

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 54 (1963)
Heft: 25

Artikel: Schädigung des menschlichen Körpers durch elektrischen Strom und Massnahmen zu deren Behebung
Autor: Baur, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916546>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

Die effektive Erzeugung der Wasserkraftwerke erreichte im Winter nur 8353 (9338) GWh¹⁾, stieg aber im Sommerhalbjahr auf 13 325 (11 816) GWh, wobei bloss ein Drittel der Zunahme gegenüber dem Vorjahressommer auf die Inbetriebsetzung neuer Kraftwerke zurückzuführen war. Die Erzeugung der thermischen Kraftwerke war mit 277 (134) GWh im Winterhalbjahr gut doppelt so hoch wie im Vorjahreswinter, blieb aber im Sommerhalbjahr mit 58 (54) GWh auf der Höhe des Vorjahressommers.

Der Landesverbrauch elektrischer Energie, ohne die von den Wasserverhältnissen abhängige fakultative Abgabe an Elektrokessel mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage und ohne den Verbrauch der Elektrizitätswerke für Speicherpumpen erreichte im Winterhalbjahr 10 409 (9631) GWh, im Sommerhalbjahr 9892 (9476) GWh, insgesamt also 20 301 (19 107) GWh. Die Zunahme war besonders gross im Winter mit 8,1 (5,7) %; die Zunahme im Sommersemester belief sich auf 4,4 (4,9) % und die Jahreszunahme auf 6,2 (5,3) %. Für die Gruppe Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft betrug die jährliche Zunahme 7,0 (6,7) %, für die allgemeine Industrie 5,9 (8,4) %, für die elektroche-

¹⁾ 1 GWh = 1 Gigawattstunde = 1 Million Kilowattstunden.

mischen, elektrometallurgischen und elektrothermischen Anwendungen 3,8 (1,5) % und für die Bahnen schliesslich 2,2 (6,0) %.

Die Lieferung von Energieüberschüssen an Elektrokessel verminderte sich im Vergleich zum Vorjahr im Winterhalbjahr auf die Hälfte, nahm aber im Sommerhalbjahr etwas zu. Der Verbrauch für die Speicherpumpen erhöhte sich besonders im Winter-, aber auch im Sommersemester.

Der Energieverkehr mit dem Ausland war durch eine starke Zunahme der Einfuhren im Wintersemester charakterisiert. Der Importüberschuss, d. h. die Einfuhr abzüglich die Ausfuhr, deckte im Winterhalbjahr 18 % unseres Bedarfes, an einzelnen Tagen sogar mehr als 25 %. Die Einfuhren beliefen sich im Wintersemester auf 3552 (1579) GWh, im Sommersemester auf 584 (961) GWh und somit auf 4136 (2540) GWh im ganzen Jahr. Die Ausfuhren andererseits betragen für die gleichen Zeitabschnitte 1647 (1341) GWh, 3513 (2848) GWh bzw. 5160 (4189) GWh. Daraus resultiert für das Wintersemester ein Einfuhrüberschuss von 1905 (238) GWh, für das Sommersemester ein Ausfuhrüberschuss von 2929 (1887) GWh und für das ganze hydrographische Jahr ein Ausfuhrüberschuss von 1024 (1649) GWh.

Kurse des VSE über die Verhütung elektrischer Unfälle und über die erste Hilfe bei solchen Unfällen

Schädigung des menschlichen Körpers durch elektrischen Strom und Massnahmen zu deren Behebung

von E. Baur, Luzern

Wenn wir uns mit den Problemen der Hilfeleistungsmassnahmen beim schweren elektrischen Unfall beschäftigen, dann müssen wir uns vorerst klar werden, was für Schädigungen der elektrische Strom am menschlichen Körper hervorruft.

1. Schädigungen durch Elektrizität

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen den

1. direkten Folgen des Durchflusses des elektrischen Stromes durch den menschlichen Körper und den
2. indirekten Folgen der Stromeinwirkung.

Dabei ist erneut zu unterteilen in:

- a) Verbrennungen infolge Flambbogenwirkung,
- b) Sturzfolgen (bei Sturz infolge Stromeinwirkung).

Vor allem die Unterscheidung der Sturzfolgen von den Folgen der Durchströmung des menschlichen Körpers durch den elektrischen Strom ist sehr bedeutsam, da sich daraus wichtige Folgerungen für die Art der Hilfeleistung ergeben.

Bei den direkten Schädigungen unterscheiden wir:

1. Die spezifisch elektrische Wirkung. Sie besteht in der Erzeugung eines Krampfes der Skelettmuskulatur, des Herzkammerflimmerns und des Elektroschockes.
2. Die elektrothermische Wirkung infolge Freiwerdens von Wärme durch den elektrischen Strom. Es entstehen Hitzeschäden der durchströmten Gewebe.

3. Die elektrodynamische Wirkung. Diese tritt nur auf beim Blitzschlag und bei der Einwirkung von hochgespannten Starkströmen. Es kommt durch diese Wirkung zur Sprengung und Zertrümmerung von Körperteilen.

4. Strahlenschäden.

Die spezifisch elektrische Wirkung auf den menschlichen Organismus beobachten wir bei jedem elektrischen Unfall. Der elektrische Strom erzeugt während der ganzen Durchströmungsdauer einen Krampf der Skelettmuskulatur.

a) Atemstillstand

Ist auch die Atemmuskulatur betroffen, so kommt es zu einem Atemstillstand während der Durchströmungszeit. Diese Krampfzustände sind meist nicht gefährlich, da ein solcher Atemstillstand ohne Lebensgefahr während einiger Minuten andauern darf, und wie die Erfahrung lehrt, bleibt ein Opfer nur selten längere Zeit in einem Stromkreis eingeschaltet. Aus einer Arbeit von Custer über 295 Hochspannungsunfälle aus dem Verletztengut der SUVA der Jahre 1947—1957 geht hervor, dass ein Atemstillstand lediglich bei 28 Verletzten beobachtet wurde. Sie zeigten kurzdauernde Zustände von etwa 1—5 Minuten, während welchen sie nicht atmeten. Der längste Atemstillstand soll 20 Minuten gedauert haben. Für diese Angaben sind wir aber meist auf Laienaussagen angewiesen. Eine weitere Arbeit aus der SUVA von Bissig berichtet über 426 Fälle Niederspannungs-

unfälle der Jahre 1956 und 1957. Hier ist ein ärztlich beobachteter Atemstillstand nach den Akten nie festgehalten.

b) *Bewusstlosigkeit*

Bewusstlosigkeit tritt nicht nur bei der Durchströmung des Gehirns, sondern auch bei anderen Stromwegen im menschlichen Körper auf. Nach *Custer* wird bei den Hochspannungsunfällen jeder vierte Verunfallte bewusstlos, beim Niederspannungsunfall nach *Bissig* jeder fünfte Verunglückte. Die Bewusstlosigkeit ist eine sehr eindrückliche, sofort auftretende Erscheinung des elektrischen Unfalles und sie gehört in den Rahmen des Elektroschocks. Sie ist vielleicht bedingt durch momentane Störungen im Blutkreislauf oder durch direkte Hirnschädigung. Nach ausländischen Autoren ist die durch die elektrische Durchströmung hervorgerufene Bewusstlosigkeit bei Spannungen unter 1000 Volt in der Regel sehr kurz; Spannungen von mehr als 1000 Volt hingegen können lange Bewusstlosigkeit verursachen. Die Dauer der Bewusstlosigkeit war bei den von *Bissig* beobachteten Niederspannungsverunfallten meist kurz. Bei den 54 Fällen ohne Sturzverletzungen dauerte sie 35 mal weniger als 1 Minute, 9 mal nur wenige Minuten und 10 mal länger als 5 Minuten. Stromdurchfluss am Kopf fand *Bissig* mit Sicherheit nur 2 mal; in beiden Fällen dauerte die Bewusstlosigkeit 20 Minuten. Auch bei den 24 Verletzten, die beim Unfall gestürzt waren, dauerte die Bewusstlosigkeit nur kurze Zeit, und zwar weniger als 1 Minute 12 mal, wenige Minuten 6 mal, länger als 5 Minuten 6 mal. Die Bewusstlosigkeit darf bei diesen 24 Fällen mindestens teilweise als Ausdruck einer Gehirnerschütterung angesehen werden.

c) *Herzstörungen*

Sie sind wohl das interessanteste und praktisch bedeutungsvollste Kapitel der elektrischen Unfälle. Der elektrische Strom führt je nach Grösse der durchfliessenden Stromstärke zu ganz bestimmten Reaktionen. Während es bei Stromstärken unter 25 mA zu keiner direkten Reaktion des Herzens kommt, beobachten wir im Tierexperiment bei Stromstärken von 25 bis 75 mA einen sofortigen Herzstillstand mit Beginn der Durchströmung. Nach Unterbrechung des Stromkreises fängt das Herz vorerst wieder unregelmässig an zu schlagen, um schliesslich nach und nach wieder normal zu funktionieren. Dauert der Stillstand länger als 30 Sekunden an, so kann es zu dem gefürchteten *Herzkammerflimmern* kommen, aber auch *Herzmuskelschädigungen* als Folge dieses vorübergehenden Stillstandes kommen leider nicht selten vor. Besonders charakteristisch und tragisch zugleich kommt die spezifisch elektrische Wirkung des elektrischen Stromes bei Stromstärken von 75 mA bis 3 und 5 A beim Durchfluss durch den menschlichen Körper zum Ausdruck. Ströme dieser Art, dazu gehören vor allem Licht und Kraft, führen schon nach einer Einwirkungsdauer von kaum 1 Sekunde zu Kammerflimmern und damit in der Folge zum Herztod. Unter Kammerflimmern verstehen wir völlig ungeordnete, oberflächliche, rasche Bewegungen des Herzmuskels, die zur Folge haben, dass das Herz nicht mehr richtig als Blutpumpe funktioniert. Ströme von mehr als 5 A verursachen hingegen keinen Herztod mehr, es sei denn, die Durchströmung daure länger an.

Unter 426 Niederspannungsunfällen der Jahre 1956/57 beobachtete *Bissig* bei Überlebenden aus dem Krankengut der SUVA 64 Herzschädigungen, das sind etwa 15,8 % der 404 nicht tödlichen Elektrounfälle. Bei 295 Hochspannungs-

unfällen fand *Custer* in 23 % Herzschädigungen, wobei die Soforttodesfälle nicht berücksichtigt worden sind. Die Prognose dieser Herzschädigungen ist im allgemeinen gut. Es erfolgte meist Heilung nach einigen Wochen oder Monaten, auch wenn in der Herzstromkurve, dem Elektrokardiogramm, Veränderungen festgestellt worden waren.

Nach *Bissig* kamen von 426 Verunfallten in den Jahren 1956/57, die einen elektrischen Unfall an Niederspannungsanlagen erlitten, 22 Versicherte ums Leben; das sind 5,2 % aller von einem Niederspannungsunfall betroffenen Patienten. Der Tod trat in allen Fällen, mit Ausnahme eines durch einen Sturz schwer Verletzten, der 2 Stunden nach dem Unfall starb, rasch ein. 17 mal erfolgte der Tod wahrscheinlich durch Herzkammerflimmern. Ein Todesfall ist besonders eindrücklich, weil er mit einer Spannung von nur 103 Volt zustande kam. Nach den Akten müssen wir bei 19 Todesfällen, die an Niederspannungsanlagen aufgetreten sind, auf sofortigen Atemstillstand schliessen.

Aus einer eigenen Arbeit über tödliche Elektrounfälle an Hochspannungsanlagen geht hervor, dass in den Jahren 1947—1961 an Hochspannungsanlagen 103 Versicherte tödlich verunfallten. Davon handelt es sich in 76 Fällen um Soforttodesfälle und in 22 Fällen um Spättodesfälle. Von den 76 Soforttodesfällen sind wahrscheinlich 62 bedingt durch einen Herztod.

2. Hilfeleistung

Zur Hilfeleistung bei Elektroverunfallten, die von Herzkammerflimmern und von einem Kreislaufstillstand betroffen worden sind, ist es sehr wichtig, zu wissen, ob vielleicht lediglich eine Bewusstlosigkeit vorliegt, die infolge Durchströmung des Gehirns oder durch andere Mechanismen bedingt ist, oder ob ein Atemstillstand vorhanden ist oder gar ein Atemstillstand mit Stillstand des Kreislaufes. In der Aufregung anlässlich eines Unfalles kann dies auch der Arzt nicht immer mit Sicherheit entscheiden.

Bei *Bewusstlosigkeit* kann sich der Helfer mit dem Verunglückten nicht mehr verständigen. Er bekommt keine Antwort auf Fragen. Die Atmung ist aber sichtbar durch Heben und Senken des Brustkorbes oder durch Atembewegungen an Mund oder Nase. Der Pulsschlag ist ebenfalls vorhanden; er kann ohne Hilfsmittel festgestellt werden an der Daumenseite des Handgelenkes oder an einer Halsseite. Ein Verunglückter mit *Atemstillstand* wird immer bewusstlos sein. Die Bewusstlosigkeit steht somit auch hier im Vordergrund der Wahrnehmung; um so wichtiger ist es für den Helfer und sein Vorgehen, festzustellen, ob auch ein Atemstillstand vorliegt. Sodann ist es bekannt, wie schwer letzte Reste von Aktionen des Blutkreislaufes festzustellen sind, und wie schliesslich nur die Herzstromkurve, das Elektrokardiogramm, die Wahrscheinlichkeit eines *Herzstillstandes* nachweisen kann.

a) *Mundbeatmung*

Bei der *Wiederbelebung* ist nur eine Methode zu empfehlen, die erfolgreich, von jedermann leicht erlernbar und auf alle Arten von Kreislaufstillstand und Atemstillstand anwendbar ist; sie ist ferner ohne Hilfsmittel durchführbar und kann von jedermann mühelos angewendet werden.

Es hat sich gezeigt, dass die bisher instruierten ersten Hilfemassnahmen, wie die künstliche Beatmung nach *Sylvester* oder nach *Schäfer* wie auch diejenige nach *Holger-Nielsen*

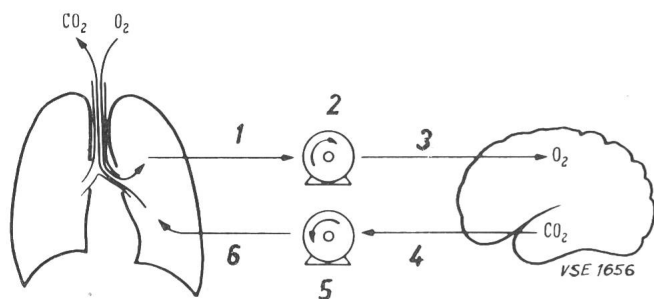


Fig. 1

Atmung und Kreislauf sind hintereinander geschaltete Transportsysteme, Austausch von O_2 und CO_2 in den Lungen und im Gehirn

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1 Lungenvenen (Blutadern) | 4 Blutadern |
| 2 linkes Herz | 5 rechtes Herz |
| 3 Arterien, Schlagadern | 6 Lungenarterien (Schlagadern) |

beim Elektroverunfallten mit Kreislaufstillstand zu keinen Erfolgen geführt haben. Auch bei anderen Unfällen, die einen Atemstillstand zur Folge haben, wie zum Beispiel beim Ertrinken oder bei Gasvergiftung, erwies es sich, dass die Beatmungsmethoden, bei denen versucht wird, durch Einwirkung auf den Brustkorb eine Lungenventilation hervorzubringen, mehr oder weniger unwirksam waren. Untersuchungen über die Atemfunktion zuerst in Amerika haben schon 1951 gezeigt, dass die *Beatmung mit dem Mund allen anderen Methoden überlegen sei*. Als wichtigste Forderung einer wirksamen Beatmung wurde ausser der experimentell bewiesenen Durchlüftung der Lungen das dauernde Freihalten der Luftwege verlangt, eine Bedingung, die die traditionellen manuellen Methoden nicht oder nur ungenügend erfüllten. Erst in den letzten Jahren wurde dann die Wirksamkeit der Beatmung mit dem Mund wissenschaftlich gründlich abgeklärt. Diese Untersuchungen ergaben unter anderem, dass die Ausatemluft, die noch 16 % Sauerstoff enthält (Einatemluft 21 %) genügend Sauerstoff enthält für die Beatmung eines Verunfallten. Dem Opfer wird ausserdem eine verhältnismässig grosse Menge unverbrauchter Luft eingeblasen, da der Helfer während der Beatmung auch seinen eigenen Totraum, das heisst die mit Frischluft gefüllten Luftwege, etwas vergrössert; im zuerst eingeblasenen Anteil der Beatmungsluft befindet sich diese unverbrauchte Frischluft (Fig. 1).

Vergleichsweise sei daran erinnert, wie man durch Anblasen mit Ausatemluft ein schwelendes Feuer zu lodernen Flammen entfachen kann. In ähnlicher Weise können beim Erlöschen des Lebens diese Verbrennungsvorgänge im menschlichen Organismus durch den in der Ausatemluft noch reichlich vorhandenen Sauerstoff, wenn sie rasch und wiederholt eingeblasen wird, neu entfacht werden. Die Beatmung mit dem Mund kann auch trotz Brustkorbverletzungen, zum Beispiel bei Rippenbrüchen und bei Armverletzungen, sowie in Seitenlage, zum Beispiel auf dem Transport, vorgenommen werden. Sie ist auch durch einen nicht-ärztlichen Helfer überall mit Leichtigkeit auszuführen und sie kann jederzeit sofort angewendet werden. Wenn die Beatmung mit dem Mund aus irgendeinem Grunde nicht ausgeführt werden kann (zum Beispiel psychische Hemmungen, schwere Gesichtsverletzungen) wird wie bisher nach einer der traditionellen Beatmungsmethoden in Rückenlage beatmet, wobei aber die Gefahr, dass die oberen Atemwege nicht mehr frei sind, in Kauf genommen werden muss (Fig. 2).

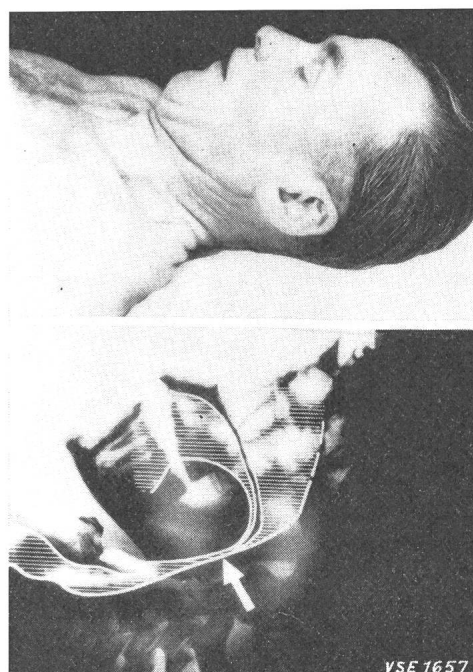


Fig. 2

Oben: Verlegung der Luftwege durch Zurückfallen des Unterkiefers samt Zunge und damit Gefährdung der Atmung in bewusstlosem Zustand, vor allem in Rückenlage

Unten: Röntgenbild des Kopfes und Halses im Pfeilschnitt. Tiefere, verlegte Luftwege weiss eingzeichnet

Die Mundbeatmung durch die Nase weist Vorteile auf. Normalerweise ist der Luftweg durch die beiden Nasenöffnungen mindestens bis zum Rachen frei (Fig. 3). Es gibt nur wenige Menschen, bei denen der Weg durch die Nase ständig verlegt ist und die infolgedessen durch den Mund atmen müssen.

Alle bisher gebräuchlichen Beatmungstechniken durch Einblasung sind übrigens Beatmungen ausschliesslich durch die Nase, da man sowohl bei Beatmungen während der Narkose wie auch beim Beatmungsbeutel und bei einem automatischen Gerät, zum Beispiel dem Pulmotor, eine Gesichtsmaske aufsetzt und dabei gleichzeitig zur Streckung der oberen Atemwege den Kiefer nach vorn hält, wobei der Mund geschlossen wird (Fig. 4).

Die Hände des Helfers bleiben ausschliesslich für die richtige Kopf- und Kieferhaltung des Opfers frei. Mit der einen, über dem Scheitel angreifenden Hand wird der Kopf etwas nach hinten gehalten, wodurch die Voraussetzung geschaffen ist für die Streckung der oberen Luftwege, welche mit der anderen, flach unter dem Kiefer angelegten Hand gesichert wird, die Unterkiefer, Mundboden und Zunge miteinander nach vorn schiebt. Bei praktischen Übungen an Bewusstlosen mit verschiedenen Helfern hat es sich gezeigt, dass die wirkungsvolle Beatmung durch die Nase im allgemeinen leichter gelingt als durch den Mund. Ausserdem schienen die psychologischen Hemmungen, die bei der Beatmung mit dem Mund naturgemäss zu überwinden sind, geringer zu sein. Bei verlegter Nase wird natürlich durch den Mund beatmet.

Vor der *Einführung irgendeines Instrumentes*, wie beispielsweise eines Gummirohres oder eines Mund-Rachentubus oder von anderen Hilfsmitteln in den Mund durch nicht ärztliche Helfer ist zu warnen, da damit Zeit verloren geht, Verletzungen gesetzt werden können und beim nicht

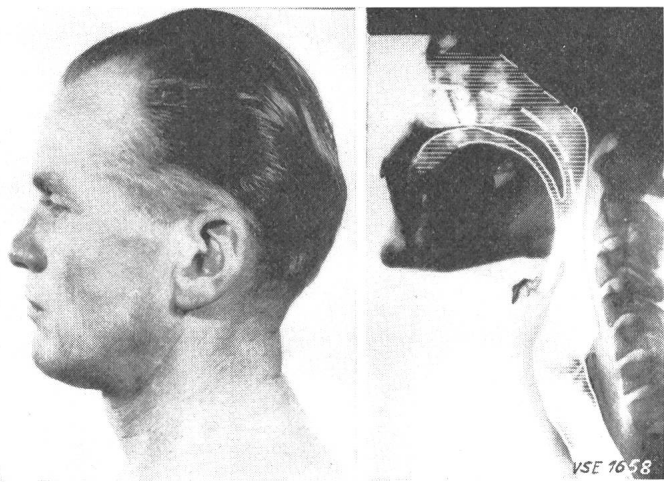


Fig. 3

Normale Position von Unterkiefer und Zunge. Die Luft passiert frei durch die Nase, den Mund und den Rachen bis in die Luftröhre

Rechts: Röntgenbild des Kopfes und Halses im Pfeilschnitt. Tiefere, durchgehende Luftwege weiss eingezeichnet

tief Bewusstlosen Erbrechen (Aspirationsgefahr) ausgelöst werden kann.

Dagegen können, um einen direkten Kontakt zu vermeiden, über Nase und Mund des Verunfallten ein Taschentuch oder einige Lagen Verbandgaze gelegt werden.

b) Äussere Herzmassage

Wie schon erwähnt, ist der Atemstillstand ohne Kreislaufstillstand beim schweren Elektrounfall ein äusserst seltenes Ereignis. Im Vordergrund steht beim Elektrounfall der Kreislaufstillstand infolge Herzkammerflimmerns und Herzstillstand. Mit der Beatmung allein kann nun ein Herzkammerflimmern oder ein Herz- und Zirkulationsstillstand nicht behoben werden. Die Beatmung ist lediglich als ein zusätzliches Hilfsmittel bei der Wiederbelebung des Herzens ge-



Fig. 4

Oben: Freilegen der Atemwege

Freimachen des Zugangs zu den tieferen Luftwegen von der zusammen mit dem Unterkiefer zurückgefallenen Zunge durch Zurückbeugen des Kopfes und Andrücken des Unterkiefers an den Oberkiefer

Unten: Röntgenbild mit weiss eingezeichneten, geöffneten, tieferen Luftwegen



Fig. 5

Wiederbelebung des Herzens durch äussere Herzmassage nach Kouwenhóven, kombiniert mit Mundbeatmung (Phase des Lufteinblasens)

dacht. Im Jahre 1960 veröffentlichte *Kouwenhoven* in Amerika eine neue Technik der Wiederbelebung des Herzens, die sogenannte äussere Herzmassage durch Thoraxkompression, d. h. durch Zusammendrücken des Brustkorbes. Sie wurde von einer grossen Anzahl von Anästhesieärzten in das Programm ihrer ersten Hilfemassnahmen bei Operations- und Narkosezwischenfällen aufgenommen und sie hat sich in den letzten Jahren bei derartigen Ereignissen in Spitälern auch bewährt. Es ist naheliegend, dass die Mitglieder der Ärztekommision des VSE zum Studium der Elektrounfälle, denen die Ausarbeitung der Anleitung zu den ersten Hilfemassnahmen beim Elektrounfall aufgetragen war, sich sehr eingehend mit der Frage der Übernahme der externen Herzmassage nach *Kouwenhoven* in diese Anleitung befasst haben. Vor allem von seiten der Ärzte, die sich in Spitälern mit der Wiederbelebung befassen, d. h. den Anästhesisten, wurden und werden auch heute noch beträchtliche Bedenken darüber geäussert, dass man beabsichtigt, diese Wiederbelebungsmethode des Herzens einem nichtärztlichen Helfer beizubringen. Es ist zuzugeben, dass die Wiederbelebung durch die Thoraxkompression nicht ganz ungefährlich ist, wenn sie nicht richtig ausgeführt wird. Bei fehlerhafter Anwendung kann es vor allem bei Kindern zu Zerreiung der Leber kommen. Ältere Leute sind gefährdet durch mögliche Rippenbrüche,



Fig. 6

Wiederbelebung des Herzens durch äussere Herzmassage nach Kouwenhóven, kombiniert mit Mundbeatmung (Ausatmungsphase)

Links oben: richtige Stellung der Hände und der Finger über dem Brustbein des Verunfallten

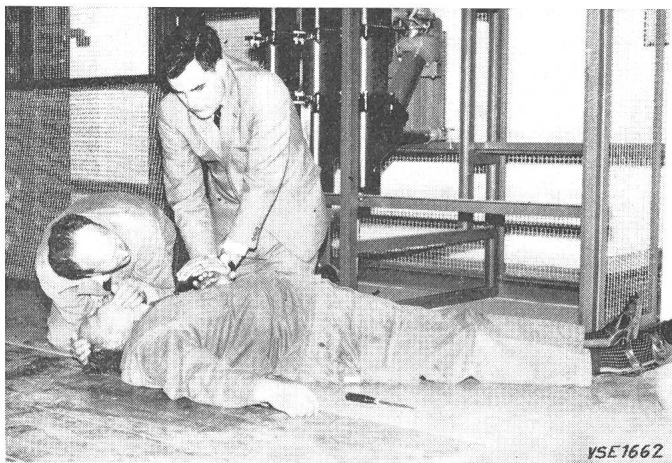


Fig. 7

Hilfeleistung durch äussere Herzmassage und Mundbeatmung bei Kreislaufstillstand

wobei das Brust- oder Lungenfell, die Pleura, verletzt werden kann. Dies führte unter Umständen zu schweren Störungen der Atemfunktion, besonders wenn die Verletzung bei einem Patienten gesetzt würde, der gar nicht an einem Atem- oder Kreislaufstillstand gelitten hätte.

In Anbetracht dessen, dass der Helfer beim Elektrounfall, für den die Anleitung zur ersten Hilfe verfasst ist, der Elektromonteur oder der Angehörige des Personals eines Elektrizitätswerkes in der ersten Hilfeleistung eine gute Grundausbildung besitzt und diese Kenntnisse auch periodisch wieder aufgefrischt werden, hat die Ärztekommision, trotz der erwähnten Bedenken, die Wiederbelebungsverfahren des Herzens nach *Kouwenhoven* in die Instruktionen aufgenommen.

Wie schon erwähnt, soll die äussere Herzmassage nur durchgeführt werden bei einem Kreislaufstillstand. Man erkennt diesen am Fehlen von Puls und Atmung, den erweiterten oder reaktionslosen Pupillen und an der blassen oder bläulichen Verfärbung der Haut.

Der Verunfallte muss zur Durchführung der Herzmassage auf einer harten Unterlage gelagert sein, d. h. am besten auf dem gewöhnlichen Boden. Er soll nicht auf ein Bett oder einen Couch gebracht werden, es bedeutete dies einen Zeitverlust. Bett und Couch würden nachgeben und somit wäre ein wirksames Zusammendrücken des Brustkorbes nicht mehr gewährleistet.

Der Helfer kniet neben dem Verunfallten und drückt mit den Handwurzeln der übereinandergelegten Hände, unterstützt durch das Gewicht seines Körpers, vertikal mit starken Stössen, rhythmisch gegen das untere Drittel des Brustbeins. Ein Abgleiten der Hände gegen den Oberbauch, neben das Brustbein, sowie jeglicher Druck mit den Fingern auf die Rippen sind zu vermeiden, damit Leber- und Rippenverletzungen verhindert werden. Pro Minute werden etwa 70—90 Massagestösse angewendet. Dabei kann in der Regel ein fühlbarer Puls an der Halsschlagader oder an der Arterie an der Daumenseite des Handgelenkes erzeugt werden. Die gleichzeitig durchgeführte Beatmung ist unerlässlich. Auch der einzelne Helfer kann abwechslungsweise beatmen und den Brustkorb zusammendrücken. Wesentlich leichter geht es natürlich, wenn zwei Helfer die Wiederbelebung durchführen (Fig. 5...7).

Mit dieser äusseren Herzmassage kann unter Umständen der schwere Zustand des Kreislaufstillstandes überbrückt

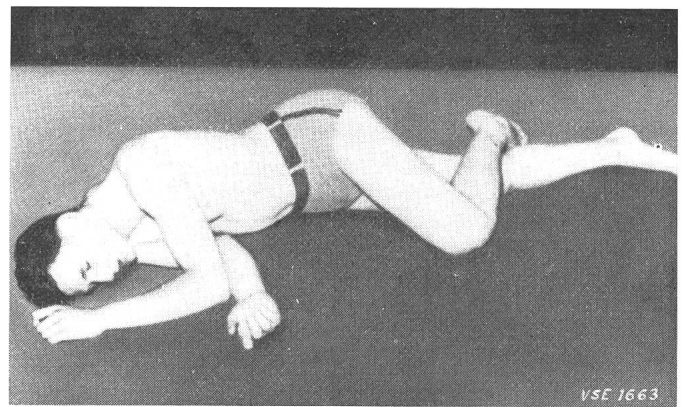


Fig. 8

Seitenlagerung des Verunfallten zur Verminderung der Gefahr des Eindringens von Blut und Erbrochenem in die Lungen

werden, bis der Verunfallte im Spital eingeliefert ist, wo vielleicht durch Entflimmern des Herzens bei geschlossenem Brustkorb oder durch operatives Eröffnen des Brustkorbes und manuelle Herzmassage die Weiterbehandlung des Kreislaufstillstandes erfolgt.

Ein akuter Kreislaufstillstand sollte im Verlaufe von 4—5 Minuten durch äussere Herzmassage behandelt werden. Ist dies nicht der Fall, so entstehen vor allem am Gehirn Schäden, von denen es sich nicht mehr erholt.

Bei der neuen Technik der äusseren Herzmassage durch Thoraxkompression und der Mund- zu Nasebeatmung sind umständliche und zeitraubende Vorbereitungen als Einleitung zu den Wiederbelebungsmaßnahmen, wie Ausschütteln des Verunfallten, Hervorziehen und Festhalten der Zunge, Aufknöpfen des Kragens, Lösen des Leibgurtes nicht mehr notwendig. Um dem Verunfallten zur erfolgreichen Wiederbelebung und zum Überleben überhaupt eine Chance zu geben, sollten diese Präliminarien völlig ausser Acht gelassen werden, sofern die Atemwege frei sind. Es soll *sofort* nach der Bergung mit der Beatmung und der Wiederbelebung des Herzens begonnen werden, wenn die Anzeige dazu gestellt ist.

Eine Wiederbelebung im Spital ist möglich. Es sind uns im Verlauf der letzten Jahre zwei Elektroverunfallte bekannt geworden, von denen der eine nach Eröffnung des Brustkorbes im Spital und durch manuelle Herzmassage 3 Stunden und der zweite 18 Stunden überlebte, ohne dass vorher eine externe Herzmassage ausgeführt worden wäre. Eine dauernde Wiederbelebung bei Herzkammerflimmern und Kreislaufstillstand nach Elektrounfall ist uns nun allerdings nicht bekannt. Durch Anwendung der äusseren Herzmassage, kombiniert mit der Beatmung durch den Mund sofort im Anschluss an den Unfall, werden aber die Voraussetzungen für das Gelingen einer endgültigen Wiederbelebung beim Elektroverunfallten verbessert. Mehr können und dürfen wir von unseren Hilfeleistungsmassnahmen bei Kreislaufstillstand nach Einwirkung des elektrischen Stromes nicht erwarten.

c) Alkalibehandlung

Nun zur *Alkalibehandlung* des Verunfallten, der einen schweren Hochspannungsunfall erlitten hat.

Infolge des Durchflusses des hochgespannten Starkstromes durch den menschlichen Körper wird vor allem die Skelettmuskulatur geschädigt. Dadurch kommt es eine gewisse Zeit nach dem Unfall zu einem Schockzustand. Dieser

bedeutet eine schwere Beeinträchtigung der Blutzirkulation infolge des Austrittes von Blutflüssigkeit aus der Blutbahn ins Gewebe. Die Folge davon ist eine Bluteindickung, was zu einer schweren allgemeinen Störung in der Blutversorgung des ganzen Körpers führt.

Die Schädigung der Skelettmuskulatur durch hochgespannten Strom bewirkt auch den Austritt von Muskelfarbstoff, dem Myoglobin, aus der Muskulatur. Dieses Myoglobin muss durch die Nieren wieder ausgeschieden werden. Der Schock und die Myoglobinüberschwemmung des Körpers kann und soll durch Flüssigkeitszufuhr bekämpft werden. Das Myoglobin schädigt die Nieren, und zwar wurde in einer ganzen Reihe von Tierversuchen, die im Pharmakologischen Institut der Universität Zürich durchgeführt wurden, gezeigt, dass die Nieren schwerer geschädigt würden, wenn der Urin eine saure Reaktion aufweise, als wenn er alkalisch sei.

Aus diesem Grunde ist der Flüssigkeit, die der Hochspannungsverunfallte trinken soll, *Natriumbikarbonat* beizugeben. Die ganze Stoffwechsellage des Körpers wird dadurch gegen die alkalische Seite hin verschoben, und das Myoglobin im alkalischen Urin ausgeschieden.

Von anderen Forschern, die sich vor allem mit der Behandlung von Verbrennungsschäden befassen, wird als erste Hilfe bei Verbrennungen das Trinken der sogenannten *Haldane-Lösung* empfohlen. Es handelt sich ebenfalls um eine alkalische Lösung, der noch Kochsalz beizugeben ist. Im Prinzip verfolgen das Trinkenlassen der Natriumbikarbonatlösung und der Haldanelösung die gleichen Ziele, d. h.

1. Ersatz des durch die Verbrennung und Hitzeschädigung der Muskulatur und anderer Gewebe verursachten Flüssigkeitsverlustes,

2. Alkalisierung des Blutes der Gewebeflüssigkeit und des Urins, damit eine geringere Schädigung der Nieren bei der Ausscheidung der Verbrennungsprodukte, wie auch des Myoglobins, resultiert.

Aus diesen Gründen hat die Ärztekommision zum Studium der Elektrounfälle sich entschlossen, sowohl die Alkali-therapie wie bisher, als auch die Haldanelösung als erste Hilfeleistung bei schweren Hochspannungsunfällen, die mit Verbrennung der Skelettmuskulatur aber auch mit Flammenbogenverletzungen einhergehen, zu empfehlen. Es kann, je nachdem was momentan zur Verfügung steht, die eine oder die andere alkalische Lösung dem Verunfallten zu trinken gegeben werden, natürlich unter der Voraussetzung, dass er nicht bewusstlos ist. Diese Regel hat ja schon immer gegolten. Wenn man einem Bewusstlosen Flüssigkeit ein-

flösst, kann es zu schwerem Verschlucken kommen, d. h. die Flüssigkeit gerät in die Atemwege, verursacht dort Störungen der Atemtätigkeit. Überlebt der Verunfallte diese, dann entwickelt sich infolge der Flüssigkeit in der Lunge die sogenannte *Aspirationspneumonie*, d. h. eine Lungenentzündung nach Verschlucken, die eine schwere Komplikation im Verlaufe der Verbrennungskrankheit nach Einwirkung des hochgespannten Stromes darstellt.

d) Transport eines Verunfallten

Wird der Transport durch geübtes Sanitätspersonal, z. B. des Sanitätskorps in einer Stadt ausgeführt, dann werden die Transportprobleme durch dieses gelöst; anders aber ist es beim Transport aus abgelegenen Gebieten. Hier muss der Arbeitskamerad, der Elektro- und der Linienmonteur über diese Dinge ebenfalls Bescheid wissen. Die Hauptsorge auf dem Transport gilt der Atmung. Dies betrifft sowohl den Hochspannungsverletzten wie den Sturzverletzten. Atemstörungen auf dem Transport können durch Blutung in die Lungen, z. B. bei Schädel- oder Brustverletzungen, oder durch Erbrechen und Verlegung der Atemwege beim Bewusstlosen auftreten. Schwellungen im Gesicht und im Bereiche der oberen Luftwege beim Verbrannten entwickeln sich nicht so rasch, als dass sie schon auf dem Transport zu befürchten wären.

Blutung in die Lungen und Verlegen der Atemwege durch Erbrochenes können durch *Seitenlagerung* des Verunfallten wirksam bekämpft werden (Fig. 8).

Bei der Seitenlagerung tritt das Erbrochene durch den Mund nach aussen, gelangt nicht in den Kehlkopf und nicht in die Luftröhre, sodann bleibt bei einer Blutung in die Lungen zum allermindesten eine Lunge während einer längeren Zeit verschont.

Über die erste Hilfe bei Blutungen, Wunden und Verbrennungen möchte ich mich nicht weiter verbreiten. Sie werden in Samariterkursen zur Genüge behandelt; Grundlegendes hat sich in diesen Belangen auch nicht geändert.

Meine Ausführungen zielten darauf ab, Ihnen die neu in die Instruktionen zur ersten Hilfeleistung aufgenommenen Wiederbelebungsverfahren, die Mundbeatmung und die äussere Herzmassage durch Thoraxkompression näherzubringen.

(Literaturverzeichnis beim Verfasser einzusehen.)

Adresse des Autors:

PD Dr. med. E. Baur, Arzt der Zentralverwaltung der Schweiz, Unfallversicherungsanstalt, Luzern, Mitglied der Ärztekommision des VSE zum Studium der Starkstromunfälle.

Aus dem Kraftwerkbau

Kollaudation des Kraftwerkes Obermatt

Im Mai fand die Einweihung der ausgebauten Kraftwerk-anlagen Obermatt-Engelberg der Elektrizitätswerk Luzern-Engelberg A.-G. statt. S. Gn. *Leonhard Bösch*, Abt des Stiftes Engelberg, übergab mit dem kirchlichen Segen das Werk seiner Bestimmung. Der Präsident des Verwaltungsrates, Herr Stadtrat *Hodel*, Luzern, schilderte in seiner Ansprache die Entwicklung des Werkes bis zum heutigen Stand.

Es folgte die Besichtigung des umgebauten Maschinenhauses Obermatt mit den zwei alten, mit neuen Statoren ausgerüsteten Maschinengruppen von je 3000 kW, bestehend aus je einer Pelton-turbine und einem Generator, den zwei neuen Gruppen von

zusammen rund 23 200 kW und der Bahngruppe von 600 kW, sowie des neuen Nebenkraftwerkes mit seinen rund 1900 kW, das das Gefälle zwischen Maschinenhaus und Ausgleichsbecken des Kraftwerkes Dallenwil ausnützt. Die Bahngruppe wird nächstes Jahr mit einem neuen Generator von ca. 1400 kW, 16²/₃ Hz für die Speisung der Stansstad-Engelberg-Bahn ausgerüstet. Dieser Um- und Neubau gestattet eine Mehrleistung von 19 900 kW und eine Mehrproduktion von 58 GWh pro Jahr.

Bei einer maximal möglichen Leistung von rund 36 000 kW wird die Anlage nach ihrer Fertigstellung, d. h. nach Fassung des Arni- und Trüebenbaches und Erstellung des Kraftwerkes Arni, eine mittlere Energieproduktion von total 138 Millionen kWh im Jahr, wovon 30 Millionen kWh im Winter, aufweisen.