

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 16 (1925)
Heft: (5)

Artikel: Physiologische Bemerkungen zum Starkstromtode
Autor: Schwyzer, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059230>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bei einem grösseren Wärmeanschluss des Hofes ergibt sich für Wärme folgende Ausgabe:

		Total pro Jahr	Durchschnitt pro Tag	Durchschnitt pro ha
Bügeleisen	0,5 kW	Fr.	Fr.	Fr.
Kochapparat	6,5 "			
Kippkübel	1,5 "			
Warmwasserspeicher	0,3 "			
Total	8,8 kW = Fr. 600.-	869.30	2.38	34.76

Bei dieser Berechnung sind folgende Durchschnittspreise angenommen worden:

Licht	50 Cts. per kWh
Kraft	17,5 "
Kochen und Heizen	8,5 "
Warmwasserspeicher	4-5 "

Wir kommen also zum Schlusse, dass der *Landwirt pro Tag nicht ganz einen Franken für Elektrizität ausgibt*. Was gibt er aber für Alkohol und Tabak aus?

Auf die Hektar umgerechnet kommen wir auf Fr. 10.70 per Jahr für Elektrizität. Der Arbeitsaufwand pro ha macht aber Fr. 605.-.

Die gesamte Landwirtschaft der Schweiz absorbiert heute zirka 40 bis 50 Millionen kWh. Das macht etwa 0,18% der Gesamtproduktionskosten des Landwirtes aus. Was hinzu kommt an neuen Anwendungen wird voraussichtlich den Ausgabenpreis für den Landwirt pro kWh etwas herabsetzen, so dass heute schon gesagt werden kann, dass auch bei bedeutend gesteigertem Energiekonsum die Ausgaben für Elektrizität erträgliche sein werden.

Wir müssen, soviel an uns liegt, dem Landwirt helfen, Arbeitskräfte zu sparen und die Bodenproduktion zu steigern. Dann erträgt er auch die Elektrizitätsausgaben.

Wir müssen durch immer neue Anwendungen des Stromes eine bessere Ausnutzung der Überlandverteilungsanlagen fördern, denn auch für uns gilt der Satz:

„Wer ernten will, muss auch säen“.

Schluss des Referates 19 Uhr 40.

Der vorgeschrittenen Zeit wegen wird auf eine Diskussion dieser interessanten Anregungen verzichtet.

Freitag den 3. April 1925.

Der *Vorsitzende*, Herr Direktor Ringwald, bedauert, dass der Verfasser des angemeldeten Vortrages, Herr Dr. Schwyzer, krankheitshalber verhindert ist, an der heutigen Tagung teilzunehmen. Der Referent hat aber seinen Vortrag schriftlich niedergelegt und der Vorsitzende ersucht Herrn Zangger, denselben vorzulesen.

Physiologische Bemerkungen zum Starkstromtode.

Vortrag von Dr. med. *Fritz Schwyzer*, Kastanienbaum (für Techniker geschrieben).

Naturgewalten lassen sich nicht ohne weiteres bezähmen. Sobald der Mensch anfing, Windkraft, Dampfkraft, Explosionskräfte zu verwenden, gab es viele Opfer. Jetzt ist die Elektrizität in allgemeinen Gebrauch gekommen und schon haben viele Tausende von Menschen durch ihren Tod den andern zur Erfahrung verhelfen müssen. Aber trotz allen Verbesserungen kommen elektrische Unfälle noch sehr

häufig vor. In der Schweiz sterben jährlich 30—50 Personen an elektrischen Verletzungen, wohl ebenso viele werden schwer und dauernd beschädigt und eine grosse Zahl wird vorübergehend arbeitsunfähig gemacht — von den grossen Leiden während dieser Zeit gar nicht zu sprechen.

Die Gefahren zu beseitigen ist Sache der Techniker, die Verletzungen zu heilen Sache der Aerzte. Beide müssen in weiser Zusammenarbeit die Unfälle zu vermeiden suchen. Dazu sollte der Techniker einen klaren Einblick in die physiologischen Wirkungen der Starkströme auf den menschlichen Körper haben — schon um die ersten Hilfeleistungen ausführen zu können, bevor ein Arzt zur Stelle ist. Dem Arzte sollten bessere elektrotechnische Kenntnisse zur Verfügung stehen, damit er die Fachsprache der Elektrotechniker verstehen kann.

Techniker und Arzt zusammen sollten das Publikum darüber aufklären, dass elektrische Ströme kein Kinderspielzeug sind; dass Lichtströme und Kraftströme unter Umständen töten können und dass hochgespannte Ströme sich nicht einmal an ihre Leitungen halten, sondern, wenn man ihnen zu nahe kommt, auf benachbarte Körper überschlagen können.

Wie wichtig es ist, dass die Aerzte eingehendere Kenntnisse von den Kräften der Elektrizität besitzen, ersehen wir aus folgendem kleinen Beispiele. Während des Krieges sind viele Verletzte elektrisch behandelt worden. Man verwendet jetzt nicht mehr Batterien und faradische Apparate, sondern Anschlussapparate an den Lichtstrom. Dabei benützte man häufig die Sinusoidalapparate, welche erlauben, Ströme in Perioden von einigen Sekunden Dauer langsam an- und abschwellen zu lassen. Die Patienten ertragen bei diesem Arrangement Wechselströme und Gleichströme bedeutend besser. Da aber diese Anwendung oft von Aerzten gemacht wurde, oder von Heilgehülfen, die sich nur nach den Schmerzensäusserungen des Patienten richteten, nicht nach den Messapparaten (welch letztere sie nicht verstanden), so sind über ein Dutzend Todesfälle vorgekommen, als Resultat dieser sonderbaren Art von Heilkunst. Die Techniker, welche derartige Apparate für Hospitäler einrichten, tragen auch ihr Teil der schweren Verantwortung. Zum mindesten müssten an allen derartigen Apparaten Warnungstafeln in unzerstörbarer Schrift angebracht sein, dass eine Stromstärke von so und so viel Milliampere nicht überschritten werden dürfe.

Für den Elektrotechniker ist es nicht schwer, einige Kenntnisse zu erwerben über den Einfluss elektrischer Ströme auf den menschlichen Körper. Das zu vermitteln, ist Zweck dieses kleinen Aufsatzes. Die lebende Substanz ist in Zellen angeordnet, kleinen, mikroskopischen Bläschen mit Zellkern und Zellhaut oder doch scharf abgegrenzter Zelloberfläche. Sie besteht aus einer Aufschwemmung von Kolloidkügelchen ultravisibler Kleinheit in einer Zellflüssigkeit, einer wässerigen Lösung von verschiedenen Salzen, hauptsächlich von Natrium, Kalium, Kalzium und Magnesium, Verbindungen mit Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure. Die Kolloidteilchen bestehen je aus einer grösseren Zahl von Eiweissmolekülen. Sie erhalten von der elektrolytischen Zellflüssigkeit eine statische Oberflächenladung (Kontaktelektrizität), alle vom gleichen Vorzeichen, so dass sie einander abstoßen, was die Aufschwemmung stabilisiert. Eine ähnliche Ladung trägt die Oberfläche des Zellkernes und die Zelloberfläche. Die Oberflächenspannungen dieser Grenzschichten werden durch diese Ladung beeinflusst. Die chemischen Spannungen werden durch sie erhalten — innen und aussen vom Kerne, innerhalb der Zelle und ausserhalb. So lange die Zelle lebt, bestehen Spannungen, — sie sind die Energiequelle des Lebens. Die chemischen Umsetzungen, welche Energie binden oder frei machen, werden durch die Oberflächenspannungen im Zaume gehalten. Verwischen sich die Grenzflächen, so hört das Leben auf.

Dringt ein fremdes Potential in das lebende Gewebe ein, so werden die Ionenladungen aller Grenzflächen beeinflusst. Bei *Gleichstrom* werden starke Ionenverschiebungen stattfinden im Sinne der Elektrolyse. Die statischen Ladungen besitzen jedoch ein so hohes Potential, dass es enorme Gleichströme braucht, um lebende

Gewebe direkt elektrolytisch zu zerstören. Aber so weit braucht es nicht zu gehen – das Leben hört schon auf, sobald da oder dort die Kolloide durch Herabsetzung ihrer Ladung ausgefällt werden. Zwar spielt der Uebergang der Kolloide vom Zustande der Lösung in denjenigen des Gel¹⁾ schon innerhalb der Lebensvorgänge eine Rolle, aber nur so lange, als noch das Gel wieder in Lösung gehen kann. Ist die Ausflockung so stark, dass nach Aufhebung der Ursache die Lösung, das Sol nicht mehr entsteht, so ist die Fällung definitiv, irreversibel und das Leben erloschen. Ein *Wechselstrom* kann die Ionen nicht weit fortbewegen. Die Millionen von Grenzflächen stehen der Ionenbewegung im Wege, so dass diese überall anstossen. Aber sie können in heftige Schwingung geraten, und diese wirkt als stärkster Reiz auf die lebenden Zellen. Beobachten Sie z. B. eine kleine Amöbe mit dem Mikroskop und lassen Sie einen faradischen Strom unter dem Deckglase durch das Wasser gehen: Die Zelle nimmt sofort Kugelgestalt an und zerfällt dann in Körnchen und Tröpfchen und gesprengt von der Schwingung der Oberfläche.

Beim Wechselstrom ist nicht bloss die Spannung und die Stromstärke ausschlaggebend, sondern auch die Schnelligkeit des Potentialwechsels. Die Gefahr steigt zwar mit zunehmender Spannung und Stromstärke, aber nicht mit der Zahl der Stromwechsel. Für den lebenden Organismus sind Periodenzahlen von 20 bis 200 pro Sekunde (die in der Technik gebräuchlichen) am gefährlichsten. Oszilliert der Strom über 10 000 mal in der Sekunde, so ist er schon bedeutend weniger zerstörend, bei 100 000 fast nicht mehr, bei 1 Million Schwingungen per Sekunde wird selbst ein kräftiger Strom kaum mehr empfunden. Nur eine Erwärmung wird zwischen den beiden Kontakten wahrgenommen, d. h. die Energie wird in Wärme umgewandelt. Solche Ströme werden in der Heilkunde zur Erwärmung von rheumatischen Gelenken usw. benutzt, unter dem Namen Diathermie. Es ist schade, dass man in der Technik gerade auf Wechselströme von 20 bis 100 Perioden angewiesen ist. Könnte man solche von über 100 000 per Sekunde verwenden, so wäre das Element der Gefahr zum grössten Teile beseitigt.

Die biologischen Vorgänge beim elektrischen Unfall sind für den Techniker nur dann verständlich, wenn er über Nerven und Muskeln, speziell auch über den Herzmuskel Kenntnisse besitzt. Als Urfänge der Nerven und Muskelzellen finden sich im Zelleib bei niedrigsten Tieren äusserst feine, mikroskopisch kaum sichtbare Fasern. Diese sind entweder reizleitend und werden dann in höherer Entwicklung zu Nervenfasern, oder sie sind kontraktile; sie können sich zusammenziehen und wieder erschlaffen und werden dann bündelförmig zusammengeordnet zu Muskelfasern. Aus den Nervenzellen entwickelt sich das Zentralnervensystem des höheren Tieres mit seinen Leitungsbahnen, den Nerven und Endigungen derselben in Gefühlsorganen und in motorischen Endplatten in den Muskeln. Aus den kontraktilen Faserbündeln werden die glatten Muskelfasern, welche in den Eingeweiden, den Blutgefäßen, der Haut usw. Verwendung finden und die quergestreiften Muskelfasern, welche am Skelett angeordnet, hauptsächlich der Bewegung dienen. Alle diese Fasern sind sehr empfindlich für Potentialdifferenzen – die Nervenfasern empfinden solche als Reiz und leiten denselben weiter zum Hirn (z. B. als Schmerzgefühl). Geht der Reiz zu Muskelfasern, so reagieren sie durch Zusammenziehung. Die glatten Muskeln kontrahieren sich langsam, schneckenartig, die quergestreiften dagegen sehr rasch, so dass auf einen Reiz eine Kontraktion und Erschlaffung in einem kleinen Bruchteile einer Sekunde ablaufen kann. Folgen sich die Reize rasch aufeinander, 20 mal per Sekunde oder häufiger, so haben die quergestreiften Muskeln nicht Zeit zwischen hinein zu erschlaffen. Es resultiert dann aus einer Folge von Reizen eine Dauerkontraktion, die so lange währt, wie die Reize, oder bis zur Ermüdung des Muskels. Dann kann eventuell Verstärkung der Reize, grössere Stromstärke, höhere Spannung wieder Dauerkontraktion bewirken, bis der Muskel

1) *Sol und Gel*: Die Eiweisskörper finden sich in ihren Lösungen in kolloidalem Zustande. Die kolloidale Lösung eines Stoffes wird als *Sol* bezeichnet. Mannigfache Einwirkungen können kolloidale Körper aus dem Sol-Zustand *ausfällen*. Die ausgefällten Partikelchen werden als *Gel* bezeichnet. Die Redaktion.

erschöpft ist, erschlafft und nicht mehr reagiert. Ist solch ein Muskel von Blut durchströmt, also im lebenden Körper drin, so erholt er sich wieder. Die verbrauchten Energiespenden werden weggeführt (und ausgeschieden), neue Nährstoffe, wie Eiweiss, Zucker, Mineralsalze, werden zugeführt und als Energievorrat angelagert. Dann kann die Muskelarbeit wieder beginnen.

Das Herz ist ein Muskel, der Zeitlebens nie ausruhen kann. Die Fasern sind quergestreift, also für schnelle Arbeit eingerichtet, aber sonst ähnlich angeordnet wie glatte Muskeln. Die Faserbündel sind nicht langgestreckt und gerade, sondern verzweigt. Ein Netz von Blutgefäßen umspinnt sie. Die Reparaturen der Muskelfasern, der Anwachs, die Versorgung mit Energiespenden und Ersatzmaterial müssen während der Arbeit erfolgen, die Zirkulation des Blutes durch den Körper und auch durch die Herzwand darf nicht einen Augenblick unterbrochen werden. Sie alle kennen wohl die Anordnung des Pumpapparates genannt Herz, wenigstens im allgemeinen. Das Herz besteht aus zwei Kammern, einer rechten für die Lungenzirkulation des Blutes, einer linken, welche das Blut durch den Körper treibt. Jede Kammer hat ihren Vorhof, der dazu bestimmt ist, ein Quantum Blut anzusammeln und jeweils dann in die Kammer zu pressen, wenn diese erschlafft. Ventile, genannt Klappen, sind so angeordnet, dass das Blut nur im einen Sinne vorwärts gepumpt werden kann. Die Elastizität der grossen Gefäße sorgt dafür, dass aus dem rythmischen ein mehr gleichmässiger Blutstrom in den kleineren Arterien und ihren Verzweigungen entsteht. Den Anreiz zur Zusammenziehung erhält das Herz von seinem eigenen Nervengewebe, welches in mehreren Knoten in der Wand zwischen den beiden Vorhöfen angeordnet ist. Von dort geht ein enges Geflecht von feinen Nervenfasern über das ganze Herz, an alle Fasern hin. Die Muskelfasern selbst sind auch reizleitend. Ausserdem findet sich der ganzen Innenfläche entlang eine Schicht von Nervenzellen, so dass für vollkommenste Aktion gesorgt ist. Ferner verbinden zwei grosse Nervenstämme das Herz mit dem verlängerten Rückenmark, wo sich die lebenswichtigsten Zentren für Atmung und Zirkulation finden. Von dort aus wird besonders der Rhythmus der Herzkontraktionen, ihre Geschwindigkeit und Ausgiebigkeit reguliert. Sonst ist das Herz ein Automat – es schlägt, wenn es aus dem Körper herausgenommen ist (Katzenherz) unter günstigen Bedingungen (Wärme, Sauerstoffzufuhr, Nahrung) tagelang weiter. Das Schlimme ist, dass das Herz sich durch seine eigene Arbeit erhalten muss. Wird es auf einige Minuten stille gestellt, so kann es sich nicht mehr erholen, weil die Blutversorgung in der Herzwand auch stille gestanden hat. Das ist besonders dann der Fall, wenn das Herz unter starkem elektrischen Anreiz sehr heftig gearbeitet hat, wobei die Herzwandgefäße keinen Blutumlauf mehr aufwiesen. (Stillstand des Herzens in angestrengter Kontraktion, wobei die Ersatzstoffe total aufgebraucht werden). Neue Arbeit ist dann erst nach reichlicher Durchströmung wieder möglich.

Nervenreiz oder Nervenimpuls ist kein elektrischer sondern ein biologischer Vorgang, der allerdings von elektrischen Erscheinungen begleitet ist. Wir sehen das schon daraus, dass z. B. der Bewegungsimpuls in einem motorischen Nerven blos 10 bis 30 m per Sekunde zurücklegt. Ein Nerv lässt sich aber durch einen Wechselstrom an irgend einer Stelle reizen und sendet dann auf seine Weise dem Potentialwechsel synchrone Reize. Wir haben schon betont, dass die Muskeln in dauernde Kontraktion geraten, wenn sie oder ihre Nerven etwa 20 oder mehr Reize per Sekunde erhalten. Angestrengte Muskeln haben eine sehr starke Blutversorgung, da die Blutgefäße sich erweitern, so dass viel mehr Blut hindurch fliesst. Das gilt auch für den angestrengten Herzmuskel, solange er sich rhythmisch zusammenzieht und darauf wieder erschlafft. Wenn aber der Reiz (Wechselstrom) so gross wird, dass das Herz nicht mehr ganz erschlafft, dann nützt die Arbeit dem Herzen nichts mehr für die eigene Blutversorgung. Die Versorgung der Herzmuskelfasern mit Sauerstoff und Nährstoffen hört auf. Auch wird der Mensch bewusstlos, da das Gehirn keinen Sauerstoff bekommt.

Fassen wir die verschiedenen Arten zusammen, in welchen ein elektrischer

Strom den Menschen schädigen kann. Wir sprachen von elektrolytischen Schädigungen durch Gleichstrom. Fügen wir hinzu, dass sehr starke Gleichströme auch das Herz schädigen können. Oft sind die Gleichströme der Technik gleichgerichtete Wechselströme. Diese, genannt pulsierende Gleichströme, verhalten sich ähnlich den Wechselströmen, da das Potential fortwährend schwankt. Sie können das Herz lähmen. Die Wechselströme von mässiger Spannung (50 bis 500 Volt) sind besonders gefährlich für das Herz, wie wir bald sehen werden. Ströme von 5000 bis 50000 Volt wirken nicht speziell auf das Herz, eher auf das Zentralnervensystem. Eine Gefahr dieser Hochspannungsströme liegt auch in der Bildung von Flammenbogen und in der Jouleschen Wärme. Die Flammenbogen bewirken durch ihre enorme Hitze oft furchtbare Verbrennungen. Sie sind zugleich die Zuführer von grossen Mengen elektrischer Energie, die dann je nach der Verbreitungsart zu Herztod, Hirntod oder innerer Verbrennung durch Joulesche Wärme führen kann. Die Joule'sche Wärme ist gleich dem elektrischen Widerstand multipliziert mit dem Quadrat der Stromstärke. Da der Widerstand der Hand oft sehr gross ist (100000 Ohm per cm²), so ist bei starkem Strome die Erhitzung manchmal so gross, dass ein ganzes Glied innerhalb einigen Minuten verkohlt, ja, dass der Inhalt des getroffenen Kopfes siedet und der Schädel platzt. Je kleiner der berührende Kontakt, um so rascher verkohlt die Haut. Darunter können die Muskeln bis zur Siedehitze erwärmt worden sein, so dass sehr schwer heilende Wunden entstehen. Nicht selten gilt der Satz: je stärker die lokale Verbrennung, um so geringer (relativ) die Allgemeinwirkung und umgekehrt: oft findet sich bei breitem, feuchten Kontakt auf der Haut kaum ein Zeichen von Erwärmung, während der Verunglückte aus seiner Ohnmacht gar nicht mehr aufwacht.

Wir kennen:

1. einen allgemeinen, momentanen Zelltod (ähnlich wie Blitzwirkung);
2. einen Hirntod, durch die intensive molekuläre Erschütterung der Nervenzellen des Zentralnervensystems;
3. einen Herztod (in wenigen Minuten) durch Aufhebung der Zirkulation bei Ueberreizung der Herzmuskelfasern;
4. einen Tod durch Erstickung infolge krampfhafter Kontraktion der ganzen Atemmuskulatur. Dabei wird aber das Herz meist auch seinen Teil bekommen.
5. Tod infolge Verbrennung durch Joulesche Wärme oder den Flammenbogen, wohl oft kombiniert mit einer der andern Todesarten.
6. Endlich ist noch der indirekte Tod durch Elektrizität zu erwähnen, wenn der Mensch durch Elektrisierung von einer Leiter stürzt, oder durch die gewaltige plötzliche Zusammenziehung seiner Muskeln weggeschleudert wird, oder endlich, wenn durch die plötzliche Muskelkontraktion der Magen derart zusammengepresst wird, dass Mageninhalt in den Hals hinauf kommt und dann, in die Luftwege aspiriert, zur Erstickung führt. Der allgemeine, momentane Zelltod kommt wohl nur bei Blitzschlag vor – der auf dem Bock getroffene Kutscher sitzt tot und steif und scheint die Pferde weiter zu führen wie ein lebender. Der Hirntod wird durch Hochspannungsströme verursacht, wobei merkwürdigerweise das Herz oft noch weiterschlägt. Sehr häufig verursachen hochgespannte Ströme (10000 bis 50000 und mehr Volt) weitgehende Verbrennungen. Der Herztod tritt in einzelnen Fällen schon bei 50 Volt Spannung auf, wenn der Widerstand, besonders bei Erdung, sehr gering ist.

Am interessantesten ist der Herztod, oder die schwere Herzbeschädigung. Das Herz hat anderen Muskeln gegenüber eine besondere Eigenschaft: es ist auf *rhythmischem* Arbeit eingestellt. Die erschlafften Kammern ziehen sich auf einen Reiz zusammen – so weit als das überhaupt möglich ist – dann erschlaffen sie wieder und sind während der Phase der Erschlaffung überhaupt nicht reizbar; wenigstens für kleinere Reize nicht. Lassen wir in irgend einem Momenten der Herzphasen ein starkes Potential das Herz treffen, so werden die einen Fasern, die schon kon-

traktionsbereit sind, sich heftig zusammenziehen. Sie werden zum mindesten länger kontrahiert bleiben, als sie sollten und so entsteht ein grosser Konflikt. Denn nun ziehen sich auch die Vorhöfe zusammen. Die Zirkulation wird gestört. Die Erschlafung, wenn sie überhaupt noch rhythmisch eintritt, ist ungenügend – die Blutzirkulation hört eventuell ganz auf. Man erkennt diese Störungen an Blutdruckkurven von elektrisierten Tieren. Der Blutdruck steigt heftig an, hält sich eine Anzahl Sekunden unter nur geringen Schwankungen auf der gleichen Höhe, sinkt dann ab und lässt wieder rhythmische Zusammenziehungen erkennen (im günstigen Falle). Oder, bei etwas grösserer Stromstärke sinkt er rasch bis auf Null (Tod des Tieres). Sobald die Zirkulation ungenügend oder unterbrochen worden ist, tritt Hirnanaemie und Ohnmacht ein, infolge von Sauerstoffmangel oder Kohlensäureüberladung im Gehirn. Hört in diesem Momente der Stromreiz auf, so nimmt das Herz vielleicht seine Arbeit wieder auf. Es kann wohl eine halbe Minute den Unterbruch der Zirkulation ertragen. Dauert er länger, dann zehren die Herzmuskelfasern den letzten Rest von Sauerstoff und von Energiespenden (Glycogen, Zucker) auf. Sie geraten dann in einen Zustand, den man fibrilläre Muskelzuckungen oder Herzflimmern nennt. Die Kooperation hat aufgehört, die einzelnen Faserngruppen ziehen sich bald da, bald dort zusammen – ohne Resultat für die Kreislaufsfunktion. Die absterbenden Nervenknoten mögen diese unregelmässigen, erfolglosen Reize noch aussenden. Untersucht man solche Herzen später mikroskopisch, so findet man viele Fasern zerrissen – manchmal sind die Muskelbündel quer durchrissen, manchmal in ihren sehnigen Ansätzen voneinander getrennt (man nennt dieses Bild Fragmentation der Herzmuskelfasern). Die Fragmentation fehlt wohl selten bei elektrisch getöteten Herzen, sie findet sich aber auch sonst bei akutem Herztode.

Wird ein Mensch von Wechselströmen getroffen, so ist es nie das Herz allein welches leidet. Sämtliche Körpermuskeln, soweit sie in den Bereich des Stromes fallen, krampfen sich zusammen. Oft stösst der Verunglückte einen Schrei aus, bewusst, vor Schmerz, oder unbewusst, wenn die Luft plötzlich durch die Muskelkontraktion aus der Brust ausgepresst wird. Auch dieser Vorgang trägt bei zur sprunghaften Erhöhung des Blutdruckes. Hier haben wir wieder einen für das Herz schädigenden Faktor. Das zusammenkrampfende Herz findet erhöhten Blutdruck und grossen Widerstand beim Vorwärtspumpen des Blutes. Auch die Arterien werden sich nun zusammenziehen und das ihrige beitragen, um den Widerstand zu vermehren. Ich betone nochmals: der elektrische Herztod ist eine Folge der Unterbrechung des Blutkreislaufes durch die Herzwand. Der Strom an sich zerstört die Muskelfasern des Herzens nicht, aber er erschöpft sie in hohem Grade. Dann setzt der circulus vitiosus ein: die Blutversorgung der Herzwand hört auf, weil die Kraft der Muskelfasern erschöpft ist und Erholung ist unmöglich, da die Blutzirkulation aufgehört hat. Könnte man ein solches Herz in diesem Momente künstlich mit frischem Blute durchströmen oder Ringer-Lösung (Natrium 9,5, Kalium 0,2 und Calciumchlorid 0,2 in 1 Liter Wasser, mit Sauerstoff geschüttelt) durch die Kranzadern der Herzwand leiten, so würde es sich erholen, besonders wenn die Ringer-Lösung als Ernährungsmaterial noch Glucose enthielte.

Das ganze Bild der Herzschädigung und des akuten Herztodes kann nicht ganz einheitlich sein, denn der bestimmenden Faktoren sind gar viele. Es gibt ja sehr verschiedene Stromstärken und verschiedene Arten von Wechselströmen. Die Stromdichte kann in hohem Masse schwanken, die Kontaktstellen am Körper bedingen in jedem Falle eine besonders geartete Stromschleife (ob von Hand zu Hand, oder Hand zu Fuss, oder gekreuzt). Bei derselben Stromart spielt die Art des Kontaktes, die Beschaffenheit der Haut, ob weich oder hart, feucht oder trocken, eine entscheidende Rolle. Beim einen Menschen verbrennt die trockene Haut zu einem lederigen, fast nicht leitenden Schorf, sodass das Herz zwar anfangs einen beträchtlichen Anteil des Stromes bekommt, aber nach wenigen Sekunden nur noch einen geringen Anteil. Beim andern kann der Kontakt anfangs auf grossen Widerstand gestossen sein, aber dieser wird rasch geringer, da die Haut an der Kontaktstelle durch den Reiz

anfängt zu schwitzen. Dieser Mensch kann vielleicht das Bewusstsein eine Minute lang halten und wird erst dann ohnmächtig. Die äusseren Umstände entscheiden so manchmal über Leben und Tod. Was an einem trockenen, kalten Wintertag an Strom gerade ertragen werden kann, wird an einem Föhntage, an einem gewitterschwülen Sommertage — und häufig während einer Montage (wenn der Verunglückte am Sonntag etwas zu viel getrunken hatte und leicht schwitzt) zum Tode führen.

Auch die individuelle Resistenz ist von Bedeutung. Mancher hat ein auffallend kräftiges Herz — ein anderer ein schwaches. Vielleicht hat die Willenskraft sogar einen Einfluss. Jedenfalls gibt es Menschen, die so schreckhaft sind, dass sie sogleich an einer Summation von elektrischem Schock und Schreck zugrunde gehen. Gerade die Monteure, welche immer von der Gefahr der elektrischen Ströme hören, können durch suggestive Wirkung, wenn das gefürchtete Ereignis eingetreten ist, ihren Tod beschleunigen. Es ist ja eine bekannte Tatsache, dass chloroformierte Tiere viel grössere Ströme überstehen, als nicht chloroformierte. Der Schmerz hat eben auch seine Wirkung. Betrunkene sind besonders gefährdet, da sie leicht schwitzen und oft eine stark gerötete, also gut leitende Haut haben.

Es ist Tatsache, dass das Herz ganz besonders leicht von relativ niedrig gespannten Strömen zum Stillstand gebracht wird. Die Dichte der das Herz treffenden Stromstärke ist dabei ausschlaggebend. Die Menschen leben und sterben nach dem ohmschen Gesetze. Als wahrscheinlich tödliche Stromstärke ist 0,1 Ampère anzusehen. Nach der schweizerischen Statistik des Starkstrominspektors ist der Spannungsbereich von 250 bis 500 Volt ganz besonders gefährlich. Hat die Hand einmal einen solchen Leitungsdraht erfasst, so kann sie nicht mehr loslassen und das Herz erträgt einen derartigen Strom kaum länger als 1 bis 2 Minuten. Trifft zufällig bei Kontakt mit einem solchen Strome keine Stromschleife das Herz — sagen wir Strom vom Nacken zum rechten Arme — so braucht der Mensch nicht verloren zu sein, wenn der Kontakt nicht viele Minuten dauert. Das Hirn wird von diesen Strömen nicht getötet.

Ich bitte, hier eine kleine Bemerkung einschalten zu dürfen. Die Gefahr der Spannung von 220 Volt ist seit Jahren wohl bekannt. Jeder Elektriker weiß, dass diese Ströme mehr Opfer fordern, als die sehr gefährlichen Hochspannungsströme²⁾.

Es ist daher vom Standpunkte der Personengefährdung schade, dass die meisten Verteilungsanlagen gerade diese Spannung als Beleuchtungsstrom jetzt einführen müssen, um an Leitungen zu sparen.

Ströme höherer Spannung, 2000, 5000 Volt und mehr, töten das Herz gewöhnlich nicht, eher das Gehirn. Warum das so ist, kann ich nicht sagen. Ich vermute, dass es sich um eine spezifische Reizbarkeit der Muskelfasern des Herzens handelt. Es gibt Schwellenwerte des Reizes, die noch gerade eine Muskelkontraktion zustande bringen. Dann gibt es optimale Reizstärke, wie es auch optimale Reizfrequenz gibt. Aber das erklärt das Verhalten des Herzens nicht ganz. Ich denke auch an Veränderungen der Strombahn bei verschiedener Spannung. Je stärker gespannt der Strom ist, um so eher geht er unter Missachtung aller Grenzen und kleiner Widerstandsunterschiede seinen eigenen Weg. Ströme von 1 000 000 Volt scheinen zum Teil über die Hautoberfläche zu gehen. Bei Leitungen gehen Ströme von 100 000 Volt hauptsächlich über die äussere Fläche, nicht durch die Kupferdrähte.

Die Leitungsbahnen durch den Körper bei gegebenem Kontakt lassen sich nicht mit Sicherheit bestimmen, sie werden auch verschieden sein, je nach Wassergehalt, Salzgehalt und Fettgehalt eines Individuums. Aber mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit kann man sie voraussagen. Direktor Ringwald und der Schreibende haben zur Orientierung eine Reihe Widerstandsbestimmungen von verschiedenen Körpergeweben und Körperflüssigkeiten gemacht, allerdings nur beim Kaninchen, nicht

²⁾ Die Tatsache, dass hochgespannte Ströme weniger Opfer fordern als niedergespannte ist wohl zum grossen Teil dem Umstände zuzuschreiben, dass viel mehr Menschen mit den letztgenannten täglich in Berührung kommen. Die Redaktion.

beim Menschen. Kaninchen sind leicht zu beschaffen und ihre Gewebe können zu solchen Versuchen absolut frisch dem Körper entnommen werden. Tote Gewebe von einer menschlichen Leiche sind nicht zu gebrauchen, da die Oberflächenladungen und die Widerstände der Grenzflächen wegfallen. Wir bestimmten zuerst die Resistenz der Kaninchenhaut und fanden, dass sie pro cm^2 , selbst wenn sie mit Salzlösung gut benetzt ist, den 20 bis 30fachen des übrigen Körpers bietet, von Vorderfuss zu Hinterfuss oder zwischen 68 000 und 30 000 Ohm (je nach der Durchnässung der Haut). Entfernten wir die Haut an Vorder- und Hinterfuss auf je 1 cm^2 , so betrug der Widerstand nur noch 3000 bis 2400 Ohm. Ein Kaninchen, dem Kupferelektrode ins Maul und in den Mastdarm eingeführt worden waren, zeigte nur 400 Ohm bis 10 Volt Wechselstrom. Wir verwendeten dann eine Eternitplatte, in welche ein 5 cm langer Kanal eingeschnitten war von 1 cm^2 Durchmesser. Die beiden Enden des Kanals waren mit Kupferbleelektroden belegt. Dieser Kanal konnte mit Körperflüssigkeiten oder zugeschnittenen Stücken frischen Gewebes gefüllt werden. Es ergaben sich die in Tabelle I angegebenen Widerstände.

Die Messung am Dünndarm kann auf die vitalen Verhältnisse nicht direkt übertragen werden, denn der Dünndarm war nicht lose und gashaltig aufgehängt, wie im Leibe des Tieres, sondern mittels Glasplatte in die Kanalform hineingepresst. In Wirklichkeit bilden die Därme viel grösseren Widerstand.

Das Rückenmark konnten wir nicht nach dieser Methode bestimmen. Wir entnahmen dem Tiere ein 4 cm langes Stück, ziemlich zylindrisch, von 4,2 mm Durchmesser oder $0,138 \text{ cm}^2$ Schnittfläche. Wir fanden 7380 Ohm, oder auf $5 \times 1 \times 1 \text{ cm}$ berechnet zirka 1200 Ohm. Die physiologische, 8 pro mille, Salzlösung leitet am besten — ähnlich gut leiten Urin und die Zerebrospinalflüssigkeit im Rückgratskanal. Letztere wird, wenn eine Stromschleife das Rückenmark bedroht, die Hauptmenge des Stromes übernehmen und so das Rückenmark schützen. Nehmen wir den Widerstand der physiologischen Salzlösung als 1, so weist Blut eine Leitfähigkeit von 2,4, Rückenmark von 3,04 auf.

Setzen wir 7 Prismen bestehend aus Kochsalzlösung, Blut usw. von je $5 \times 1 \times 1 \text{ cm}$ nebeneinander, und lassen wir einen Strom zugleich durch alle 7 Prismen, also einen Körper von $5 \times 1 \times 7 \text{ cm}$ durchgehen, so verteilt sich derselbe wie Tabelle I, Kolonne 3, zeigt. Wenn wir die Salzlösung weglassen, so verteilt sich der Strom in den übrigen 6 Prismen wie folgt:

Widerstände von Körperteilen eines Kaninchens und Stromverteilung in denselben. Tabelle I.

Körperteil	Widerstand eines Prismas von 5 cm Länge und 1 cm^2 Querschnitt in Ohm	Prozentuale Stromverteilung auf die parallelgeschalteten Widerstände	
		mit Kochsalzlösung %	ohne Kochsalzlösung %
8 % Kochsalzlösung	368	50	—
Blut	872	21	43
Muskeln	3 760	5	10
Leber	12 500 8 700 8 380	2	3
Lunge	6 150	3	6
Dünndarm	3 030	—	—
Niere	4 360	4	8
Rückenmark	1 200	15	30

Aus diesen Messungen kann man auch auf den Menschen Schlüsse ziehen — die allerdings nicht Anspruch auf mathematische Genauigkeit erheben dürfen. Wird

ein Mensch von der linken Hand zum linken Fuss von einem Wechselstrom durchflossen, so wird sich derselbe ungefähr nach obigen Prozentsätzen auf die leitenden Gewebe und Flüssigkeiten verteilen. Von dem Armquerschnitt ohne Haut sind ausser dem Knochen, der je nach Fettgehalt gut oder schlecht leiten wird, etwa 94% Muskelsubstanz, 5% kommt auf Blutgefäßquerschnitt, 0,4% auf Nerven. Nach der Tabelle leitet das Blut viel besser als die Muskeln. Wir können annehmen, dass etwa 11% des Stromes durch die Blutgefäße fliesst. Das Bein wird ungefähr ähnliche Zahlen ergeben. Aehnliche Betrachtungen über Querschnitte von Brusthöhle und Bauch lässt den Schluss als berechtigt erscheinen, dass im oberen Brustkasten der Strom sich wie folgt verteilt:

Muskeln	Lunge	Rückenmark und Kanal	Blut
38%	44%	5,5%	12,5%

Auf einen Querschnitt durch den Thorax, der das Herz trifft, wird dieses letztere mit seinen dicken Muskelwänden und den blutgefüllten Kammern mindestens 30 bis 35% des Stromes führen. Aus diesen Messungen und Berechnungen schliesse ich: die Blutgefäße, Arterien, Venen und Kapillaren sind als bester Leiter des Körpers dazu angetan, den Strom zum Herzen zu führen, wie die Wurzeln das Wasser aus der Erde zu einem Baume leiten. Das Herz erhält einen grossen Anteil des Stromes. Es ist im Brustkasten bei weitem der beste Leiter. Wahrscheinlich wird ein grosser Teil des Stromes aus der vorderen Herzwand in die untere Brust- und Bauchwand abfliessen, besonders dort, wo das Herz sich bei heftiger Kontraktion gegen die Brustwand anstemmt. — Bei jungen Menschen ist oberhalb des Herzens noch ein gutleitendes Organ vorhanden, die Thymusdrüse (Milken), wodurch der zum Herzen führende Teil des Querschnittes sehr stark vergrössert wird. Dieser Umstand dürfte es teilweise erklären, warum Kinder so besonders empfindlich sind gegen mässige Ströme. Vielleicht erklärt er auch, weshalb erwachsene Menschen mit *nicht* geschrumpfter Thymusdrüse (ein pathologischer Zustand) relativ oft unter den elektrischen Opfern aufgezählt werden.

Zusammenfassend sind folgende Hauptfaktoren beim Zustandekommen des Herztodes beteiligt:

1. Der Herzmuskel spricht auf die Niederspannung und die Periodenzahl der Wechselströme besonders gut an.
2. Diese Ströme werden dem Herzen relativ gut zugeleitet.
3. Die höher gespannten Ströme haben wahrscheinlich andere Strombahnen, wie schon erwähnt, und auf ihre Reizstärke scheint der Herzmuskel nicht gestimmt zu sein. Daher geraten die Nervenzellen in höchsten Reizzustand, der eventuell sogleich in Tod übergehen kann. — Bitte mich richtig zu verstehen: ich habe hier nur einen *rein hypothetischen Erklärungsversuch gegeben*. Vielleicht genügt diese Hypothese, um wenigstens das sonst ganz Unbegreifliche nicht so grotesk erscheinen zu lassen. Wenn später eine bessere Erklärung gefunden werden sollte, so wird es uns alle freuen.

Ich habe absichtlich vermieden, Autoren zu zitieren aus der recht grossen Literatur über elektrische Unfälle. Sie alle kennen wohl manche dieser Arbeiten, Jellinecks, Boruttanus usw., vielleicht auch die vorzüglichen Arbeiten von Prévost und Battelli, von Schuhmacher, Jäger und von Ing. Viktor Kammerer. Ich muss hier auf die Arbeit von Prévost und Battelli etwas eingehen, weil sie die Hoffnung geweckt hat, man könne Herzen, welche durch mittelgespannten Strom zum Stillstand resp. zum flimmern gebracht worden sind, durch stärkere Ströme wieder zur Arbeit aufwecken. Das ist den genannten Autoren an Herzen von Hunden gelungen. Ich zweifle nicht daran, dass in seltenen Fällen auch beim Menschen eine solche Möglichkeit besteht. Ist das Herz durch den Strom eben gerade so weit gequält worden, dass es stille steht, so ist erstens während vielleicht 10–30 Sekunden eine

spontane Wiederaufnahme der rhythmischen Arbeit möglich. Zweitens ist es denkbar, dass diese Wiederkehr zum Leben nur dann stattfindet, wenn der Herzmuskel durch einen Reiz dazu den Anstoss bekommt. Dieser Reiz kann, wie wir noch sehen werden, von verschiedener Art sein: einige Schläge eines Induktionsstromes oder Wechselstromes, besonders wenn diese *direkt bis in die Herzwand geleitet* werden können, Schläge oder thermische Reize auf die Haut über dem Herzen, kneten der Herzgegend, kneten des blossgelegten Herzens mit der Hand, reizende Injektionen in das Herz hinein oder noch besser in die Koronargefäße der Herzwand. — Leider sind die meisten dieser Rettungsversuche nur für den Arzt möglich und müssten unmittelbar nach dem Unfall versucht werden. Die besten nach Bloslegen des Herzens, sind nur dann möglich, wenn der Unfall in unmittelbarer Nähe eines wohl präparierten chirurgischen Operationssales passierte und die Aerzte gerade operationsbereit dastehen würden. Den grössten Erfolg versprächen eine Einspritzung von Herzstimulantien (Digitalis, Kampfer, Adrenalin) in einer 10% -Glukoselösung, welche die Ringerschen Salze enthielt (8,0 Na Cl, 0,2 K Cl, 0,2 Ca Cl im Liter), direkt in die Kranzarterie des Herzens hinein. Damit kann man die ausgeschnittenen Herzen von Schlachttieren noch nach vielen Minuten wieder zum Schlagen bringen, besonders wenn die Lösung mit Luft geschüttelt worden ist, so dass sie Sauerstoff enthält. (Temperatur 40° C.) Aber solche Tierherzen sind nicht „vor dem Tode“ mit Wechselströmen ruiniert worden, sie zeigen keine Fragmentation der Muskelfasern, sie haben nicht trotz fehlender Zirkulation arbeiten müssen. Die Arbeiten von G. Weiss (Effets physiologiques des Courants électriques, Paris 1912) sind sehr lesenswert, da sie eine Reihe von Tierversuchen genau beschreiben und interessante Blutdruckkurven geben.

Wir kommen nun zur Besprechung der Hilfeleistungen *nach* dem elektrischen Unfall. Die Befreiung vom Strome ist Sache der Techniker und es gilt möglichst rasch zu handeln, unter Vermeidung von Sturzgefahr und so, dass nicht noch weitere Menschen verletzt werden. Ueberlegen wir uns, was kann aus der Zusammenarbeit von Techniker und Arzt in den Rettungsbestrebungen verbessert werden? Ich würde als erstes vorschlagen, eine eigentliche Erziehung der Monteure zur ersten Hilfe. Da es sich bei elektrischen Unfällen meistens um richtiges Eingreifen in kürzester Frist handelt, so genügen die auf Nachdenken und Ueberlegung sich stützenden Handlungen nicht. Was nützt es, wenn man erst in zwei Minuten den Verunfallten vom Strome frei bekommt? Man muss im Moment richtig handeln, trotz Schreck und Aufregung. Zu diesem Zwecke sollten Techniker und Monteure häufig vor fingierte Aufgaben gestellt werden, an stromlosen Uebungsgeräten, so dass alle darauf eingebüttet wären, das richtige zu tun, wenn ein Unfall passierte. Bei diesen Uebungen könnte ein Arzt mitwirken, dann auch in populärer Weise die erste Hilfe erklären und einüben lassen. Nicht nur auf den Unfall zu dressieren wäre der Zweck, sondern zu grösster Selbstkontrolle, zu ruhigem, zielbewusstem Handeln unter plötzlicher Gefahr.

Bei Unfällen wird mit dem Telephonieren oft viel kostbare Zeit verloren. Das könnte viel verbessert werden. Die Telephonzentralen überall in der Schweiz sollten den Auftrag erhalten, auf blosse Meldung „elektrischer Unfall“, eventuell mit Bezeichnung des Ortes, sofort die Hilfsaktion in Gang zu setzen, indem sie selber *dringend* der zuständigen Kraftzentrale melden: „Unfall, da und da, abstellen.“ Oder, wenn letzteres nicht nötig, „Unfall da und da“. Dann sorgt das Werk für Arzt und Automobil usw. Die Kraftzentrale telephoniert dringend für Arzt und schickt Auto für ihn. Solche Hilfsauto sollten ein für die ganze Schweiz gültiges Zeichen tragen (z. B. ein rotes Fähnlein), so dass sie überall das Vorrecht hätten wie die Feuerwehr³⁾.

Da die Aerzte die nötigen Wiederbelebungsmittel nicht immer mit sich führen oder fertig verpackt zur Hand haben können, müssen die Kraftzentralen kleine

³⁾ Siehe diesbezüglich die Mitteilung der Obertelegraphendirektion im Bulletin 1925, No. 5, S. 275. Die Redaktion.

Hilfskistchen bereit haben, bezeichnet „Elektrounfall“, welche alles nötige enthalten. Diese könnten auch jeweils gegen Bezahlung für andere Verletzungsfälle gebraucht werden. Das Inhaltsverzeichnis dieses Kistchens ergibt sich zum Teil aus den nächsten Seiten — es sollte aber durch ein kleines Komitee von Aerzten beraten und dann vorgeschrieben werden.

Der Verunfallte kann sich in sehr verschiedenen Zuständen der Gefahr befinden, schon die anwesenden Laien können diese Zustände voneinander erkennen.

1. Der Verunfallte ist verletzt, aber bei Bewusstsein (also bestehen Atmung und Herztätigkeit). Er bedarf der Wundbehandlung und Pflege.
2. Er ist bewusstlos, aber Atmung und Herztätigkeit sind vorhanden. Arzt ist nötig, zur Stimulation und für Wundbehandlung.
3. *a)* Atmung erhalten, keine Herzaktion (die Atmung wird auch bald aufhören).
- b)* Keine Atmung aber Herz schlägt (Rettung nicht unmöglich).
- c)* Atmung und Herzschlag haben aufgehört. Tod innerhalb wenigen Minuten.

Was tun die Anwesenden sofort? Den Verletzten lagern, nicht wegtragen, ausser es wären giftige (chemische) Gase im Lokale, sofort künstliche Atmung einleiten, auch bei 3*a*. Das Kneten kann das Herz wieder ansponnen. Der andere Anwesende eilt ans Telephon, sagt Unfall, *schleunigst* Arzt. (Die Arten der künstlichen Atmung können hier nicht besprochen werden.) Die künstliche Atmung darf einmal 5–10 Sekunden unterbrochen werden, so dass der Helfer mit dem Ohr am Herzen hören kann. Ist kein Ton, sondern nur ein Brausen (Herzflimmern) oder gar nichts zu hören, so lässt man noch ein zweites Telephon für den Arzt schicken „höchste Lebensgefahr“. Während der eine Helfer die Atmung weiter führt, reize der andere die Herzgegend durch schlagen mit einem nassen Tuch, durch subkutane Einspritzung von Kampferäther (Tubunic). Eventuell müsste, wenn der Arzt erst in einer viertel oder halben Stunde zu erwarten ist, bei weiteren Distanzen, der erste Helfer ärztliche Arbeit tun, wie wir noch sehen werden.

Wenn der Arzt erscheint, berichtet einer der Helfer in kürzesten Worten: Zeit des Unfalls, wie lange schon künstliche Atmung, ob Herztonen gehört wurden oder nicht. Dann seien alle ruhig — der Arzt will untersuchen. Man melde dann, was schon gemacht ist, z. B. Kampfereinspritzung, damit der Arzt nicht das gleiche nochmals versucht. Subkutane und intravenöse Einspritzungen von Herzstimulanten haben keinen Sinn, wenn das Herz nicht arbeitet. Also bleibt dem Arzt nur die intrakardiale Einspritzung (ins Herz hinein) übrig. Gewöhnliche Herzmittel werden wahrscheinlich versagen, denn Stimulation kann nicht viel nützen, wenn vorher die letzten Reservenstoffe verbraucht worden sind unter der ungeheuren Anstrengung. Darum schlage ich vor, ausser Reizstoffen auch Energieproduzenten einzuspritzen. So dürfte vielleicht ausnahmsweise die Aufweckung aus dem Scheintode gelingen. Ich habe schon vorhin die Zusammensetzung einer Ringer-Lösung mit Glukose-(Traubenzucker)gehalt vorgeschlagen, der Herzmittel beigegeben werden. Am einfachsten ist Einstich direkt ins Herz, links vom Brustbein zwischen der vierten und fünften Rippe, je nach Körpergrösse des Verunglückten 5–7 cm nach links von der Mittellinie des Körpers. Die genaue Zusammensetzung der Lösung müsste von einem Komitee von einigen Aerzten festgesetzt und allgemein bekannt gemacht werden, damit jeder Arzt in der Schweiz wüsste, dass er eine allgemein anerkannte Vorschrift befolgt. Als Zusatz zu einer Dosis von 10 cm³ Ringer-Lösung mit 10–20% Glukosegehalt würde ich vorschlagen 1 Milligramm Adrenalin, 0,6 Milligramm Digitoxinum solubile und 0,2 Gramm eines wasserlöslichen Kampfers, oder solchen in allerfeinster Emulsion. Diese Herzstimulanslösung könnte in Glastuben sterilisiert in der Unfallkiste gehalten werden. Eine sterile 10 cm³ Injektionsspritze würde dazu gegeben, mit 6–7 cm langer Injektionsnadel. Diese müsste sorgfältig gearbeitet sein, aus Stahl und nur die Spitze gehärtet, das übrige lieber biegsam, damit sie unter keinen Umständen abbrechen kann. Es liesse sich auch eine Tube aus Zinn

machen nach dem Prinzip der Tubunics, so dass Tube und Spritze in eines vereint wären.

Ist die Flüssigkeit ins Herz eingespritzt, so kann der Arzt die Nadel noch stecken lassen und dazu benützen, einige elektrische Schläge von einer faradischen Batterie direkt ins Herz zu leiten. Auch Lichtstrom könnte dazu verwendet werden, indem man die Nadel und die Haut je mit einem Pole nur kurz streifend berührt (so dass das Herz nur einige wenige Stromschläge bekommt). Nützt das alles nichts, so hilft auch die künstliche Atmung nichts mehr und der Verunglückte ist tot.

Ein anderer Modus der Aufweckung liesse sich nach folgendem Prinzip ausarbeiten: Wenn das Herz nicht schlägt, so könnte man die linke Halsschlagader, die Karotis, mit einem Schnitte eröffnen. Von dort könnte ein dünnes Rohr hinabgeführt werden, bis in den Endteil der Aosta, über den Klappen. Wenn nun dieses Rohr einen feinsten Ueberzug tragen würde, der mit Ringer-Lösung (nicht etwa mit Luft) zu einem kleinen Ballen aufgespritzt werden könnte, so würde die Aosta verschlossen und durch ein dünneres inneres Rohr könnte in diesen Raum die Herzstimulationslösung gespritzt werden, so dass sie unter Druck direkt in die Kranzarterien des Herzens eindringen müsste. So könnte die Herzwand direkt durchspült und der Verunglückte vielleicht gerettet werden.

Die Einspritzung unter Einstich ins Herz wirkt natürlich am ehesten, wenn sie sehr bald nach dem Stillstand des Herzens gemacht wird. Man kann sich fragen, ob man nicht da und dort einen besonders geeigneten Techniker darauf instruieren sollte, für den Fall, dass ein Arzt erst in zirka einer halben Stunde zur Stelle sein kann. Der Betreffende müsste auch lernen das Herz zu behorchen.

Sie erwarten von mir vielleicht eine Aufzählung des Inhalts der kleinen Hilfskiste „Elektrounfall“. Ich denke mir, neben Verbandmaterial, auch für Verbrennungen und Blutungen und den nötigsten Instrumenten für Wundbehandlung, wäre eine kleinste aber kräftige Einrichtung für faradischen Strom nötig. Ferner die Stimulantien, wie Digitalispräparate, Adrenalin, Kampferäther, Kampferöl, sterile Ringer-Lösung mit Glukosegehalt, eventuell mit Stimulation in Glastuben, sterile Glasspritze von 10 oder 20 cm³ Inhalt, Tubunics mit Morphin (bei grossen Schmerzen), mit Digalen, Adrenalin. Eventuell einige Pulver für je einen halben Liter Ringer-Lösung um mittelst gekochtem Wasser eine Injektionsflüssigkeit zu machen. Auf der Innenseite des Kistchendeckels müsste eine unzerstörbare (emaillierte) Instruktion befestigt sein. Genaueres wäre von einem ärztlichen Komitee festzusetzen, damit jeder Arzt zu Kisteninhalt und Gebrauchsanweisung volles Zutrauen hätte. Die Instruktion könnte nach Beschluss eines Aerztekomitees ausserdem jedem Arzte zugeschickt werden.

Zusammenfassung.

Ich habe unter Begründung vorgeschlagen:

1. Einübung des Rettungsverfahrens für Monteure, besonders die Lösung vom Strome und die erste Hilfe.
2. Arrangement mit der Telephonverwaltung, um bei elektrischen Unfällen schnellste Hilfe zu bekommen (wie es für Feuer in vielen Ländern schon besteht).
3. Schaffung eines geeigneten Hilfskistchens für Elektrounfälle nach Begutachtung durch ein Komitee von einigen Aerzten.
4. Verwendung gewisser Herzinjektionen als Hilfsmittel bei drohendem Herztode.

Ich hoffe, dass sich die Zahl der elektrischen Unfälle dadurch erniedrigen lassen. Die Anregung zum Studieren dieser Fragen verdanke ich Herrn Direktor Ringwald – das Aktenmaterial des Eidgenössischen Strominspektorates hat mir die allgemeine Uebersicht ermöglicht.

Der Vorsitzende spricht im Namen der Versammlung seinen besten Dank dem leider abwesenden Referenten aus für den sehr lehrreichen Vortrag und bittet die Anwesenden, die Diskussion eifrig zu benützen. Einleitend gibt der Sprechende zunächst einige Erläuterungen über die im Vortrag

Schwyzer besprochenen chirurgischen Eingriffe zur Rettung der durch den Starkstrom Verunglückten. Er erwähnte z. B., dass die durch einen elektrischen Schlag verursachten Risse des Herzmuskelgewebes fast durchwegs zu beobachten sind, dass dieselben jedoch unter Umständen auch als Folge eines gewöhnlichen Herzschlages auftreten können.

Der Sprechende erinnert ferner an die vier betonten Punkte des Vortrages Schwyzer zur möglichsten Milderung der Folgen eines elektrischen Unfallen, nämlich: 1. Die Einübung des Werkpersonals; 2. Die rasche telephonische Meldung des Unfallen beim Arzt; 3. Die erste Hilfe vor der Ankunft des Arztes; 4. Die Technik der Einspritzungen.

Die Erfahrung zeigt, dass die Verunglückten, nachdem sie wieder zum Bewusstsein kommen, meistens nicht mehr wissen, wie sich der Fall ereignet hat. Um die Folgen elektrischer Unfälle, und überhaupt die Unfälle selber, nicht noch durch eine mangelhafte Geistesgegenwart des Arbeiters zu erschweren, bzw. zu vermehren, ist der Sprechende der Ansicht, dass man grundsätzlich als Elektriker in Zentralen oder Unterwerken nur Leute anstellen sollte, die einer psychologischen Prüfung unterzogen wurden, zur Beurteilung ihrer Reflexfähigkeiten, Überlegungsgabe und innerlichen Ruhe. — Der Sprechende beantragt ferner periodische Instruktionsvorträge, und zwar nicht nur an das Personal der Werke, sondern auch an Ärzte, um letztere in bezug auf die neu erprobten Rettungsmethoden auf dem Laufenden zu halten. — Schliesslich möchte der Vorsitzende auch die Frage einer eventuellen Isolierung der elektrischen Hausanschlüsse, z. B. durch über den Draht gezogene Glaskügelchen, auf einer Länge von ca. 3 m von der Mauer weg, zur Diskussion bringen, weil er dieses Mittel zur Verhütung der Unfälle für wirksamer hält als die Wahrnungstafeln.

Gysel-Zürich kommt auf einen Passus des Vortrages von Dr. Schwyzer zurück, in dem der Referent aus der Statistik den Schluss zieht, dass die Unfälle durch niedergespannten Starkstrom eigentlich gefährlicher zu sein scheinen, als die durch Hochspannung hervorgerufenen, wenn man den Prozentsatz der Todesfälle vergleicht. Der Sprechende sieht darin nur einen scheinbaren Widerspruch und weist zur Beseitigung desselben auf den Unterschied hin zwischen der Auswirkung eines Stromdurchgangs durch den Körper, wenn es sich entweder um nieder- oder um hochgespannten Wechselstrom handelt. Die Niederspannung wirkt auf einen während der ganzen Dauer des Vorganges beinahe konstanten Widerstand, welcher durch den menschlichen Körper und etwa dazu in Reihe geschaltete, meistens feuchte Kleider, gebildet ist; die Stromstärke durch den Körper ist somit konstant. Bei Hochspannung muss man dagegen zwei Perioden unterscheiden: Beginn und Auswirkung des Stromdurchgangs. Am Anfang wirkt die Spannung ebenfalls auf eine Reihenschaltung von Widerständen, aber es entsteht dann durch die Wärmewirkung schon nach sehr kurzer Zeit eine physikalische Änderung des Stromkreises, gewisse Körperbestandteile und Kleiderstücke werden verkohlt, es bilden sich meistens sofort auch Rauch, Russ und Metalldämpfe. Der Strom innerhalb des Körpers nimmt ab, um grösstenteils die verkohlte Oberfläche oder die mit Verbrennungsgasen erfüllte Luft als Leiter zu benutzen. Es entstehen zwar kolossale Verbrennungen, hingegen leiden die innern Organe weniger; darin liegt vielleicht eine erste Erklärung, weshalb der Prozentsatz der Todesfälle bei Hochspannung niedriger ist, als er bei Niederspannung zu sein scheint. Ferner aber macht der Sprechende darauf aufmerksam, dass ein Vergleich der Hochspannungsunfälle mit denjenigen bei Niederspannung an Hand der Unfallstatistik des Starkstrominspektorates mit höchster Vorsicht anzustellen sei. In der Unfallstatistik kommen nämlich nur diejenigen Unfälle durch niedergespannten Starkstrom zum Vorschein, welche eine mehr oder weniger ernste Folge gehabt haben, hingegen erscheinen viele harmlose, elektrische Unfälle in der Statistik nicht, weil sie oft gar nicht gemeldet werden und somit der Werkleitung unbekannt bleiben. Wenn man also sämtliche Niederspannungsunfälle berücksichtigen könnte, so würde der Prozentsatz der Todesunfälle wahrscheinlich wesentlich kleiner als in der Statistik ausfallen.

Wyssling-Zürich sieht im Vortrag von Dr. Schwyzer eine sehr wertvolle Arbeit, in welcher wohl zum ersten Male eine einfache und für Nichtärzte klare Darstellung der physikalischen Verhältnisse bei Stromdurchgang durch den menschlichen Körper von einem Arzt den Elektrikern vorgetragen wird. Der Sprechende würde es begrüssen, wenn der Vortrag Schwyzer publiziert und dadurch einer grösseren Anzahl Interessenten bekanntgegeben würde. Bei der Verhütung elektrischer Unfälle und bei der Milderung deren Folgen legt Wyssling auf zwei Punkte ein ganz besonderes Gewicht: Erstens soll, wie der Referent es bereits vorgeschlagen hat, eine gründliche Instruktion mit *Übungen*, durch Ärzte und Elektriker gemeinsam, dem Werkpersonal erteilt werden. Zweitens ist festzustellen, dass es nicht selten vorkommt, dass ein Arzt zum ersten Mal (für ihn) zu einem elektrischen Unfall gerufen wird und, bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit des Arztdienstes, über die zweckmässigste Hilfeleistung in solchen Fällen selbst nicht sehr sicher ist (wie tüchtig er sonst auch sein mag), oder ein früher gelehrtes, heute als ungenügend erkanntes Verfahren anwendet. Damit nun jeder Arzt ohne Zögern sofort die richtige Rettungstechnik ergreift, wäre es von grossem Vorteil, wenn heute, wo die Verhältnisse medizinisch abgeklärter zu sein scheinen, auch unter den Ärzten eingehende Instruktionskurse durch Spezialisten organisiert würden.

In bezug auf den physikalischen Vorgang des Stromdurchflusses im lebenden Körper sind wir Techniker vielleicht bisher zu sehr geneigt, immer nur an die Gesetze der stationären Strömungen zu denken; da aber der menschliche Organismus einen recht komplizierten „Leiter“ darstellt, wäre es ebenso wichtig, festzustellen, was für Anfangserscheinungen sich einstellen und ob nicht diese eher noch wichtiger für die Wirkung sind, als der gedachte Beharrungszustand.

Auf die Statistik der Unfälle zurückkommend, glaubt der Sprechende wie der Vorredner auch, dass in der scheinbar grösseren Gefährdung durch die Niederspannung als durch die Hochspannung

ein Trugschluss vorliegt; dies deswegen, weil die *Gelegenheit*, mit Niederspannung in Berührung zu kommen, tatsächlich viel grösser ist als bei der Hochspannung. Während ferner von Unfällen durch Hochspannung mehrheitlich Fachleute betroffen werden, kommen bei Niederspannungsunfällen viele Laien in Betracht. Dazu kommt ausserdem, wie Gysel es bereits betont hat, dass bei weitem nicht alle Unfälle durch Niederspannung in der Statistik zum Ausdruck kommen, sondern eben nur die schweren. Alles dies spricht dafür, dass in Wirklichkeit der Prozentsatz der Todesfälle durchaus nicht grösser sein wird, als bei Hochspannung. Immerhin ist dem Schutze des Publikums gegen die Niederspannungsgefährdung in der Folge, und zwar gerade wegen der grösseren Gelegenheit zu zufälliger Berührung, vielmehr als bisher die *grösste* Aufmerksamkeit zu schenken. Als Grundsatz soll dabei gelten, die Einrichtungen so zu machen, dass ohne besondere Absicht eine Berührung unter Spannung stehender Metalleile ausgeschlossen ist.

Nissen-Zürich ist dem Vorstand des V. S. E. dankbar, dass er für die Diskussionsversammlung auch ein Thema betreffend elektrische Unfälle gewählt hat. Der Sprechende hatte wiederholt Gelegenheit, mit dem Referenten über elektrische Unfälle und die erforderlichen Rettungs- und Sicherheitsmassnahmen zu sprechen. Was die Vorschläge des Referenten anbetrifft, so hält der Sprechende dafür, dass der Unterricht an das Werkpersonal sowohl von einem Arzt als auch von einem Elektrizitätsfachmann erteilt werden sollte. Herr Dr. Schwyzer hat vorgeschenken, ein Programm zuhanden der Aerzte, welche die Werke mit den Instruktionen in medizinischer Hinsicht beauftragen, auszuarbeiten. Andererseits ist das Starkstrominspektorat bereit, einen seiner Beamten den Werken, die für die Instruktion des Personals nicht selbst über geeignete Leute verfügen, zur Verfügung zu stellen. Der Sprechende begrüßt ferner die Anregung der Schaffung von Hilfskisten, deren Inhalt durch ein Aerztekollegium zu bestimmen wäre, und die das Nötige enthalten sollten, um bei elektrischen Unfällen eine wirksame, rasche Hilfe vor wie nach der Ankunft des Arztes zu ermöglichen. Solche Hilfskisten, die immerhin nicht zu umfangreich ausfallen dürften, müssten dann an möglichst vielen Orten deponiert werden.

Was die Diskussion über die Statistik der elektrischen Unfälle anbelangt, bestätigt der Sprechende die Ausführungen Gysel und Wyssling betreffend den Prozentsatz der Todesfälle bei Verunglückten durch Hoch- und Niederspannung. Er benützt die Gelegenheit, um die Werke zu bitten, dem Starkstrominspektorat *sämtliche* Unfälle, d. h. namentlich auch die leichten, zu melden. Bei den leichten Unfällen lassen sich die Ursachen oft viel besser feststellen als bei den schweren Unfällen, deren Opfer nicht mehr imstande sind, selbst darüber zu berichten. Die klare Erkenntnis der Unfallsachen ist aber erste Voraussetzung für die Anordnung wirksamer Massnahmen zur Unfallverhütung.

Isein-Basel gibt einige Auskunft über die beim Elektrizitätswerk der Stadt Basel, nach eingehender Prüfung mit dem Sanitätsdepartement des Kantons Basel-Stadt, getroffenen Massnahmen zur Verhütung elektrischer Unfälle, und zwar sowohl durch die Anschaffung von Hilfskisten mit dem nötigen Material und Medikamenten, als auch durch Instruktionsvorträge an das Personal.

Trechsel-Bern möchte auf die Anregung von Dr. Schwyzer betreffend die rasche Mobilisierung des Arztes darauf aufmerksam machen, dass bei den Telephonzentralen ohne weiteres das Nötige bereits veranlasst wurde, um die Meldung von Unfällen unmittelbar zu fördern. Dabei spielen die Vorrang-Gebühren selbstverständlich keine Rolle, wenn es sich um das menschliche Leben handelt. Der Sprechende ist gerne bereit, der Obertelegraphendirektion die Frage zur Prüfung vorzulegen, ob es nicht angezeigt wäre, dem Personal der Telephonzentralen die erteilte Instruktion wieder in Erinnerung zu rufen und den Elektrizitätswerken durch eine Mitteilung im Bulletin des S. E. V.¹⁾ von den bestehenden Möglichkeiten Kenntnis zu geben.

Direktor *Geiser-Schaffhausen* erinnert daran, dass er bereits im Jahre 1919 die Anregung gemacht habe, 1. nicht abzuwarten bis ein Unfall passiert, sondern Vorbeugungsmassnahmen zu treffen durch die Aufklärung des Personals, was durch Abgabe der vom Starkstrominspektorat jährlich herausgegebenen Unfallstatistik in geeigneter Weise geschehen kann²⁾, 2. das Personal der Werke derart zu instruieren, dass es, wenn ein Unfall erfolgt ist, die allerersten Minuten, welche für das Leben des Verunglückten von höchster Bedeutung sind, durch vernünftige Hilfe auszunützen weiß, was durch periodische Uebungen erreicht werden könnte.

Gysel-Zürich kommt auf die Anregung Wyssling betreffend die wünschbare Verschärfung der Sicherheitsmassnahmen bei Niederspannungsanlagen zurück. Er weist darauf hin, dass die Kommission für die Revision der Bundesvorschriften betreffend elektrische Starkstromanlagen gerade der Sicherheit der Personen ihre grösste Aufmerksamkeit geschenkt hat. Die vielen neuen Bestimmungen über die Distanzierung der unter Spannung stehenden Teile und über die Erdung im Vorschriftenentwurf der Gruppe a (Schaltanlagen und Maschinen) bezeugen dieses Bestreben. Der Entwurf der Gruppe c (Hausinstallationen) wurde ebenfalls von diesem Standpunkte aus aufgestellt. Beide Entwürfe sind übrigens einer grösseren Anzahl Interessenten zur Prüfung unterbreitet worden, mit der Bitte um freie Rückäusserung.

Der Sprechende weist ferner als Werkvertreter auf die besonderen Verhältnisse hin, welche bei den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich, einem typischen Überlandwerk, vorliegen, wo das Personal, im Gegensatz zu demjenigen des Elektrizitätswerkes Basel, in hohem Masse dezentralisiert ist, was eine Instruktion über des Vorgehen bei Starkstromunfällen schwieriger gestaltet als in einer Stadt. Eine weitere Schwierigkeit für Überlandwerke bestehe in der Unmöglichkeit, genügend viele

¹⁾ Siehe Bulletin 1925, No. 5, Seite 275.

²⁾ Separatabzüge des Artikels „Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz im Jahre 1924“ (siehe Bulletin 1925, No. 3) sind sowohl in deutscher als auch in französischer Sprache, zum Preise von 30 Rp. pro Exemplar, beim Generalsekretariat des S. E. V. und V. S. E., Seefeldstr. 301, Zürich 8, erhältlich.

Automobile mit Hilfskisten bereit zu stellen, und Abkommen mit genügend auf dem ganzen Versorgungsgebiet verteilten wohnenden Ärzten und deren Stellvertreter zu schliessen; der Sprechende drückt den Wunsch aus, dass bei der Besprechung der Hilfsmassnahmen auch diesen Verhältnissen Rechnung getragen wird.

Der **Vorsitzende** teilt mit, dass der Vortrag von Dr. Schwyzer im Bulletin erscheinen wird, dankt den verschiedenen Rednern für ihre interessanten Beiträge und schliesst die Diskussionsversammlung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke um 10 Uhr 30.

Veröffentlichungen des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins.

Die nachstehend verzeichneten Drucksachen sind durch das **Generalsekretariat des S.E.V. und V.S.E.** Seefeldstrasse 301, **Zürich 8** zu beziehen:

		Preise für Mitglieder Fr.	Preise für Nicht- Mitglieder Fr.
Vorschriften und Normen.			
<i>Vorschriften betreffend Erstellung und Instandhaltung elektr. Hausinstallationen, 1919</i>		2.50	3.50
<i>Prescriptions concernant l'établissement et l'entretien des installations électriques intérieures, 1920</i>		2.50	3.50
<i>Prescrizioni relative all' esecuzione ed alla manutenzione degli impianti elettrici interni, 1909</i>		1.50	2.-
<i>Normen für Spannungen und Spannungsprüfungen</i>		1.-	1.50
<i>Normes pour les tensions et les essais d'isolation</i>		1.-	1.50
<i>Normen für Schmelzsicherungen für Niederspannungsanlagen</i>		-.40	-.50
<i>Normes pour coupe-circuits destinés aux installations à basse tension</i>		-.40	-.50
<i>Normen für Leitungsdrähte</i>		-.40	-.50
<i>Normes pour les conducteurs</i>		-.40	-.50
<i>Anleitungen zur Hilfeleistung bei durch elektrischen Strom verursachten Unfällen</i>			
a) Taschenformat		-.40	-.50
b) Quartformat (Bulletinabdruck)		-.15	-.20
c) Plakatformat (unaufgezogen)		-.25	-.30
d) auf Blechtafeln		2.-	2.50
<i>Instructions pour les soins à donner en cas d'accidents causés par l'électricité</i>			
a) petit format		-.15	-.20
b) format in-quarto		-.15	-.20
c) format placard (non collé)		-.25	-.30
d) en aluminium		2.-	2.50
<i>Istruzioni concernenti il soccorso in caso d'infortuni cagionati da corrente elettrica</i>			
a) formato tascabile		-.15	-.20
b) formato affisso		-.25	-.30
<i>Anweisungen über das Verhalten gegenüber elektrischen Leitungen</i>			
a) Plakatformat (unaufgezogen)		-.25	-.30
b) auf Blechtafeln		2.-	2.50
<i>Anleitung zur Organisation, Ausrüstung und Instruktion der elektrischen Abteilungen der Feuerwehr, 1911</i>		-.70	1.-
<i>Prescriptions pour l'organisation, l'équipement et l'instruction des sections d'électriciens des corps de sapeurs-pompiers, 1911</i>		-.70	1.-
<i>Technische Bedingungen für gasgefüllte Lampen (1924)</i>		-.30	-.50
<i>Conditions techniques pour les lampes à remplissage de gaz (1924)</i>		-.30	-.50
<i>Schweizer Kalender für Elektrotechniker pro 1925, I. Teil</i>		6.-	6.50
	II. Teil (ohne Änderungen gegenüber 1922)	1.20	1.30
<i>Schweizerische Gesetzgebung über die elektrischen Anlagen, herausgegeben vom Eidg. Post- und Eisenbahndepartement, Ausgabe 1915, mit Nachträgen</i>		4.-	4.-
<i>Législation suisse en matière d'installations électriques, édition 1908, avec les suppléments</i>		4.-	4.-
<i>Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz 1922</i>		8.-	15.-