

(Aus dem Pathologischen Institute und dem Forschungsinstitute für Gewerbe- und Unfallkrankheiten in Dortmund.)

Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die menschliche Haut.

Von

Prof. Dr. Herm. Schridde und Dr. A. Beekmann.

Mit 2 Textabbildungen.

(Eingegangen am 16. April 1924.)

Im Jahre 1921 hat *Mieremet*¹⁾ über experimentelle Untersuchungen an Kaninchen berichtet, die er mit einem Gleichstrom von 220 Volt anstellte, und die er auch an menschlichen Leichen vornahm.

„Bei Menschenleichen und rasierten, narkotisierten Kaninchen wurde der kupferne, unter 220 Volt Gleichstrom stehende ‚Fitting‘ einer elektrischen Lampe an die Haut gedrückt. Schon nach einigen Sekunden entstanden an der *Leiche* leicht erhabene Stellen, die sich fester anfühlten als die Umgebung, und auf der Schnittfläche ist die Haut 1—2 mm dick und gewissermaßen gläsern durchscheinend. Bei 20—30 Sekunden Strompassage tritt ‚Blasenbildung‘ auf oder ein weißer Ring um den grünen, zentralen Teil herum. Beim Entstehen dieser Stellen kann man bisweilen ein Sichzusammenziehen der Umgebung feststellen mit der Kontaktstelle als Mittelpunkt. Es spielt also wahrscheinlich Schrumpfung mit eine Rolle. — Eine Stromaustrittsreaktion entwickelte sich erst, wenn die Oberschenkelhaut der Leiche mittels irgendeines metallenen Instrumentes (Messer oder Schere) mit dem metallenen Ring bei der Wasserleitung in Kontakt gebracht wurde, oder wenn die Weichteile der Leiche an diesen Ring gepreßt wurden. Nur war diese Hautveränderung weniger stark ausgesprochen als am Stromeintrittskontakt. — Verkohlungen entstanden nur bei schlechtem Kontakt, wenn Funken übersprangen; ringsherum eine weiße Zone, die mit der verkohlten Stelle hart, erhaben und von der Form des Kontaktes war. — Beim *Kaninchen*, das mit der rasierten, rechten Beckengegend auf dem metallenen Ringe des Sektionstisches lag, wurde an der ebenfalls rasierten, linken Seite mit dem vom kupfernen Band umwickelten Lämpchen Strom zugeführt. So entstanden wieder diese Hautveränderungen, und auch beim Tiere war die Stromaustrittsstelle weniger verdickt als die Eintrittsstelle. Die gleich nach dem Entstehen ausgeschnittenen Hautstellen zeigten eine verdickte Schnittebene, und mikroskopisch wies das verbreiterte Corium wieder die Verbreiterung der kollagenen Bündel auf, sowie eine schwache Basophilie derselben und dunkle Kernfärbung. Die Oberhaut war geschrumpft und dunkler gefärbt.“

¹⁾ C. W. G. *Mieremet*, Proefondervindelijk onderzoek over specifieke electrische huidveranderingen. Nederl. Tijdschr. voor Geneeskunde 1921 — Hautveränderungen durch Einwirkung des elektrischen Stromes. Klin. Wochenschr. 1923, S. 1362.

Auch *Kawamura*¹⁾ hat 1921 an Tieren (Meerschweinchen) experimentell gesetzte elektrische Veränderungen untersucht, die ihm ähnliche Bilder zeigten, wie er sie an den elektrischen „Strommarken“ von Verletzten gesehen hatte. Wie früher schon gezeigt werden konnte, entsprechen jedoch die Ergebnisse seiner Versuche und seiner mikroskopischen Untersuchungen nur zu einem ganz geringen Teile den Befunden, die in der Veröffentlichung von *Schridde* „Hautverbrennungen bei hoher Hitze²⁾“ niedergelegt wurden.

Da von uns vorgenommene elektrische Verbrennungen an der Kaninchenhaut zu keinem Ergebnisse führten, das für die menschliche Pathologie von grundlegendem Werte gewesen wäre, haben wir zahlreiche Versuche an der Haut von Leichen angestellt, obwohl wir von vornherein bedachten, daß sich vielleicht doch Befunde ergeben würden, die von den am lebenden Menschen erhaltenen nach dieser oder jener Seite abweichen könnten. Das Leichenmaterial bot uns aber auch die Möglichkeit, die Versuche nach allen möglichen Richtungen hin anzustellen und abzuändern, und so den Weg zu finden, aus all den sich so ergebenden Veränderungen ein umfassendes Bild zu gewinnen.

Zu unseren Untersuchungen wurde ein Gleichstrom von 120 Volt Spannung verwandt, der der elektrischen Lichtleitung entnommen war. Als Elektroden wurden anfänglich die Enden zweier Drähte benutzt, die jedoch bald durch Kupferelektroden von 3 mm Durchmesser ersetzt wurden, weil die spitzen Enden der Drähte leicht eine Verletzung der Haut verursachten. Um eine mechanische Einwirkung auf die Oberhaut auszuschließen, wurden die Elektroden nicht mit der Hand gehalten, sondern der Haut einfach aufgelegt, so daß sie nur durch ihre eigene Schwere auf die Haut aufdrückten, was gleichzeitig einen möglichst gleichmäßigen Kontakt bei allen Versuchen gewährleistete. Hierdurch wurde auch erreicht, daß bei allen Versuchen gleichmäßig starke Verbrennungen auftraten. Nach jedem Versuch wurden die Elektroden sorgfältig gesäubert, um etwa anhaftende Gewebsteilchen zu entfernen, durch die sonst bei erneutem Versuche der Stromschluß bedeutend erschwert wurde.

Die Elektroden wurden einmal in 140 cm, ein zweites Mal in 40 cm Abstand voneinander aufgesetzt. In der ersten Versuchsreihe kam der —-Pol auf die Haut des Fußrückens, der +-Pol auf die Brust- oder Schulterhaut zu liegen, in der zweiten Reihe der —-Pol auf den Unterschenkel, der +-Pol auf den Oberschenkel. Bei allen Versuchen wurde angestrebt, bei den verschiedenen Leichen möglichst die gleichen Haut-

¹⁾ *Kawamura*, Elektropathologische Histologie. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **231**, 1921.

²⁾ *Schridde*, Klin. Wochenschr. 1922. Nr. 52, und *A. Beekmann*, Gewebsverbrennungen durch hohe Hitze. Klin. Wochenschr. 1923. Nr. 16.

stellen der Stromeinwirkung zu unterwerfen. Die Dauer der Strom-einwirkung erstreckte sich jedesmal genau auf 1 Minute.

Die Hautveränderungen, die in der ersten Versuchsreihe erzielt wurden, waren weniger ausgedehnt, als in der zweiten. Dieses ist wohl darauf zurückzuführen, daß der tote Körper dem Strom auch nach Überwindung des Übergangswiderstandes der Haut einen bedeutenden Widerstand bietet. Beim Lebenden ist bekanntlich nach den Untersuchungen *Jellineks* der Widerstand innerhalb des Körpers ein verhältnismäßig geringer.

Die makro- und mikroskopischen Veränderungen, die bei beiden Versuchsreihen auftraten, waren im großen und ganzen vollkommen übereinstimmend. Der einzige Unterschied bestand darin, daß sie bei größerer Annäherung beider Pole an Stärke zunahmen.

Im folgenden soll nunmehr auf die einzelnen Veränderungen näher eingegangen werden.

Nach Stromschluß zeigte sich am positiven Pol schon nach wenigen Sekunden rings um die Elektrode herum ein hellgrün gefärbter Ring, der sich allmählich vergrößerte und wallartig aufwarf. Dieser erreichte nach 1 Minute eine Breite von 1—2 mm. Rings um diese grün verfärbte Zone bildete sich ein etwa ebenso breiter, weißgelblicher Hof, der gleichfalls erhaben war und vollkommen dem Hitzewabenhof glich, der bei elektrischen Verbrennungen am Lebenden angetroffen wird. In weiterer Umgebung zeigte die Haut strahlige, gleichsam narbig aussehende Einziehungen, die strahlenförmig zu dem beschriebenen Bezirke gerichtet waren. Nach Entfernung der Elektrode fand sich an der Stelle, an der sie aufgelegt hatte, eine kraterförmige Vertiefung, die von dem grünen Wall hoch umrandet wurde. Die Hautstellen, die der Elektrode unmittelbar angelegen hatten, waren besonders stark grün gefärbt und zeigten an einigen Stellen schwarze, verkohlte Bezirke. Zu erwähnen ist noch, daß sich in den meisten Fällen während der Einwirkungsdauer des Stromes Dampf entwickelte, was durch Verbrennungsvorgänge am Gewebe zu erklären ist. Alles in allem glichen die experimentell gesetzten Hautveränderungen bis auf die grüne Verfärbung vollkommen denen, die bei elektrischen Verbrennungen am Lebenden angetroffen werden. Die grüne Verfärbung ist unserer Ansicht nach auf elektrolytische Vorgänge zurückzuführen, indem das aus der Gewebsflüssigkeit sich entwickelnde Chlor sich mit dem Kupfer der Elektrode zu Kupferchlorür verbindet und das Gewebe färbt.

Ein gänzlich verschiedenes Bild wiesen die am —-Pol auftretenden Hautveränderungen auf. Hier machte sich anfänglich eine schmutziggelbbraune Verfärbung der Haut geltend, die sich ringförmig um die Elektrode allmählich bis auf 2—3 mm nach außen ausbreitete und mit unscharfem, etwas verwaschenem Rande gegen die unveränderte Haut

absetzte. Kurz nach Auftreten dieses Hofes zeigte sich eine an Ausdehnung allmählich zunehmende Blasenbildung der Haut. Nach Entfernung der Elektrode fand sich auch der Bezirk, dem die Elektrode auflag, blasig angehoben, wenn auch weniger stark als die Umgebung, was durch den Druck der Elektrode zu erklären ist. Kurze Zeit nach Unterbrechung des Stromes wurden die stark ausgeprägten Blasen etwas kleiner und fielen mit geschrumpfter Oberfläche zusammen. Im großen und ganzen zeigte sich hier also nur ein graubraun verfärbter Hautbezirk, der in größerer Ausdehnung Blasenbildung aufwies. Ein Verbrennungskrater und Verkohlung wie am $+$ Pol fanden sich nicht vor.

Die beschriebenen Veränderungen am $+$ Pol und $-$ Pol waren bei allen Versuchen die gleichen. Aus ihrem charakteristischen Aussehen waren die beiden Pole schon makroskopisch mit Sicherheit auseinander zu halten.

Diese veränderten Hautbezirke wurden herausgeschnitten, nach Fixierung in 10 proz. Formalinlösung mit dem Gefriermikrotome geschnitten und mikroskopisch untersucht.

Im *mikroskopischen Bilde* fand sich an den Hautstellen, die der Einwirkung des $+$ Poles unterworfen waren, folgender Befund:

In ganzer Ausdehnung, in der die Elektrode der Haut aufgelegt hatte, wird das Epithel durch Hämatoxylin dunkler gefärbt und weist eine geringere Dicke auf als die angrenzenden, unveränderten Partien. An der Oberfläche der Hornschicht findet sich in den meisten Fällen eine gelbbraunliche Schicht, der teilweise schwarze, verkohlte Brocken aufliegen. Die Zellen der Keimschicht scheinen besonders in den oberen Lagen näher aneinandergerückt und im ganzen geschrumpft. Die Papillen sind mehr oder weniger verstrichen. Wie die Verkohlung und Braunfärbung der Hornschicht ist dieses als Ausdruck einer reinen Hitzewirkung anzusehen, die beim Durchfließen des Stromes erzeugt wird.

Den augenfälligsten Befund am Epithel bieten zahlreiche Hitzewaben dar, die sich teils in der Hornschicht, teils in der Keimschicht befinden, und wie bei den am Lebenden entstandenen elektrischen Verbrennungen verschieden große, scharf umgrenzte, meistens rundliche Hohlräume darstellen. Am besten ausgebildet sind sie an beiden Seiten des veränderten Hautbezirkes, während die mittleren Bezirke keine oder nur geringe Wabenbildung aufweisen. Dieses findet wohl darin seine Erklärung, daß der Sauerstoff der Luft rings um die Elektrode am leichtesten zu den der Hitzewirkung ausgesetzten Hautteilen Zutritt erhält, so daß hier die Verbrennungen am stärksten stattfinden konnten.

Zu erwähnen ist hier, daß bei keinem Versuche die Hitzewaben so zahlreich und gut ausgebildet waren, wie sie bei elektrischen Unglücksfällen in der Haut angetroffen werden. Dieses erklärt sich unserer Ansicht nach durch den geringeren Wassergehalt der Leichenhaut infolge Austrocknung. Das Entstehen der Hitzewaben ist bekanntlich, wie schon in der erwähnten Arbeit über Hautverbrennungen (*Schridde*) ausgeführt wurde, durch die plötzliche Verdampfung der Gewebsflüssigkeit zu erklären, indem der plötzlich auftretende Wasserdampf die Epithelzellen gewaltsam auseinandertreibt. Die hierdurch hervorgerufene Veränderung wird um so größer sein, je mehr Wasser zur Verdampfung gelangt. (Daß diese Annahme zu Recht besteht, konnte durch einen einfachen Versuch bewiesen werden. Bei einem lebenden Kaninchen wurde das Ohr mit Glühplatin gebrannt, der be-

treffende Ohrteil ausgeschnitten und dieser 5 Stunden später an einer benachbarten Stelle in gleicher Weise dem Glühplatin ausgesetzt. Die auftretenden Hitzewaben waren im ersten Falle am größten und zahlreichsten. In gleicher Weise wurden Verbrennungen an einer frisch amputierten Zehe gesetzt, und zwar einmal unmittelbar nach der Operation, zum anderen 5 und 26 Stunden später. Auch hier wiesen die zuerst gesetzten Verbrennungen die größten und zahlreichsten Hitzewaben auf, während sie in den beiden anderen Versuchen, besonders im letzten [nach 26 Stunden] sowohl an Größe als an Zahl bedeutend geringer ausgeprägt waren.)

Dort, wo die Hitzewaben innerhalb der Keimschicht liegen, findet sich eine sehr deutliche büschelförmige Anordnung der Basalzellen, die teilweise wie fadenförmig ausgezogen aussehen.

Unterhalb des so veränderten Epithels bietet das Bindegewebe einen auffallenden Befund dar, der ebenso wie die Epithelveränderungen auf Hitzeein-

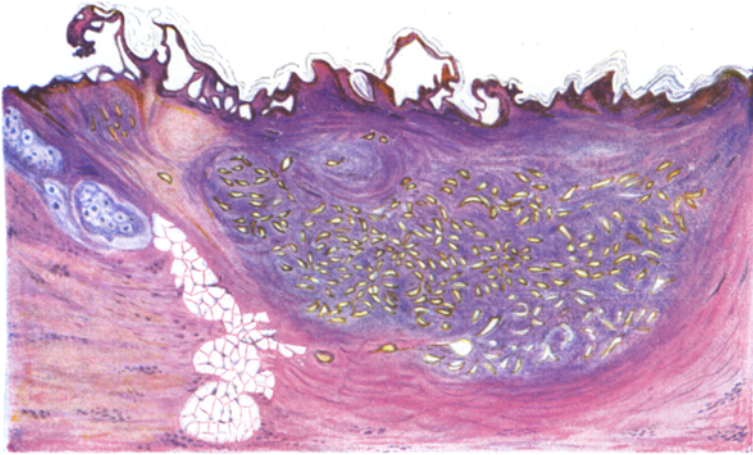


Abb. 1. Veränderungen am + Pol. + Pol auf der Haut der oberen Brusthaut. Stromseinwirkungsdauer 60 Sekunden. Verkohlung und Verschorfung an der Oberfläche der Hornschicht. Schrumpfung der Keimschicht und Verstreichen der Papillen. Auftreten zahlreicher Hitzewaben. Starke Hämatoxylinfärbung des Bindegewebes mit teilweiser Schmelzung der kollagenen Fasern und reichlichen Hitzespalten.

wirkung zurückzuführen ist. Wie das Epithel weist auch das Bindegewebe verschiedene Grade der Hitzeeinwirkung auf. So ist unterhalb der Epithelbezirke, auf die der Strom am stärksten einwirken konnte, auch das Bindegewebe am stärksten in Mitleidenschaft gezogen, was sich bei der schwachen Vergrößerung schon durch eine starke Hämatoxylinfärbung kundgibt. Diese Bindegewebsbezirke stellen zwei, zu beiden Seiten des vom elektrischen Strom durchflossenen Gewebsbezirkes gelegene, nach unten sich verjüngende, tiefblau gefärbte Bezirke dar. In ihrem Bereich erscheinen die Bindegewebsbündel miteinander verbacken und verklumpt, ihr feinerer Aufbau ist nicht mehr zu erkennen, so daß man von einer Schmelzung sprechen kann. Besonders ausgeprägt ist diese unmittelbar unterhalb des Epithels. In diesen so veränderten Bezirken finden sich zahlreiche Hitzespalten, die ebenfalls wie die Hitzewaben des Epithels auf eine plötzliche Verdampfung der Gewebsflüssigkeit durch die beim Stromdurchtritt entstehende *Joulesche* Wärme zurückzuführen sind. Die zwischen den tiefblau gefärbten Bezirken gelegenen Bindegewebssteile sind, wie oben ausgeführt, der Hitzeeinwirkung

weniger ausgesetzt gewesen, weshalb auch an ihnen die Veränderungen geringere sind. Schon bei schwacher Vergrößerung macht sich dieses durch den orangeroten Farbton des hier gelegenen Bindegewebes geltend. Hitzespalten sind hier nicht zu sehen. Die Bindegewebsbündel sind aber auch hier deutlich verändert. Sie sind teils miteinander verbacken, haben jedoch, im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Veränderungen, ein mehr gequollenes Aussehen, so daß, besonders in der Nähe des Epithels, das Bindegewebe ein etwas homogenisiertes Aussehen erhält.

In einiger Entfernung vom Epithel nehmen die Bindegewebsfaserzüge nun eine ganz eigenartige Form an, die erst bei starker Vergrößerung deutlich zu erkennen ist. Einmal weisen sie eine deutliche, dunkle Querbänderung auf, durch die sie eine gewisse Ähnlichkeit mit quergestreiften Muskelfasern erhalten. Weiterhin zeigen sie eine auffallende Veränderung der äußeren Form, die eine enge, scharfe Zackung aufweist. Auf diesen Befund soll bei der Besprechung des mikroskopischen Bildes am — Pol näher eingegangen werden.

Der ganze veränderte Bindegewebsbezirk hat die Form eines Rechteckes, von dem sich allerdings nicht sagen läßt, wie weit er in die Tiefe reicht. Seine Breite entspricht genau der des veränderten Epithels, also der Breite der Elektrode. Genau wie das veränderte Epithel setzt er sich scharf gegen das unveränderte Gewebe ab, so daß man am mikroskopischen Bilde deutlich den Stromverlauf verfolgen kann.

Einen vollkommen anderen Befund bietet das *mikroskopische Bild* der Hautbezirke dar, die dem — Pol des Stromes ausgesetzt waren.

Das Epithel ist hier, so weit es mit der Elektrode in Berührung kam, aufgehellt, setzt sich scharf gegen das unveränderte Epithel ab und ist diesem gegenüber um das 3—5fache verdickt. Die Papillen sind im Gegensatz zu den am + Pol beschriebenen Veränderungen vollkommen erhalten. Bei schwacher Vergrößerung bietet das Epithel so ein aufgequollenes und aufgelockertes Aussehen dar. Bei stärkerer Vergrößerung findet man die Kerne der Basalzellen geschrumpft und von einem rundlichen oder ovalen Hohlraum umgeben. Man hat den Eindruck, als ob das Epithel von zahlreichen, feinen Löchern durchsetzt sei, ähnlich wie ein Sieb, so daß man von einer *Durchsiebung des Epithels* sprechen kann. Dieser Befund ist ebenso wie das Zusammenschnurren der Basalzellen und das Auftreten von Hitzewaben am + Pol durch Einwirkung von Hitze zu erklären. Nur ist hier die Hitze nicht so stark gewesen, so daß es nicht zu so hochgradigen Veränderungen kam. Hierauf deutet auch das völlige Fehlen von Verkohlungen und Braunfärbungen der Hornhaut hin. Die Durchsiebung des Epithels kann unserer Ansicht nach nur so zustande kommen, daß infolge der Hitze die eiweißhaltige Zellflüssigkeit teilweise gerinnt und aufquillt, wodurch die einzelnen Zellen blasig aufgetrieben werden, was um so augenscheinlicher wird, als die Kerne gleichzeitig schrumpfen.

Vielleicht spielt bei der Aufhellung des Epithels auch die elektrolytische Zersetzung der Gewebsflüssigkeit eine gewisse Rolle. Beim Durchgang des Stromes findet bekanntlich eine Zerlegung des Kochsalzes der Gewebsflüssigkeit statt, daß die Cl-Ionen zum + Pol, die Na-Ionen zum — Pol wandern. Erstere rufen, wie oben erwähnt, am + Pol die grünliche Verfärbung des Gewebes nach Verbindung mit dem Kupfer der Elektrode zu Kupferchlorür hervor. Die Na-Ionen verbinden sich ihrerseits am — Pol mit H_2O zu $NaOH + H$. Dieses Auftreten von NaOH könnte bei der erwähnten Epithelaufhellung eine Rolle spielen.

Daß es sich jedoch in erster Linie um einen Quellungs Vorgang infolge Hitzeeinwirkung handelt, zeigt ein Befund, der in einigen Fällen erhoben wurde und der im folgenden beschrieben werden soll. An einer Stelle fand sich hier ein Epithel-

stück pilz- oder stabförmig aus dem übrigen Epithel herausgehoben. Im Innern zeigt es eine völlig homogene Beschaffenheit. Zu erklären ist dieses nur so, daß die Hitze das Epithelgewebe ähnlich wie einen Kuchenteig im Ofen auf- und teilweise überquellen ließ.

Der gleiche Vorgang konnte außerdem durch reine Hitzewirkung vermittelt *Platindraht* erzeugt werden. Es wurde ein Platindraht mit dem einen Ende der Haut aufgesetzt und bis zur Rotglut erhitzt. Makroskopisch zeigte sich Blasenbildung, wie sie bei den elektrischen Verbrennungsversuchen beschrieben worden ist. Mikroskopisch ergab sich ein Befund, der in den hauptsächlichsten Einzelheiten mit dem oben Ausgeführten übereinstimmte: Das Epithel war teilweise gequollen. In einiger Entfernung davon fanden sich jedoch auch Hitzewaben und eine Schrumpfung der Basalzellen. An den letzteren Bezirken war die Hitzeeinwirkung wohl eine zu starke. Dort aber, wo nur eine Quellung des Epithels bestand, fand sich,

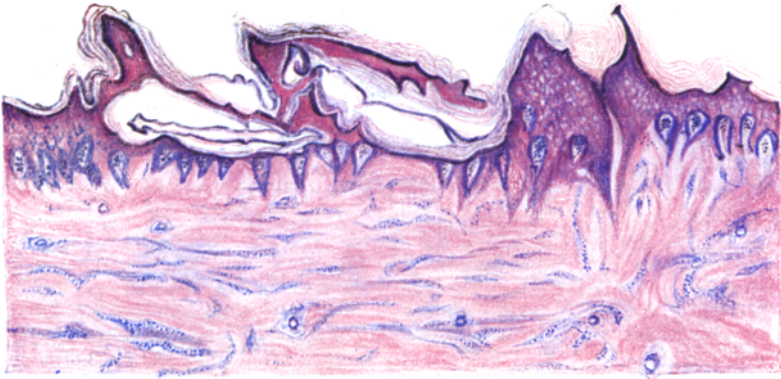


Abb. 2. Veränderungen am — Pol. — Pol auf der Haut des Unterschenkels. Stromeinwirkungsdauer 60 Sekunden. Aufhellung und Quellung des Zellprotoplasmas des Epithels mit gleichzeitiger Schrumpfung der Kerne. (Epitheldurchsiebung, beginnende Schmelzung.) Linke Hälfte: stellenweise völlige Schmelzung des Epithels mit Hochquellen der geschmolzenen Epithelmassen. Auftreten von Hitzewaben in nur geringer Anzahl. Keine Schmelzung des subepithelialen Bindegewebes, sondern ebenfalls Aufhellung und Quellung.

darüber emporragend, ein Epithelkolben, der deutlich den Eindruck des Übergequollenseins machte. Hieraus ging somit klar hervor, daß die beschriebenen Epithelveränderungen in erster Linie als Folge einer Hitzeeinwirkung aufzufassen sind.

Neben der Durchsiebung weist das Epithel an vielen Stellen einen weiteren Befund auf. Das Epithel ist hier in eine blaßrote, homogene, fast wie Knorpel aussehende Masse umgewandelt. Es sieht so aus, als sei eine dicke Flüssigkeit ausgegossen, in der verstreute Zellkerne herumschwimmen. An manchen Stellen ist diese Veränderung nicht ganz so stark ausgeprägt; die Massen finden sich hier nur in einem Teil der Epithelschichtdicke, von einzelnen Kernlücken unterbrochen. Dieser Befund ist auf eine an diesen Stellen stattgehabte stärkere Hitzeeinwirkung zurückzuführen, wodurch es zu einer völligen Gerinnung, zu einer *Schmelzung* der Zellsubstanzen kam.

Zu einer Verdampfung der Gewebsflüssigkeit kommt es am — Pol nur in den wenigsten Fällen und hier auch nur in ganz kleinen Bezirken, in denen man dann kleine Hitzewaben antrifft.

Was die Veränderungen am subepithelialen Bindegewebe angeht, so sind auch diese in manchem anders geartet wie am + Pol. Eine Schmelzung des Gewebes,

wie sie im Vorhergehenden beschrieben worden ist, kommt nur ausnahmsweise vor und ist dann auf ein ganz kleines Gebiet beschränkt. Dieses deutet, wie auch schon aus der Beschreibung der Epithelveränderungen hervorging, darauf hin, daß die Hitzeeinwirkung hier keine hohe gewesen sein kann.

Das Bindegewebe zeigt nun folgendes Verhalten. Unmittelbar unter dem Epithel findet sich eine gleichmäßig breite, hellgraurötliche, homogene Zone, die von mäßig zahlreichen, runden oder eiförmigen Sieblöchern durchbrochen ist, ein ganz entsprechendes Bild wie beim Epithel. Wie dort hat also auch hier eine vollkommene Gerinnung der eiweißhaltigen Zellsubstanz stattgefunden. Unter dieser Schicht sind die kollagenen Fasern im einzelnen noch gut zu erkennen, sie sind jedoch etwas aufgeheilt und gequollen und weisen dabei einen Befund auf, der schon bei der Beschreibung des mikroskopischen Bildes am + Pol Erwähnung gefunden hat, der hier jedoch ganz bedeutend stärker ausgesprochen ist. Einmal zeigen die Faserbündel eine deutliche Querbänderung, so daß sie auch hier eine gewisse Ähnlichkeit mit quergestreifter Muskulatur erhalten. Dieser Befund ist jedoch nicht so ausgeprägt wie am + Pol. Auffälliger ist hier die Veränderung der äußeren Form der einzelnen Bindegewebsfasern, die eine enge und scharfe Zackung, eine starke Zusammenschnürrung, aufweisen. Vergleichen läßt sich das Bild mit dem Balg einer Ziehharmonika, so daß man von einer *Harmonikaschrumpfung des Bindegewebes* sprechen kann. Bei der Elasticafärbung folgen dieser Formveränderung deutlich die elastischen Fasern: auch sie zeigen einen scharf und hoch gewellten Verlauf. Dieser Befund ist nicht mit dem gewöhnlichen, welligen Verlauf locker gefügten Bindegewebes zu verwechseln. Während hier der Verlauf der Fasern groß- und flachwellig ist, ist er nach Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesprochen eng gezackt und bietet so ein vollkommen verschiedenes Bild. Dieser Befund findet sich überall, wo der elektrische Strom einwirkte, und wo die auftretende Joulesche Wärme nicht so hoch war, um eine vollkommene Gerinnung oder gar Schmelzung des Gewebes zu veranlassen. Die Veränderung selbst ist, wie Versuche lehrten, auf reine Hitzewirkung zu beziehen. (In Betracht kommt hier einmal der gleiche Versuch, der bei der Beschreibung der Epithelveränderungen Erwähnung fand. In einem zweiten Versuch wurde ein herausgeschnittenes Hautstück einem bis zur schwachen Rotglut erhitzten Kauterisator ausgesetzt. In beiden Fällen zeigten die Bindegewebsfasern an vielen Stellen eine deutliche Querbänderung und eine, allerdings nicht immer sehr deutliche, jedoch mit Sicherheit zu erkennende Harmonikaschrumpfung.)

Die beschriebenen Veränderungen fanden sich überall, wo der Strom seine Wirkung zu entfalten vermochte. Wie am + Pol setzt sich der veränderte Bezirk scharf gegen das unveränderte Bindegewebe ab, so daß er auch hier die Form eines Rechtecks aufweist. Der Durchgang des Stromes ist also auch hier deutlich zu verfolgen.

Die beschriebenen mikroskopischen Veränderungen traten bei allen Versuchen in gleicher Weise auf. Wie aus dem makroskopischen Bild der Hautverbrennungen kann man somit auch mikroskopisch mit Bestimmtheit die Veränderungen unterscheiden, die am + Pol bzw. am – Pol entstanden sind.

Die *Ergebnisse* der vorstehenden Arbeit sind also folgende: Bei der Einwirkung des elektrischen Stromes auf die Leichenhaut treten grundsätzlich die gleichen Veränderungen auf, die man bei den elektrischen Verbrennungen an Lebenden beobachtet.

Makroskopisch zeigt sich am $+$ Pol rings um die Elektrode herum ein wallartiger, grüngefärbter Ring in der Haut, der von einem breiten, weißgelben Hofe, dem Hitzewabenhofe, umgeben ist. Dagegen findet sich am $-$ Pol eine schmutzig-graue Verfärbung der Haut mit allmählich zunehmender Blasenbildung.

Auch mikroskopisch kann an den beiden Polen ein verschiedenes Verhalten der Gewebe festgestellt werden. Am $+$ Pol zeigen sich die Veränderungen, wie sie von *Schridde* bei den elektrischen Verbrennungen und den Verbrennungen bei hoher Hitze überhaupt beschrieben worden sind: an der Oberfläche Verkohlung des Epithels, in den tieferen Schichten die Hitzeschrumpfung der Basalzellen, ferner die typischen Hitzewaben, die sich durch das ganze Epithel hindurch erstrecken, und die Hitzespalten des Bindegewebes mit teilweiser Schmelzung der Fasern. Als abweichend von den Befunden, die am lebenden Menschen bei elektrischen Verbrennungen beobachtet werden, wurde in den tieferen Schichten des Bindegewebes eine hervortretende Hitzeschrumpfung des Bindegewebes festgestellt, die in einer harmonikaähnlichen Fältelung der Bindegewebsbündel ihren Ausdruck findet. Diese abweichende Veränderung ist darauf zurückzuführen, daß in den Versuchen die Einwirkung des elektrischen Stromes 60 Sekunden dauerte, während es bei dem elektrischen Unfall sich um Bruchteile einer Sekunde handelt.

Im Gegensatz zu diesen Veränderungen am $+$ Pol fehlt am $-$ Pol jegliche Verkohlung des Epithels. Die Hitzewaben sind hier nur in geringer Anzahl und in geringer Ausdehnung vorhanden. Im Gegensatz zu der Schrumpfung des Epithels am $+$ Pol zeigt sich hier eine starke Quellung und Aufhellung mit gleichzeitiger Hitzeschrumpfung der Kerne, wodurch das Bild der „Epitheldurchsiebung“ hervorgerufen wird. Teilweise ist es ferner zu einer Schmelzung des Epithels gekommen. Auf der anderen Seite ist aber das subepitheliale Bindegewebe nicht an der Schmelzung beteiligt, und in den tieferen Schichten ist eine starke Zusammenschnurrung der Bindegewebsfaserbündel, eine Harmonikaschrumpfung, zu beobachten.

Es zeigt sich also, daß die elektrischen Hautveränderungen am $+$ Pol und am $-$ Pol in hohem Grade voneinander abweichen, so daß man allein durch die makroskopische Betrachtung oder durch mikroskopische Untersuchung entscheiden kann, wo der positive oder wo der negative Pol eingewirkt hat. Es wird nun die Aufgabe sein zu prüfen, ob diese Unterschiede auch bei der elektrischen Einwirkung am lebenden Menschen bestehen.
