelzung der Lederhaut, um so stärker sind die Veränderungen an den Haarwurzelscheiden erkennbar, deren Zellen sich mit Hämatoxylin intensiv blau färben. Um spezifisch elektrische Veränderungen handelt es sich dabei nicht. Man sieht sie auch bei Verbrennung und bei Berührung der Haut mit Glühstahl, so daß es sich also um Hitzewirkung auf die Zellen handeln muß. *Schrader* hat sie am positiven Pol bei seinen Tierversuchen allerdings stets stärker ausgeprägt als bei Berührungen mit Glühstahl gefunden, er hat auch ihren Heilungsverlauf verfolgt.

Am negativen Pol hat *Schriddé* auf eine Durchschiebung der Zellen, *Schrader* auf Lichtungsbezirke, Bezirke schlechterer Färbbarkeit in der Lederhaut aufmerksam gemacht, die für den Stromübergang am negativen Pol charakteristisch sein sollen. Die *Schriddeschen* Durchschiebungen, Bläschenbildung innerhalb einzelner Zellen, hatten wir ebenfalls bei früheren Leichenversuchen am negativen Pol gefunden. Die Lichtungsbezirke sind uns bei den Gleichstromversuchen dagegen nicht immer deutlich aufgefallen.

Darauf, daß die Haare sowohl am positiven wie am negativen Pol bei niedrig gespannten Strömen im allgemeinen keine Verbrennungs-spuren aufweisen, während dies bei Berührung mit glühendem Metall stets der Fall ist und auch beim Übergang hochgespannter Ströme in die Haut vorkommt, wurde bereits hingewiesen. In dieser Hinsicht haben die Beobachtungen bei elektrischen Todesfällen, bei Tier- und Leichenversuchen ein vollkommen gleichartiges Ergebnis gezeitigt.

Die bei Tier- und Leichenversuchen schon von *Schriddé* beobachtete Grünfärbung der Haut, welche durch Kupferniederschlag beim Stromübergang zustande kommt, hat *Schrader* zum histo-chemischen Kupfernachweis in der veränderten Hautpartie benutzt. Er verwandte dabei die von *H. Kockel* angegebene Methode, wobei der ungefärbte Schnitt 20 Minuten lang der Einwirkung von Schwefelwasserstoffwasser ausgesetzt wird. Das ausfallende Kupfersulfat zeigt sich als ein bräunlicher Niederschlag nicht nur an der Oberfläche der Haut, sondern auch in den tieferen Schichten, insbesondere an den Haarwurzelscheiden. Der

Kupferbefund ist in der Tat ein sicheres Unterscheidungsmerkmal zwischen einer elektrischen Hautveränderung und einer Hautverbrennung (*Schrader*). Hüten muß man sich bei dieser Reaktion nur vor Verwechslungen mit braungefärbten verkohlten Hautteilen, während Verwechslungen mit braunem Haarpigment kaum in Betracht kommen dürften. Die nicht durch Kupfer bedingten bräunlichen Hautverfärbungen erkennt man aber schon ohne die Kupferreaktion, so daß es zweckmäßig ist, von einer vermutlichen elektrischen Hautveränderung Schnitte ungefärbt und nach Behandlung mit Schwefelwasserstoffwasser zu untersuchen. Diese Kupferniederschläge zeigen den Weg des elektrischen Stromes an, jedoch kann ein solcher Kupferniederschlag durch Stromdurchleitung auch an der Leiche, und zwar sowohl am positiven wie auch am negativen Pol erzeugt und mit der Schwefelwasserstoffmethode auch in den tieferen Hautschichten nachgewiesen werden. *Schrader* hat am Tier bei Gleichstromversuchen zwar am negativen Pol keinen Kupferniederschlag erhalten, doch kommt ein solcher bei Leichenversuchen zustande, wenn man durch Kupfer grün gefärbte Elektroden benutzt und den Strom längere Zeit, etwa 1 Minute oder mehr, durch die Haut leitet. Der Kupfernachweis in der Haut beweist in einem fraglichen Fall somit, daß ein Stromübergang in den Körper stattgefunden hat, beweist aber nicht, daß der Strom durch den lebenden Körper gegangen ist. Daß immer ein Kupferniederschlag in der Haut beim Stromübertritt erfolgt, auch wenn Kupferelektroden benutzt werden, möchte ich jedoch bezweifeln, da wir dann, wenn bei trockener Haut am positiven Pol sofort Funkenübergang stattfindet und kraterförmige Defekte entstehen, oft eine Grünfärbung der Haut vermißten, die uns auch bei elektrischen Todesfällen nicht aufgefallen ist. Es bleibt wohl also noch nachzuprüfen, wie häufig der Kupfernachweis bei elektrischen Todesfällen des Menschen gelingen wird. Das gleiche gilt für den Eisennachweis in der Haut, der *Schrader* in seinen Tierversuchen dann gelungen ist, wenn er mit Eisenelektroden operierte.

3. Die Heilung der elektrischen Hautveränderungen.

Jellinek und *Riehl* betonen die gute Heilungstendenz der elektrischen Hautveränderungen. Sie heben als charakteristisch hervor, daß es während des Heilungsverlaufs wohl gelegentlich zu Ödemen, aber nicht zu stärkerer Eiterung, Sekretion oder sichtbaren reaktiven Veränderungen käme, sondern daß die Heilung in Form einer aseptischen Nekrose vor sich gehe, so daß es sogar bei schweren Verbrennungen und Verkohlungen durch Hochspannungsströme zu einem reaktionslosen Abstoßen der zerstörten Weichteile und Knochen käme. Diese Beobachtungen am Menschen sind durch *Schraders* eingehende Tierversuche mit niedrig gespannten Strömen ergänzt worden, wobei er Gleich- und

Wechselstrom benutzte. Wir haben uns auf Versuche mit Gleichstrom von 220 Volt an Meerschweinchen beschränkt. Als negativer Pol diente dabei ein mehrfach um das eine Bein locker gelegter Kupferdraht, während als positiver Pol eine abgerundete, $\frac{1}{2}$ cm breite Kupferelektrode, die auf das Bein der anderen Seite aufgesetzt wurde, benutzt wurde. Die Durchleitung des Stromes dauerte von einer halben bis zu 10 Sekunden. Bei jeder Durchleitung des Stromes erfolgten krampfhafte Zuckungen des ganzen Körpers, wobei die Tiere sich der Stromdurchleitung zu entziehen suchten. Narkose wandten wir nicht an, trotzdem wurde an dem auf dem Operationsbrett festgebundenen Tier der Strom bis zu 10 Sekunden lang von der rechten zur linken Hinterpfote durchgeleitet, ohne daß eine Dauerschädigung eintrat. Zum Vergleich wurde ein Bein mit einem abgerundeten Glühstahl $\frac{1}{2}$ —5 Sekunden lang berührt.

Am positiven Pol entstand bei der Berührung mit Gleichstrom eine der Elektrode entsprechende länglich ovale oder rundliche, lochähnliche Vertiefung der Oberhaut mit wallartig hartem Rand. Diese Strommarke war mehr oder weniger stark durch Kupferniederschlag grünlich, zum Teil auch bräunlich verfärbt, auch Funkenübergang und Dampfentwicklung wurde beobachtet, ein kraterförmiger Defekt der Haut mit verkohlten Rändern wurde jedoch nicht erzeugt, obwohl die berührte Haut nicht künstlich befeuchtet war. Allerdings war die längste Dauer der Stromdurchleitung 10 Sekunden. In der Umgebung der Strommarke zeigte sich meist sofort ein leicht geröteter Hof. Am negativen Pol entstanden erst bei längerem Stromübergang den Drähten entsprechende oberflächliche, längliche Vertiefungen von gelblich bräunlicher Farbe, zum Teil auch mit geringfügigen grünlichen Auflagerungen, sowie stellenweise blasige Abhebungen der Haut. Die am negativen Pol verwendeten Drähte waren schon vor der Benutzung durch Kupferniederschlag grünlich verfärbt (Abb. 2).

Makroskopisch war während des Heilungsverlaufes, der täglich beobachtet wurde, am positiven wie am negativen Pol das Fehlen jeglicher Eiterung und Sekretion auffallend, obwohl für Asepsis und Reinhaltung der veränderten Hautstellen nicht gesorgt werden konnte.

Der Rötungshof um die Marke nimmt allmählich ab. Man sieht oft einige Tage lang neben oder auch ohne diese Rötung einen bräunlichen Hof um die eingesunkene Stelle, die sich im Laufe der Zeit verkleinert,

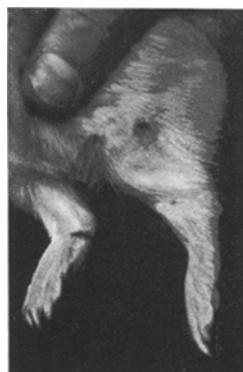


Abb. 2. Gleichstromversuch (2 Sekunden Dauer). Lochartige Vertiefung am positiven Pol links. Negativer Pol, bräunlich längliche Vertiefung am rechten Bein.

ebenso wie die Grünfärbung schließlich verschwindet (Abb. 3 und 4). Währenddessen bildet sich an der berührten Stelle ein braunschwarzer Schorf, der nach 8—12 Tagen sich von selbst abstößt.

Das unter dem Schorf zum Vorschein kommende neugebildete Gewebe hat zunächst eine rosa Farbe, die allmählich abblaßt und dann wie die normale Haut aussieht, schließlich bleibt eine uncharakteristische, aber lange sichtbare oberflächliche weiße Narbe zurück, die von den neugebildeten Haaren verdeckt wird. Eine Vertiefung ist nach der Heilung nicht mehr zu erkennen. Die rosa oder weiße Narbe unterscheidet sich nicht in ihrem Aussehen von anderen nach Verletzungen



Abb. 3. Gleichstromversuch nach 4 Tagen. Linkes Bein positiver Pol, rundliches Loch, rechtes Bein negativer Pol, längliche Vertiefung. Bds. bräunlicher Hof um die Berührungsstelle herum.



Abb. 4. Gleichstromversuch nach 7 Tagen. Links positiver Pol, Loch verschorft, wallartiger Rand. Negativer Pol rechts gleichfalls verschorft.

zurückbleibenden Narben. Eine Eiterung oder Sekretion fehlt sowohl vor der Schorbildung wie nach der Abstoßung des Schorfes.

Am negativen Pol ist die Heilung grundsätzlich keine andere als am positiven Pol. Auch hier sieht man eine bräunliche Verfärbung um die Einwirkungsstelle herum. Auch hier bildet sich allmählich an der eingesenken Partie ein braunschwarzer Schorf, der oft größere Ausdehnung hat, als der unmittelbaren Berührung durch die Elektrode entspricht. Der Schorf stößt sich in 8—12 Tagen ab, das neugebildete Gewebe darunter ist zart rosa gefärbt, gleicht sich der umgebenden Haut an bis auf eine grauweiße oberflächliche Narbe, die längere Zeit noch zu erkennen ist (Abb. 5).

Die durch Kupferniederschlag bedingte grünliche Verfärbung am positiven und negativen Pol wird während des Heilungsverlaufs un-

deutlicher. In den späteren Stadien, sobald ein Schorf sich gebildet hat, ist eine Grünfärbung nicht mehr sichtbar.

Einmal entwickelte sich am negativen Pol, 10 Tage nach der 10 Sekunden langen Stromdurchleitung, als der Schorf sich noch nicht abgestoßen hatte, eine trockene Gangrän unterhalb der Stromübergangsstelle, sie begann mit einer bläulichen, später in Schwarz übergehenden Verfärbung des Beines, die Weichteile trockneten ein, an der Stromübergangsstelle bildete sich ein ringförmiger Defekt der Weichteile, der bis auf den Knochen reichte und bei ungestörtem Allgemeinbefinden des Tieres nach 8 Wochen zur reaktionslosen Abstoßung des abgestorbenen Teils führte. Der Stumpf vernarbte ohne Eiterung. Einen ähnlichen Fall von trockner Gangrän hat *Schrader* am positiven Pol nach Stromdurchleitung beobachtet (Abb. 6 und 7).



Abb. 5. Gleichstromversuch nach 13 Tagen. Linkes Bein positiver Pol, rechtes Bein negativer Pol. Wunden verheilt, nur noch uncharakteristische Narben erkennbar.



Abb. 6. Gleichstromversuch. Negative Polstelle. Nach 13 Tagen beginnende trockene Gangrän des Beines unterhalb der Berührungsstelle.

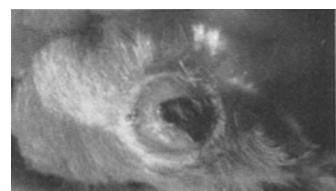


Abb. 7. Derselbe Fall. Gleichstromversuch, nach 8 Wochen gangränöser Unterschenkel am negativen Pol abgestoßen, Stumpfende reaktionslos verheilt, mit Schorf bedeckt.

Die Hautveränderungen, die durch Einwirkung von Glühstahl entstanden sind, heilen in ähnlicher Weise wie die elektrischen Hautverände-

rungen. Der lochartige Defekt mit seinem braunschwarzlichen Rand zeigt zunächst einen schmalen rötlichen Hof um das Loch herum, der allmählich abblaßt, das Loch verkleinert sich. Bereits am 4. Tage war, wenn ein oberflächlicher Defekt erzeugt wurde, die vertiefte Stelle schwarzbräunlich verschorft (Abb. 8). Eine Grünfärbung durch Kupferniederschlag fehlte naturgemäß. Der Schorf begann sich bereits am 5. Tag zu lösen und war am 7. Tage abgestoßen, ohne daß Eiterung oder stärkere Sekretion bemerkbar war. Unter dem Schorf fand sich das neugebildete Gewebe und es blieb auch hier eine zart blaßrosa gefärbte, später grauweißliche oberflächliche Narbe lange sichtbar zurück, die sich von denjenigen der elektrischen Hautveränderung nicht unterschied (Abb. 8). Die Schorfabstoßung erfolgt bei den durch Glühstahl gesetzten Hautveränderungen etwas früher als bei denjenigen, die durch den Stromübergang zustande kommen, wie dies auch Schrader bei seinen Versuchen fand. Im übrigen aber ist ein wesentlicher Unterschied in der makroskopisch sichtbaren Art der Heilung von Glühstahl- und elektrischen Hautveränderungen nicht festzustellen.

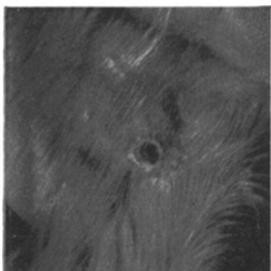


Abb. 8. Glühstahlverbrennung nach 6 Tagen. Loch mit bräunlichem Schorf bedeckt, wallartig erhabene Ränder.

gesetzten Hautveränderungen etwas früher als bei denjenigen, die durch den Stromübergang zustande kommen, wie dies auch Schrader bei seinen Versuchen fand. Im übrigen aber ist ein wesentlicher Unterschied in der makroskopisch sichtbaren Art der Heilung von Glühstahl- und elektrischen Hautveränderungen nicht festzustellen.

4. Die mikroskopischen Befunde bei der Heilung elektrischer Hautveränderungen.

Die elektrischen Hautveränderungen im Heilungsstadium mikroskopisch am Menschen zu untersuchen, bietet sich verhältnismäßig selten Gelegenheit. Dagegen sind die Veränderungen in der Haut bei der Heilung von Verbrennungen und Verbrühungen öfters untersucht worden und bekannt.

Bei einem Starkstromunfall, der durch einen Schädelbasisbruch infolge Absturzes kompliziert war, trat der Tod erst 6 Wochen nach dem Unfall, und zwar an eitriger Hirnhautentzündung ein. An der rechten Hand, an welcher der Stromübergang stattgefunden hatte, waren von den Chirurgen Verbrennungsspuren beobachtet worden. Bei der Sektion fanden sich dort blaurötlich verfärbte Stellen, die mikroskopisch ein uncharakteristisches Granulationsgewebe (Sektion am 11. IV. 1926) erkennen ließen.

Ein Starkstromunfall, der nach 14 Stunden zum Tode führte, wurde gemeinsam mit Prof. Reuter von uns am 11. XI. 1931 beobachtet.

Ein 40jähriger Elektrovorschlosser berührte bei der Reparatur eine nicht ausgeschaltete Stromleitung von 10000 Volt, wobei er schwerste Verbrennungen an den verschiedensten Körperstellen erlitt. Der Tod erfolgte erst nach 14 Stunden. Die Weichteile des rechten Armes waren von der Handfläche bis zur Achselhöhle im 2. bis 4. Grade verbrannt, in der Ellenbeuge rechts fand sich ein handteller-

großes, tiefes Loch, das bis auf den Knochen reichte und in dessen Tiefe verkohlte Muskel- und Sehnenstränge sichtbar waren. Im übrigen hing die Oberhaut am ganzen rechten Arm in großen Fetzen herunter. Verkohlungen und Brandblasen fanden sich auch am linken Arm, in der linken Lendengegend, an der Vorderfläche der Oberschenkel, am rechten Unterschenkel und Fußgelenk. An der linken Ferse eine lochartige Durchtrennung mit schwärzlichem Rand.

Innerlich fand sich reichlich erbrochener Mageninhalt in Luftröhre und Lufttröhrenästen; Herz zusammengezogen mit Speckhautgerinnseln, unter der Oberfläche des Herzens einige Blutaustritte, Foramen ovale geschlossen, Lungen verhältnismäßig trocken, Nieren und Leber blutreich, derb, Gehirn und Hirnhäute blutreich. Im übrigen an den inneren Organen nichts Bemerkenswertes.

Die mikroskopische Untersuchung der Lungen ergab bereits im frischen Präparat hochgradigste Fettembolie. Ferner fand sich bei der von Dr. Radtke vorgenommenen Untersuchung der Nieren und der Milz eine mäßige Fettembolie in diesen Organen. Die lochartige Durchtrennung der linken Ferse, die als Stromaustrittsstelle anzusehen war, zeigte das typische Bild der Strommarke mit Wabenbildung in Horn- und Keimschicht, Zell- und Kernverlängerungen der Keimschicht, die noch in die Tiefe ausstrahlten. Die übrigen untersuchten Stellen von Armen und Oberschenkeln ließen hauptsächlich eine Brandwirkung erkennen, die Oberhaut stellte sich als unkenntliche schwarze Masse dar, zum Teil war auch die Lederhaut zerstört oder sie hatte ein kompaktes, intensiv gefärbtes, geschmolzenes Aussehen (*Schriddé*). An den weniger veränderten Hautpartien zeigten sich Zell- und Kernverlängerungen. Reaktive Vorgänge konnten an den untersuchten Hautstücken nicht festgestellt werden.

Die Heilungsercheinungen, die an der Haut, dem Unterhautfettgewebe und der Muskulatur bei seinen elektrischen und Glühstahlversuchen erkennbar waren, hat *Schrader* eingehend geschildert und dabei besonders auf die Veränderungen an den Haarwurzelscheiden und die Absterbeerscheinungen der Muskulatur hingewiesen.

Die Frage ist: besteht tatsächlich ein grundsätzlicher Unterschied bei der Heilung elektrischer und der durch Glühstahl gesetzten Veränderungen, und wie lange sind typische Erscheinungen, die blasigen Abhebungen, Hitzewabenbildung, Zell- und Kernverlängerungen nach Stromdurchleitung und Glühstahlberührung zu erkennen? Es scheint mir der wesentlichste Unterschied bei der Heilung der elektrischen und der Glühstahlveränderungen im Tierversuch darin zu bestehen, daß die Abstoßung des Glühstahlschorfes durch eine reichlichere und frühzeitigere Leukocytenansammlung am Grunde und am Rande des Schorfes erfolgt als bei der elektrischen Hautveränderung. Auch der Brandschorf selbst wird von Leukocyten durchwuchert (Abb. 9). Aber auch die Abstoßung des Schorfes bei der elektrischen Hautveränderung geht unter Bildung eines Leukocytenwalles am Grunde des Schorfes vor sich, nur ist dieser nicht so stark ausgebildet und kommt erst später zustande als am Brand-schorf. Auf dieser geringen Leukocytenansammlung beruht es wohl, daß am Lebenden eine Eiterung oder Sekretion vermißt wird. Der Brand-schorf und der elektrische Schorf selbst besteht aus einem völlig strukturlosen Gewebe, an dem allenfalls noch Reste der Oberhaut mit blasiger

Abhebung und Zellverlängerungen erkennbar sein können, ebenso wie Zell- und Kernverlängerungen an den Wurzelscheiden noch einige Tage lang sich zeigen. Nach 6—8 Tagen sind beide Arten von Schorfen jedenfalls meist so uncharakteristisch, daß nicht mehr zu unterscheiden ist, ob es sich um einen elektrischen Stromübergang oder um eine Verbrennungswirkung gehandelt hat. Bei der Heilung beider Veränderungen bestehen nur quantitative Unterschiede. Völlig reaktionslos ist also die Ab-

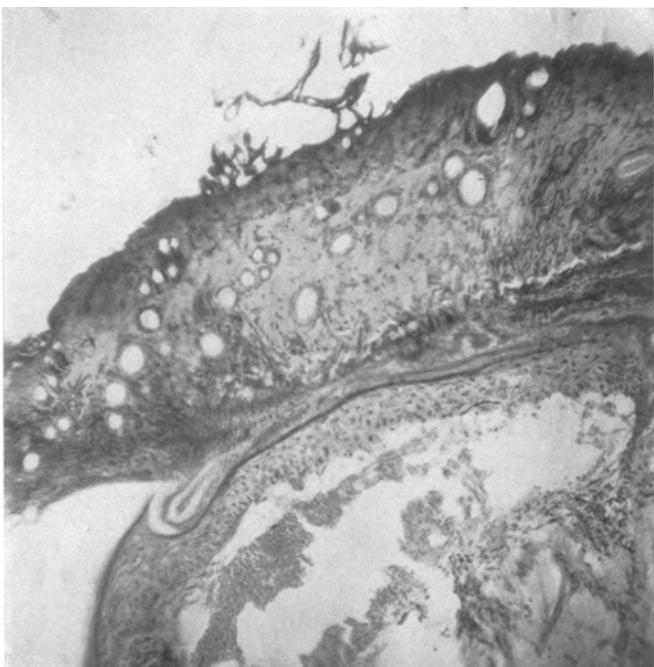


Abb. 9. Glühstahlschorf nach 6 Tagen, erkennbare Abhebung der Oberhaut, Durchsetzung des Schorfes mit Leukocyten am Rand und am Grunde gegen das neugebildete Gewebe.

stoßung des Schorfes bei der elektrischen Hautveränderung — dies gilt sowohl für den positiven wie für den negativen Pol — nicht.

Häufig sieht man ausgedehntere Blutungen in den tieferen Gewebschichten unter der Verbrennung und ebenso unter der Strommarke, wie wir eine solche Blutung auch in der Lederhaut bei einem Starkstromtod unmittelbar unter der Strommarke am Kopf früher einmal beobachtet haben.

Wenn nach 4 Tagen die veränderten Stromübergangsstellen herausgeschnitten wurden, so konnten meist vereinzelt noch Hohlraumbildungen, blasige Abhebungen innerhalb der Oberhaut und Zell- und

Kernverlängerungen erkannt werden. Wie lange die Kupfer- bzw. Eisenreaktion sich erzielen läßt, wird von mannigfachen Umständen abhängen, von der Stärke des ursprünglichen Kupferniederschlages, der Dauer der Stromdurchleitung und ähnlichem. Bis zu 4 Tagen kann man makroskopisch eine Grünfärbung am positiven Pol erkennen und auch mikrochemisch das Kupfer im Schnitt nachweisen, und zwar nicht nur in der Oberhaut, sondern auch an den Wurzelscheiden. Nach der Schorfabstößung gelingt der Kupfernachweis nicht mehr. Die von *Schrader* beschriebenen Erscheinungen an der Muskulatur haben wir nicht genauer untersucht, da es uns nur auf die Hautveränderungen ankam.

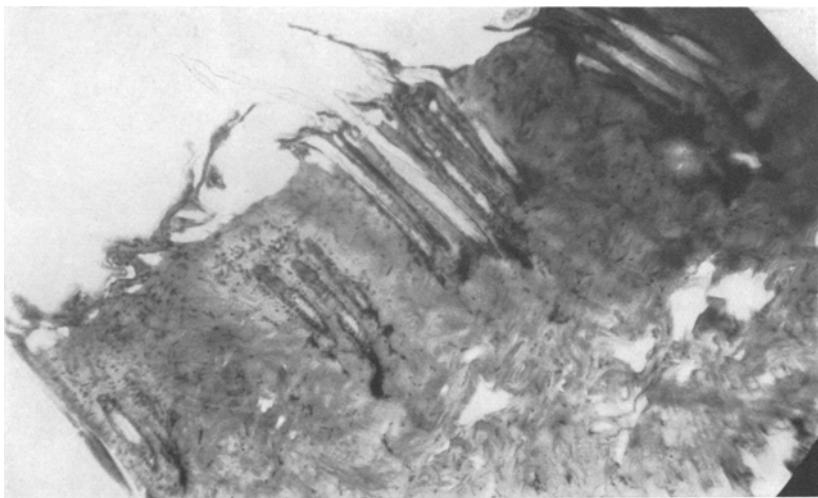


Abb. 10. Strommarke. Positiver Pol nach 8 Tagen, noch erkennbare Abhebung der Oberhaut. Zellverlängerung an den Haarwurzelscheiden. Geringe Leukocytendurchsetzung des Schorfes.

Unter dem sich abstößenden Schorf findet sich das neugebildete normale Gewebe, das sich scharf gegen den Schorf abhebt. Sobald sich ein strukturloser Schorf gebildet hat, was nach 6—8 Tagen zu geschehen pflegt, sind meist die beim Stromübergang oder bei der Verbrennung durch Glühstahl in frischen Fällen vorhandenen Veränderungen der Oberhaut und Lederhaut nicht mehr zu erkennen, so daß aus dem Schorfbefund nicht zu ersehen ist, um welche Veränderungen es sich ursprünglich gehandelt hat, ob überhaupt ein Stromübergang oder eine Verbrennung oder eine anderweitige traumatische Einwirkung stattgefunden hatte.

Zusammenfassung.

Alle Hautveränderungen, die man bei Todesfällen durch den elektrischen Strom makroskopisch und mikroskopisch findet, lassen sich

auch an der Leiche durch Stromübergang erzeugen, so daß sie kein Beweis dafür sind, daß ein Stromübergang in den lebenden Körper stattgefunden hat. Es gilt dies für die Blasenbildung in der Oberhaut und die blasige Abhebung innerhalb der Keimschicht, die nach den verschiedensten Richtungen ausstrahlenden Zell- und Kernverlängerungen der Oberhautzellen, der Zellzüge in der Lederhaut, der Zellen der Haarwurzelscheiden, die Schmelzung der Lederhaut am positiven Pol, die Zelldurchsiebungen am negativen Pol und die Kupferniederschläge in der Haut bei Verwendung von Kupferelektroden. Bei gleicher Stromstärke hängen Art, Stärke und Tiefe der Hautveränderungen davon ab, ob trockene oder feuchte Haut unmittelbar oder in geringem Abstand berührt wurde und wie lange die Stromdurchleitung erfolgte. So lassen sich alle Übergänge von einfacher, blasiger Abhebung, bräunlich-grünlicher Verfärbung und Vertiefung der berührten Stelle mit aufgeworfenen Rändern und bräunlichrosa Hof bis zur Verkohlung und kraterartigen, tiefen Defekten zeitlich bei Gleichstromübergang an Leichenversuchen genau verfolgen. Je trockener die Haut, je lockerer die Berührung, je länger der Stromübergang erfolgt, um so ausgedehnter und stärker sind die beobachteten Veränderungen.

Bei trockener Haut kommt es regelmäßig zur Funkenbildung, zur Dampfentwicklung, zu kraterförmigen Defekten mit schwärzlich aufgeworfenen Rändern am positiven Pol. Ist die berührende Elektrode und die Haut feucht, so entstehen am positiven Pol zunächst nur blasige Abhebungen oder zahlreiche Bläschen, die rasch platzen und ein trocknen, sodann eine geringe Vertiefung der Haut, die gelblich oder grünlich (durch Kupferniederschlag) sich färbt. Funkenübergang und Brandwirkung entsteht erst, wenn die Flüssigkeit verdunstet ist, was auch nach künstlicher Befeuchtung der Haut in verhältnismäßig kurzer Zeit geschieht.

Am negativen Pol fehlen bei Gleichstromdurchleitung Funkenübergang und Verbrennungsscheinungen so gut wie immer. Man beobachtet blasige Abhebungen, gelbliche, aber auch grünliche Verfärbungen und Vertiefungen der Haut an den berührten Stellen. Sichtbare Veränderungen am negativen Pol treten später, d. h. erst nach längerer Durchleitung des elektrischen Stromes auf als am positiven Pol. Auch mikroskopisch läßt sich die verschiedene Stärke und Ausdehnung der Veränderungen am positiven und negativen Pol bei kürzerer und längerer Stromdurchleitung, bei Berührung trockener und feuchter Haut verfolgen. Die Veränderungen reichen meist über den Bezirk hinaus, der von der Elektrode direkt berührt wurde. Um die veränderte Stelle kann am positiven Pol an der Leiche ein blasser oder rötlicher Hof, zumal an hypostatischen Stellen, sowie eine Zusammenziehung benachbarter Hautpartien erzeugt werden. Die Grünfärbung

durch Kupferniederschlag ist am positiven Pol schon makroskopisch sichtbar. Man vermißt sie, wenn es durch Funkenübergang sofort zu Verbrennungserscheinungen kommt und Kupferniederschlag an der blanken Elektrode fehlte. An der Leiche kann man auch am negativen Pol mit Gleichstrom eine Grünfärbung der berührten Haut nach einiger Zeit erzeugen, wenn durch Kupferniederschlag grünlich verfärbte Kupferdrähte benutzt werden.

Bei Berührung mit Glühstahl entstehen an der Leiche blasige Abhebungen der Haut, denen rasch kraterförmige Defekte mit schwärzlichen Rändern folgen. Um diese entsteht oft ein rötlicher oder bräunlicher Hof. Versengungserscheinungen an den Haaren, wobei mikroskopisch der Haarschaft auf das Mehrfache der Norm vergrößert ist, sind bei Berührung behaarter Körperstellen mit glühendem Metall stets vorhanden. Erfolgt bei Gleichstromübergang in trockene Haut Funkenbildung und entstehen dabei kraterförmige Hautdefekte, so werden trotzdem Haarversengungen meist vermißt. Nur selten kommt es zu Abknickung des Haarschaftes, Schwärzung durch geringfügige Lufteinlagerung oder Schaftverbreiterung. Wenn bei Todesfällen durch hoch gespannte Ströme von mehreren 1000 Volt ausgedehnte Verbrennungen der Haut zustande kommen, so zeigen auch die Haare an diesen Stellen typische Versengungserscheinungen.

Die Beschaffenheit der Strommarke hängt also von Stromspannung und Stromintensität, von der Art des berührten Leiters, von der Feuchtigkeit und Trockenheit der Haut im Moment des Stromübertrittes und der Dauer der Stromdurchleitung ab. Brandwirkungen mit kraterförmigen Hautdefekten kommen erst bei längerer Stromdurchleitung am positiven Pol zustande, bei feuchter Haut erst nach Verdunstung der Flüssigkeit, später bei der Haut fest aufgesetzter Elektrode als bei lose aufgesetzter.

In wesentlichen Punkten unterscheidet sich das mikroskopische Bild der am Lebenden oder an der Leiche zustande gekommenen Strommarke von der durch Glühstahl gesetzten Hautveränderung nicht. Daß am negativen Pol Verbrennungserscheinungen auch bei sehr langer Stromdurchleitung fehlen und die Veränderungen dort geringfügiger ausgebildet sind und überhaupt erst bei längerer Stromdurchleitung zustande kommen, wurde für Gleichstrom erneut bestätigt.

Eine Unterscheidung zwischen elektrischer und Glühstahlveränderung ermöglicht der von *Schrader* angegebene Kupfernachweis in der Haut, besonders an den Haarwurzelscheiden mit der Schwefelwasserstoffmethode nach *H. Kockel*, da Kupferniederschläge bei Berührung mit glühendem Metall nicht zustande kommen. Wie oft der Kupfernachweis bei elektrischen Todesfällen gelingt, bleibt aber noch nachzuprüfen, zumal, wenn es sich um ganz kurzen Stromübergang handelt,

da bei Leichenversuchen und bei sofort auftretender Brandwirkung an trockener Haut es nicht immer zu einem Kupferniederschlag kommt. Ein vitales Zeichen des Stromüberganges ist auch der Kupfernachweis nicht.

Im übrigen bleibt die Bedeutung der mikroskopischen Hautbefunde für die Aufklärung fraglicher elektrischer Todesfälle bestehen, da ja praktisch eine Berührung von glühendem Metall in solchen Fällen nicht in Betracht kommt. Nur gibt die mikroskopische Untersuchung keinen Aufschluß darüber, ob jemand lebend mit dem elektrischen Strom in Berührung gekommen ist oder erst im sterbenden Zustand, wenn das Herz aus einem anderen Grunde als infolge des Stromüberganges versagte.

Der Unterschied des Heilungsverlaufes ist bei den elektrischen und den durch glühendes Metall gesetzten Hautveränderungen kein grundsätzlich verschiedener. Nur finden sich bei den elektrischen Veränderungen stärker ausgeprägte Erscheinungen an den Haarwurzelscheiden (*Schrader*). Die Abstoßung des Brand- und des elektrischen Schorfes erfolgt unter Leukocytenansammlung am Rande und am Grunde des Schorfes, der auch selbst von Leukocyten durchsetzt wird, doch ist diese Durchsetzung bei der künstlichen Strommarke weniger intensiv und tritt später auf als bei den Brandschorfen. Sobald einmal die Bildung eines Schorfes, der ein strukturloses Gewebe darstellt, eingetreten ist, lassen sich die charakteristischen Veränderungen, Hohlräumbildungen, Zell- und Kernverlängerungen nicht mehr erkennen, was 6—8 Tage nach der Stromdurchleitung der Fall zu sein pflegt. Die Abstoßung des Schorfes erfolgte bei den Gleichstromversuchen nach 8—12 Tagen, bei den Brandschorfen früher, nach 6—10 Tagen.

Nach der Abstoßung der Schorfe bleibt bei beiden Einwirkungen noch lange Zeit eine uncharakteristische grauweißliche Hautnarbe zurück.

Einmal kam es 10 Tage nach einer 10 Sekunden langen Stromdurchleitung, die im übrigen ohne Dauerschaden vertragen wurde, zu einer trockenen Gangrän des Beines am negativen Pol, die zu einer Abstoßung des brandigen Teiles ohne Eiterung nach 8 Wochen führte. Der Stumpf verheilte gut.

Bei einem Starkstromtod nach 14 Stunden mit hochgradigsten Verkohlungen verschiedener Körperabschnitte fanden sich mikroskopisch keine reaktiven Veränderungen an den verbrannten Hautstellen, jedoch als besonderer Befund eine hochgradige Fettembolie des Lungen- und eine mäßige des großen Kreislaufs bei geschlossenem Foramen ovale, die als Todesursache außer der Verbrennung wesentlich mit in Betracht kam.

Literaturverzeichnis.

Beekmann, Klin. Wschr. **1923**, Nr 16. — *Delbano*, Virchows Arch. **54**. — *Jellinek*, Arch. f. Dermat. **184** — Wien. klin. Wschr. **21**, Nr 20 — Beitr. gerichtl. Med. **7** — Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1** und zahlreiche andere Arbeiten — Elektrische Verletzungen. Johann Ambrosius Barth 1932. — *Kaplan*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **17**. — *Kawamura*, Virchows Arch. **231**. — *Leers u. Raysky*, Virchows Arch. **197**. — *Meixner*, Wien. klin. Wschr. **1922**, Nr 28. — *Mieremet*, Klin. Wschr. **1923**, Nr 29. — *Nippe*, Virchows Arch. **285**. — *Pietrusky*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **6**. — *Riehl*, Münch. med. Wschr. **1923**, Nr 34. — *Schrader*, Veröff. Gewerbe- u. Konstit.path. 8, H. 33 (1932). — *Schridde*, Klin. Wschr. **1922**, Nr 52; **1925**, Nr 45 — Dtsch. med. Wschr. **1926**, Nr 38. — *Schridde u. Beekmann*, Virchows Arch. **252**. — *Strassmann, Gg.*, Ärztl. Sachverst.ztg **1925**, Nr 2 — Dtsch. Z. gerichtl. Med. **9**. — *Strassmann, Gg., u. O. Schmidt*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **11**. — *Unna*, In Orths Lehrbuch der pathologischen Anatomie. **1894**. — *Weimann*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **9** — Virchows Arch. **264**. — *Ziemke*, Mschr. Unfallheilk. **30**.
