

(Aus dem Institut für Gerichtliche und Soziale Medizin der Universität Bonn.
Direktor: Professor Dr. *Pietrusky*.)

Zur Frage von Vasomotorenstörung an den Extremitäten als Folge elektrischen Unfalls.

Von
Prof. Dr. *Pietrusky*.

Die neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Elektropathologie klären immer mehr die Bedeutung, die den Gefäßnervenstörungen beim elektrischen Geschehen zukommen. Die meisten von den wenigen Veränderungen, die wir an der Leiche beim Tode durch Elektrizität sehen, wie der klinischen Bilder, die wir bei solchen Verunfallten beobachten können, lassen sich zwanglos zurückführen auf die Einwirkung der Elektrizität auf die Gefäße. Das elektrische Ödem, das sofort oder kurz nach dem Unfall sich einstellt, hat seine Ursache in einem lokal begrenzten Spasmus der Gefäße, verbunden mit einer abnormen Durchlässigkeit ihrer Wände⁷. Die an der Leiche oft beobachtete hochgradige Füllung der Venen ist Folge einer Zirkulationsstörung, für die die Ursache in einem Gefäßkrampf der Arterien zu suchen ist (*Köppen*⁵). Die circumscribten Angiospasmen wie die Blitzfiguren, verdanken ebenfalls Störungen der Vasomotoren ihre Entstehung. Wir konnten im Bereich einer rosettenförmigen Strommarke eine starke Verengerung des durchziehenden Gefäßes sehen und im lebenden Gewebe während und längere Zeit nach Stromdurchgang hochgradigen Gefäßspasmus. Die klinischen Befunde am Herzen werden ausgelöst durch Coronar-spasmen, und dadurch bedingte Ernährungsstörung (*Schrader* und *Schlomka*¹¹). Die Ursache für den Tod beim elektrischen Unfall sieht *Panse*⁶ in Veränderungen des Innervationszustandes der Gefäße, durch den einmal über die Coronarien das Herz versagen kann, das andere Mal das Atemzentrum durch die abnorme Blutversorgung zum Erlöschen kommt. Berücksichtigt man die Blutverteilung an der Leiche elektrischer Todesfälle, so liegt es nahe, in manchen Fällen an einen Verblutungstod in das Kapillar- bzw. Venensystem zu denken.

Bei der Untersuchung elektrisch Verunfallter hören wir häufig Klagen über Paraesthesien in den verletzten Extremitäten und über Kältegefühl hier und Blauwerden der verletzten Finger oder Zehen. Wir verfügen über solche Beobachtungen nach Verletzungen durch 600 Volt Gleichstrom, 15000 Volt Drehstrom, 500 Volt Gleichstrom und 220 Volt Drehstrom. In jedem unserer Fälle waren, wenn auch manchmal nur geringfügig, Strommarken an der betreffenden Extremität. Einmal war die Verletzung durch Lichtbogenbildung entstanden mit

Durchgang des Stromes vom Kopf, hier mit Calcinierung eines kleinen Teils des Schädeldaches, nach dem linken Fuß, an dem sich als Austrittsstelle eine deutliche Strommarke gebildet hatte. Unsere Beobachtungen werden bestätigt durch die Angaben, die wir bei der Durcharbeitung mehrerer 100 Unfallakten verschiedener Berufsgenossenschaften^{8, 9} unter den Klagen der Verletzten gefunden haben. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um Gleich- oder Wechselstrom handelt von hoher oder mittlerer Spannung. Im allgemeinen verschwinden die Klagen über Kältegefühl in den verletzten Extremitäten kürzere oder längere Zeit nach dem Unfall. Manchmal aber bleiben die Beschwerden jahrelang bestehen, ohne besondere Störungen oder Beeinträchtigungen der Arbeitsfähigkeit zu machen. Daß letzteres aber auch einmal die Folge sein kann, beweist eine Beobachtung, die ich Herrn Kollegen *Bunge* verdanke, der mir den Patienten zur Mitbegutachtung überwies.

Der Mann kam im Jahre 1931 mit der rechten Hand in Berührung mit einem starkstromführenden Leiter. Der Austritt des Stromes war an der linken Hand. Er selbst war sofort für kurze Zeit besinnungslos. Im Krankenhaus wurden Verletzungen an beiden Händen festgestellt.

Während der Sommermonate habe er an den durch Starkstrom verletzten Armen keine Beschwerden, gelegentlich nur in den Kuppen des 3. bis 5. Fingers rechts und 4. bis 5. Fingers links ein gewisses Taubheitsgefühl. Bei kühlem Wetter, die Temperatur brauche durchaus nicht unter Null zu sein, werden die Hände seit dem Unfall kalt, und es stelle sich ein Taubheitsgefühl ein. Die Finger werden blaß und schließlich käme es zur *Blasenbildung*. Bei größerer Hitze, wenn er z. B. mit den Händen in die Nähe von Feuer käme, empfinde er das Hitzegefühl besonders stark. Die Erscheinungen seien ärztlich beobachtet worden, und er sei dieshalb wiederholt in den Jahren nach dem Unfall in Behandlung gewesen.

Befund:

An den Fingerkuppen des 4. und 5. Fingers rechts finden sich noch kleine Reste der früheren Blasenbildung. Die Haut der sämtlichen Fingerkuppen beider Hände ist sonst unverändert ohne Geschwürsbildung. Beide Hände, besonders die Finger, abgesehen von den Daumen, sind blaß mit eingesprengten Partien mit normaler Hautfärbung, so daß die Finger ein gewisses marmoriertes Aussehen haben. Die Färbung der Finger wechselt von Tag zu Tag. Beide Hände fühlen sich kühl an.

Gefühlsstörungen an Händen und Fingern sind nicht nachweisbar.

Beide Handgelenke und die Finger beider Hände sind frei beweglich bis zu vollem Faustschluß. Händedruck beiderseits von genügender Kraft.

Zur Prüfung, ob Gefäßinnervationsstörungen an den Armen bestehen, wurden mehrfach folgende Versuche angestellt (Prof. *Bunge*):

1. *Moskowiczscher Versuch.*
2. *Kälteversuch.*
3. *Wärmeversuch.*

Zu 1. Der *Moskowiczsche Versuch* besteht darin, daß an dem zu untersuchenden Körperglied eine *Esmarchsche Blutleere* erzeugt, nach einiger Zeit der abschnürende Schlauch entfernt und das Einströmen des Blutes beobachtet wird. In normalen Fällen, beim Fehlen von Gefäßstörungen, strömt das Blut in den abgeschnürten Teil der Extremität unter Entwicklung einer gesteigerten Blut-

fülle (Hyperämie) ein, kenntlich an der stärkeren Rötung der Haut. Bei Blutumlaufstörungen — seien dieselben bedingt durch ein mechanisches Hindernis in der arteriellen Strombahn (endarteritische, arteriosklerotische oder andere Wandwucherungen oder durch Thromben) oder infolge von Störung der Gefäßinnervation — tritt die Hyperämie langsamer auf und kann bei schweren Fällen in mehr oder weniger ausgedehnten peripheren Bezirken entweder verlangsamt auftreten oder in besonders schweren Fällen ganz fehlen.

Um einen Vergleich zu haben, wurde der Versuch zunächst bei einem herz- und gefäßgesunden 27jährigen Mann angestellt. Das Ergebnis war folgendes:

Nach Lösung des umschnürenden Schlauches rötete sich der periphere Teil des Armes bis zum Handgelenk innerhalb 5 Sekunden, nach 10 Sekunden waren Handrücken und Grundglieder der Finger, 2 Sekunden später die Finger bis zu den Fingerspitzen intensiv gerötet.

Bei dem Verunfallten ergab sich bei völlig gleicher Versuchsanordnung folgendes: 10 Sekunden nach Abnahme des umschnürenden Schlauches war die Hyperämie bis zur Gegend des Handgelenkes vorgedrungen, innerhalb weiterer 5 Sekunden rötete sich langsam die Gegend des Handgelenks und des Handrückens. 25 Sekunden nach Abnahme des Schlauches fingen die Grundglieder an sich zu röten, nach 60 Sekunden waren die Endglieder mäßig gerötet, doch fehlte an den Fingern von den Grundgliedern ab eine wirkliche Hyperämie. Die Fingeroberfläche wies ungleichmäßige Blutfüllung auf, zeigte marmoriertes Aussehen, besonders am 3. bis 5. Finger rechts, während der Kleinfinger gleiche Durchblutung aufwies wie bei den beiden anderen Versuchspersonen.

Am linken Arm waren die Unterschiede gegenüber den gefäßgesunden Vergleichspersonen nicht so ausgesprochen wie rechts, doch war auch hier eine Verzögerung des Hyperämieeintritts nachweisbar. 10, 20, 40 Sekunden.

Zu 2. *Kälteversuch.* Der Unterarm wurde bis zum Ellenbogen für etwa 5 Minuten in Wasser gehalten, das durch Zusatz von Eisstückchen und Kochsalz auf eine Temperatur von 0—2° unter Null gebracht worden war. Nach Ablauf dieser Zeit waren Unterarm, Hand und Finger blaß mit leichter Marmorierung der Haut, des 3. bis 5. Fingers auf der Streckseite. Nach Ablauf von 5 Minuten wurde der Unterarm in eine Wanne mit Wasser von 42° gebracht.

Ergebnis: Nach 20 Sekunden Rötung bis zum Handgelenk, nach 30 Sekunden Handgelenk und Handrücken gerötet, nach 60 Sekunden Rötung der Finger noch nicht beendet.

Am schnellsten rötete sich der rechte Kleinfinger bis auf eine pfennigstückgroße blasse Stelle über der Streckseite des Grundgliedes. Am Mittelfinger war die Rötung bis zum Mittelgelenk nach 45 Sekunden erfolgt, schritt von da bis zum Endglied sehr langsam vor. Am längsten blaß blieb der Ringfinger.

Diese Versuche wurden mehrfach angestellt, ergaben bis auf den Schlußversuch stets das gleiche Resultat.

Beim Schlußversuch wurde die Blutleere durch Erheben des Armes und Ausstreichen des Blutes mit der Hand, die Kompression der Oberarmschlagader durch Fingerdruck vorgenommen. Bei dieser Versuchsanordnung, die einer unvollständigen Anämisierung gleichzusetzen ist, trat die Rötung bis zu den Fingerspitzen etwas schneller ein, doch war der Unterschied kein erheblicher.

Bei der letzten *Kälte- und Wärmeprüfung* (2° unter Null und 42°) ergab sich folgender Unterschied gegen früher: Nach Einbringen des Armes in das heiße Wasser rötete sich die Haut bis zu den Fingerspitzen etwas schneller als bei den früheren Versuchen, aber bereits 5 Sekunden nach Herausnahme des Armes aus dem heißen Wasser trat erneut intensive Blässe der Finger und des Handrückens bis zur Mitte auf.

Weder an den Tagen, an denen diese Versuche angestellt wurden, noch an den dazwischenliegenden Tagen wurden Schädigungen irgendwelcher Art durch diese Versuche beobachtet.“

Auf Grund der Ergebnisse dieser Versuche ist mit Sicherheit bei dem Manne eine *Störung der Gefäßinnervation* vorhanden. Sowohl bei dem *Moskowicz*schen Versuch tritt eine ausgesprochene Verzögerung der Blutfüllung der Finger mit kaum in Erscheinung tretender Hyperämie auf, als auch bei den Kälte- und Wärmeversuchen. Der Mann ist wiederholt begutachtet worden. Ein ursächlicher Zusammenhang wird von einem Sachverständigen bejaht, vom anderen für möglich gehalten. Ein Obergutachter lehnt ihn dagegen ab. Diese Ansicht wird damit begründet, daß im vorliegenden Falle es nicht zu einer Einwirkung des elektrischen Stromes *an sich* gekommen sei, sondern *nur* zu Verbrennungen, die durch elektrischen Lichtbogen hervorgerufen wären. Weil diese Verbrennungen oberflächlich gewesen seien, hätten sie keine Schädigungen an den Blutgefäßen hervorgerufen und könnten es auch nicht. Auch bei Verbrennungen anderer Art als der Lichtbogenverbrennung seien niemals derartige Schädigungen des Gefäßnervensystems beobachtet oder beschrieben. Zu dieser Ansicht ist zu bemerken, daß bei Überspringen eines elektrischen Funkens, also bei der Lichtbogenbildung, nicht allein die Hitze auf den Körper einwirkt, sondern daß immer daneben noch der elektrische Strom, der ja auf den Körper überspringt und durch diesen geht, wirkt. Wir sehen nicht selten, daß in solchen Fällen nicht nur an der Eintrittsstelle des Stromes Verbrennungen vorhanden sind, sondern *auch an der Austrittsstelle* elektrische Veränderungen sich finden, ein eindeutiger Beweis für das Vorhandensein der Elektrizität. Es ist deshalb nicht angängig, bei Verbrennungen durch elektrischen Lichtbogen *lediglich* eine Hitzeeinwirkung für vorliegend anzusehen. Ganz abgesehen davon aber hat hier auch eine Berührung stattgefunden, wie Zeugen bekunden. Ausschlaggebend für die Beurteilung ist dies im übrigen nach dem oben Gesagten nicht, weil wir auch bei Lichtbogenbildung in solchen Fällen immer mit einer Wirkung der Elektrizität rechnen müssen.

Es steht fest, daß der Mann kurz nach dem Unfall über Gefühlsstörungen klagte und daß im Laufe der ferneren Jahre bei gelegentlicher Behandlung vom Arzt Klagen des Patienten gehört wurden über Taubheitsgefühl in beiden Händen. Im Dezember 1931 kam er wegen Erfrierung mehrerer Finger beider Hände in ärztliche Behandlung. Zum Teil fanden sich hier blaue Verfärbung, Gefühllosigkeit und am nächsten Tage Blasen bzw. Geschwüre. Wegen dieser Erscheinungen stand der Verunfallte noch bis Dezember 1932 und erneut im Januar 1935 in ärztlicher Behandlung. Daß die Beschwerden einmal in der rechten Hand, dann in der linken Hand und endlich in beiden Händen geäußert

worden sind, erscheint deshalb nicht widerspruchsvoll, weil nach den Unterlagen der Stromdurchgang von Hand zu Hand war und sich an beiden Händen Verbrennungsspuren fanden.

Wir wissen, daß die Elektrizität Gefäßwandschädigungen machen kann. *Jellinek*² weist auf die Brüchigkeit der Gefäße und die Gefahr der Nachblutung aus Stellen fern von der Verletzung. Kernstörungen in das Media haben *Balkhausen* und *Grueter*¹ gefunden. *Kaplan*³ sah die Endothelien der Capillaren ausgezogen und fand Blutungen in den Gefäßcheiden. *Kanamura*⁴ u. a. beobachteten nekrotische Stellen in den Gefäßwänden. Ausgezeichnete Beobachtungen bringt *Schrader*⁹, der fern von der Einwirkungsstelle ausgesprochene Gefäßwandschädigungen am *Lebenden* sah. Der Nachweis pathologisch-anatomischer Veränderungen des Nervensystems der Gefäße *im Gewebsschnitt* ist bisher nicht erbracht. Dazu bedarf es einer besonderen Schnitt- und Färbetechnik, wie sie *Stöhr* bei seinen Untersuchungen feinster Nervenschädigungen anwendet. Unter Berücksichtigung aller Faktoren wird im vorliegenden Falle ein ursächlicher Zusammenhang zwischen dem elektrischen Unfall und der Störung der Gefäßinnervation an den verletzten Extremitäten anerkannt werden müssen.

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Balkhausen* u. *Grueter*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1924**, 5. — ² *Jellinek*, Elektrische Verletzung. Leipzig 1932. — ³ *Kaplan*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1931**, 17. — ⁴ *Kanamura*, Virchows Arch. **231** (1921). — ⁵ *Koeppen*, Virchows Arch. **290** (1933). — ⁶ *Panse*, Mschr. Psychiatr. **78** (1931). — ⁷ *Pietrusky*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **6** (1925) u. **16** (1931). — ⁸ *Pietrusky* u. *Schrader*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **19** (1932). — ⁹ *Schrader*, Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen. Jena: G. Fischer 1932. — ¹⁰ *Schrader* u. *Schlomka*, Arch. Gewerbepath. **5** (1934).
-