

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 21 (1930)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz im Jahre 1929  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061320>

### **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>**

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke } REDAKTION } Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité  
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Verlag und Administration } Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. } Editeur et Administration  
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXI. Jahrgang  
XXI<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 13

Juli I 1930  
Juillet I 1930

### Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz im Jahre 1929.

Mitgeteilt vom Starkstrominspektorat.

614.8(494)

Die im Jahre 1929 an Starkstromanlagen (exklusive elektrische Bahnen) vorgekommenen Unfälle werden tabellarisch nach dem Berufe der betroffenen Personen, nach der Höhe der Spannung und nach den Anlageteilen geordnet und daraus Vergleiche mit früheren Jahren gezogen.

Sodann werden einige typische Unfälle beschrieben und auf die Umstände, welche sie verursacht haben, hingewiesen.

Les accidents survenus pendant l'année 1929 dans les installations à fort courant (non compris les installations de traction) sont énumérés et classés suivant la profession des victimes, suivant la partie de l'installation où les accidents ont eu lieu et suivant les tensions.

On compare ensuite les accidents survenus en 1929 avec ceux des années précédentes et donne des détails sur quelques accidents particulièrement instructifs.

Im Jahre 1929 sind insgesamt 94 durch Starkstrom verursachte Unfälle zur Kenntnis des Starkstrominspektorates gelangt. Von diesen Unfällen wurden 97 Personen betroffen, darunter 28 tödlich. Ausser diesen in den der allgemeinen Energieversorgung dienenden Anlagen und in industriellen Betrieben vorgekommenen Unfällen, weist aber auch der elektrische Bahnbetrieb eine Anzahl Unfälle auf, deren Häufigkeit sich aus dem Bericht des Bundesrates über die Geschäftsführung des Eidg. Eisenbahndepartementes wie folgt ergibt:

#### Elektrizitätsunfälle beim Bahnbetrieb im Jahre 1929.

	Verletzt	Tot	Total
Bahnbedienstete	5	2	7
Reisende und Drittpersonen	6	5	11
Total	11	7	18

In den nachfolgenden Zusammenstellungen und Ausführungen wird im übrigen wie in den entsprechenden Veröffentlichungen der früheren Jahre von einer Berücksichtigung dieser Unfälle an Bahnanlagen abgesehen, da die Erhebungen des Starkstrominspektorates sich nicht auf diese Unfälle erstrecken.

Die gesamte Anzahl der elektrischen Unfälle hat wiederum nahezu die gleiche Höhe erreicht, wie im Vorjahr; dabei wurden verschiedene leichtere Unfälle, die nur indirekt auf die Wirkung des elektrischen Stromes zurückzuführen sind, berücksichtigt, wie beispielsweise 17 Unfälle, die durch Flammenbogenwirkung bei Niederspannungskurzschlüssen verursacht wurden. Die Anzahl der tödlichen Unfälle ist ziemlich konstant geblieben und überschreitet mit 28 das Mittel der letzten 10 Jahre

*Anzahl der verunfallten Personen, geordnet nach ihrer Zugehörigkeit zu den elektrischen Unternehmungen.*

Tabelle I.

Jahr	Eigentliches Betriebspersonal der Werke		Anderes Personal der Werke und Monteur v. Installationsfirmen		Drittpersonen		Total		
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	total
<b>1929</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>69</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
1928	14	3	31	10	28	17	73	30	103
1927	10	8	19	7	22	14	51	29	80
1926	15	5	14	4	24	15	53	24	77
1925	16	2	17	5	15	11	48	18	66
1924	3	5	16	6	16	15	35	26	61
1923	10	3	15	6	17	14	42	23	65
1922	20	9	10	8	9	12	39	29	68
1921	11	8	17	3	13	14	41	25	66
1920	14	10	15	13	19	19	48	42	90
Mittel 1920—29	12	5	18	7	20	15	50	27	77

(27) nur um einen Fall. Die Verteilung der tödlichen Unfälle nach ihrer Zugehörigkeit zu den elektrischen Unternehmungen, ändert sich im allgemeinen von Jahr zu Jahr verhältnismässig wenig. Wenn das eigentliche Betriebspersonal der Werke nach den vorliegenden Erhebungen in den letzten Jahren eine geringere Anzahl Unfälle aufweist, als das Monteurpersonal, so rührt dies wohl daher, dass die in den Werken beschäftigten Personen mit der Zeit sehr viel weniger zugenommen haben, als die Zahl der Monteur, denn die Gefährdung der erstern dürfte wohl nicht geringer sein, als die Gefährdung bei dem weit zahlreicheren Monteur- und Installationspersonal. Mehr als die Hälfte aller Todesfälle entfällt auf Drittpersonen.

*Anzahl der durch Hoch- und Niederspannung verunfallten Personen.*

Tabelle II.

Jahr	Niederspannung		Hochspannung		Total		
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	total
<b>1929</b>	<b>49</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>69</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
1928	49	20	24	10	73	30	103
1927	37	16	14	13	51	29	80
1926	38	15	15	9	53	24	77
1925	32	10	16	8	48	18	66
1924	24	19	11	7	35	26	61
1923	22	10	20	13	42	23	65
1922	19	13	20	16	39	29	68
1921	21	11	20	14	41	25	66
1920	23	14	25	28	48	42	90
Mittel 1920—29	31	15	19	12	50	27	77

In Uebereinstimmung damit, dass die meisten tödlichen Unfälle Drittpersonen (Landwirte, Bauarbeiter usw.) zustossen, steht die Erscheinung, dass die durch Niederspannung verursachten schweren Unfälle immer zahlreicher werden. In den letzten Jahren ist ein beständiges Anwachsen der Niederspannungsunfälle zu verzeichnen; dabei übersteigen sowohl die tödlichen Niederspannungsunfälle als auch diejenigen, welche nur Verletzungen zur Folge hatten, das Mittel der letzten 10 Jahre um mehr als die Hälfte. Eine gegenteilige Wahrnehmung lässt sich erfreulicherweise bei den Hochspannungsunfällen machen, indem wenigstens die Vorkommnisse mit tödlichem Ausgang schon seit Jahren in verhältnismässig bescheidenem Rahmen bleiben, wohl nicht in letzter Linie dank dem immer sicherern und einen erhöhten Schutz bietenden Ausbau der Hochspannungsanlagen durch die Elektrizitätswerke.

Anzahl der im Jahre 1929 vorgekommenen Unfälle, unterteilt nach der Art der Anlageteile und der Höhe der Spannungen.

Tabelle III.

Anlageteil	Zur Wirkung gekommene Spannung										Total		
	bis 250 V		251-1000 V		1001-5000 V		5001-10000 V		über 10000 V		verletzt	tot	total
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot			
Generatorenstationen und grosse Unterwerke . . .	1	—	—	2	—	—	2	—	6	2	9	4	13
Leitungen . . . . .	12	2	—	5	1	2	—	—	—	1	13	10	23
Transformatorstationen .	1	—	1	—	—	—	7	1	1	—	10	1	11
Versuchsräume . . . . .	1	—	2	—	—	—	1	—	—	—	4	—	4
Industrielle und gewerbliche Betriebe . . . . .	7	2	16	2	—	—	—	—	—	—	23	4	27
Transportable Motoren . .	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4	3	7
Transportable Lampen . .	2	3	—	1	—	—	—	—	—	—	2	4	6
Medizinische Apparate . .	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1
Uebrige Hausinstallationen	3	1	—	1	—	—	—	—	—	—	3	2	5
Total	31	11	19	11	1	2	10	1	8	3	69	28	97
	42		30		3		11		11		97		

In der Tabelle III ist die Zahl der Unfälle nach der Höhe der Spannung einerseits und nach den hauptsächlichsten Anlageteilen andererseits eingereiht worden. Für diese Einreihung nach Spannungen ist in der Tabelle nicht die Spannung des Stromsystems des betreffenden Betriebes massgebend, sondern es wurde, wo immer möglich, darnach getrachtet, die den Unfall verursachende Spannung festzustellen. So wurden z. B. Unfälle in 220/380 V-Drehstromnetzen, bei welchen die Spannung zwischen einem Phasenleiter und dem Nulleiter, bzw. der Erde bei geerdetem Nullpunkt, in Wirkung kam, in die erste Hauptkolonne (bis 250 V) eingereiht und solche mit der vollen Spannung zwischen zwei Phasen in die zweite Hauptkolonne (251–500 V). Was die Niederspannungsunfälle anbelangt, so ist im vergangenen Jahre der Spannungsbereich bis zu 250 V ebenso verhängnisvoll gewesen, wie derjenige von 251–500 V. Diese Tatsache bestätigt die Erfahrung, dass nicht bloss die Höhe der wirksamen Spannung an sich von Einfluss auf die Gefahr ist, sondern weit mehr die den Unfall begleitenden Umstände, wie starkes Schwitzen, nasser oder doch feuchter Standort, Art und Dauer der Berührung. Ein Umfassen unter Spannung stehender Teile führt im allgemeinen zu viel verhängnisvolleren Folgen, als ein kurzes blosses Berühren, weil beim Umfassen die Verminderung des Uebergangswiderstandes des menschlichen Körpers zu einer erhöhten Stromaufnahme führt und weil die Krampfwirkung im menschlichen Muskelsystem ein Loslassen des erfassten Gegenstandes, so lange er sich unter Spannung befindet, meistens verunmöglicht. Bei den Hochspannungsunfällen ist vor allem die Tatsache bemerkenswert, dass in den Spannungsbereichen mit über 5000 V nur sehr wenige Fälle einen tödlichen Verlauf nahmen. Im Jahre 1929 kamen 7 Unfälle durch Berührung in Anlagen mit ca. 50000 V Spannung vor; von diesen hatten nur zwei einen tödlichen Ausgang und auch diese nicht unmittelbar, sondern der eine erst nach mehreren Stunden als Folge ausgedehnter Verbrennungen, der andere wahrscheinlich ohne eigentlichen Stromübertritt als Folge des erlittenen Schreckens. Mit Ausnahme von 3 Unfällen, welche auf die Hitzewirkung von Gleichstromlichtbogen zurückzuführen sind, kam in allen Fällen Wechselstrom als Unfallursache in Frage.

Die Tabelle IV orientiert über die Zugehörigkeit der Verunfallten zu den verschiedenen Berufsarten. Sie weist im wesentlichen das gleiche Bild wie im Vorjahr auf und bestätigt die schon erwähnte Tatsache, dass insbesondere das Monteurpersonal der elektrischen Unternehmungen am meisten Unfälle erleidet. Im Berichtsjahre sind u. a. auch 3 Kinder im Alter von 7 $\frac{1}{2}$ , 13 und 14 Jahren durch den Einfluss des elektrischen Stromes getötet worden. Eines von ihnen kam mit

Anzahl der im Jahre 1929 vorgekommenen Unfälle, unterteilt nach den Berufsarten der Verunfallten.

Tabelle IV.

Berufsarten	verletzt	tot	total
Ingenieure und Techniker . . . . .	6	1	7
Maschinisten und Anlagewärter . . . . .	5	1	6
Monteure und Hilfsmonteure in elektrischen Betrieben und Installationsgeschäften , . . . . .	23	8	31
Andere Arbeiter von elektrischen Unternehmungen . . . . .	5	1	6
Fabrikpersonal . . . . .	19	4	23
Bauarbeiter . . . . .	7	2	9
Landwirte und Gärtner . . . . .	—	5	5
Feuerwehrleute und Militärpersonen . . . . .	—	—	—
Dienstboten . . . . .	—	2	2
Kinder . . . . .	1	3	4
Sonstige Drittpersonen . . . . .	3	1	4
Total	69	28	97

Niederspannungsdrähten auf dem Dach seines Vaterhauses in Berührung, und ein anderes mit einem gebrochenen auf dem Boden liegenden Freileitungsdraht. Der dritte Fall ereignete sich in einer Transformatorstation und ist in einem spätern Teil dieses Berichtes näher beschrieben.

Im folgenden sei noch auf einige besonders bemerkenswerte Unfälle des letzten Jahres näher eingetreten:

Von den Unfällen, die sich in *Generatorenstationen und Unterwerken* ereignet haben, sind zwei mit tödlichem Ausgang nicht vollständig abgeklärt. Der eine betrifft einen Monteur, der bei Arbeiten an einer Niederspannungsschalttafel in der Nähe verkleideter, unter Spannung stehender Teile plötzlich (möglicherweise infolge Unwohlseins) zusammensank, und nach den Beobachtungen der Anwesenden erst im Fallen die vorhandene Schutzverkleidung wegriss und mit unter Spannung stehenden Teilen in Verbindung gelangte. In einem andern Fall nahm der Lehrling einer Elektrizitätsunternehmung zwei Verwandte mit sich in das Innere eines Kraftwerkes, um ihnen die Einrichtungen zu zeigen. Bei einem 38 000 V - Oelschalter löste der Lehrling durch eine ungeschickte Annäherung einen starken Kurzschluss aus, wobei er durch den auftretenden Flammenbogen verletzt wurde. Die beiden Begleiter sprangen erschreckt davon, in den anstossenden Maschinensaal, wo der eine, ein 14 jähriger Jüngling, leblos zusammenbrach. Es scheint sich bei diesem tödlich Verunfallten um eine ausgesprochene Schreckwirkung zu handeln, da an seinem Körper keinerlei Stromübertrittstellen wahrzunehmen waren und nach den Aussagen der beiden andern Beteiligten der Getötete beim Kurzschluss auch nicht im Strombereiche stand. Fünf weitere Unfälle entfallen auf Anlagewärter und Maschinisten. Auch im verflossenen Jahre ereignete es sich wieder, dass ein Anlagewärter ans Telephon gerufen wurde, während er mit der Abschaltung eines Werkteiles zwecks Reinigung beschäftigt war und nach der Rückkehr vom Telephon die Abschaltung für beendet hielt. Er wollte dann ungesäumt mit den vorgesehenen Reinigungsarbeiten beginnen und geriet mit noch unter Spannung stehenden 45 000 V-Anlageteilen in Berührung, wobei er so schwere Verbrennungen erlitt, dass nach anderthalbtägigem Leiden der Tod eintrat. Solche Unterbrüche während Schaltungsmassnahmen haben sich schon oft als verhängnisvoll gezeigt. Sind sie nicht zu vermeiden, so sollte die Regel gelten, immer zuerst wieder die Schaltung der Anlage genau nachzuprüfen, bevor man sich in Gefahr begibt. In einem weitem Fall fürchtete ein Anlagewärter, dass ein Bauarbeiter, der in einer Unterstation Arbeiten ausführen sollte, sich einer Schaltzelle nähern wolle, bevor diese ausser Betrieb gesetzt war. Im Bestreben, denselben von der Annäherung abzuhalten, geriet er selbst mit der rechten Hand zu nahe an eine unter Spannung stehende 45 000 V - Hochspannungsleitung. Seine schweren Verbrennungen erforderten im Spital die Amputation dieser Hand und

eines Fusses. Zwei Unfälle wurden dadurch verursacht, dass die Betreffenden trotz der ihnen bekannten Gefahr anlässlich von Arbeiten in Transformatorenstationen zu nahe an Hochspannungsanlageteile gelangten und Verbrennungen erlitten. Endlich ist noch ein Fall zu erwähnen, in welchem ein Techniker hinter einer Niederspannungs-Schalttafel mit der Hand das Lockersein von Verbindungen prüfen wollte, dabei vom Strome an einer 500 V - Klemme festgehalten wurde und erst nach längerer Zeit befreit werden konnte, so dass eine Wiederbelebung des inzwischen bewusstlos Gewordenen nicht mehr zum Erfolg zu führen vermochte.

An *Hochspannungsleitungen* haben sich im Berichtsjahr 4 Unfälle ereignet, wovon drei auf direkte Berührung von stromführenden Teilen zurückzuführen sind und vier Menschenleben forderten, während es sich beim vierten Unfall nur um Flammenbogenverletzungen handelte. Dieser letztere Unfall entstand dadurch, dass bei Grabarbeiten einer Bauunternehmung in einer Strasse ein unbeachtet gebliebenes Hochspannungskabel mit einem Meissel durchgeschlagen wurde, was zu einem explosionsartigen Kurzschluss führte, ohne dass indessen der den Meissel haltende Mann eine direkte Stromwirkung verspürte. Dieser, ein einfacher Bauarbeiter, hatte die Zementsteinüberdeckung des Kabels nicht als solche zu erkennen vermocht, sondern sie für irgendeine Betonschicht gehalten. Zwei von den tödlichen Unfällen betrafen Monteure, die an Hochspannungsleitungen zu arbeiten hatten. Der eine dieser Monteure verwechselte auf einem Gittermasten, an welchem auf der einen Seite eine Hochspannungsleitung unter Spannung stand, während die auf der andern Seite befindliche Leitung spannungslos war, die beiden Leitungen miteinander und geriet so an einen stromführenden Leiter. Wäre die im Betrieb befindliche Leitungshälfte an den Masten als solche gekennzeichnet gewesen, wäre der für den Unfall kausale Irrtum beim betreffenden Monteur möglicherweise nicht eingetreten. Ein weiterer Monteur wurde getötet, als er bei gleichem Betriebszustand der Leitung die Kurzschluss- und Erdungsvorrichtung an der ausgeschalteten Leitung entfernen sollte; fälschlicherweise löste er den Erdkontakt zeitlich vor dem letzten Leiterkontakt und setzte sich dann der durch die parallel geführte Leitung induzierten Spannung aus. Ein anderer Unfall kostete zwei Holzarbeitern das Leben. Diese wollten ein Transportseil von einem Waldhang herunterspannen. Den untern Befestigungspunkt für das Drahtseil wählten sie so, dass dieser in einer Entfernung von ca. 60 m von der untern Befestigungsstelle eine Hochspannungsleitung unterkreuzte. Beim Anziehen des Seiles schnellte dieses, wie das bei einiger Ueberlegung hätte vorausgesehen werden können, an die Hochspannungsleitung hinauf und gelangte so unter Spannung. Beide Männer standen in diesem Moment gerade mit dem Drahtseil in Berührung und wurden vom Strome getroffen.

Zahlreicher waren die Unfälle in *Transformatorenstationen*. In 4 Fällen von insgesamt 10 handelte es sich indessen nur um Flammenbogenverletzungen bei Kurzschlüssen, deren Ursache im Oeffnen belasteter Trennmesser, in einem Transformatordefekt und in einer Schalterbeschädigung lag. Diese Vorfälle hatten für die Betroffenen glücklicherweise keine schweren Folgen. Schwererer Natur waren auch hier die Unfälle, welche sich infolge direkter Berührung von Hochspannungsanlageteilen ereigneten. Ein Hilfsmonteur wurde getötet, weil er sich bei seinen Arbeiten in einer Transformatorenstation nicht an das ihm vorgezeichnete Arbeitsfeld hielt, sondern sich in den Bereich der Hochspannung begab, wo dann ein Stromübertritt auf den Verunfallten eintrat. Im weitem ereignete sich der Fall, dass ein Nichtfachmann, der aber als Stationswärter bestimmt war, eine neue Stangenstation besichtigen wollte. In der Absicht, den entgegen seiner Annahme noch gar nicht geschlossenen Freileitungsschalter vor der Station zu öffnen, schloss er diesen Schalter, ohne dessen Stellung zu kontrollieren und kam dann auf der Transformatorenstation mit Hochspannungsteilen in Berührung. Er stürzte aus ca. 6 m Höhe ab, was schwere Verletzungen, die mehrere Monate nach dem Unfall noch nicht geheilt waren, zur Folge hatte. Zwei Unfälle sind auf die Vornahme von Reinigungsarbeiten

im Betrieb und zwei weitere auf unvorsichtiges Vorgehen beim Auswechseln von Sicherungen zurückzuführen. Diese Verletzungen waren glücklicherweise trotz der Einwirkung von Hochspannung nur leichter Natur.

Von den 18 Unfällen, die sich im Berichtsjahr an *Niederspannungsleitungen* ereigneten, entfällt einer auf eine Kabelleitung. Ein Arbeiter berührte den betriebsmäßig geerdeten Nulleiter eines neu erstellten Anschlusses. Der Nulleiter war, weil er als spannungslos angesehen wurde, bereits an das Netz angeschlossen, im Gegensatz zu den Aussenleitern. Infolge eines Isolationsdefektes im Verteilnetz wies aber dieser Nulleiter ein erhöhtes Potential gegen Erde auf. Der betreffende Arbeiter wurde festgehalten, bis ihn ein Kamerad befreite. Der Stromdurchgang hatte Brandwunden an einer Hand verursacht. Was die Unfälle von Bauarbeitern anbelangt, so zeigt das Jahr 1929 ein günstigeres Bild als sein Vorjahr. Im Jahre 1928 verunfallten an Hausanschlussleitungen 8 Bauarbeiter, darunter drei tödlich; im Berichtsjahr gelangten nur ein tödlicher und drei leichtere Unfälle zur Kenntnis des Starkstrominspektorats. Beim tödlichen Unfall handelte es sich um die Berührung von Dachständeranschlussdrähten, die von einem Sturz des Verunfallten vom Dache begleitet war. Die drei andern Vorkommnisse sind darauf zurückzuführen, dass bei Erstellung von Baugerüsten die Fassadenanschlussdrähte nicht verschalt worden waren, was dann in der Folge Anlass zu unbeabsichtigten Berührungen unter Spannung stehender Leitungsdrähte gab. Diese Vorfälle zeigen, dass die Gefahr der Niederspannungsfreileitungen unter dem Baupersonal immer noch zu wenig bekannt ist. Die Unterschätzung der Gefahr solcher Leitungen besteht aber leider auch noch beim Berufspersonal, da es sich infolge der zunehmenden Schwierigkeiten in der Einstellung der Energielieferung bei Netzarbeiten öfters dazu verleiten lässt, Arbeiten unter Spannung auszuführen, die durch den kleinsten Zufall verhängnisvoll werden können. So büssten zwei Monteure ihr Leben ein, die auf Freileitungsstangen bei einer Spannung der Leiter von 145, bzw. 220 V, Arbeiten vornahmen. Der erste dieser Fälle ist dabei von besonderem Interesse. Der Monteur, welcher den Unfall erlitt, sollte einen vorübergehend abgetrennten Hausanschluss auf der Freileitungsstange wieder anschliessen. Während er mit seiner linken Hand den Aussenleiter, der durch die Hausinstallation, bzw. durch die Spannungsspule des Zählers mit dem bereits angeschlossenen Nulleiter verbunden war, anzog, berührte sein rechtes Handgelenk den einen Phasenleiter des Netzstranges, so dass ein geschlossener Stromweg von diesem Aussenleiter durch seinen Körper und die Hausinstallation zum Netznulleiter entstand. Der Verunfallte wurde einige Zeit festgehalten und konnte nach seiner Befreiung nicht mehr zum Leben zurückgerufen werden. Wären in dem Haus, zu welchem der Anschluss hergestellt werden musste, die Hauptsicherungen gelöst worden, so hätte dies eine Verminderung der Gefahr bewirkt, weil dann die Rückverbindung zum Netz über die Hausinstallation unterbrochen gewesen wäre. Der zweite Todesfall bei Netzarbeiten unter Spannung konnte in seinem Hergang nicht festgestellt werden, da Beobachtungen fehlen. Die drei weiteren Unfälle erhärten die bereits in einem früheren Teil des Berichtes erwähnte Tatsache, dass bei Netzarbeiten unter Spannung oft eine an sich unbedeutende Fehlhandlung (Ausgleiten mit dem Steigeisen, ungeschickte Handbewegung) zu gefährlichen Berührungen führen kann, die dann leicht durch einen Sturz von der Stange schwerere Verletzungen nach sich ziehen, als durch die eigentliche Elektrisierung. Leider gesellten sich zu diesen Vorkommnissen auch noch solche, bei denen die vorgesehene Abschaltung infolge Versagens von Drittpersonen unterblieb, oder zu spät oder falsch ausgeführt wurde, so dass dann der sich zur Arbeit auf die Stange begebende Monteur bei der Annäherung an die Drähte ahnungslos elektrisiert wurde. Bei guter Zusammenarbeit aller Beteiligten sollten derartige Vorfälle vermieden werden können.

Die vier Unfälle, welche sich in *Versuchslokalen* ereigneten, waren leichter Natur; zwei davon wurden durch Kurzschlussflammenbogen verursacht; die beiden andern entstanden durch unvorsichtige Annäherung an unter Spannung stehende Teile von Versuchsanordnungen. Die elektrischen Einrichtungen in Versuchsständen

und Laboratorien werden, infolge ihres notwendigerweise oft provisorischen Charakters, immer erhöhte Aufmerksamkeit von Seite der darin Beschäftigten und besondere Absperrmassnahmen gegenüber Dritten erfordern.

In *industriellen und gewerblichen* Betrieben sind wiederum am meisten Starkstromunfälle vorgekommen; dieselben hatten bei 23 Betroffenen Verletzungen, bei 4 Betroffenen den Tod zur Folge. In 14 Unfällen handelte es sich um Flammenbogenverletzungen, die namentlich durch Kurzschlüsse beim Anlegen von Prüflampen und sonstigen Kontrollapparaten an unter Spannung stehende Anlageteile oder beim Hantieren an elektrischen Schaltern und dergl. entstanden sind. Unter den Flammenbogenverletzungen befinden sich auch wieder solche, die beim Betätigen von ältern Motorschaltern mit Presspandekel und offenem Schalterhebelschlitz verursacht wurden. Ein tödlicher Unfall ereignete sich dadurch, dass in einer Giesserei der Fassungsring eines Feuchtpendels entfernt worden war, um eine Fassungssteckdose einschrauben zu können. Als dann ein Arbeiter den Stecker einer Handlampe in die Fassungssteckdose einfügen wollte und zu diesem Zwecke auf seinem Arbeitstisch stehend, das Pendel mit der einen Hand gegen sich zog, während er sich mit der andern Hand an einem eisernen Konstruktionsträger festhielt, berührte er das ungeschützte Fassungs Gewinde des Pendels und wurde bei einer wirksamen Spannung von 220 V getötet. Ein ähnlicher Fall ereignete sich in einem Gaswerk; dieser hatte jedoch nicht so weittragende Folgen, weil der Verunfallte sich rasch wieder frei machen konnte und nur Sturzverletzungen erlitt. Ein bedauerlicher Todesfall ist auf das Versagen eines Motorschalters zurückzuführen. Zwecks Revision an einer Anlage hatte ein Kranenführer den Hauptschalter geöffnet; infolge eines Schalterdefektes blieb aber ein Schaltmesser in der Einschaltstellung, wobei dies wegen des Pressspannschutzdeckels nicht bemerkt wurde. Als dieser Mann sodann mit einem unter Spannung stehenden Kontaktteil ahnungslos in Berührung kam, wurde er getötet. Zwei Unfälle sind auf das Vorhandensein ungeschützter elektrischer Kontakte an Arbeitsmaschinen zurückzuführen. Im einen Fall bewirkte die unbeabsichtigte Berührung eines unter 250 V-Spannung gegen Erde stehenden Kontaktes den Tod. Im andern Fall verursachte das einige Zeit andauernde Festgehaltenwerden Verbrennungen an einer Hand. Auch das versehentliche Unterlassen der Abschaltung vor der Inangriffnahme von Arbeiten an elektrischen Apparaten verursachte einen Todesfall. Die Unterlassung der Abschaltung hätte aber voraussichtlich nicht diese ernste Folge gehabt, wenn die in Betracht gekommene für 220 V gebaute Arbeitsmaschine mittels eines Transformators mit getrennten Wicklungen, anstatt mittels eines sogenannten Spartransformators, an das 500 V - Netz angeschlossen gewesen wäre, da dieser letztere Umstand zu einer Erhöhung der wirksamen Spannung geführt hat. Jedes Jahr kommen ferner Unfälle an Krananlagen infolge Berührung mit der offenen Kontaktleitung vor. Auch im Jahre 1929 ereignete sich zwei Mal der Fall, dass Arbeiter auf Kranen in der Nähe der Kontaktleitungen etwas nachzusehen hatten und zufolge einer unvorsichtigen Bewegung an einen blanken Leitungsdraht stiessen. Immerhin waren als Unfallfolgen in diesen beiden Fällen nur vorübergehende Bewusstlosigkeit und körperliche Schwäche zu verzeichnen.

Von den Unfällen an *transportablen Motoranlagen* entfallen zwei Todesfälle auf landwirtschaftliche Betriebe. Der eine Fall hatte seine Ursache in einem Unterbruch der Erdleitung zwischen der Motorsteckdose und der Erdelektrode und in der durch Eindringen von Wasser in den Stecker hervorgerufenen leitenden Verbindung zwischen dem Erdungsstift und einem Phasenleiterstift. Als unter diesen Umständen ein Bauernknecht die eiserne Kabelarmierung der Motorzuleitung erfasste, wurde er getötet (220 V). Beim zweiten Todesfall war die Unterspannungsetzung der Motoranlage dadurch erfolgt, dass in einem Schaltkasten Litzendrähte, die zum Flickern von Sicherungen benützt wurden, liegen geblieben waren und einen Kontakt zwischen Schaltergehäuse und einem Phasenleiter herzustellen vermochten. Ausserdem bestand noch ein Unterbruch der Erdleitung im Kabelstecker, so dass der Sohn des Besitzers der Motoranlage, als er das Fahrgestell hoch heben wollte, elektrisiert und getötet

wurde. Die wirksame Spannung betrug 220 V. Die weiteren, in der Tabelle III verzeichneten Unfälle an transportablen Motoreinrichtungen ereigneten sich in industriellen Anlagen. Bemerkenswert ist besonders ein tödlich verlaufener Unfall an einer einphasigen 220 V - Bohrmaschine. Diese Bohrmaschine war durch den Nullleiter geerdet. Infolge Korrosion war aber der Nulleiter in der fest verlegten Zuleitung zum Stecker unterbrochen. Ein Arbeiter der die Bohrmaschine benützte, wurde in dem Moment getötet, als er die Maschine, die er vorher, ohne etwas zu spüren, benützt hatte, vom Arbeitsgegenstand entfernte und dadurch die durch den Arbeitsgegenstand vermittelte Erdung unterbrach. Unterspannungsetzungen von Handbohrmaschinen, die zu leichteren Unfällen führten, erfolgten ferner dadurch, dass sich das eine Mal der Erdungsdraht in einem Stecker löste und mit einem Phasenleiter in Berührung geriet, und ein anderes Mal dadurch, dass die Unverwechselbarkeit der Steckerstiften durch die Konstruktion des Steckkontaktes nicht gewährleistet war, so dass der Erdungsstift des Steckers in eine unter Spannung stehende Hülse der Steckdose eingebracht werden konnte. Ein ebenfalls nicht tödlicher Unfall an einer transportablen Motoranlage hatte seine Ursache darin, dass die Zuleitung zu einem transportablen Pumpenaggregat an beiden Enden Stecker besass; ein Arbeiter wurde dann an den Steckerstiften desjenigen Leitungsendes, das auf der Seite des Stromverbrauchers war, festgehalten, als er dieselben zufällig berührte, während er das andere Leitungsende schon in die Steckdose eingesteckt hatte.

Im Berichtsjahr sind 6 Unfälle an *tragbaren Lampen*, darunter 4 tödliche, zu verzeichnen. Bei den tödlichen Unfällen handelte es sich wiederum ausnahmslos um die Verwendung ungeeigneter Metallfassungen als Handlampen an nassen und feuchten Orten. Zwei Landwirte wurden beim Hantieren mit solchen Lampen im Stall getötet, das eine Mal infolge Berührung des ungeschützten Lampensockels, das andere Mal infolge Berührung des innern Fassungsengewindes in dem Momente, als der Betreffende in einem dunklen Stallraum die Fassung ergreifen wollte, um eine Glühlampe einzuschrauben. Ein Heizer erlitt den Tod, als er bei einem Wasserleitungsbruch in einem Keller eine ganz mangelhafte Messingfassung als Handlampe benutzen wollte und vermutlich den ungeschützten Lampensockel berührte. Die betreffende Beleuchtungsinstallation war an eine 110 V - Wechselstromanlage angeschlossen gewesen. Durch einen Isolationsdefekt im Verteilnetz hatte sich aber die Spannung gegen Erde beim einen Leiter auf 150 V und beim andern Leiter auf 260 V erhöht. Welche der beiden Spannungen beim Unfall wirksam war, liess sich nachträglich nicht mehr feststellen. Auch ein Maurer verlor sein Leben, als er im Keller eines Neubaus den Lampensockel einer Messingfassung, die als Handlampe diente, berührte. Die beiden in Tabelle III erwähnten Verletzungen sind der Verwendung einer Metallfassung und dem Fehlen des Fassungsringes an einer an und für sich vorschriftsgemässen Handlampe zuzuschreiben.

Ein Unfall an einem *Röntgenapparat* ist auf das Versehen einer Drittperson zurückzuführen, indem dieselbe den Apparat unter Spannung setzte, während ein Arzt die Hochspannungszuleitungsdrähte zum Behandlungsstuhl ergriffen hatte. Durch einen zweiten anwesenden Arzt sofort eingeleitete Wiederbelebungsversuche an dem infolge des Stromübertrittes bewusstlos gewordenen Kollegen hatten nach kurzer Zeit Erfolg.

Von den übrigen Unfällen, die sich in *Hausinstallationen* ereigneten (2 Todesfälle und 3 Verletzungen) ist ein tödlich verlaufener Fall insofern bemerkenswert, als er sich beim Auseinanderzerren eines normalen Lichtkupplungssteckkontaktes ereignete. Der Verunfallte muss ganz kurzzeitig mit zwei Fingern die Steckerstiften berührt haben, während diese noch mit den Hülsen des zugehörigen Steckkontaktes in Berührung standen. Wenn dadurch trotz der niedern Spannung von 125 V der Tod eintrat, so ist dies wohl darauf zurückzuführen, dass der Verunfallte unter starker Schweissabsonderung litt und mit durchfeuchtetem Schuhwerk auf nassem Grasboden stand. Ein zweiter tödlicher Unfall stiess einem Monteur in einer 500 V-Drehstromanlage zu, als dieser einen Zähler montieren wollte. Er glaubte die Anlage durch

Herausschrauben der oberhalb der Zählertafel montierten Sicherungen spannungslos gemacht zu haben. Diese Sicherungen waren aber im Stromkreise hinter dem Zähler eingebaut, so dass die Zuleitungsdrähte zum Klemmenbrett des Zählers unter Spannung blieben. Der die Drähte ergreifende Monteur wurde deshalb elektrisiert und durch den Strom getötet. Ein weiterer Unfall ereignete sich infolge einer ungeschickten Bewegung bei dem bewusst unter Spannung erfolgten Abtrennen eines Zählers; der betreffende Monteur erlitt Flammenbogenverletzungen, die eine mehrwöchige Heildauer erforderten. Durch Uebertritt von Starkstromspannung in die Sonnerieanlage eines defekten metallenen Zugleuchters, an welchem die Schwachstromleitung zum Tisch hinuntergeführt war, ereignete sich ein Unfall, der leicht schwerere Folgen nach sich hätte ziehen können. Ein Mädchen ergriff im Badesitzend die metallene Sonneriekette, wurde elektrisiert und festgehalten, bis zufälligerweise ein Dienstmädchen dazu kam und durch Entfernen der Sicherungen die Anlage spannungslos machte. Der mehrere Minuten dauernde Stromdurchgang hatte Verbrennungen an beiden Händen zur Folge. Es zeigt sich daraus die Notwendigkeit, auch in Schwachstromanlagen, wenn es sich um Badzimmer oder ähnliche Räume handelt, solche Zugketten isolierend zu unterbrechen.

## Ueber Phasenkompensation von Asynchronmotoren.

Von E. Bindler, dipl. Ing.,  
Assistent am Elektrotechnischen Institut der E.T.H. Zürich.

621.316.761.2 : 621.3.072.7

*In diesem Aufsatz wird gezeigt, wie es möglich ist, von der Impedanz der Drehstromasynchronmaschine ausgehend, Methoden für ihre Kompensation abzuleiten. Es werden darauf einige prinzipielle Schaltungen angegeben und die Theorie der einfachsten Methode entwickelt, wobei das theoretisch abgeleitete Impedanzdiagramm durch praktische Messungen nachkontrolliert wird.*

*Im speziellen wird auch die Abhängigkeit zwischen der Drehzahl der Kompensatormaschine und dem Schlupfe der Asynchronmaschine bei fremdangetriebenem, eigenregtem Kompensator angegeben.*

*L'auteur montre comment on peut déduire de l'impédance de la asynchrone triphasée des méthodes pour compenser cette impédance. Il indique ensuite quelques schémas de principe et développe la théorie de la méthode la plus simple, puis contrôle par des mesures le diagramme d'impédance déduit théoriquement.*

*En particulier, l'auteur indique la relation qui existe entre et le glissement de la machine asynchrone et le nombre de tours de la machine compensée à auto-excitation et entraînement séparé.*

Das allgemeine Verhalten der transformatorisch wirkenden Maschinen lässt sich bekanntlich sehr gut aus ihren Stromdiagrammen übersehen. Die Darstellung dieser Diagramme erfolgt vielfach analytisch, indem man die Koordinaten des Mittelpunktes und den Radius des Stromkreises bestimmt. Anhand dieser Daten lässt sich der Stromkreis konstruieren (Ossanakreis). Es ist aber auch möglich, die Konstruktion dieses Diagrammes auf dem Umwege über die Impedanzdarstellung mit Hilfe der komplexen Ebene auszuführen. Diese Methode, die physikalisch übersichtlich ist und auch genauer scheint, wird seit vielen Jahren von Prof. Dr. K. Kuhlmann in seiner Vorlesung angewendet.

Darnach lautet der Ausdruck für die Impedanz des Asynchronmotors<sup>1)</sup>:

$$\mathfrak{Z}_A = \frac{\mathfrak{G}_K}{\mathfrak{S}_{S1}} = r_s + j\omega_1 L_{SS\Delta} + \frac{\omega_1^2 L_{RS\Delta} L_{SR\Delta}}{\frac{r_R}{s} + j\omega_1 L_{RR\Delta}} = Z_A \varepsilon^{i\varphi} \quad (1)$$

<sup>1)</sup> K. Kuhlmann, Mitteilungen der Phys. Gesellschaft Zürich 1919, No. 19.

K. Kuhlmann, Elektro-Journal 1924, Heft 4.

(Die Ableitung dieses Impedanzdiagrammes kann auch vektoriell geschehen.)