

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 38 (1947)
Heft: 16

Artikel: Neue Erkenntnisse und Behandlungsmethoden beim Hochspannungsunfall
Autor: Fischer, H. / Fröhlicher, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061434>

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: 23.02.2026

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

Zu Trakt. 12: Statutarische Wahlen

a) Die Herren Pronier, Bitterli und Kähr, deren 3jährige Amtsdauer abgelaufen ist, sind für eine nächste 3jährige Amtsdauer wiederwählbar und bereit, die Wahl anzunehmen. Der Vorstand schlägt der Generalversammlung vor, die Herren wiederzuwählen. Anstelle von Herrn Dr. Fehr, der eine Wiederwahl ablehnt, schlägt der Vorstand einstimmig der Generalversammlung vor, Herrn H. Marty, Direktor der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern, als Vorstandsmitglied zu wählen. Anstelle von Herrn Direktor Abrezol, der aus Gesundheitsrücksichten auf Ende des Jahres aus dem Vorstand auszuseiden wünscht, schlägt der Vorstand nach Anhören der westschweizerischen Elektrizitätswerke der Generalversammlung Herrn M. Lorétan, directeur de la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne, als Nachfolger vor.

b) Wahl von 2 Rechnungsrevisoren und 2 Suppleanten. Die bisherigen Rechnungsrevisoren, Herren A. Meyer, Baden und M. Vocat, Sierre, sowie die beiden Suppleanten, Herren W. Rickenbach, Poschiavo, und H. Jäcklin, Bern, sind bereit, eine Wiederwahl anzunehmen. Der Vorstand schlägt vor, diese Herren in ihrer Eigenschaft wiederzuwählen.

Zu Trakt. 13: Wahl des Ortes der nächsten Generalversammlung

Der Vorstand erwartet gerne entsprechende Vorschläge.

Zu Trakt. 14: Schaffung einer Ausgleichskasse für die AHV

Die Verwaltung der Ausgleichskasse Schweizerischer Elektrizitätswerke schlägt vor, diese Kasse als AHV-Kasse weiterzuführen. Eine mündliche Orientierung wird an der Versammlung gegeben.

Bericht und Antrag der Rechnungsrevisoren des VSE an die Generalversammlung 1947

Bericht und Antrag der Rechnungsrevisoren erscheinen in der nächsten Nummer des Bulletins.

Neue Erkenntnisse und Behandlungsmethoden beim Hochspannungsunfall

Von H. Fischer, Zürich, und R. Fröhlicher, Zollikon

(Aus dem Pharmakologischen Institut der Universität Zürich, Direktor: Prof. Dr. med. H. Fischer)

614.825

Beim Starkstromunfall mit technischer Hochspannung zeigen sich einige Zeit nach dem Unfall beim Verunfallten häufig bedrohliche Erscheinungen, die nicht durch die sichtbaren Verbrennungen zu erklären, sondern auf äusserlich kaum feststellbare Muskelzerstörungen zurückzuführen sind und innert weniger Tage durch innere Vergiftung zum Tode führen können. Als Ursache der inneren Vergiftung wurde die übermässige Abscheidung des Muskelfarbstoffs (Myoglobin) aus der geschädigten Muskulatur ins Blut erkannt, was nach kurzer Zeit zur Vergiftung und damit zum Aufhören der Nierentätigkeit führt.

Die Verfasser geben Behandlungsmethoden an, die geeignet sind, die nachteiligen Folgen des Hochspannungsunfalls zu verhüten, und schlagen ergänzende Vorschriften für die Rettungsmassnahmen bei Starkstromunfällen vor.

Les accidents par courant à haute tension entraînent souvent, après quelque temps, chez la victime, l'apparition de phénomènes présentant un danger sérieux. Ceux-ci ne résultent pas des brûlures apparentes, mais des lésions musculaires à peine visibles extérieurement, et sont susceptibles d'amener la mort en quelques jours par autointoxication. Il fut établi que cet empoisonnement d'origine endogène est causé par une plus forte élimination dans le sang du colorant musculaire (myoglobine), dans la musculature lésée. Une intoxication en est la suite à brève échéance, qui entraîne l'arrêt du fonctionnement rénal.

Les auteurs indiquent des méthodes de traitement propres à préserver des suites fâcheuses des accidents par haute tension et proposent des prescriptions complémentaires pour le sauvetage de ces victimes.

A. Erkenntnisse

Im Gegensatz zum Niederspannungsunfall, der in der Mehrzahl der Fälle unmittelbar zum Tode infolge Herzkammerflimmerns führt, treten beim Hochspannungsunfall ganz andere Momente in den Vordergrund. Ein Mensch wird meistens tot zu Boden sinken, wenn er im feuchten Keller mit einer mangelhaften elektrischen Schnurlampe hantiert und sich bei ungünstigen Widerstandsverhältnissen 220 V aussetzt; ein anderer kann einen Kontakt bei 45 000 V einige Tage überleben, dann aber sekundär, unter den klinischen Zeichen einer langsam zunehmenden, allgemeinen schweren Vergiftung zugrundegehen. Während also 220 V unter ungünstigen Widerstandsverhältnissen sofort töten, wird beim Hochspannungsunfall der Kontakt mit der Spannung primär meistens überlebt, und es kommt vielfach nach einigen Tagen zu einem Spätod. Während beim Niederspannungsunfall die Herzrhythmik im Sinne des Kammerflimmerns gestört wird und damit plötzlicher Tod durch innere Erstickung in-

folge Versagens des Herzens eintritt, stehen beim Hochspannungsunfall die grosse Energie und ihre Vernichtung im menschlichen Körper mit den dadurch bedingten Verbrennungen und Gewebeerstörungen im Vordergrund. Der Formel:

$$\text{Entwickelte Wärme} = I^2 R t$$

kommt in diesem Zusammenhang grosse Bedeutung zu. Die Wärmemenge wächst mit dem Quadrat der Stromstärke. Diese Tatsache wirkt sich beim Hochspannungsunfall, wo Stromstärken von 10...30 A und mehr auftreten können, erheblich aus. Die gewaltigen Energien, die beim Unfall mit technischer Hochspannung auftreten, rufen neben mehr oder weniger ausgedehnten Verbrennungen durch Flammbogenwirkung oft tiefgreifende Muskelzerstörungen hervor, da ja gerade die Muskulatur durch ihre anatomischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften zur bevorzugten Strombahn prädestiniert ist. Vielfach sind die äusseren Verbrennungen verhältnismässig klein. Die Helfer unterschätzen des-

halb die Gefahr und nehmen an, dass der Verunfallte, der nach dem Unfall in vielen Fällen den Umständen entsprechend gut Auskunft geben kann und sich subjektiv wohl fühlt, in einigen Wochen wiederhergestellt sein werde. Nach einigen Tagen aber treten plötzlich bedrohliche Symptome auf. Der Verletzte löst immer weniger Wasser, bis die Nierenausscheidung überhaupt aufhört. Er wird bewusstlos und stirbt schliesslich unter den Zeichen einer schweren inneren Vergiftung. Die Sektion zeigt dann, dass unter den verhältnismässig wenig ausgedehnten Brandwunden, die an und für sich nie ausgereicht hätten, um eine tödliche Körpervergiftung hervorzurufen, die Muskulatur über weite Strecken zerstört ist und wie gekocht aussieht. Der Strom ist durch den für ihn günstigsten Leiter, nämlich durch die Muskulatur, geflossen, den Körper gewissermassen mantelförmig entsprechend den Hauptmuskelnzügen durchströmend. Dabei entstehen an den Stellen von verhältnismässig kleinem Querschnitt, z. B. den Extremitäten, enorme Stromdichten und damit eine gewaltige örtliche Wärmeentwicklung unter Zerstörung der Muskulatur über oft grosse Strecken. Für das weitere Schicksal des Stromgeschädigten ist nun von entscheidender Bedeutung, dass aus den geschädigten Muskelementen ein Stoff in die Blutbahn austritt, nämlich der Muskelfarbstoff *Myoglobin*, der, ähnlich dem roten Blutfarbstoff, dem Haemoglobin, physiologischerweise der Sauerstoffversorgung des arbeitenden Muskels dient. Dieser Stoff stellt, wenn er in bestimmter Menge im Blute kreist, ein schweres Gift für die Nieren dar. Wird ein gewisser Schwellenwert überschritten, so tritt sowohl eine Schädigung der Niere mechanischer Art, im Sinne einer Verstopfung der Nierenkanälchen durch koagulierte Myoglobin, bzw. Myohämatin ein, als auch eine solche chemisch-toxischer Natur durch Quellung und Zerstörung des aktiven Nierenparenchyms. Diese schwere Nierenschädigung führt ihrerseits zu einer Vergiftung des Körpers, da die natürliche Ausscheidung der harnpflichtigen Stoffe nicht mehr möglich ist. Die Folge davon ist der tödliche Ausgang in der Zeit einiger weniger Tage unter dem klinischen Bilde der schweren Nieren- und Allgemeinvergiftung.

Aus dieser neuen Erkenntnis der *Myoglobinvergiftung* und des dadurch bedingten *Spättodes beim Hochspannungsunfall* ergeben sich für die Rettung der Verunfallten folgende Möglichkeiten.

B. Behandlungsmethoden

1. Da die allgemeine Körpervergiftung hauptsächlich durch das Myoglobin, das aus der vom Strom geschädigten Muskulatur in die Blutbahn austritt, zustande kommt, liessen sich mit einer raschen, energischen chirurgischen Intervention die hauptsächlich geschädigten Muskelgebiete entfernen und eine tödliche Vergiftung durch Ausschaltung der gefährlichsten Myoglobinquellen verhüten, was praktisch in den meisten Fällen einer Frühamputation der verletzten Extremitäten gleichkommen würde. Da es aber oft ausserordentlich schwie-

rig ist, rasch und eindeutig festzustellen, welche in der Strombahn gelegenen Muskelemente und in welchem Umfange sie zerstört sind, kann ein grosser chirurgischer Eingriff (Amputation eines Beines, Armes usw.) nur dann verantwortet werden, wenn z. B. eine Extremität so weit zerstört ist, dass sie als unrettbar verloren gelten muss. Ein aktives, radikales chirurgisches Vorgehen kommt deshalb praktisch nur in den allerschwersten — glücklicherweise seltenen — Fällen ausgedehntester Gewebezzerstörung durch den elektrischen Strom in Frage.

2. Man versucht durch ausgiebigen Aderlass und Wiederauffüllung des Blutgefäßsystems die Konzentration des in der zerstörten Muskulatur entstehenden und in den Blutkreislauf übertretenden Myoglobins so niedrig zu halten, dass sie den Schwellenwert, der für die Schädigung der Niere massgebend ist, nicht erreicht. Man muss also danach trachten, den Spiegel des Giftstoffes, der im Blut ansteigt, möglichst niedrig zu halten, das heisst, man muss alle Mittel anwenden, damit der Giftstoff die für die Niere schädliche und gefährliche Konzentration nicht erreicht. Dies bedeutet *sofortige und reichliche Flüssigkeitszufuhr*: a) durch Trinken, b) durch Einlauf, c) durch Injektionen und Infusionen. Durch wiederholte Aderlässe und Wiederauffüllung des Blutgefäßsystems mit Plasma oder einer blutähnlichen Flüssigkeit kann eine weitere Verdünnung des im Blute kreisenden Giftstoffes erreicht werden.

3. Ein weiteres, für die Rettung des Verunfallten entscheidendes Moment kommt hinzu: das *saure Myoglobin* ist für die Niere viel gefährlicher als die alkalische Form. Da der Harn durch Myoglobin und andere Stoffe beim elektrisch Verunfallten stark sauer ausgeschieden wird, müssen wir für ausgiebige *Alkalisierung* der Gewebe sorgen, möglichst bevor das Myoglobin aus der Blutbahn in die Niere gelangt. Wenn wir in nützlicher Frist erreichen, dass alkalischer Urin ausgeschieden wird, haben wir zur Lebensrettung des Verunfallten ganz wesentlich beigetragen. Dies lässt sich auf einfachste Weise dadurch erreichen, dass wir *alkalische Flüssigkeiten* (Natriumbikarbonat = doppeltkohlensaures Natrium) in reichlicher Menge zuführen.

Weitere Versuche der Aerktekommision des VSE werden zu zeigen haben, in welchem Zeitpunkte nach dem Unfall die Myoglobinkonzentration des Blutes die für die Niere gefährliche Schwelle erreicht, und wie hoch der Schwellenwert überhaupt ist, um festzustellen, in welchem Zeitintervall die Rettungsmassnahmen (Flüssigkeitszufuhr, Aderlass, Alkalitherapie) die grössten Erfolgsaussichten für die *Prophylaxe* der Nierenschädigung und damit in vielen Fällen für die Rettung des Verunfallten bieten. Mit andern Worten: Es wird festzustellen sein, wie gross durchschnittlich das Zeitintervall angenommen werden kann, welches zur Verfügung steht, um der Myoglobinschädigung der Niere durch therapeutische Massnahmen zuvorzukommen.

Da es sich bei diesen Rettungsmassnahmen zum Teil um sehr einfache Vorkehrungen handelt, die der am Unfallort zuerst anwesende Laie selbst anwen-

den kann, ist sie als *Soforthilfe* von ausserordentlicher Wichtigkeit. Im folgenden wurden deshalb ergänzende Rettungsvorschriften ausgearbeitet, welche in geeigneter Form allen in Frage kommenden Instanzen mitzuteilen sind.

Da ferner bei den Hochspannungsunfällen unmittelbar nach dem Unfall äusserlich oft nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, ob eine leichte, nicht bedrohliche, oder eine schwere, die Niere und das Leben gefährdende elektrische Muskelschädigung eingetreten ist, sollen diese Massnahmen *grundsätzlich bei allen Hochspannungsunfällen* durchgeführt werden. Durch deren strenge Befolgung ist es möglich, die Selbstvergiftung zu verhindern oder wenigstens ihre schweren Folgen aufzuhalten und dadurch dem Verunfallten das Leben zu retten.

C. Ergänzungsvorschriften für die Rettungsmassnahmen bei Hochspannungsunfällen mit technischem Starkstrom für das technische Personal

Neben den bisherigen Vorschriften zur Rettung und ersten Hilfe bei Starkstromunfällen ist bei Hochspannungsunfällen auf Grund der besonderen Schädigungsmöglichkeiten des *hochgespannten Starkstroms* folgendes vorzukehren:

1. Man verabreiche dem Verunfallten, wenn er bei Bewusstsein ist, *sofort*, wenn er bewusstlos ist, sobald er aus der Bewusstlosigkeit oder Betäubung erwacht: 1 Teelöffel Natriumbikarbonat (doppeltkohlensaures Natron) in $\frac{1}{3}$ Liter Wasser. Diese Verabreichung von Bikarbonat soll über 24 Stunden *stündlich* wiederholt werden, sofern der Arzt nicht etwas anderes vorschreibt. Ausserdem soll der Verunfallte angehalten werden, viel Wasser mit etwas Kochsalz (1 Esslöffel auf 1 Liter Wasser) oder Traubenzucker (3 Esslöffel auf 1 Liter Wasser), auch Tee, Fruchtsäfte und alkalische Wasser (Vichy) zu trinken. Diese ausgiebige Flüssigkeitszufuhr ist während 5...6 Tagen durchzuführen, während die Verabreichung von doppeltkohlensaurem

Natron auf die ersten 24...36 Stunden beschränkt bleibt.

2. Der Urin des Verunfallten, besonders der zuerst gelöste Urin, soll aufbewahrt und entweder dem Arzt zur Verfügung gestellt oder an das *Pharmakologische Institut der Universität Zürich*, Gloriastrasse 32, Zürich 44, *durch Express* eingesandt werden. Auch weitere Urinproben sind sorgfältig zu sammeln, da sich daraus wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Ausmasses der Schädigung ergeben. Das genannte Institut steht zu weiterer Information jederzeit zur Verfügung [Telephon (051) 32 28 03 und (051) 24 87 27].

Adressen der Autoren:

Prof. Dr. med. H. Fischer, Direktor des Pharmakologischen Institutes der Universität Zürich, Gloriastrasse 35, Zürich 44.

Dr. med. R. Fröhlicher, Forschungsarzt der Aerztekommission des VSE, Rietstrasse 37, Zollikon (ZH).

Nachwort

Von F. Ringwald, Präsident der Aerztekommission des VSE zum Studium der Starkstromunfälle

Nach jahrelangen Bemühungen der Kommission ist es nun gelungen, etwas Positives bei jenen Starkstromunfällen zu erreichen, nach welchen der Verunfallte zunächst wohl mit dem Leben davon kam, später aber oft den sich nachträglich einstellenden Komplikationen erlag. Es besteht jetzt begründete Aussicht, solche Opfer eines Unfalles retten und ihren Leiden entreissen zu können. In mehreren praktischen Fällen konnten die im Aufsatz dargelegten Erkenntnisse zur Abhilfe erprobt werden, wodurch die Verunfallten gerettet wurden. Die Arbeiten der Kommission haben ferner ergeben, dass die Wissenschaft nun nahe daran ist, Mittel zur Verfügung zu stellen, welche, rechtzeitig angewandt, beim Scheintod (Herzkammerflimmern) zur Rettung des Opfers führen können.

Die Forschungsarbeiten der Kommission dürfen daher als recht erfreulich bewertet werden.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Wiederaufbau von Kraftwerken und Verteilungsanlagen in Italien

621.311.21.00467(45)

Einem kürzlich erschienenen Heft¹⁾, das einen Auszug aus den Mitteilungen der «Associazione elettrotecnica italiana» enthält, entnehmen wir einige interessante Angaben über den Wiederaufbau der hydroelektrischen Anlagen der Gesellschaft «Terni». Im Juni 1944 hatten die deutschen Truppen auf ihrem Rückzug nach Norden die Maschinenanlagen und Apparate der Kraftwerke und Unterstationen der Gesellschaft «Terni» zerstört. Die Gesellschaft nützt die Wasserkräfte der beiden Flüsse Velino und Nera aus und versorgt jene Gegend Mittelitaliens über ein Hochspannungsnetz von 65...230 kV mit elektrischer Energie.

Im Jahre 1943 betrug die gesamte installierte Leistung 340 000 kW und die durchschnittliche Jahresproduktion 1300 GWh. Damals bereits begonnene Ausbaurbeiten sollten die Jahreserzeugung um rund 4000 GWh steigern. Die Arbeiten mussten jedoch aus Kriegsgründen eingestellt werden. Glücklicherweise wurden die für diese Erweiterungen bereitgestellten Maschinen von den Zerstörungsaktionen im Jahre 1943, bei denen alle Installationen, mit Ausnahme eines klei-

nen veralteten Kraftwerkes von nur 250 kW Leistung, vernichtet wurden, nicht erfasst. Sofort nach den Zerstörungen wurde mit den Instandstellungsarbeiten begonnen. Eine Gruppe von 1500 kW konnte nach kurzer Zeit wieder dem Betrieb übergeben werden. Ende 1944 folgte eine weitere Anlage mit rund 7000 kW und Ende 1945 befand sich bereits wieder ein grösseres Kraftwerk mit 160 000 kW in Betrieb.

Für Ende 1946 zeigte die Wiederaufbaustatistik folgendes Bild:

Tabelle I

	Turbinenleistung kW	Durchschnittliche Jahreserzeugung GWh
Nicht zerstörtes Kraftwerk . . .	250	~ 1
Zerstörte, wieder in Betrieb stehende Kraftwerke	323 000	1 200
Zerstörte Kraftwerke, die nicht mehr aufgebaut werden . . .	33 000	30
Projektierte Kraftwerke	156 000	500

Die Ausdehnung des Hochspannungsnetzes der Gesellschaft «Terni» und der Umfang der Kriegsbeschädigungen sind aus Tabelle II ersichtlich:

¹⁾ siehe S. 501.