

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 45 (1954)
Heft: 19

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 03.04.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Der Starkstromunfall

Bericht über die Diskussionsversammlungen des VSE vom 26. Februar 1953 in Zürich und vom 12. März 1953 in Lausanne

614.825(494)

Zweck dieser Tagung war in erster Linie, die Teilnehmer über die medizinische Forschung zur Rettung der Opfer von Starkstromunfällen sowie über die damit verbundenen rechtlichen und sozialen Fragen zu unterrichten. Über die neueste, von der Ärztekommision des SEV und VSE veranlasste Forschung ist schon verschiedentlich berichtet worden, doch schien es angezeigt, einmal einen Gesamtüberblick über den heutigen Stand des Problems zu geben.

Als erstes Thema kam die Bedeutung der Starkstromunfälle in der Schweiz zur Sprache, wobei namentlich auf die Erfolge der Bemühungen zur Verhütung solcher Unfälle hingewiesen wurde. Anschliessend referierte Herr Dr. med. R. Fröhlicher,

Zollikon, Forschungsarzt der Aerztekommission des SEV und VSE zum Studium der Starkstromunfälle, über die Ergebnisse seiner Forschungen sowie über seine Erfahrungen bei deren praktischen Anwendungen. In einem weiteren Referat wurden die Teilnehmer über Rechts- und Versicherungsfragen im Zusammenhang mit Starkstromunfällen orientiert. Als Übergang zur Diskussion, die rege verlief, wurde über die praktischen Erfahrungen mit modernen Behandlungsmethoden bei Starkstromunfällen berichtet.

Die erwähnten Referate sind nachstehend in leicht gekürzter Form wiedergegeben. Den Abschluss bildet eine Zusammenfassung der Diskussionen beider Veranstaltungen.

Die Verhütung von elektrischen Unfällen in elektrischen Anlagen

von F. Sibling, Zürich

Zuerst zeigt der Verfasser, an Hand der Statistiken des eidg. Starkstrominspektorates, dass die Bestrebungen zur Verhütung elektrischer Unfälle von Erfolg gekrönt wurden; die Zahl der tödlichen Unfälle ist seit 1915 praktisch konstant geblieben, trotz einem riesigen Anstieg des Verbrauchs an elektrischer Energie. Einige Beispiele veranschaulichen typische Unfallsursachen.

L'auteur rappelle tout d'abord, sur la base du matériel statistique rassemblé par l'Inspektorat fédéral des installations à courant fort, le succès qui a couronné les efforts entrepris dans le but de prévenir les accidents dus au courant fort; le nombre d'accidents mortels est resté à peu près constant depuis 1915, ceci malgré l'énorme augmentation de la consommation d'énergie électrique. Quelques exemples illustrent ensuite les causes d'accident les plus typiques.

Durchgeht man die Statistik der Starkstromunfälle in der Schweiz, die das Starkstrominspektorat alljährlich veröffentlicht, so darf mit Recht gesagt werden, dass die Bestrebungen zur Verhütung elektrischer Unfälle von Erfolg gekrönt wurden. Dies veranschaulicht am besten Fig. 1, in welcher einerseits die Entwicklung der Energieerzeugung der schweizerischen Elektrizitätswerke (ohne Bahnkraftwerke) und des Anschlusswertes der Energieverbraucher, andererseits die Zahlen der vorgekommenen Starkstromunfälle graphisch dargestellt sind. Zur Vereinfachung sind die Unfallzahlen als Jahresmittel über Perioden von je 5 Jahren eingetragen. Wie das Bild zeigt, haben sich die tödlichen Unfälle seit 1915 nur ganz unwesentlich erhöht, obwohl in der Zwischenzeit der Anschlusswert der Energieverbraucher von rund 700 000 kW auf über 10 Millionen kW, d. h. auf den fünfzehnfachen Betrag, und die Energieerzeugung von ungefähr 1,5 Milliarden kWh auf rund 12 Milliarden kWh angestiegen ist. Eine Ausnahme bildete das Jahr 1950, wo 44 tödliche Personenunfälle zu ver-

zeichnen waren, davon allein 27 mit der Normalspannung von 220 V und 9 mit Niederspannungen von 250, 380 und 500 V.

Aus den Statistiken ergibt sich allerdings eine starke Zunahme der Starkstromunfälle, die zu Verletzungen führten. Diese Zunahme entspricht indessen nur teilweise den wirklichen Verhältnissen, indem sie zum grossen Teil davon herrührt, dass dem Starkstrominspektorat seit ungefähr 1920, als die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) ihre Tätigkeit aufnahm, viel mehr Fälle von Verletzungen gemeldet wurden als früher. Seit einigen Jahren erhält das Inspektorat sogar von allen Vorkommnissen Kenntnis, die mit Starkstrom zusammenhängen und zu einer Anzeige an die SUVA führen. Die scheinbar starke Zunahme läuft also zum überwiegenden Teil auf ein genaueres Erfassen jener Unfälle, die nur Flambogenverbrennungen oder leichtere Stromverbrennungen bewirkten, hinaus.

Einen interessanten Überblick über die Starkstromunfälle während der letzten 20 Jahre bieten

die Tabellen I und II. Wie aus Tabelle I hervorgeht, wurden die Todesfälle ungefähr zur Hälfte durch Niederspannungen von weniger als 250 V hervorgerufen, und zwar hauptsächlich durch die Phasenspannung in Netzen mit der Normalspannung von 220/380 V. Dabei ist in Betracht zu ziehen, dass heute ungefähr 80 % der Abonnenten mit der Normalspannung von 220/380 V bedient werden, wenn man von den industriellen 500-V-Netzen absieht.

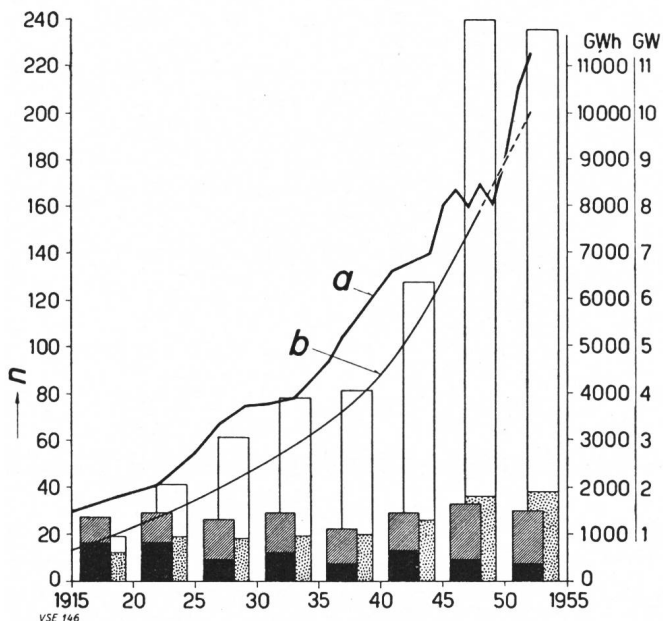
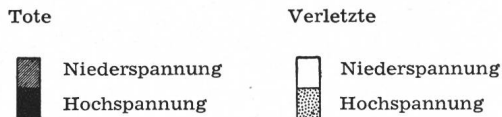


Fig. 1

Energieerzeugung, Anschlusswert der Energieverbraucher und Starkstromunfälle in der Schweiz seit 1915

a jährliche Energieerzeugung; b Anschlusswert der Energieverbraucher; n Anzahl der Unfälle



Da die tödlichen Unfälle mit Niederspannung überwiegen, ist es nicht verwunderlich, dass, wie Tabelle II zeigt, mehr Drittpersonen durch die Einwirkung von Elektrizität getötet wurden als eigentliche Fachleute. Leider fallen auch jedes Jahr 2...3 Kinder der Berührung von spannungsführenden Apparate- oder Anlageteilen zum Opfer.

Zahl der Unfälle während der letzten 20 Jahre unterteilt nach der wirksamen Spannung

Tabelle I

Wirksame Spannung	Anzahl Verunfallte		
	Tote	Verletzte	Total
0... 250 V	299	1456	1755
251... 1 000 V	86	799	885
1001...10 000 V	100	314	414
über 10 000 V	98	214	312
Total	583	2783	3366

Bemerkenswert ist ferner die Zusammenstellung von Fig. 2, wo gezeigt wird, wie sich die Unfälle im gleichen Zeitraum von 20 Jahren auf die verschiedenen Jahreszeiten bzw. Monate verteilen. Bekannt-

Zahl der Unfälle während der letzten 20 Jahre unterteilt nach Berufsarten

Tabelle II

Beruf	Anzahl Verunfallte		
	Tote	Verletzte	Total
Fachleute	217	1336	1553
davon: Maschinisten und Anlagewärter	26	149	175
Monteure und Hilfsmonteure	143	1057	1200
Drittpersonen	366	1447	1813
davon: Fabrikarbeiter	68	760	828
Bauarbeiter	69	305	375
Kinder	50	50	100
Total	583	2783	3366

lich gilt das Ohmsche Gesetz auch beim Übertritt des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper. Der grösste Teil des Körperwiderstandes liegt in der Haut; er ist aber sehr stark abhängig vom Zustand der Haut, d. h. bedeutend geringer, wenn die Haut feucht oder nass ist, als wenn ein spannungsführender Teil mit einer von trockener Hornhaut bedeckten Hand erfasst oder berührt wird. Damit erklärt sich die Tatsache, dass in den Sommermonaten, wenn die Leute Schwitzen und auch sonst infolge der Hitze leichter ermüden, bedeutend mehr tödliche Unfälle vorkommen als in der kälteren Jahreshälfte. Die beiden Monate Juni und Juli weisen zusammen etwa doppelt so viele tödliche Unfälle auf, wie die vier Wintermonate umfassende Periode vom 1. November bis 28. Februar.

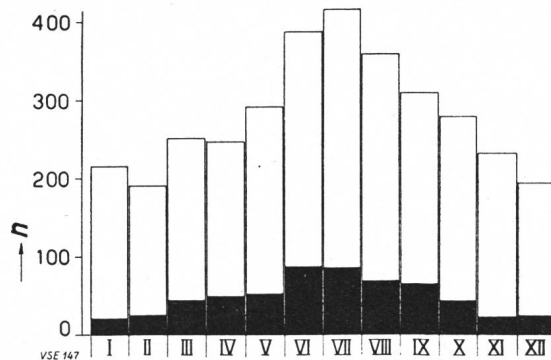
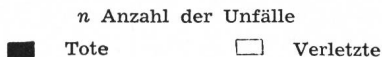


Fig. 2

Monatliche Verteilung der während der letzten 20 Jahre vorgekommenen Unfälle



In den Niederspannungsanlagen der Abonnenten sind es bekanntlich vor allem die mangelhaften Schnurlampen und die ungeerdeten Elektrohandwerkzeuge, die die Unfallstatistik stark belasten. In den letzten 20 Jahren wurden 84 Personen getötet, weil sie gewöhnliche Metallfassungen oder, wenn auch vereinzelt, metallene Stehlampen als tragbare Schnurlampen in Räumen mit leitendem Fussboden oder im Freien benützten. Weitere 46 Personen fanden im gleichen Zeitraum den Tod mit Elektrohandwerkzeugen, die entweder nicht für die Erdung eingerichtet waren oder ungeerdert an zweipolige Steckdosen, an Fassungssteckdosen oder über zwei-

adriges Verlängerungssehnüre angeschlossen wurden, oder schliesslich unterbrochene Erdleitungen oder Schutzerdungen mit zu hohen Widerständen aufwiesen. Um diesen Schadenereignissen besser zu begegnen, hat das Starkstrominspektorat schon vor einigen Jahren Aufklärungszirkulare über die Gefahren von ungeeigneten Schnurlampen und über die notwendigen Sicherheitsmassnahmen beim Gebrauch von Elektrohandwerkzeugen herausgegeben. Diese Aufklärungszirkulare stehen den Elektrizitätswerken weiterhin zur Verteilung an ihre Abonnenten zur Verfügung.

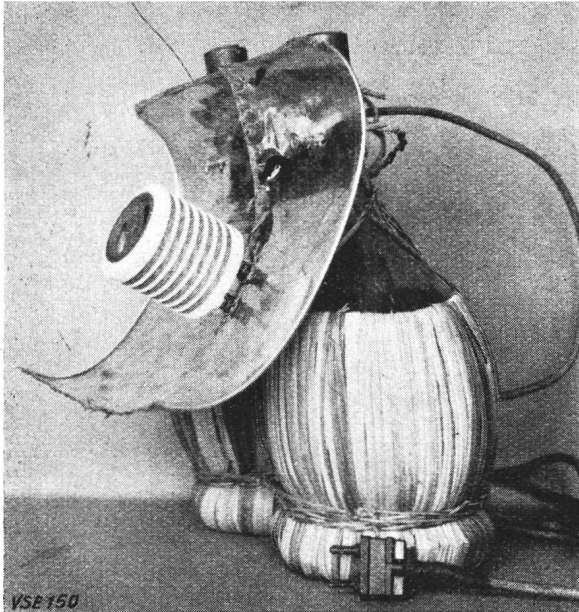


Fig. 3

Ein von einem Bastler in äusserst primitiver Art hergestellter elektrischer Strahler

Der unvorsichtige Bastler fand den Tod beim Ergreifen des Strahlers aus seiner Badewanne. Wirksame Spannung: 220 V

Ziemlich vereinzelt bleiben die Unfälle mit elektrischen Apparaten, die von Bastlern selbst hergestellt wurden. Ein besonders interessantes Unfallobjekt zeigt Fig. 3, nämlich einen von einem Fachmann der Schwachstrombranche in äusserst primitiver Art hergestellten elektrischen Strahler. Der unvorsichtige Bastler fand den Tod, als er das Badezimmer mit dem Strahler heizen wollte und von der Badewanne aus den unter 220 V gegen Erde gelangten «Reflektor» des selbstkonstruierten Ofens erfasste.

Auch in den Energieerzeugungs- und Verteilungsanlagen der Elektrizitätswerke ereignen sich leider jedes Jahr Unfälle. In Kraftwerken sind es vor allem die nur teilweise ausgeschalteten Hochspannungsanlagen, die das Personal bei seinen Arbeiten gefährden, wie z. B. Hochspannungsschalter, deren Zuleitungen nur einseitig abgetrennt wurden. Eine weitere grosse Gefahr bildet das Arbeiten in der Nähe von unter Spannung bleibenden, aber trotzdem nicht verschalteten Hochspannungsverbindungen und -apparaten. Ähnliche Ursachen kommen bei den Unfällen an Hochspannungsfreileitungen vor. Schon wiederholt sah sich das Starkstrominspektorat in sei-

nen Jahresberichten genötigt, das Monteurpersonal zu ermahnen, dass es das zum Schutze der Arbeitenden vorgeschriebene Erden und Kurzschliessen der Leitungen an den Arbeitsstellen nie unterlassen dürfe; leider müssen aber solche Unterlassungen stets wieder festgestellt werden. Einen interessanten Sonderfall, der sich bei einer Feuerwehrrübung ereignete und zwei jungen Feuerwehrrukuten das Leben kostete, zeigt Fig. 4. Um den Rekruten von Anfang an zu zeigen, dass sie in der Nähe von elektrischen Leitungen besonders aufpassen müssen, liess ein Kommandant schon für die erste Leiterübung eine eisenbeschlagene Auszugsleiter ausgerechnet an einem Platz aufstellen, der von 220/380-V-Niederspannungsleitungen und einer 15 000-V-Hochspannungsleitung überquert wurde. Als ein Windstoss die Auszugsleiter, die 10 cm über den untersten Hochspannungsdraht hinaufragte, bewegte, geriet ihr Eisenbeschlag unter Spannung, was zum Tod von zwei Rekruten und zur Verletzung eines Dritten führte.

Das Arbeiten an Niederspannungsfreileitungen wird sodann von vielen Monteuren immer noch als harmlos betrachtet, obwohl zahlreiche Unfälle beweisen, dass es nur im wirklichen Notfall und nur

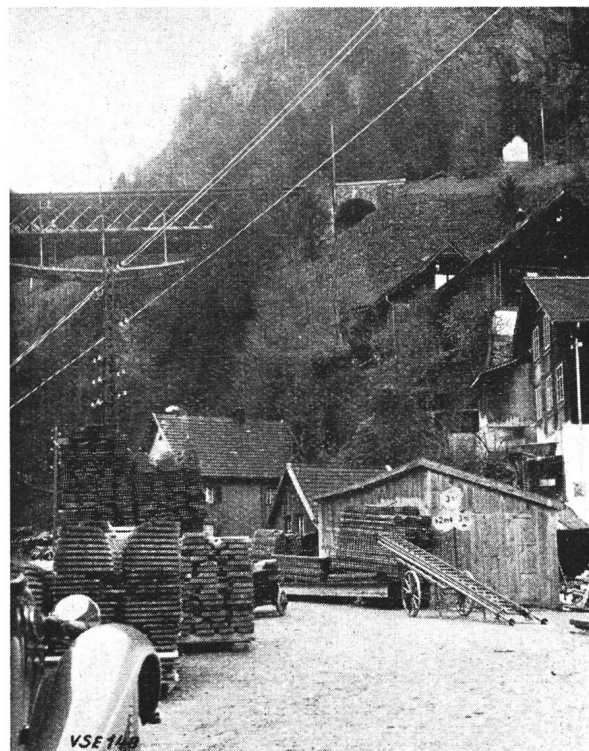


Fig. 4

Tödlicher Unfall bei einer Feuerwehrrübung mit einer eisenbeschlagenen Auszugsleiter

Der Uebungsplatz wird von einer 15-kV-Hochspannungsleitung überquert. Folge des Unfalles: 2 Tote, 1 Verletzter

unter Anwendung der Vorsichtsmassnahmen, wie sie in der Publikation «Leitsätze des SEV für das Arbeiten an Niederspannungsverteilanlagen unter Spannung» vorgeschrieben sind, erfolgen darf, wenn das Personal nicht gefährdet werden soll. Fig. 5 illustriert eine weitere Unfallursache: die blanken

Hausanschlussleitungen. Ein Baugerüst war von einer Niederspannungsleitung durchquert, die, wie sich erst beim Fortschreiten des Baues herausstellte, nur ungenügend verschalt war. Der Bauführer erachtete es nun als ausreichend, die Leitungsdrähte einfach mit Bauklammern an die Gerüststangen zurückzuschieben. Wie das Bild zeigt, blieben die Leitungsdrähte über einem Teil des Gerüstbodens unverschalt. Als ein Dachdecker unter diesen blanken Drähten Ziegel aufhob und sich emporrichtete, berührte er mit der linken Schulter und mit der rechten Halsseite je einen Polleiter. Der Stromdurchgang mit einer wirksamen Spannung von 250 V hatte seinen Tod zur Folge, weil offenbar das Herzkammerflimmern auftrat, eine Störung der Herztätigkeit, die bei den meisten schweren Niederspannungsunfällen die Ursache des tödlichen Ausgangs bildet.

Den Organen der Elektrizitätswerke liegt es ob, die bekannten Unfallursachen zu bekämpfen, um Schadenereignissen nach Möglichkeit vorzubeugen. Weil aber nicht nur menschliches Versagen, sondern auch Anlage- oder Apparatefehler zu Unfällen führen können, so ist zu hoffen, dass die Forschung der medizinischen Wissenschaft, insbesondere auch jene, die von der Ärztekommision des SEV und VSE veranlasst wurde, bald zu Resultaten führen

wird, die eine wirksame Bekämpfung des gefährlichen Herzkammerflimmerns gestatten. Erfreulich ist es immerhin, dass schon vor einigen Jahren For-



Fig. 5

Niederspannungsunfall auf einem von einer ungenügend verschalteten Hausanschlussleitung durchquerten Baugerüst. Ein Bauarbeiter fand hier den Tod. Wirksame Spannung: 250 V

schungserkenntnisse der ärztlichen Behandlung von durch Hochspannungsübertritt Verletzten und ihrer Rettung dienstbar gemacht werden konnten.

Die Problematik des elektrischen Unfalls

Neue Erkenntnisse zur Behandlung von Starkstromverunfallten

von Dr. med. R. Fröhlicher, Zollikon

Der Verfasser berichtet über die Ergebnisse der Untersuchungen, die auf Veranlassung der Ärztekommision für Starkstromunfälle durchgeführt wurden. Bei den Starkstromunfällen ist zu unterscheiden zwischen dem Niederspannungs-Unfall und dem Hochspannungs-Unfall. Der schwere Niederspannungs-Unfall führt infolge Herzkammerflimmerns in den meisten Fällen zum sofortigen Tod (Herztod). Beim Hochspannungs-Unfall tritt das Herzkammerflimmern meistens nicht auf, hingegen entstehen schwere elektrothermische Verletzungen. Aus der zerstörten Muskulatur treten nach kurzer Zeit Giftstoffe aus, die nach wenigen Tagen eine innere Vergiftung und damit den Tod des Verunfallten zur Folge haben.

Der Verfasser berichtet über das geeignete Vorgehen zur Bekämpfung des Herzkammerflimmerns und die Therapie mit Natriumbicarbonat für die Behandlung der Opfer von Hochspannungs-Unfällen.

Im weitem wird über eine neue Wiederbelebungs-methode, die sogenannte Schaukelmethode berichtet; sie besitzt grosse Vorteile gegenüber den heute üblichen Methoden nach Sylvester und Schäfer.

L'auteur communique les résultats qui ont été obtenus au cours des recherches entreprises à l'instigation de la Commission des médecins pour l'étude des accidents dus au courant fort. Il distingue entre l'accident en basse tension, qui entraîne en général la fibrillation ventriculaire et la mort par arrêt du cœur, d'une part, et l'accident en haute tension, qui entraîne de graves brûlures et, si l'on ne prend pas de mesures immédiates, un empoisonnement interne, d'autre part. Il indique les méthodes capables d'arrêter la fibrillation ventriculaire et décrit le traitement au bicarbonate de soude des victimes d'accidents en haute tension.

Il expose enfin une nouvelle méthode de respiration artificielle, dite méthode de la balançoire, qui présente de grands avantages par rapport aux méthodes anciennes.

Des exemples typiques d'accidents, la description des lésions en ayant résulté et l'exposé de leur traitement clinique enrichissent le texte de la conférence.

Es freut mich ausserordentlich, heute vor Ihnen über die Problematik des elektrischen Unfalls sowie über neue Erkenntnisse zur Behandlung und Rettung von Starkstrom-Verunfallten sprechen zu können. Dank den Ergebnissen dieser Forschungen können heute Menschenleben gerettet werden, die noch vor Jahren sicherlich hätten verlorengehen müssen.

Ich möchte an dieser Stelle allen jenen Herren bestens danken, die es mir ermöglicht haben, diese Forschungen durchzuführen. Mein Dank gilt in

erster Linie Herrn Direktor Ringwald, Präsident der Ärztekommision zum Studium der Starkstromunfälle, sodann aber auch den Herren Kleiner, Siblinger, Dr. Froelich und Troendle. Ich danke auch meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Fischer, der mir das ganze pharmakologische Institut inkl. Assistenten und Personal zur Verfügung gestellt hat, um Versuche durchführen zu können.

Bei den Starkstromunfällen haben wir zu unterscheiden zwischen dem *Niederspannungs-Unfall* und dem *Hochspannungs-Unfall*. Der schwere Nie-

derspannungsunfall führt in den meisten Fällen zum sofortigen Tode zufolge Herzkammerflimmern. Sind die Widerstandsverhältnisse günstig, und wird die Stromstärke, die zum Herzkammerflimmern führt, nicht erreicht, so überlebt der Verunfallte das Unfallereignis; allfällige Krankheitserscheinungen, die alsdann auftreten, sind reversibel und können geheilt werden.

Ganz anders liegen die Dinge beim Hochspannungsunfall. Der Verunfallte überlebt meistens zum mindesten anfänglich das Unfallereignis; er kann Auskunft über den Hergang des Unfalls geben, ja sogar die verletzten Glieder relativ schmerzfrei bewegen. Die elektrothermischen Verletzungen haben jedoch zur Folge, dass aus der zerstörten Muskulatur Giftstoffe austreten, die nach einigen Tagen als Folge einer Schädigung der Nieren und anderer innerer Organe zu einer inneren Vergiftung und damit zum Tode führen.

I. Der Niederspannungsunfall

Beim Niederspannungsunfall stirbt der Verunfallte an *Herzkammerflimmern*. Früher glaubte man allgemein, es handle sich um einen Atmungstod. Das stimmt nicht. Einen Beweis dafür, dass es sich um einen Herztod handelt, liefert uns das Elektrokardiogramm als feinsten Indikator für die Herztätigkeit. Im normalen Zustand macht das Herz in regelmässigen Abständen rund 60...80 Kontraktionen (Herzschläge) pro Minute, was auf dem Elektrokardiogramm als gleichmässig verlaufende Kurve

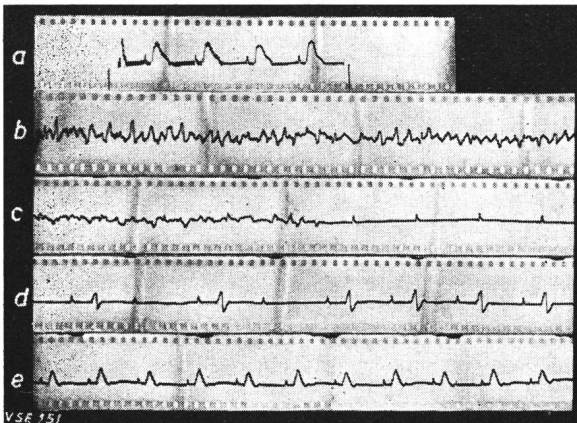


Fig. 1

Elektrokardiogramm eines isolierten Hundeherzens

- a Normal schlagendes Herz
- b Herzkammerflimmern nach Elektrokution
- c Uebergang vom Herzkammerflimmern in Herzstillstand nach Injektion von Azetylcholin. Die Vorhöfe beginnen wieder zu schlagen
- d Der Herzschlag ist wieder hergestellt und beginnt sich wieder zu normalisieren
- e Das Herz schlägt wieder normal

sichtbar wird (Fig. 1, Kurve a). Durch die Einwirkung des elektrischen Stromes, und zwar mit einer ganz bestimmten Intensität, kommt das Herz zum Herzkammerflimmern, d. h. statt der üblichen 60...80 Kontraktionen in der Minute, ziehen sich die Muskelfasern ganz ungeordnet zusammen, bei einer Frequenz von ca. 1000 Kontraktionen pro Minute und mehr. Auf dem Elektrokardiogramm erscheinen

unregelmässige Oszillationen von überlagerten Frequenzen (Fig. 1, Kurve b). Die Ventilebene kommt nicht mehr nach und der Blutkreislauf steht still; dadurch fliesst kein Frischblut mehr ins Gehirn und nach 10...15 Minuten sind die äusserst empfindlichen Gehirnzellen irreversibel geschädigt, was zum Tode führt. — Tierversuche, die selbstverständlich unter Narkose erfolgten, wobei die Tiere nach dem Versuch in der Narkose getötet wurden, zeigten, dass die Tiere trotz Herzkammerflimmern noch 2...3 Minuten ruhig weiteratmeten. Das ist ein Beweis, dass es sich beim elektrischen Tod bei Niederspannung um einen *Herztod* und nicht um einen *Atmungstod* handelt.

Es könnte eingewendet werden, es handle sich hier um einen Tierversuch, der nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragbar sei. Die Erfahrungen bei der Anwendung des *Elektroschocks* zur Behandlung schwerer Geisteskrankheiten, speziell der Schizophrenie, haben gezeigt, dass diese Behauptung nicht zutrifft. Bei dieser Behandlung werden dem Patienten auf beiden Schläfen je eine Elektrode angebracht und hierauf während ca. $\frac{1}{10}$ Sekunde eine Spannung von 100...150 V eingeschaltet. Dabei fliessen gegen 600 mA von einer Schläfe zur andern. Obwohl in unseren psychiatrischen Kliniken täglich Dutzende von Elektroschocks angewendet werden und der Strom direkt durch das Gehirn und über das Atemzentrum geleitet wird, stirbt kein Patient als Folge dieser Elektrisierung. Würde man die Elektroden anstatt an den Kopf des Patienten an Brust und Rücken anlegen, so dass das Herz in die Strombahn käme, dann würde der Patient die Elektrisierung nicht überleben.

Ein weiterer Beweis für die These, dass es sich beim Niederspannungsunfall um einen Herztod handelt, liefert die Erfahrung mit *den Hinrichtungen auf dem elektrischen Stuhl*. Als diese Hinrichtungsart vor ca. 60 Jahren in Amerika eingeführt wurde, verwendete man zuerst eine Spannung von ca. 1800 V, um den Delinquenten ins Jenseits zu befördern. Dem Verurteilten wurde auf den Kopf eine Kupferhaube gesetzt, während die zweite Elektrode in Form einer grossen Kupferplatte am Ende des Rückens angebracht wurde. Bei dieser Anordnung lag das Gehirn und das Rückenmark, d. h. das Zentralnervensystem, unmittelbar in der Strombahn. Es zeigte sich nun überraschenderweise, dass in einzelnen Fällen nach Ausschalten des Stromes wieder Atembewegungen auftraten und der Delinquent ins Leben zurückkehrte. 1800 V unter günstigen Widerstandsverhältnissen direkt durch das Atemzentrum und Zentralnervensystem geleitet, führten also primär nicht zum Tode. Das ist ein weiterer Beweis, dass es sich beim elektrischen Tod nicht um einen Atmungstod handeln kann. Bei den späteren Hinrichtungen wurde der Strom so lange eingeschaltet, bis an den Elektroden Dampf Wolken aufstiegen und Totenstarre eintrat. Dabei wurde im Rückenmarkskanal eine Temperatur von über 60° gemessen, mit anderen Worten, der Strom wurde so lange eingeschaltet, bis das Rückenmark elektrothermisch vollkommen geschädigt war. Seit 1938 werden die Hinrichtungen so vollzogen, dass man zuerst eine

Spannung von 1800 V anwendet, die den Delinquenten betäubt, wobei alsdann auf 250 V heruntergegangen wird. Diese Spannung führt zum Herzkammerflimmern und damit zum Tode.

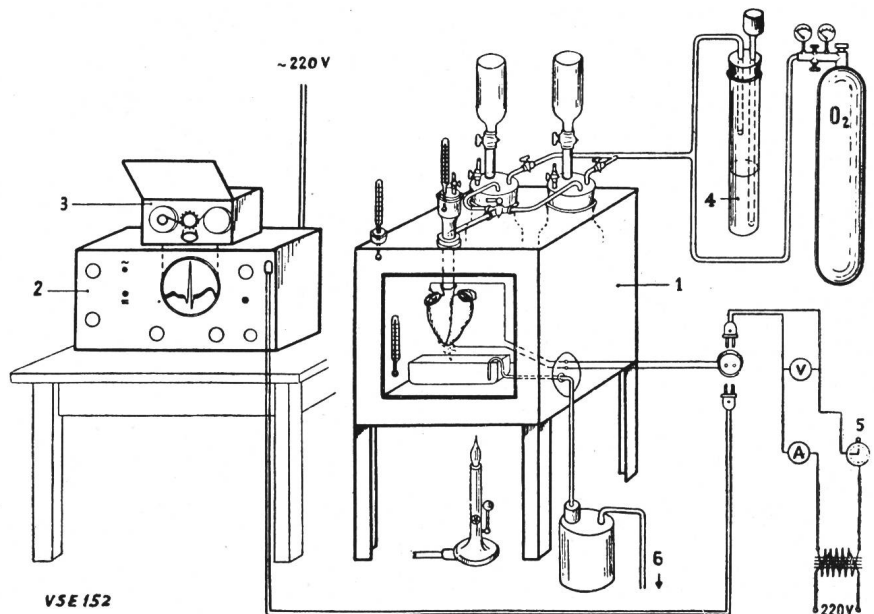
Wie wird das Herzkammerflimmern festgestellt?

Der Unterschied zwischen dem Herzmuskel und einem Skelettmuskel liegt im wesentlichen darin, dass der Herzmuskel einen eigenen Generator, d. h. einen Impulserzeuger, besitzt. Wenn wir einen Skelettmuskel, z. B. den Wadenmuskel eines Frosches, herausschneiden und in einer geeigneten, der Blutflüssigkeit entsprechenden Flüssigkeit aufhängen, dann können wir, indem wir ihm durch ein Induktorium einen Stromstoß zuführen (entsprechend dem Impuls, den er normalerweise durch einen Nerv erhält), zur Kontraktion und damit zu einer Arbeitsleistung veranlassen. Dieser Skelettmuskel zieht sich aber nur zusammen, wenn wir ihn mit einem Impuls aus unserem Induktorium dazu veranlassen. Ganz anders verhält es sich beim Herzmuskel. Nehmen wir einem narkotisierten Kaninchen das Herz aus dem Körper und hängen dieses unter geeigneten Bedingungen in einen Apparat, in dem das Herz mit einer blutähnlichen Nährlösung durchströmt wird, so beginnt es unabhängig vom Körper wieder zu schlagen, ohne dass wir ihm einen Impuls zuführen müssten.

In Fig. 2 ist die *Versuchsordnung* wiedergegeben, mit der die Untersuchungen über das Herzkammerflimmern grösstenteils durchgeführt werden. In einem Wasserbad stehen zwei Flaschen mit Nährlösung. Diese Nährlösung wird mit Hilfe des Druckes einer Sauerstoffflasche durch eine Kanüle, die in das Herz eingebunden ist, durch die Herzkranzgefäße gedrückt. Das Herz hängt in einer Kammer

Fig. 2
Versuchsapparatur für Untersuchungen über das Herzkammerflimmern

1. Wasserbad
2. Elektrokardiograph
3. Photokymographion
4. Manometer
5. Zeitschalter
6. Zur Wasserstrahlpumpe



a) *Das Herz wird mit Wechselstrom zum Flimmern gebracht.* Es kontrahiert nicht mehr normal, sondern die einzelnen Muskelfasern ziehen sich unkoordiniert zusammen (siehe Fig. 1, Kurve b). Das Herz kann in diesem Zustand keine Pumparbeit leisten.

b) *Wir versuchen, durch Injektion von Medikamenten, die das Herzkammerflimmern zum Stillstand bringen oder durch einen elektrischen Schlag, das Herz wieder ins normale Schlagen überzuführen.* Die Flimmerbewegungen werden regelmässiger, das Herz schlägt wieder langsamer und hört dann für einen Augenblick ganz zu schlagen auf (siehe Fig. 1, Kurve c). Nach der Zersetzung des Gegengiftes setzt die Herztätigkeit wieder langsam ein und nach kurzer Zeit schlägt das Herz wieder normal (siehe Fig. 1, Kurve d und e).

Bei diesen Versuchen zeigt sich folgende interessante Tatsache: Das menschliche Herz ist auf ein ganz bestimmtes Intervall, nämlich auf Stromstärken von 50 mA bis 5 A empfindlich. Nur diese Stromstärken rufen Herzkammerflimmern hervor und bedeuten damit den elektrischen Tod. Kleinere Stromstärken können die Ordnung in der Kontraktion der einzelnen Muskelfasern nicht genügend stören. Wesentlich grössere Stromstärken zwingen

und lässt sich gut durch eine Glasplatte beobachten. Zwei Elektroden verbinden das Herz mit dem Elektrokardiographen, bzw. der Braunschen Röhre, und ermöglichen uns laufend die Beobachtung des Elektrokardiogramms als Ausdruck der biochemischen Vorgänge bei der Kontraktion des Herzens. Eine Braun'sche Röhre, parallel geschaltet, gestattet die Filmaufnahme. Durch Umschaltung können wir das Herz mit Wechselstrom in Verbindung bringen und so nach Belieben Herzkammerflimmern erzeugen.

Diese Versuchsanordnung hat den Vorteil, dass man das Herz sowohl optisch wie auch elektrokardiographisch in jeder Lage beobachten kann. Der Gang des Versuches ist folgender:

sämtliche Herzmuskelfasern zur momentanen Kontraktion und damit zum Verbrauch ihrer potentiellen chemischen Energien, d. h. nach Ausschalten des Stromes sind alle Muskelfasern biochemisch im gleichen Zustande. Sie haben ihre potentiellen chemischen Energien durch die Kontraktion verloren. Es geht nun eine gewisse Zeit, bis sämtliche Muskelfasern zugleich ihr biochemisches Potential wieder aufgeladen haben. Wenn nun aus dem Sinusknoten, dem Schrittmacher des Herzschlages, der erste Impuls kommt, dann trifft er sämtliche Muskelfasern im gleichen Zustande. Diese sprechen gleichzeitig an und der ganze Herzmuskel kontrahiert sich gleichzeitig zum ersten Schlag. Diese Tatsache hat man sich zunutze gemacht, indem man versucht,

durch einen sogenannten Gegenschlag das Herzkammerflimmern experimentell aufzuheben.

Der Mensch stirbt oder überlebt somit ein Unfallereignis direkt nach dem Ohmschen Gesetz:

$$I = \frac{E}{R}$$

Wie wir gesehen haben, beginnt die gefährliche Stromstärke bei 50 mA. Diese setzen wir unter I in die Formel ein. Die Spannung E ist durch unsere Hausinstallationen gegeben: 110, 145, 220, 380 V. Der Widerstand R spielt also eine *gewaltige Rolle*. Wenn ein Monteur auf einem Holztisch steht und mit einem oder zwei Fingern durch Berührung zu erfahren sucht, ob der Leiter unter Spannung steht, dann macht ihm das in den meisten Fällen nichts, da er ja auf einer isolierenden Unterlage steht. Macht er dasselbe im Bade oder in einem feuchten Keller, dann wird er das nur einmal tun, denn da sind die Widerstandsverhältnisse schlecht, d. h. der Widerstand ist relativ klein. Der Strom kommt in die Gegend von 50 mA oder mehr und der Monteur wird an Herzkammerflimmern zusammensinken. Der Widerstand kann also, wenn man mit elektrischen Anlagen zu tun hat, über Leben und Tod entscheiden. Die Muskelkraft hebt die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes nicht auf; es ist klar, dass ein Mann mit schwierigen Händen einen grösseren Hautwiderstand hat als ein Kind, doch wirkt sich dies nur unbedeutend aus, wenn die übrigen Widerstandsverhältnisse schlecht sind. Bei trockenen Händen kann mit einem durchschnittlichen Widerstandswert von etwa 3600 Ω gerechnet werden. Bei feuchten Händen sinkt dieser Wert rasch auf 1000 Ω , desgleichen, wenn durch die Berührung mit dem Strom und die Muskelkontraktion sich Schweiß bildet. Bei 220 V und einem Widerstand von 1000 Ω erhalten wir eine Stromstärke von 220 mA, was in den meisten Fällen zum tödlichen Herzkammerflimmern genügt.

Ein typisches Beispiel über den Einfluss des Widerstandes:

Zwei Arbeiter waren daran, mittels einer Eisenkurbel ein Förderband in der Höhe zu verschieben. Dabei geriet das Kabel des Elektromotors in das Getriebe. Das Kabel wurde beschädigt und sämtliche Maschinenteile gerieten unter Spannung (380 V). Der eine Arbeiter stand in einer Pfütze, der zweite auf einem dicken Brett. Beide wurden weggeschleudert. Derjenige, der in der Pfütze gestanden hatte, war sofort tot, der andere kam mit dem Schrecken davon.

Werden beim Niederspannungs-Unfall die Stromstärken von über 50 mA nicht erreicht und tritt deshalb kein Herzkammerflimmern auf, so wird das Unfallereignis in den meisten Fällen ohne wesentliche Folgen überstanden. Es gibt einige Ausnahmen; sie sind insofern interessant, als es sich dabei um etwas ganz Neues handelt, das man in seiner Auswirkung wohl schon lange kennt, aber nicht unbedingt auf die Elektrisierung zurückgeführt hat. Es hat sich nämlich gezeigt, dass einige Zeit nach solchen Unfällen *Störungen neurovegetativer Natur* auftreten können. Der Arbeiter spürt

plötzlich eigenartige Vorgänge in der Herzgegend, beginnt bei der leichtesten Anstrengung zu schwitzen, seine Farbe zu ändern und fühlt sich nicht wohl, so dass er seine gewohnte Arbeit nur noch mit grösster Mühe oder überhaupt nicht mehr verrichten kann. Vielfach wird dem Arbeiter dann Unrecht getan, indem er schlimmstenfalls als arbeitsunwillig und als Simulant hingestellt wird. Diese Störungen nach elektrischen Unfällen, speziell nach Niederspannungsunfällen, sind aussergewöhnlicher Natur. Klinisch lässt sich vielfach überhaupt nichts feststellen. Der Internist, der den Mann untersucht, erklärt, der Zustand käme von einer Mandelinfektion. Die Mandeln werden herausgenommen, jedoch ohne Erfolg. Es wird nach einer andern latenten Infektion gesucht — auch dies erfolglos. Mit der Zeit wird sich der Mann allerdings wieder erholen.

Wir sind nun daran, solche Fälle genauer zu untersuchen. Es zeigen sich dabei Erscheinungen, die auf Störungen des vegetativen Nervensystems beruhen. Das vegetative Nervensystem reguliert weitgehend die autonomen Organe des Körpers und ihre Tätigkeit (z. B. Darmtätigkeit, innere Sekretion). Das vegetative Nervensystem können wir mit dem Willen nicht beherrschen; wir können mit dem Willen allein nicht bewirken, dass das Herz schneller schlägt, dass wir plötzlich zu schwitzen beginnen oder dass uns eine Gänsehaut überläuft. Dieses Nervensystem nun kann durch den Niederspannungsunfall, in speziellen Fällen auch durch den Hochspannungsunfall, für längere Zeit gestört werden. Es handelt sich dabei um eine eigentliche Krankheitserscheinung, eine Tatsache, die sich der Vorgesetzte stets vor Augen halten muss, wenn er es mit Arbeitern zu tun hat, die eine Elektrisierung durchgemacht haben und die sich nachher auf irgendeine Art geschwächt fühlen.

Ein Beispiel eines solchen Niederspannungsunfalls:

Ein fleissiger Büroangestellter bediente, um mit seiner Arbeit schneller fertig zu werden, gleichzeitig zwei elektrische Büromaschinen. Die eine davon war geerdet, die andere nicht. Die Maschine, die nicht geerdet war, hatte einen Kontaktfehler. Dadurch bekam der Angestellte plötzlich 220 V durch beide Arme. Die Stromstärke, die auftrat, genügte nicht zum Herzkammerflimmern, rief aber doch eine Schädigung des Nervensystems hervor. In Fig. 3 ist diese Schädigung im Elektrokardiogramm festgehalten. Die Kurve a zeigt einen normalen Herzschlag; in der Kurve b sind die Herzschläge eines wie oben geschilderten Herzens zu sehen. Typisch dabei sind die eigenartigen Zacken. Diese sogenannten Extrasystolen (Extraherzschläge) rufen im Patienten eine ganz eigenartige Sensation hervor: er merkt, dass der Herzschlag nicht regelmässig ist und verspürt plötzlich einen ganz erheblichen Herzschlag, nämlich dann, wenn eben diese Extrasystole auftritt. Im beschriebenen Fall traten Beschwerden auf, die unter Behandlung über ein Jahr andauerten. Daneben treten bei elektrisierten Personen aber auch Beschwerden auf, die im Elektrokardiogramm nicht oder nur selten sichtbar sind.

Wie kann das Herzkammerflimmern beseitigt werden?

Wenn man das Herzkammerflimmern beseitigen will, gelingt dies lediglich durch Herbeiführung eines reversiblen kurzen Herzstillstandes. Vergiftet man das flimmernde Herz, so dass sich gewissermassen die Muskelfasern nicht mehr zusammenziehen können, so kommt es zum Herzstillstand.

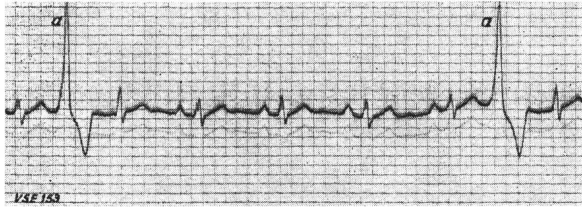


Fig. 3

Elektrokardiogramm eines menschlichen Herzens nach einem Niederspannungsfall mit einer Stromstärke von weniger als 50 mA
a Extrasystole

Wird alsdann der Giftstoff, der das Herz zum Stillstand gebracht hat, aus dem Herzen herausgewaschen, so gelingt es, das Herz wieder normal schlagen zu lassen oder mit geeigneten Stoffen zum normalen Schlagen anzuregen. Es ist verhältnismässig einfach, einen Stoff ins Herz hineinzubringen, beispielsweise durch eine Injektion. Aber es ist ausserordentlich schwer, diesen Stoff wieder aus dem Herzen herauszuwaschen. Es muss also ein Stoff gefunden werden, der wohl das flimmernde Herz zum Stillstand bringt, dann aber vom Blute selbst abgebaut wird, ohne dass es notwendig ist, ihn aus dem Herzen herauszuwaschen. Solche Stoffe sind das *Azetylcholin* und die *Adenosintri-phosphorsäure*. Das Azetylcholin kommt normalerweise im menschlichen Körper in Spuren vor. Es wirkt physiologisch als Verlangsamter des Herzschlages. Wenden wir eine sehr starke Konzentration im Verhältnis zum normalen Vorkommen im Körper an, so können wir damit das flimmernde Herz zum Stillstand und nach Abbau des Azetylcholins wieder zum normalen Schlagen bringen.

Die Adenosintri-phosphorsäure ist ein ähnlicher Stoff, der im Herzmuskelstoffwechsel als Zwischenprodukt und Energieträger vorkommt. Mit diesen beiden Medikamenten sind wir in der Lage, das Herzkammerflimmern aufzuheben.

In diesem Zusammenhang sei noch über eine interessante Beobachtung berichtet, die wir bei einigen Versuchen gemacht haben. Wie ich einmal ein flimmerndes Herz, das ich nicht wieder zum Schlagen bringen konnte, aus dem Tierkörper herausgenommen hatte und mir dieses Herz zu Boden fiel, sah ich zu meinem Erstaunen, dass das Herz am Boden wieder normal zu schlagen begann. Dies führte mich auf den Gedanken, dass vielleicht das *mechanische Trauma* bei diesem Phänomen eine Rolle spielen könnte. Ich erinnerte mich dabei an die oft vertretene Ansicht, dass Monteure, die auf der Stange vom elektrischen Strom getroffen wurden, durch den Fall auf den Boden gerettet worden seien. Ferner erinnerte ich mich an den Kliniker, der bei beginnendem Herzkammerflimmern mit der Faust auf die Brustwand in der Herzgegend geklopft und damit oft Erfolg erzielt haben soll.

Englische Versuche zeigten in diesem Sinne ein negatives Resultat, indem die Versuchstiere, deren Herz elektrisch zum Flimmern gebracht worden war, und die dann auf den Boden geworfen wurden, in keinen Fällen sich erholten. Wir versuchten, mit *Ultraschall* das Herzkammerflimmern experimentell zu beheben und diese Versuche verliefen grösstenteils positiv. Wir können heute im Tierexperiment mit Sicherheit das Herzkammerflimmern aufheben und damit den fatalen Folgen des elektrischen Unfalls, speziell des Niederspannungsunfalls, prinzipiell erfolgreich begegnen. Beim Menschen ist es insofern wesentlich schwieriger, weil wir mit unserer Spritze oder mit dem Ultraschallgerät in den allermeisten Fällen zu spät kommen, d. h. nicht innert 15 Minuten nach dem Unfall eingreifen können. Wir führen nun für die Aufhebung des Herzkammerflimmerns Versuche mit *Kondensatoren-Entladungen* durch, in der Meinung, später einen Apparat zu konstruieren, mit dem auch der Ungeübte dem elektrisch Verunfallten einen Gegen-schlag applizieren könnte, um damit eine Rettung des Verunfallten zu ermöglichen. Wir suchen eine Methode zu finden, mit deren Anwendung der Arbeiter am Unfallort sofort beginnen und der herbeigerufene Werkmeister oder Ingenieur in einer höhern Stufe fortfahren kann, bis der Arzt erscheint, der dann das Herz endgültig zu entflimmern und wieder zum Schlagen zu bringen versucht.

(Fortsetzung folgt)

Zukunftsansichten der Atomenergie

nach: «Atomic Power, a Preview»; Mc Graw-Hill Dig. Bd. 9(1954), Nr. 7, S. 11...12.

621.311.25 : 621.039.4

Die Atomenergie wird in 10 oder 15 Jahren eine wichtige, aber nicht alles umwälzende Rolle in der Industrie zu spielen beginnen. Sie wird aber einer starken und wirksamen Konkurrenz seitens der älteren und langerprobten Energiequellen wie Wasserkraft, Kohle und Öl begegnen. Sicher ist aber, dass der Kernenergie in vielen Teilen der Welt eine grosse Zukunft beschieden sein wird. Tatsächlich wird in vielen Ländern immer mehr in dieser

Richtung geforscht. England, die USA und Kanada sind hierin führend.

Die Kosten, die Forschungsmethoden und die Aussichten für die Zukunft der Atomenergie wurden bis heute geheim gehalten. Eine Studie der amerikanischen Kommission für Atomenergie (AEC) hat nun etwas Licht in diese Angelegenheit gebracht. Sie diente als Wegleitung für den Kongress in seinen Beratungen über ein Gesetz, nach

welchem Amerika die auf diesem Gebiet gewonnenen Forschungsergebnisse mit befreundeten Nationen austauschen kann.

Die Schätzungen der AEC-Wissenschaftler über die Zukunftsaussichten der Anwendung der Kernreaktionen zur industriellen Energieerzeugung beziehen sich auf die nächsten 20 Jahre. Die genannten Experten nehmen an, dass Atomkraftwerke voraussichtlich schon in den Jahren 1960...1975 in Betrieb genommen werden können. Die Anlagekosten werden rund 75 \$ pro kW höher sein als diejenigen der thermischen Anlagen. Vorausgesetzt, dass die Atomkraftwerke eine Ausnützung von 80 % aufweisen, wird eine Erzeugung zum Preise von 0,7...0,8 Cent pro kWh möglich sein. Die AEC-Wissenschaftler kommen zu folgenden Schlüssen: Mit den herkömmlichen Anlagen, welche *teure* Kohle oder Öl verbrauchen, werden Atomkraftwerke konkurrenzfähig sein. Dagegen werden sie, soweit dies heute voraussehbar ist, mit den bestehenden oder noch auszubauenden hydraulischen Anlagen an günstigen Stellen nicht konkurrieren können.

In hochindustrialisierten Ländern, in denen die billigen Energiequellen langsam zur Neige gehen, kann sich die Energieerzeugung aus Atomkraftwerken am ehesten entwickeln. England und Japan sind Beispiele dafür.

In weniger entwickelten Ländern wird wahrscheinlich die Atomenergie teurer zu stehen kommen als die bis jetzt mit herkömmlichen Mitteln erzeugte Energie, es sei denn, dass weder Wasserkraft noch billige Brennstoffe zur Verfügung stehen.

Der einzige kostengünstige Vorteil, den Kernreaktoren gegenüber den herkömmlichen thermischen Energieerzeugungsanlagen bieten, liegt im Brennstoff. Die Kosten des Reaktors als Ersatz für das Kesselhaus werden verhältnismässig hoch sein. Für die Turbinen, Generatoren, Schalt- und Übertragungsanlagen wird ungefähr gleich viel aufgewendet werden müssen, wie bei den heutigen Anlagen. Da der Brennstoff bei diesen nur etwa ein Drittel der Erzeugungskosten ausmacht, wird man mit der Verwendung von Kernreaktionen als Wärmequelle nur wenig einsparen können.

Welche Länder eignen sich für Atomkraftwerke?

Hier einige Antworten, die sich auf die AEC-Studie beziehen.

USA: Dank seinen umfangreichen Wasserkraften und reichen Kohlen- und Ölvorkommen nimmt Amerika, was die Erzeugung von Energie anbelangt, andern Ländern gegenüber eine Vorzugsstellung ein. In den bereits bestehenden Anlagen liegen heute in fünf von sechs Fällen die Erzeugungskosten unter den für die Produktion von Atomenergie errechneten Kosten von 0,7...0,8 Cent pro kWh. Aus diesem Grunde hat sich die Industrie nicht beeilt, sich mit der Herstellung von Atomkraftwerken zu befassen. Die bis heute gebauten amerikanischen Atom-Reaktoren dienen ausschliesslich Forschungs- und Versuchszwecken oder der Herstellung von spaltbaren Produkten. Aber ein Anfang ist da.

Das erste amerikanische Kraftwerk für die Erzeugung von Elektrizität aus Atomenergie wird eine 60 000-kW-Anlage sein, die durch die Duquesne Light Co. in der Nähe von Pittsburg errichtet wird. Das Projekt stammt von der Westinghouse Electric Corp.; die Anlage verwendet als Wärmeträger Wasser unter Druck (das vom Atomreaktor überhitzte Wasser dient zur Verdampfung von anderem Wasser) und soll voraussichtlich 1957 in Betrieb genommen werden. Die AEC, welche die Anlage mitfinanzieren hilft, hat dem Kongress Pläne für fünf weitere Atomenergieanlagen zur Genehmigung vorgelegt.

Es ist kaum anzunehmen, dass die erwähnte Anlage der Duquesne Light Co. von Anfang an mit den heute üblichen Energieerzeugungsanlagen konkurrenzfähig sein kann. Viele amerikanische Experten vertreten jedoch die Auffassung, dass dies mit der Zeit möglich sein wird. Nach einer kürzlichen Aussage von Dr. Alvin M. Weinberg, Direktor des nationalen Laboratoriums von Oak Ridge, bestehen gute Aussichten, dass Atomreaktoren «schliesslich» im Betrieb einfacher und billiger sein werden als die herkömmlichen Dampfkessel.

England: Kernreaktoren können evtl. diesem Lande die Lösung seiner Energieprobleme bringen. Die Kohlenreserven, die grösste Energiequelle Englands, nehmen ab, und die Abbaukosten sind im Steigen begriffen. Es ist möglich, dass die heutigen mittleren Erzeugungskosten der elektrischen Energie von ungefähr 0,82 Cent pro kWh sich im Verlaufe der nächsten 20 Jahre auf 1,1 Cent erhöhen werden. Diese Tatsachen zwingen England, neue Wege der Energieerzeugung zu suchen. Es nimmt deshalb im Rennen um die Atomenergie eine führende Stellung ein. Der erste englische Atomgenerator, der 8 Millionen Dollars kostet und in Staatsbesitz ist, wird gegenwärtig in Calder Hall, Cumberland, gebaut. Er soll 1956, also ein Jahr vor der Duquesne-Anlage, die Erzeugung aufnehmen.

Ein anderes Projekt, das jetzt in Schottland in Ausführung begriffen ist, sieht einen 45-Millionen-Dollars-«Breeder-Reaktor» (welcher mehr Atom Brennstoff «erzeugt» als verbraucht) vor. Die beiden Anlagen zusammen werden eine Leistung von über 100 000 kW aufweisen. Die Engländer schätzen, dass von 1975 an die jährlichen Ausgaben für Brennstoffe sich um 136 Millionen Dollars werden reduzieren lassen, wenn ab Mitte der sechziger Jahre die Hälfte der neu zu errichtenden Kraftwerke solche mit Kernreaktoren als Wärmequelle sein werden. Sir Christopher Hinton, Chef der Atomenergieerzeugung, sagte kürzlich: «Es wäre keine Überraschung, wenn Kernenergie innert der nächsten 10 Jahre in England mit andern Energiequellen in Wettbewerb treten würde.» Die Engländer sehen in ihren Atomenergieanlagen auch eine Exportmöglichkeit für die Zukunft.

Japan: Die meisten Wasserkräfte Japans sind heute ausgenützt. Sie bestreiten ungefähr $\frac{4}{5}$ der Energieproduktion. Der Rest wird durch teure, schlechte Kohle zum Preise von 2 Cents pro kWh erzeugt. Da die Verwendung von Kernenergie wirt-

Energiestatistik

der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

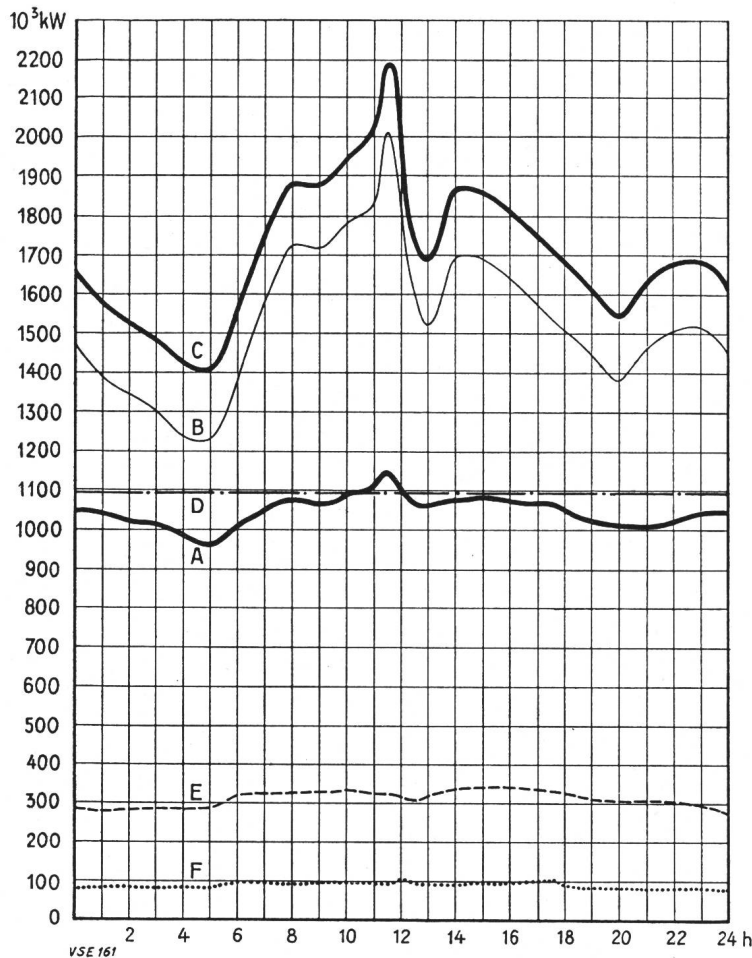
Bearbeitet vom eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Energieerzeugung aller Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte, die über Erzeugungsanlagen von mehr als 300 kW verfügen. Sie kann praktisch genommen als Statistik aller Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte gelten, denn die Erzeugung der nicht berücksichtigten Werke beträgt nur ca. 0,5 % der Gesamterzeugung. Nicht inbegriffen ist die Erzeugung der Schweizerischen Bundesbahnen für Bahnbetrieb und der Industriekraftwerke für den eigenen Bedarf. Die Energiestatistik dieser Unternehmungen erscheint jährlich einmal in dieser Zeitschrift.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industriekraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54		1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54
	in Millionen kWh											%	in Millionen kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	858	897	4	12	39	32	35	26	936	967	+ 3,3	1283	1369	+ 66	- 43	81	100
November ..	820	797	1	17	27	19	40	101	888	934	+ 5,2	1244	1183	- 39	- 186	74	67
Dezember ..	857	719	2	34	24	18	57	192	940	963	+ 2,5	1107	872	- 137	- 311	81	61
Januar	835	699	4	27	21	21	93	221	953	968	+ 1,6	772	596	- 335	- 276	79	51
Februar	723	636	4	33	20	16	98	213	845	898	+ 6,3	447	324	- 325	- 272	67	51
März	773	701	2	17	23	19	87	166	885	903	+ 2,1	252	187	- 195	- 137	69	46
April	850	807	1	5	30	24	17	73	898	909	+ 1,2	285	146	+ 33	- 41	111	69
Mai	954	958	3	2	34	34	17	40	1008	1034	+ 2,6	520	313	+ 235	+ 167	158	126
Juni	1028	1048	1	1	53	60	20	27	1102	1136	+ 3,0	829	695	+ 309	+ 382	185	203
Juli	1092	1123	1	1	48	65	10	39	1151	1228	+ 6,7	1269	949	+ 440	+ 254	223	240
August	1075		1		48		5		1129			1391		+ 122		226	
September ..	904		7		47		7		965			1412 ⁴⁾		+ 21		145	
Jahr	10769		31		414		486		11700							1499	
Okt.-März ..	4866	4449	17	140	154	125	410	919	5447	5633	+ 3,4					451	376
April-Juli ..	3924	3936	6	9	165	183	64	179	4159	4307	+ 3,6					677	638

Monat	Verwendung der Energie im Inland																
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel ¹⁾		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicher- und -pumpen ²⁾		Inlandverbrauch inkl. Verluste				
													ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr ³⁾ %	mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54		1952/53	1953/54
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober ...	370	394	147	162	120	112	35	24	55	43	128	132	810	834	+ 3,0	855	867
November ..	379	411	141	161	99	101	23	10	58	58	114	126	785	851	+ 8,4	814	867
Dezember ..	407	435	141	166	104	97	25	4	64	67	118	133	830	895	+ 7,8	859	902
Januar	417	445	150	164	105	96	14	5	65	71	123	136	857	907	+ 5,8	874	917
Februar	372	407	138	158	93	91	8	4	61	63	106	124	769	839	+ 9,1	778	847
März	382	404	145	160	106	106	10	5	64	61	109	121	802	847	+ 5,6	816	857
April	340	379	131	148	125	125	39	22	45	56	107	110	740	813	+ 9,9	787	840
Mai	339	379	133	151	118	128	97	68	41	47	122	135	741	819	+ 10,5	850	908
Juni	330	351	136	154	122	127	151	116	44	42	134	143	749	793	+ 5,9	917	933
Juli	326	357	136	154	126	137	156	136	50	52	134	152	757	831	+ 9,8	928	988
August	336		133		127		135		46		(15) 126	(21) 126	756			903	
September ..	355		147		114		42		41		121		770			820	
Jahr	4353		1678		1359		735		634		1442		9366			10201	
Okt.-März ..	2327	2496	862	971	627	603	115	52	367	363	698	772	4853	5173	+ 6,6	4996	5257
April-Juli ..	1335	1466	536	607	491	517	443	342	180	197	497	540	2987	3256	+ 9,0	3482	3669

1) D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
 2) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.
 3) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.
 4) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1953 = 1555 Mill. kWh.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen,

Mittwoch, 14. Juli 1954

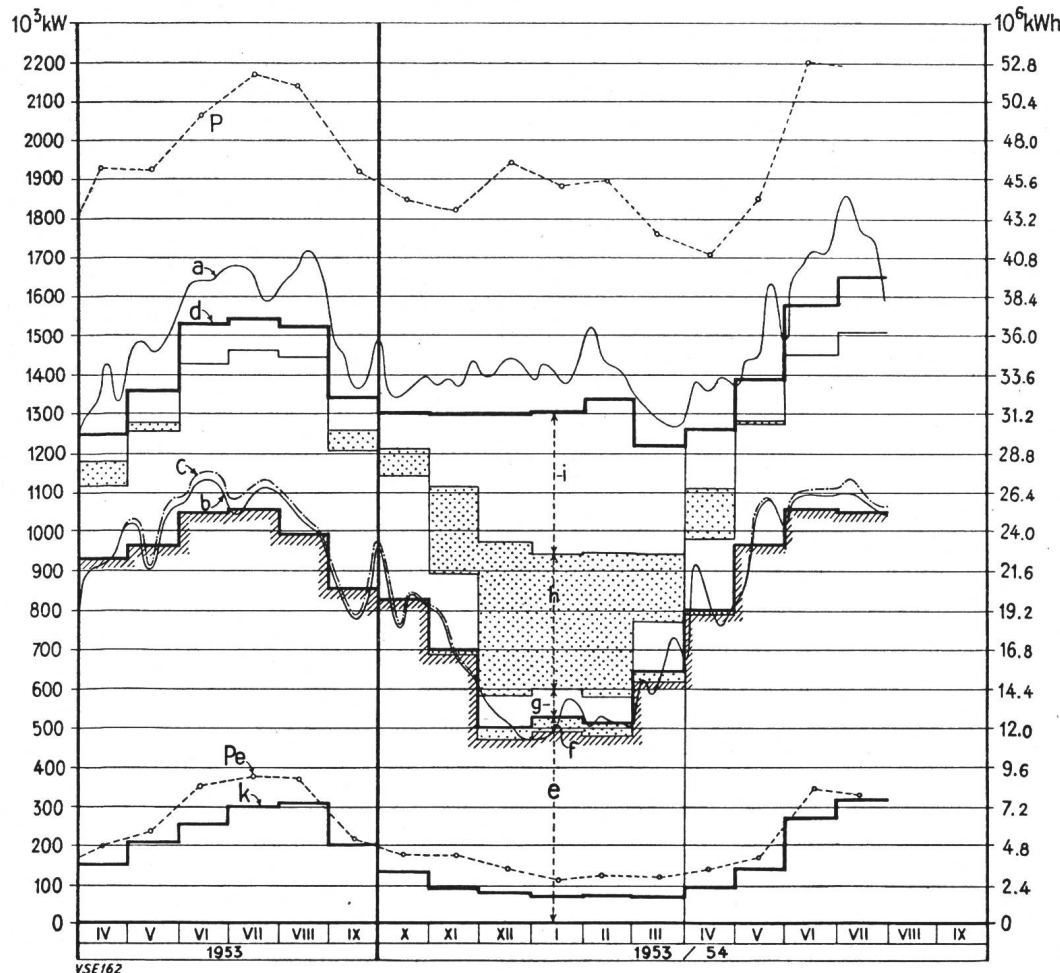
Legende:

- 1. Mögliche Leistungen:** 10^3 kW
 Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D) . . . 1094
 Saisonspeicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe) 1342
 Total mögliche hydraulische Leistungen 2436
 Reserve in thermischen Anlagen 155

- 2. Wirklich aufgetretene Leistungen**
 0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
 A—B Saisonspeicherwerke.
 B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.
 0—E Energieausfuhr.
 0—F Energieeinfuhr.

- 3. Energieerzeugung** 10^6 kWh
 Laufwerke 25,8
 Saisonspeicherwerke 12,3
 Thermische Werke 0,0
 Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken 2,2
 Einfuhr 2,1
 Total, Mittwoch, den 14. Juli 1954 42,4
 Total, Samstag, den 17. Juli 1954 39,1
 Total, Sonntag, den 18. Juli 1954 31,9

- 4. Energieabgabe**
 Inlandverbrauch 34,9
 Energieausfuhr 7,5



Mittwoch- und
Monatserzeugung

Legende:

- 1. Höchstleistungen:** (je am mittleren Mittwoch jedes Monats)
 P des Gesamtbetriebes
 P_e der Energieausfuhr.
2. Mittwoch-erzeugung: (Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
 a insgesamt;
 b in Laufwerken wirklich;
 c in Laufwerken möglich gewesen.
3. Monatserzeugung: (Durchschnittl. Monatsleistung bzw. durchschnittl. tägliche Energiemenge)
 d insgesamt;
 e in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
 f in Laufwerken aus Speicherwasser;
 g in Speicherwerken aus Zuflüssen;
 h in Speicherwerken aus Speicherwasser;
 i in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriewerken und Einfuhr;
 k Energieausfuhr;
 d-k Inlandverbrauch.

VSE 161

VSE 162

schaftlicher sein wird, könnte diese die thermisch erzeugte Elektrizität verdrängen. Das grösste Hindernis für die Erreichung dieses Zieles liegt darin, dass in Japan die Grundforschung erst begonnen hat, und dass dieses Land keine Vorkommen an heute bekannten spaltbaren Atombrennstoffen besitzt.

Brasilien: Der grösste Teil der in den nächsten 20 Jahren in Brasilien benötigten Energie kann nach Ansicht der AEC-Wissenschaftler billiger durch Wasserkraft als durch Atomenergieanlagen gedeckt werden. Die Wasserkräfte dieses Landes sind die bedeutendsten in Südamerika, aber wie in vielen anderen wenig entwickelten Gebieten sind sie noch sehr schwach ausgebaut. In einigen Regionen des Innern, die von allen natürlichen Brennstoffquellen weit entfernt sind, wären noch Möglichkeiten für eine Entwicklung der Kernenergieanlagen vorhanden. Aber auch dort wäre für die Energieerzeugung dem im Inland gewonnenen Öl der Vorzug zu geben, da die Kraftwerke selten voll ausgenützt werden könnten, was eine weitere Steigerung der sonst schon hohen Kosten der Kernenergie zur Folge hätte.

Afrika: Nord- und Süd-Rhodesien sind typisch schwach entwickelte Gebiete mit reichen Vorkommen an Kernbrennstoffen; doch besteht in diesen Gebieten nur geringe Aussicht, solche Brennstoffe an Ort und Stelle für die Energieerzeugung verwenden zu können. Wie für Brasilien liegt der Grund darin, dass diese Gebiete ausgedehnte natürliche Energiequellen besitzen, deren Ausnützung durchaus wirtschaftlich wäre.

Die Zukunft der Atomenergie

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Atomenergie in industrialisierten Ländern mit teuren herkömmlichen Energieerzeugungsanlagen eine grosse Zukunft bevorsteht. Sie wird es dagegen schwer haben, wo die heutige Energieproduktion billig ist (was für die Wasserkraft meistens der Fall ist; Red.), sei das betreffende Gebiet industrialisiert oder wenig entwickelt. Auf alle Fälle kann von der Atomenergie nicht erwartet werden, dass sie auf die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes einen grösseren Antrieb ausüben wird, da die Energiekosten bei den meisten Industrien nur einen sehr kleinen Teil der Betriebsausgaben ausmachen. Wie die Studie der AEC hervorhebt, hängt aber die Entwicklung der Energiegewinnung aus Kernreaktionen nicht ausschliesslich von wirtschaftlichen Fak-

toren ab. Für einige Staaten dürften auch Prestige-Fragen mitspielen.

Übersicht der Kernforschung und der Vorkommen an spaltbaren Produkten in der Welt

Australien: Besitzt reiche Uranvorkommen; die Grundforschung hat erst begonnen; der erste Reaktor soll 1957 in Betrieb kommen.

Belgien: Besitzt ausgedehnte Uranvorkommen im Belgisch-Kongo; erhält teilweise Kenntnis von den Forschungsergebnissen in England; zwei Reaktoren projektiert.

Brasilien: Besitzt wesentliche Thoriumvorkommen; Forschungsprogramm begrenzt; ein Reaktor projektiert.

Canada: Besitzt ausgedehnte Uranvorkommen; seit dem Kriege Forschung gemeinsam mit USA; zwei Reaktoren gebaut, zwei projektiert.

Frankreich: Kernbrennstoff-Vorkommen im Mutterland und in den Kolonien; Forschung ausgedehnt; zwei Reaktoren gebaut, zwei projektiert.

Deutschland (Bundesrepublik): Besitzt kleinere Uranvorkommen; darf seit dem letzten Weltkrieg keine Reaktoren bauen, doch soll der Bau kleiner Versuchsreaktoren gestattet werden.

Indien: Besitzt Uran- und Thoriumvorkommen; umfassendes Forschungsprogramm fortgeschritten; ein Reaktor projektiert.

Italien: Besitzt keine Uran- oder Thoriumvorkommen; Forschungsprogramm begrenzt; ein Versuchsreaktor projektiert.

Niederlande, Norwegen: Keine Uran- oder Thoriumvorkommen; wesentliche Forschung beider Länder beruht auf dem norwegischen Reaktor.

Schweden: Besitzt wenige Uranvorkommen; Forschung fortgeschritten; ein Reaktor gebaut, einer projektiert.

England: Kann auf reiche Uranvorkommen in Kanada, Australien und im Kongo abstellen. Forschung fortgeschritten; fünf Reaktoren gebaut, vier projektiert.

Vereinigte Staaten: Uranvorkommen auf dem Colorado-Plateau; Erze erhältlich aus Kanada, Australien und dem Kongo; zwanzig Reaktoren gebaut, fünfzehn projektiert.

Schweiz: Keine Uran- oder Thoriumvorkommen; Forschung fortgeschritten; ein Reaktor projektiert.
(Dr. R. M.)

Verbandsmitteilungen

Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique (Unipède)

Auf die freundliche Einladung von Lord Citrine, Präsident der British Electricity Authority hin, hat das Comité de Direction der Unipède beschlossen, den 10. Kongress dieser Vereinigung im September 1955 in Grossbritannien abzuhalten.

Die Arbeitstagung findet in London, in der am 19. September beginnenden Woche statt. Anschliessend wird eine mehrtägige Studienreise bis zu den Wasserkraftwerken Schottlands führen.

Wir werden hier das Programm dieser Veranstaltung bekannt geben sobald wir in dessen Besitz sind.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrücke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.