Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 55 (1964)

Heft: 4

Artikel: Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz in den Jahren 1961 und 1962

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916682

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: 17.07.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Unfälle an elektrischen Starkstromanlagen in der Schweiz in den Jahren 1961 und 1962

Mitgeteilt vom Starkstrominspektorat *(E. Homberger)*

614.825 (494)

Die dem Starkstrominspektorat in den Jahren 1961 und 1962 gemeldeten Unfälle an elektrischen Anlagen werden in Tabellen zusammengestellt und kommentiert. In einer nach Anlageteilen geordneten Beschreibung verschiedener bemerkenswerter Unfälle wird anschliessend auf die Unfallursachen und auf die Möglichkeiten der Unfallverhütung hingewiesen.

Les accidents dus à l'électricité survenus en 1961 et 1962 sont groupés selon différents critères dans des tableaux et comparés avec ceux des années précédentes. Ensuite les causes de quelques accidents remarquables sont expliquées, en indiquant en même temps les mesures à prendre, afin d'éviter de tels accidents.

1. Statistik

Im Jahre 1961 wurden dem Eidg. Starkstrominspektorat 334 und im Jahre 1962 335 Unfälle durch Einwirkung von Elektrizität gemeldet, die bei den Betroffenen einen Arbeitsausfall von mehr als drei Tagen oder gar den Tod zur Folge hatten. Die Gesamtzahl der verunfallten Personen betrug 339 im Jahre 1961 und 350 im Jahre 1962. Auffällig ist der beträchtliche Unterschied zwischen der Zahl der Unfälle und der Zahl der verunfallten Personen im Jahre 1962. Er rührt daher, dass bei einigen Unfällen 2, bei einem Unfall 4 und bei einem weiteren gar 6 Personen zu Schaden kamen. Wie durch ein Wunder verlief gerade der dritte Fall relativ harmlos, indem die 6 Arbeiter, die im Begriffe waren, einen Stahlrohrmast aufzustellen, weggeschleudert wurden, als der Mast eine von den Arbeitern nicht beachtete 15-kV-Leitung berührte. Im Gegensatz zu verschiedenen ausländischen Statistiken über die Elektrounfälle sind in den vorliegenden Zahlen keine Unfälle durch Blitzeinwirkung, dagegen 49 bzw. 56 Flammbogenunfälle ohne irgendwelchen Stromfluss durch den Körper der Betroffenen, enthalten. Nicht eingerechnet sind ferner die in Tabelle I zusammengestellten Unfälle der öffentlichen Transportanstalten.

Starkstromunfälle beim Bahnbetrieb

Tabelle I

	Verletzt		Tot		Total	
	1961	1962	1961	1962	1961	1962
Personal	9	10	2	2	11	12
Reisende und Drittpersonen . .	8	7	1	3	9	10
Total	17	17	3	5	20	22

Im Vergleich zu früheren Jahren hat die Gesamtzahl der Unfälle beträchtlich zugenommen, was aus den Tabellen II und III deutlich hervorgeht. Glücklicherweise blieb aber die Zahl der Todesfälle im üblichen Rahmen. Wie aus Tabelle II ersichtlich ist, verteilt sich die Zunahme ziemlich gleichmässig auf die Unfälle an Hoch- und Niederspannungseinrichtungen. Wir haben davon abgesehen, die Unfallzahlen nach der zur Wirkung gekommenen Spannung weiter zu unterteilen, da sich diese Werte nicht immer genau ermitteln liessen. Immerhin sei erwähnt, dass durchschnittlich 75 % aller an Niederspannungsanlagen verunfallten Personen unter Einfluss der Sternspannung 220 V von 220/380-V-Netzen zu Schaden kamen. Weitere 14 % setzten sich der verketteten Spannung von 380 V aus. Der Anteil der 500-V-Netze macht hingegen nur etwa 6 % aus, wobei sich die Verunfallten mehrheitlich der Phasenspannung von 290 V aussetzten. Bei den restlichen Niederspannungsunfällen kamen Wechselspannungen von Steuerstromkreisen und Laboratoriumseinrichtungen von 40...600 V oder Gleichspannungen von ca. 115 bis zu 700 V zur Wirkung. 4 Personen verunfallten, indem sie sich der Leerlaufspannung von Schweisstransformatoren von 70...100 V aussetzten. Von den insgesamt 33 Personen der beiden Berichtsjahre, die an Niederspannungseinrichtungen tödlich verunfallten, setzten sich vermutlich 27 der Spannung von annähernd 220 V, zwei der Spannung von 380 V und je eine der Spannungen von 145 und 600 V aus. Ein Arbeiter wurde mit grosser Wahrscheinlichkeit durch die Zündeinrichtung eines Automobil-Motors getötet. Die bei solchen Einrichtungen auftretenden Stromimpulse besitzen zwar nur einen relativ geringen Energieinhalt, doch ist die Impulsfolge so rasch, dass nach Ansicht kompetenter Ärzte

Durch Nieder- und Hochspannungseinrichtungen verunfallte Personen

Tabelle II

Jahre	Niederspannung		Hochspannung		Total		
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	total
1962	276	16	48	10	324	26	350
1961	278	17	38	6	316	23	339
1960	232	15	33	13	265	28	293
1959	241	18	25	11	266	29	295
1958	238	16	40	12	278	28	306
1957	237	15	36	8	273	23	296
1956	202	20	44	14	246	34	280
1955	204	13	40	9	244	22	266
1954	210	11	34	9	244	20	264
1953	195	18	29	4	224	22	246
Mittel 1953—1962	231	16	37	10	268	26	294

sehr wohl das gefürchtete Herzkammerflimmern hervorgerufen werden kann. Dieser Vorfall sollte jedenfalls jenen Landwirten eine Warnung sein, die bedenkenlos alte Autozündmaschinen als Weidezaungeräte verwenden.

Unter den an Hochspannungseinrichtungen verunfallten Personen beider Berichtsjahre befinden sich pro Jahr weniger als 10, die typische vom Durchfluss hoher Ströme herrührende schwere Brandwunden und Muskelschädigungen erlitten. Die grosse Mehrheit, darunter auch die meisten Toten, wiesen kleine bis mittelgrosse Brandmarken an den Stromein- und -austrittstellen auf. An einem tödlich verunfallten Monteur, der sich in einer Schaltanlage mit der rechten Hand einem Pol eines unter 10 kV stehenden Kabelendverschlusses genähert hatte, konnten überhaupt keine Strommarken gefunden werden. Auch am Endverschluss zeigten sich keinerlei Spuren eines Überschlages. Lediglich das Hanfseil, das der Verunfallte in der rechten Hand hielt, war am Ende leicht angesengt. Es ergibt sich daraus, dass Unfälle in Hochspannungsanlagen, die den Charakter des Niederspannungsunfalles haben, zahlreicher sind als man oft annimmt. Dies ist vorwiegend in Anlagen der von Erde isolierten Mittelspannungsnetze und an den industriellen Hochspannungseinrichtungen der Fall. Allerdings ereigneten sich in Hochspannungsanlagen auch einige äusserst schwere Flammbogenunfälle, in einem Falle mit tödlichem Verlauf, die den grossen Energieinhalt von Hochspannungsanlagen deutlich vor Augen führen.

Es interessiert immer wieder, welchen Anteil die Fachleute und welchen die Nichtfachleute an der Gesamtzahl der Verunfallten haben. Hierüber orientiert die Tabelle III. Danach verunfallten im Jahre 1961 überdurchschnittlich viele Fachleute, im Jahre 1962 hingegen aussergewöhnlich viele Nichtfachleute.

Verunfallte Personen, geordnet nach ihrer Fachkundigkeit

Tabelle III

Jahre	Betriebspersonal der Werke		Monteurpersonal		Drittpersonen		Total		
	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	verletzt	tot	total
1962	5	—	106	7	213	19	324	26	350
1961	7	1	130	6	179	16	316	23	339
1960	—	3	104	11	161	14	265	28	293
1959	3	1	116	9	147	19	266	29	295
1958	3	1	137	12	138	15	278	28	306
1957	3	—	99	5	171	18	273	23	296
1956	8	2	106	11	132	21	246	34	280
1955	10	1	105	10	129	11	244	22	266
1954	7	2	105	9	132	9	244	20	264
1053	7	1	100	7	117	14	224	22	246
Mittel 1953—1962	5	1	111	9	152	16	268	26	294

Näheren Aufschluss über die Verteilung der Verunfallten auf die einzelnen Berufsgruppen gibt die Tabelle IV. Es ist darin eine beträchtliche Zunahme der verunfallten Bauarbeiter im Jahre 1962 feststellbar. Durchgeht man indessen die Tabelle V, in der die Unfälle nach Anlageteilen geordnet sind, wird man im Vergleich zum Vorjahr in der Zeile «Provisorische Anlagen und Bauinstallationen» keine wesentliche Vermehrung der Unfälle bemerken. Verschiedene Unfälle von Bauarbeitern kommen jedoch in anderen Abschnitten der Tabelle V, vor allem unter «Transportable Motoren», aber auch unter «Hochspannungsleitungen», «Niederspannungsleitungen», «Kran- und Aufzugsanlagen» sowie «Tragbare Lampen» zum Ausdruck. Der prozentuale Anteil der übrigen Berufs- und Personengruppen hat in den letzten Jahren nur geringe Änderungen erfahren.

Verunfallte, unterteilt nach ihren Berufen

Tabelle IV

Berufsarten	Jahr 1961			Jahr 1962		
	verletzt	tot	total	verletzt	tot	total
Ingenieure und Techniker	8	—	8	5	2	7
Maschinisten und Schaltwärter (Kraftwerkpersonal)	7	1	8	5	—	5
Monteure und Hilfsmonteure in elektrischen Betrieben und Installationsgeschäften	120	5	125	98	5	103
Andere Arbeiter von elektrischen Unternehmungen	5	3	8	10	1	11
Fabrikarbeiter	109	4	113	104	4	108
Bauarbeiter	47	4	51	76	8	84
Landwirte und landwirtschaftliches Personal	1	1	2	1	—	1
Hausfrauen und Hausangestellte	6	2	8	5	3	8
Kinder	1	—	1	3	1	4
Sonstige Drittpersonen	12	3	15	17	2	19
Total	316	23	339	324	26	350

Verunfallte Personen, unterteilt nach der Art der Anlageteile

Tabelle V

Anlageteil [1])	Jahr 1961			Jahr 1962		
	verletzt	tot	total	verletzt	tot	total
Kraftwerke und Unterwerke	9	3	12	11	—	11
Hochspannungsleitungen	6	2	8	15	5	20
Transformatorenstationen	18	2	20	24	5	29
Niederspannungsleitungen	11	2	13	14	3	17
Versuchslokale und Prüfanlagen	26	1	27	8	—	8
Provisorische Anlagen und Bauinstallationen	16	1	17	24	—	24
Industrie und Gewerbebetriebe	58	2	60	49	—	49
Kran- und Aufzugsanlagen	15	3	18	22	2	24
Schweissapparate mit Spannungen unter 130 V	4	—	4	—	—	—
Hochfrequenzanlagen	4	—	4	6	—	6
Transportable Motoren	74	4	78	94	5	99
Tragbare Lampen	15	1	16	14	1	15
Transportable Wärmeapparate	24	1	25	17	3	20
Übrige Hausinstallationen	31	1	32	25	1	26
Besondere Unfallumstände	5	—	5	1	1	2
Total	316	23	339	324	26	350

[1]) Die Numerierung stimmt mit der im Abschnitt II verwendeten Unterteilung überein.

Bedenklich ist die starke Zunahme der Unfälle mit transportablen Motoren, insbesondere mit Elektrohandwerkzeugen, die nun rund 40 % aller Unfälle an den zur Gruppe der elektrischen Hausinstallationen gehörenden Anlageteile ausmachen. Es wird grosser Anstrengungen und mutiger Entschlüsse bedürfen um dieser Entwicklung Einhalt zu gebieten. Um jedoch Massnahmen ergreifen zu können sollten die Unfallursachen bekannt sein. Eine grobe Unterteilung nach Ursachen der in den Jahren 1961 und 1962 registrierten 177 Unfälle an transportablen Motoren ergibt folgendes Bild:

Isolationsdefekte in Maschinen, Schutzleiter unterbrochen	42
Beschädigung von Maschinen und ihrer Anschlussleitung, Berührung nackter Leiter	25
Schutzkontakte von Steckdosen unter Spannung	22
Isolationsfehler in Maschinen, Anschluss an Leitungen ohne Schutzleiter	17
Berührung eines Polleiters durch abgerissenen Schutzleiter in Steckern	15
Eingriffe an nicht ausgeschalteten Maschinen	10
Konstruktions- und Montagefehler in Maschinen und Steckern	17
Nulleiterbruch in der Zuleitung (Nullung nach Schema III)	6
Kurzschlüsse und Kriechwege in Steckern	6
Mit sonderisoliertem Werkzeug in elektrische Leitung geraten	1
Unabgeklärt	16
Total	177

Wenn auch, wie zu erwarten war, die Unfälle durch Isolationsdefekte und gleichzeitige Unterbrüche der Schutzleiter in Leitungsschnüren und deren Steckvorrichtungen überwiegen, so sind doch auch Anhäufungen anderer Unfallursachen feststellbar. Es fallen vor allem die zahlreichen Unfälle infolge unter Spannung stehender Schutzkontakte von Steckdosen auf. Ihre Grundursache besteht in Fehlverbindungen, die mit den einfachsten Mitteln hätten festgestellt werden können. Ziemlich stark vertreten sind leider auch immer noch die Unfälle, die durch das Fehlen von Schutzeinrichtungen gegen Isolationsdefekte hervorgerufen wurden. Schliesslich ist auf die relativ grosse Zahl von Unfällen hinzuweisen, die eigentlich auf einen konstruktiven Mangel der Stecker, d. h. der Berührung abgerissener Schutzleiter mit benachbarten Polleiterklemmen, zurückzuführen sind.

Nebst den Unfallziffern an transportablen Motoren sind auch noch jene an den tragbaren Lampen und Wärmeapparaten in Betracht zu ziehen. Es ergibt sich daraus, dass den transportablen Einrichtungen in Bezug auf Sicherheitsvorkehren nach wie vor grösste Aufmerksamkeit zu schenken ist.

2. Bemerkenswerte Unfälle und ihre besonderen Umstände

Bei der Ausbildung der Elektrofachleute wird leider für die Probleme der Unfallverhütung nur wenig Zeit eingeräumt. Es dürfte deshalb gerade für den jungen Mann von Nutzen sein, wenn er sich auf die Erfahrungen — in diesem Fall die schlimmen — seiner älteren Berufskollegen stützen kann. Die nachfolgende Beschreibung einiger Unfälle könnte dazu beitragen, ihn und seine Mitarbeiter vor Schaden zu bewahren. Vielleicht findet aber auch der Erfahrene da und dort einen Hinweis, eine irrige Auffassung zu korrigieren. Schliesslich möge der Nichtfachmann erkennen, dass sein Verhalten den elektrischen Einrichtungen gegenüber nicht nur seine eigene Sicherheit, sondern auch jene des Elektrofachpersonals entscheidend beeinflussen kann.

2.1 Kraft- und Unterwerke

Die Unfälle in Hochspannungsanlagen von Kraft- und Unterwerken haben in der Regel die grössten Arbeitsausfälle zur Folge und sind oft auch von beträchtlichen Materialschäden begleitet. Es lohnt sich vielleicht, sich wieder einmal der grossen Energien zu erinnern, die in solchen Anlagen gespeichert sind. Die beiden folgenden Beispiele illustrieren diese Tatsache zur Genüge.

Ein Kraftwerk-Maschinist wollte einen Generator zum Netz parallel schalten. Nachdem er die Maschine synchronisiert und im richtigen Augenblick den Generatorschalter betätigt hatte, zeigten ihm die Instrumente, dass die Maschine gar nicht parallel lief. Der anschliessende Kontrollgang führte ihn zu den noch offenen Sammelschienen-Anschlusstrennern! Ohne zu bedenken, dass er den Schalter nicht mehr ausgeschaltet hatte, nahm er den Schaltstock und legte den Trenner, offensichtlich in der ungünstigsten Phasenlage, ein. Es entstand ein äusserst heftiger Flammbogen, dessen gewaltige Hitze dem in knapp 2 m Entfernung stehenden Maschinisten die Kleider entzündete und ihm so schwere Oberflächenverbrennungen beibrachte, dass er daran nach einigen Tagen starb.

Nur wenige Tage später ereignete sich ein weiterer schwerer Flammbogenunfall. Infolge eines Fehlers im Steuerstromkreis liess sich vom Schaltpult aus eine Maschine nicht mehr ausser Betrieb setzen. Ein Monteur begab sich deshalb in den Schalterraum, um durch direkte Betätigung des Ausschaltventils den der Maschine vorgeschalteten Druckluftschalter auszuschalten. Im Raume angekommen bemerkte er Druckluft-Steuerleitungen, die in ein an die Wand montiertes Blechkästchen mündeten, übersah jedoch, dass diese der Trennerbetätigung dienten. Er schraubte kurzerhand den Kästchendeckel ab und drückte auf den nun zugänglichen mit «Aus» bezeichneten Druckknopf. Dadurch öffneten sich statt der Schalter die über ihm angeordneten Trenner, die von einem Strom von 600 A bei 11 kV und einem cos φ von

32'567-575

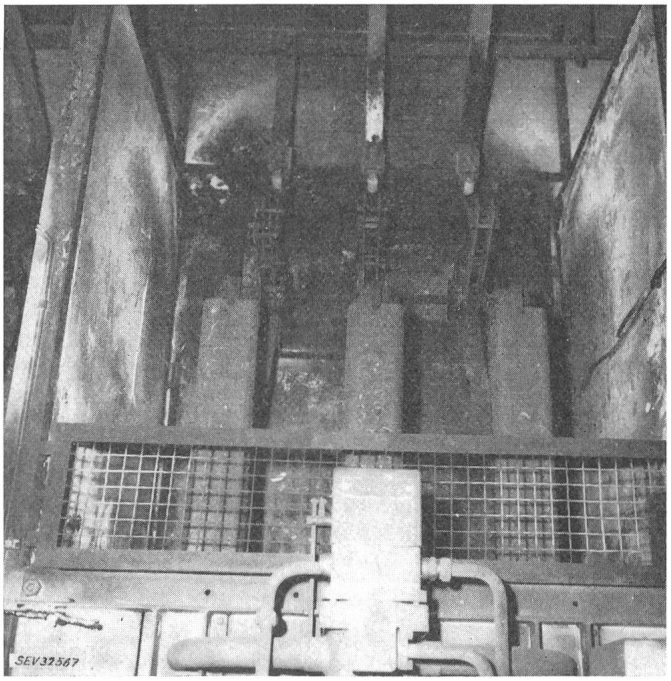


Fig. 1
Durch Flammbogen zerstörte Schalterzelle
Trenner unter Last geöffnet

annähernd 0 durchflossen waren. Diese Belastung vermochte der Trenner nicht zu bewältigen. Die Folge war ein mächtiger Flammbogen, wodurch der Monteur schwere Oberflächenverbrennungen an verschiedenen Körperteilen vorab am Kopf und an den Händen erlitt. In beiden Fällen wurden arge Zerstörungen an den Anlagen angerichtet.

Mit menschlichem Versagen muss, wie die Erfahrung schon so oft gezeigt hat, auch bei sehr qualifiziertem Personal gerechnet werden. Da sich Fehlmanipulationen besonders in Kraft- und Unterwerken verheerend auswirken können, sind dort unter allen Umständen geeignete Vorkehrungen zu treffen. Viele Werke verlangen mit Erfolg, dass bei jeder Schaltung zwei Mann zugegen sein müssen, wobei der erste die Schaltbefehle erteilt, der zweite sie laut quittiert und, nachdem er sich von der Richtigkeit überzeugt hat, sie ausführt. Andere Werke lassen ihre Anlagen so stark elektrisch verriegeln, dass Fehler auf ein Minimum beschränkt bleiben. Hingegen wird — im Gegensatz zum Ausland — von der mechanischen Verriegelung nur selten Gebrauch gemacht, obschon sich damit oft ungeahnt einfache Lösungen ergeben. Auffällige, eindeutige Aufschriften und zweckmässige Anordnung der Betätigungsorgane helfen ebenfalls mit, Unfälle zu vermeiden. Wäre die Notauslösung am Druckluftschalter im erwähnten Beispiel an augenfälligerer Stelle angebracht gewesen, hätte sich vielleicht der eingetretene Schaden vermeiden lassen.

Wiederum ereigneten sich auch einige Unfälle, darunter zwei tödliche, weil in der Nähe der Arbeitsstelle befindliche, unter Spannung verbliebene Anlage- oder Leitungsteile nicht abgedeckt wurden. Es sollte sich endlich einmal jeder Elektrofachmann bewusst werden, dass man sich nicht gleichzeitig auf die Arbeit konzentrieren und die unter Spannung stehenden Teile im Auge behalten kann. Diese Feststellung gilt besonders für Arbeiten in Schaltanlagen mit verschiedenen gleichartigen Schalterfeldern. Ein Zentralenchef, der sich zu einem Kontrollgang kurz von seiner Arbeitsstelle wegzubegeben hatte, trat bei der Rückkehr irrtümlicherweise in die benachbarte unter Spannung stehende Zelle. Folge: Brandwunden an den Händen, die einen Arbeitsunterbruch von 5 Monaten notwendig machten. Wie leicht wäre dieser Unfall durch das Anbringen einer Abdeckplatte aus Isoliermaterial zu vermeiden gewesen!

Abschliessend sei noch auf eine besondere Unfallsituation hingewiesen, die wir bereits vor einigen Jahren einmal registriert hatten. Von einer Gruppe von 3 Transformatoren, deren Sekundär-Sternpunkte über eine Sammelleitung und eine gemeinsame Drosselspule mit Erde verbunden waren, wurde einer zu Revisionszwecken ausgeschaltet. Man trennte die Verbindung zwischen dem Sternpunkt der zu revidierenden Einheit und der Sternpunkt-Sammelleitung auf und begann, nachdem die gesetzlichen Schutzvorkehrungen getroffen waren, zu arbeiten. Als nun nach geraumer Zeit ein Hilfsarbeiter einen einige Meter über Boden montierten schutzgeerdeten Kabelendverschluss reinigte, berührte er gleichzeitig die in der Nähe durchführende Sternpunkt-Sammelleitung, wurde elektrisiert und stürzte von der Leiter zu Boden. Er erlitt offene Kopfwunden und eine Hirnerschütterung. Zwischen den beiden berührten Teilen bestand eine Spannung von einigen hundert Volt, da die Sternpunkte der beiden im Betrieb gebliebenen Transformatoren mit der Sammelleitung verbunden blieben. Die Drosselspule hätte somit abgetrennt oder die Sternpunkt-Sammelleitung der Berührung entzogen werden müssen.

2.2 Hochspannungsleitungen

In den beiden Berichtsjahren wurden nebst den immer wiederkehrenden Unfällen durch hochschnellende Drähte oder Seile, durch unvorsichtiges Aufstellen von Fahnen- oder Leitungsmasten neben den Leitungen, oder durch ungeschickte Manöver von Lastautos und Kranen auch einige vollständig neuartige Vorkommnisse verzeichnet. So wurden bei der Demontage einer alten 150-kV-Leitung unvermittelt zwei Arbeiter, die mit dem Aufwinden bereits von den Isolatoren gelöster Leiterseile beschäftigt waren, heftig elektrisiert und beiseite geschleudert. Es zeigte sich, dass zu diesem Zeitpunkt Monteure, die sich auf einem einige hundert Meter von der Unfallstelle entfernt stehenden Tragmast aufhielten, das eben gelöste Erdseil über einen Ausleger stiessen und fallen liessen. Dieses Seil war noch beidseits der Abwurfstelle an je einem Endmast abgespannt; auf den dazwischen stehenden Tragmasten lag es unfixiert auf. Die kinetische Energie beim Fall war so gross, dass das Seil in den anschliessenden Spannweiten hochgezogen wurde. Da dort eine eingeschaltete 220-kV- und 150-kV-Leitung überkreuzte, fand kurzzeitig eine Berührung zwischen dem hochschnellenden und jedem untersten Leiter der 220-kV- und der 150-kV-Leitung statt. Das hochgezogene Leiterseil lag auf Mastteilen auf, so dass der beträchtliche Erdschluss-

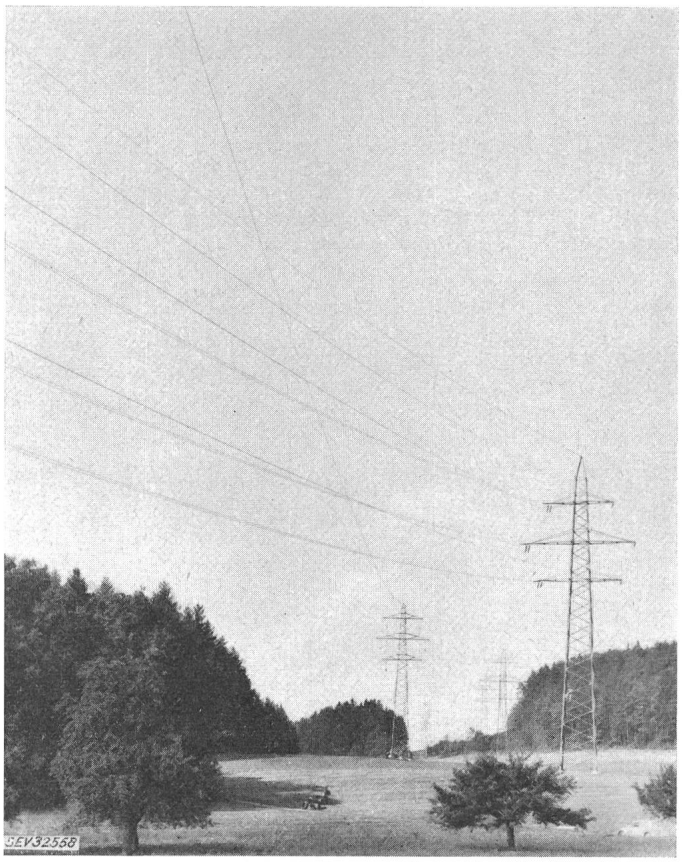


Fig. 2
Unfall bei der Demontage von Leiterseilen
rechts: eingeschaltete 220/150-kV-Leitung; *Mitte:* unterkreuzendes Erdseil einer abzubrechenden 150-kV-Leitung, das vom Mast im Hintergrund abgeworfen wurde. Dadurch erfolgte die Berührung der eingeschalteten Leitungen an der Kreuzungsstelle. Bei der Winde im Vordergrund wurde ein Arbeiter getötet

strom der beiden Leitungssysteme über die Masterdungen ins Erdreich abfloss, wobei sich ein Spannungstrichter bildete. Da das demontierte, aufzuwickelnde Leiterseil ebenfalls noch auf einem Mast auflag, die Winde jedoch rund 30 m vom Mast entfernt stand, setzten sich die beiden bei der Winde stehenden Männer zwischen den Händen und den Füssen der Spannung an der Masterde aus. Diese dürfte einige hundert Volt betragen haben. Einer der an der Winde beschäftigten Arbeiter wurde auf der Stelle getötet, der andere kam ohne irgendwelche Schäden mit dem Schreck davon.

Verlegungsarbeiten an einer 16-kV-Leitung forderten ein weiteres Todesopfer. Im Bereiche des zu verlegenden Leitungsteilstückes befand sich eine Transformatorenstation für ein Pumpwerk, von der aus provisorisch auch ein Wohnhaus gespeist wurde. Durch den Einsatz einer Niederspannungs-Notstromgruppe sollte das Wohnhaus auch während der Arbeiten mit Energie versorgt werden. Vor Arbeitsbeginn trennte der Chefmonteur durch Öffnen von Mastschaltern das zu verlegende Leitungsstück aus dem Leitungszug heraus. Der Hochspannungsschalter vor der Pumpwerk-Transformatorenstation blieb hingegen eingeschaltet. Ein Monteur erhielt nun Auftrag, die abgetrennte Hochspannungsleitung zu erden. Zu diesem Zweck stieg er auf einen Leitungsmast, verhielt sich aber dort offenbar etwas ungeschickt, indem er, bevor er richtig geerdet hatte, einen Leitungsdraht berührte. Dabei wurde er elektrisiert und brach tot zusammen. Kurz vorher hatte man die 220/380-V-Notstromgruppe in Betrieb genommen, die in der Transformatorenstation an das Sicherungselement vor der Zuleitung zum Wohnhaus angeschlossen worden war. Die Schmelzeinsätze des daneben angeordneten mit «Hauptsicherung» bezeichneten Sicherungselementes waren in der Absicht entfernt worden, eine Rückspeisung über den Transformator auf die ausgeschaltete 16-kV-Leitung zu vermeiden. Leider bemerkte man erst nach dem Unfall, dass die Leitung für das Wohnhaus unabhängig von der «Hauptsicherung» an den Transformator angeschlossen war. Beim Anschluss dieser Leitung hatte man es unterlassen, die Aufschrift «Hauptsicherung» zu ändern oder zu ergänzen. Entgegen der Annahme der Monteure konnte somit von der Notstromgruppe her der Transformator und dadurch auch das 16-kV-Leitungsteilstück, an dem man arbeiten wollte, unter Spannung gesetzt werden. Wäre eine Spannungskontrolle auf der Niederspannungs-Sammelschiene vorgenommen oder aber der Schalter vor der Transformatorenstation geöffnet worden, so hätte dieser Unfall vermieden werden können.

Ungewöhnlich ist auch, dass ein auf Pneurädern montierter Kran einen rund 13 m über Boden verlaufenden Leiter einer 50-kV-Leitung berühren konnte. Der Kran, der Betoneisen transportierte, verkehrte jedoch mit annähernd senkrecht gestelltem Ausleger, so dass die Berührung praktisch am Ende des 12 m langen Auslegers stattfand. Zwei Arbeiter, die neben dem Kran herliefen und die am Kran hängenden Betoneisen hielten, setzten sich im Augenblick der Berührung mit der 50-kV-Leitung der hohen Spannung aus und wurden auf der Stelle getötet. An anderer Stelle berührte ein fahrbarer Kran eine 16-kV-Leitung, wobei ein Bauarbeiter verletzt wurde. Beim Aufschütten von Kies für eine neue Strasse achtete ein Lastwagenchauffeur nicht auf eine kreuzende 16-kV-Leitung, deren Drähte zufolge der Aufschüttung einen verminderten Bodenabstand aufwiesen.

Fig. 3
Ungenügende Schutzmassnahmen
Reinigung eines Transformatorkessels ohne auszuschalten. Beim Überschlag wurde ein Monteur getötet

Mit aufgekippter Ladebrücke fuhr der Wagen an den untersten Leitungsdraht. Als der Chauffeur aus dem Wagen stieg, wurde er getötet. Solche Vorfälle haben sich auch im Jahre 1963 wieder zugetragen. Sie zeigen, dass Hochspannungsleitungen im Bereiche von Baustellen in auffälliger Weise gekennzeichnet sein müssen. An einem Draht unter der Leitung befestigte, leuchtend rot oder gelbrot gefärbte Wimpel aus dünnem Aluminiumblech oder Kunststoff eignen sich hiefür besonders gut.

3. Transformatorenstationen

Durchgeht man die Berichte über Unfälle in Transformatorenstationen, so fällt auf, wie oft bei Arbeiten oder Kontrollgängen durch unachtsame und unvorsichtige Bewegungen ungeschützte unter Spannung stehende Teile berührt werden. Man kann sich fragen, ob unsere Vorschriften für solche Anlagen ungenügend seien. In der Tat sind die verlangten Minimalabstände von den Abschrankungen oder Schutzgittern zu den unter Spannung stehenden Teilen gering und auch die geforderten Masse von Gängen ermöglichen keine grosse Bewegungsfreiheit. Die Höhe von Schutzgittern, Verschalungen o. dgl. über Boden ist überhaupt nicht vorgeschrieben. Für die Bedienung der üblichen Apparaturen reichen diese Minimalbedingungen erfahrungsgemäss aus; für Arbeiten jeglicher Art genügen sie jedoch auf keinen Fall. Hiefür sind die Bestimmungen der Art. 7 und 8 der Starkstromverordnung über das Arbeiten an elektrischen Anlagen zu berücksichtigen und im besondern die unter Spannung verbliebenen Teile ausreichend abzudecken. Wo regelmässig Kontrollgänge ausgeführt oder die Böden im eingeschalteten Zustand der Anlage gereinigt werden müssen, empfielt es sich, die Schutzgitter oder Schutzverschalungen bis auf eine Höhe von etwa 1,8 m über Boden anzuordnen. Dass die Transformatorenstationen nicht ganz ungefährlich und die geltenden Vorschriften nicht immer genau eingehalten werden, zeigen folgende Beispiele:

Ein Monteur wagte es, den Kessel eines eingeschalteten Transformators zu reinigen. Währenddem er sich mit der einen Hand auf den geerdeten Kessel stützte, näherte er sich unbedacht der 13-kV-Klemme. Er wurde getötet. Ein anderer Monteur glaubte die auf einen Schalter aufgebauten Schutzrelais verstellen zu können, ohne die Zelle vollständig auszuschalten. Auch er geriet unbedacht an eine unter 6-kV stehende Klemme, was ihm das Leben kostete. Nach Arbeiten in einer Transformatorenstation gab ein Techniker einem Monteur Auftrag, die Station wieder unter Spannung zu setzen. Einige Minuten später griff er aus unerklärlichen Gründen nach den frei zugänglichen Überspannungsableitern. Ihn ereilte das gleiche Schicksal. Am Schlusse von Arbeiten in einer teilweise im Betrieb befindlichen Transformatorenstation begab sich ein Monteur an einen offenen Trenner, dessen Eingangsseite unter 6 kV stand. Er leitete offenbar mit einem Arm einen Kurzschluss mit heftigem Flammbogen ein, so dass sich seine Kleider entzündeten. Nach qualvollem Leiden starb er zwei Wochen nach dem Unfall. Ein Hilfsmonteur, der in der Nähe einer Transformatorenstation zu tun hatte, deponierte seinen Mantel in der Station. In Ermangelung einer Aufhängevorrichtung legte er den Mantel über das Trageisen der Hochspannungs-Sicherungen. Als er am Mittag den Mantel ergreifen wollte, näherte er sich offenbar einem Hochspannungs-Leiter. Er wurde tot in der Station aufgefunden.

Es ist auffällig, wie viele Unfälle erst nach Beendigung einer Arbeit eintreten. Die während der Arbeiten angenommene Gewohnheit, sich in einer Station frei zu bewegen, behalten offenbar viele auch nach der Wiederinbetriebsetzung bei. Man schalte deshalb erst ein, wenn alle Arbeiten beendet sind und das Personal die Stationen verlassen hat. Kontrollgänge sollen vor und nicht nach der Einschaltung vorgenommen werden. Müssen bestimmte Arbeiten etappenweise ausgeführt werden, indem man einen Anlageteil ausschaltet, dort die Arbeit ausführt, anschliessend wieder einschaltet und anschliessend mit anderen Teilen weiterfährt, so sind die wieder eingeschalteten Teile unbedingt sofort abzudekken oder zumindest in ganz auffälliger Weise zu kennzeichnen.

Einen Techniker einer Elektroapparatefabrik ereilte das Schicksal noch am Sylvestertag. Er wurde am Morgen von einem Kunden zur Behebung einer Störung in einer Transformatorenstation gerufen. Da die Strassen nass und teilweise vereist waren, konnte er das Ziel erst gegen Mittag erreichen. Verständlicherweise war er bestrebt, seine Aufgabe so rasch als möglich zu erledigen, um so mehr, als zwei Bekannte, die er auf seiner unfreiwilligen Fahrt als Begleiter mitführte, vor der Station warteten. Der Betriebsinhaber der Station — ein instruierter Nichtfachmann — war ihm bei der Arbeit behilflich, indem er auf sein Geheiss hin bestimmte Schalter und Steuerknöpfe betätigte. Leider verliefen die ersten Untersuchungen ergebnislos. Der Techniker kroch nun mit einem Instrument in der Hand unter einem Schutzgitter hindurch in die Hochspannungsanlage. Nach einer Weile vernahm der Helfer ein zischendes Geräusch und sah nun gerade noch den Techniker zu Boden sinken. Die Bekannten, die das Geräusch ebenfalls vernommen hatten, drängten sofort durch die offene Türe in die Station, um auf den offensichtlich verunfallten Techniker zuzuspringen. Der Betriebsinhaber hatte alle Mühe, sie zurückzuhalten. Es verstrichen dadurch wertvolle Sekunden, bis es ihm gelang, die Anlage durch Betätigung des Hauptschalters spannungslos zu machen. Der herbeigerufene Arzt konnte leider nur noch den Tod des Verunfallten feststellen. Brandperlen zeigten eindeutig, dass der Techniker einerseits die offene Spule eines luftbekühlten Transformators und anderseits den geerdeten Eisenrahmen des Schutzgitters berührt hatte. Die dünne Lackschicht der Transformatorspule vermochte selbstverständlich der Spannung von etwa 10 kV gegen den Körper des Technikers nicht standzuhalten.

In der Berichtsperiode verunfallten auch zwei instruierte, im übrigen aber nicht elektrotechnisch ausgebildete Stationswärter, davon einer tödlich. Der Sohn eines weiteren Wärters entrann, wie aus der folgenden Schilderung leicht zu erkennen ist, nur ganz knapp dem Tode. Die beiden Söhne des erwähnten Wärters, der einige Tage zuvor verstorben war, erhielten von einer Hühnerfarm die Mitteilung, dass die Energiezufuhr unterbrochen sei. Sie waren zwar für die Besorgung der örtlichen Transformatorenstation nicht instruiert, hatten aber dem Vater schon verschiedentlich bei der Besorgung der Anlage zugesehen und wussten auch, wo die Stationsschlüssel hingen. Anstatt einen Fachmann des Elektrizitätswerkes zu rufen, gingen sie zur alten Maststation, schalteten den in der Nähe stehenden Mastschalter aus und stiegen nun einer hinter dem andern auf die Station. Als der erste oben angekommen war, griff er gleich nach der einen Hochspannungs-Sicherung. In diesem Augenblick entstand ein Überschlag auf seinen Körper, so dass der junge Mann zusammensank. Der eben nachgekommene Bruder konnte ihn gerade noch vor dem Absturz bewahren, doch wies er ziemlich schwere Brandwunden an den Händen auf. Das Elektrizitätswerk hatte einige Tage zuvor den Mastschalter in die Zuleitung zu einer neuen kurz vor der Inbetriebnahme stehenden Station geschaltet und die alte Station provisorisch direkt an die 16-kV-Zuleitung angeschlossen. Die Betätigung des Mastschalters war somit nutzlos. Auch die Besteigung der Maststation durch die beiden Brüder war zwecklos, denn die Störung in der Hühnerfarm rührte von einer durchgeschmolzenen Sicherung in der Farm selbst her!

4. Niederspannungsleitungen

Es vergeht kein Jahr, ohne dass sich an Niederspannungsleitungen schwere Unfälle zutragen. Meist bildet mangelhafte Verständigung zwischen Arbeitskollegen die Unfallursache. Hier ein Beispiel:

Eine Monteurgruppe hatte die Drähte einer Niederspannungs-Freileitung auszuwechseln. Diese Arbeit liess sich aber in einem Tag nicht vollständig erledigen, weshalb am Abend die Drähte nur leicht fixiert in die Isolatorenstützen gelegt wurden. Ein Monteur erhielt dann Auftrag, durch Einsetzen von Streckensicherungen die Leitung einzuschalten. Zwei Schmelzeinsätze liessen sich ohne weiteres einfügen, beim dritten entstand ein Flammbogen, so dass der Monteur den Einsatz sogleich wieder herausriss. In diesem Augenblick rief ein in 240 m Entfernung stehender Kollege, der soeben bemerkt hatte, dass auf dem Mast, bei dem er sich aufhielt, ein Kurzschluss bestand: «Wieder use!» Der bei den Sicherungen stehende Monteur rief zurück: «Scho dusse!» und wartete, da er mit seinem Kollegen keine Sichtverbindung hatte, was nun geschehen werde. Der Kollege stieg jedoch flugs auf den Mast, um den Kurzschluss aufzuheben, wobei

er elektrisiert wurde, den Halt verlor und aus 8 m Höhe zu Boden stürzte. Er erlag am nächsten Tag seinen schweren inneren Sturzverletzungen. Der Monteur hatte nur jene Sicherung gezogen, die den Flammbogen ausgelöst hatte. Die beiden anderen blieben eingesetzt, weshalb zwei Polleiter unter Spannung blieben.

Solche Unfälle könnten vermieden werden, wenn bei jeder Arbeit an Niederspannungsleitungen, auch bei der kleinsten, die Leiter geerdet und kurzgeschlossen würden.

Nebst verschiedenen weiteren Arbeitsunfällen, denen ähnliche Ursachen zu Grunde lagen, trugen sich auch einige Unfälle ganz besonderer Art zu. Bei einem aussergewöhnlich heftigen Gewitter, im oberen Emmental, gerieten im Umkreis von einigen Kilometern drei Häuser in Brand. Unter ihnen befand sich ein altes hölzernes Bauernhaus, dessen vierdrähtige Freileitungszuführung unter dem Dachgiebel abgespannt war. Der Brand entwickelte sich so rasch, dass einer der Abspannisolatoren aus der Holzwand herausgerissen wurde, bevor die Leitung ausgeschaltet war. Der noch unter Spannung stehende Draht fiel auf die Drahtgeflecht-Umzäunung eines Gemüsegartens, die somit unter eine Teilspannung von 220 V gegen Erde geriet. Bei den Bergungsarbeiten hielt sich ein Feuerwehrmann am Zaun und wurde heftig elektrisiert. Er konnte sich offenbar nicht mehr selbst befreien, sondern wurde erst losgerissen, als er bewusstlos in sich zusammensank.

Einige junge Burschen beschlossen nach einem fröhlichen Hock, ein erfrischendes Bad im nahen See zu nehmen. Sie stiegen hintereinander eine mit einem Eisengeländer versehene vom Quai zum See führende Treppe hinunter. Als der vorderste das Wasser berührte, sank er tot zusammen. Die Untersuchung ergab, dass ein der Quaimauer entlang führendes Bleikabel, das das Geländer berührte, einen Isolationsdefekt aufwies. Zwischen dem Geländer und dem Wasser bestand deshalb eine Spannung von etwa 180 V.

Ein Heizungsmonteur-Lehrling wurde elektrisiert, als er vor einem Hause einen metallenen Zaun umfasste. Er konnte sich glücklicherweise bald lösen, so dass er mit einem Schock und Muskelschmerzen, verursacht durch die brüsken Bewegungen bei den Befreiungsversuchen, davonkam. Ein verrostetes Blechstück der Dachkonstruktion hatte sich durch den Wind gelöst und hochgestellt, so dass es den untersten Polleiter der zum Dachständer führenden 220/380-V-Freileitung berührte. Das Blech berührte aber auch die Dachrinne, die mit dem Zaun in leitender Verbindung stand.

5. Versuchslokale und Prüfanlagen

Das Personal von Versuchslokalen und Prüfständen rühmt sich immer wieder, im Umgang mit blanken unter Spannung stehenden Einrichtungen vertraut zu sein. Diese Vertrautheit führt leider nur allzuoft zu einer gewissen Sorglosigkeit, die sich etwa in Aussprüchen wie den folgenden äusserte: «Wenn die Spannung von 220 V gefährlich wäre, so würde ich jeden Tag verunfallen.» Indessen zeigt es sich immer wieder, dass die Elektrizität auch in Versuchslokalen ihre Opfer findet. Die hauptsächlichsten Unfallursachen bilden in Versuchsräumen immer noch die unter Spannung stehenden Bananenstecker, Krokodilklemmen und unisolierten Spannungs-Prüfspitzen. Aber auch blanke Anschlussstellen aller Art bieten Gefahren. Ein Apparatemonteur wurde getötet, als er die Anschlusskabel von zwei nebeneinander angeordneten Elektronenröhren vertauschen wollte. Er erfasste dabei gleichzeitig mit jeder Hand eine der beiden Anschlussbriden, die gegenseitig unter der Anodenspannung von 600 V standen. Vermutlich war er nur ganz kurzzeitig dieser Spannung ausgesetzt denn, als man ihn auffand, lag das Gerät, an dem er gearbeitet hatte, von der Stromzufuhr unterbrochen am Boden. Der Verunfallte hatte es offenbar bei seinen Befreiungsversuchen vom Arbeitstisch gerissen.

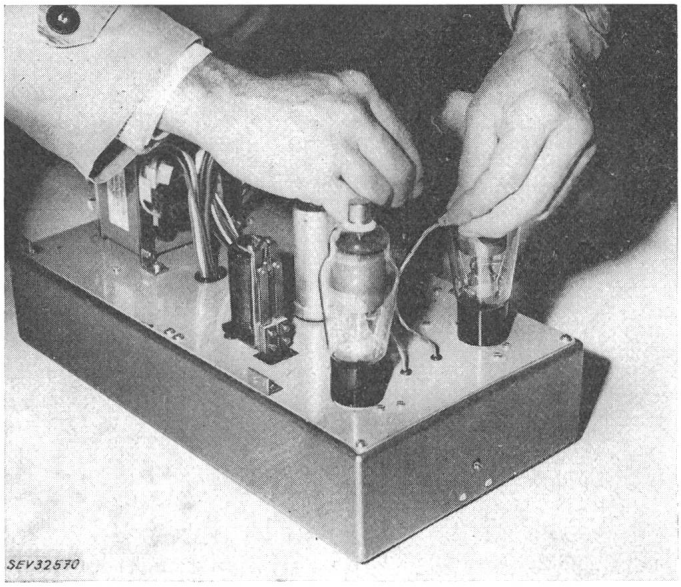


Fig. 4
Tödlicher Unfall im Prüflokal
Vertauschen der Zuleitungskabel zu Elektronenröhren. Ein Arbeiter setzte sich der Anodenspannung aus

6. Provisorische Anlagen und Bauinstallationen

Fast alle der unter diesem Abschnitt registrierten Unfälle liessen sich unter das Motto: «Grenzenlose Gleichgültigkeit» setzen. Hier einige Beispiele:

Von einem Keller eines Wohnhauses aus zog ein Elektromonteur eine 220-V-Leitung, bestehend aus zusammen verdrillten Abschnitten von thermoplastisolierten Installationsdrähten, zu einem benachbarten Neubau. Die Leitung soll an Holzstangen befestigt gewesen sein. Eines Tages lagen die beiden Drähte jedoch in der Wiese. Kinder, die dort spielten, rissen — ob absichtlich oder unabsichtlich konnte nicht mehr festgestellt werden — die Drähte an einer mangelhaften Drillstelle auseinander. Ein neunjähriger Knabe erfasste die blanken gegenseitig und gegen Erde unter 220 V stehenden Drahtenden. Es war ein Glück, dass eine Frau den sich am Boden windenden Schüler bemerkte, und ihm noch rechtzeitig die Drähte entreissen konnte. Immerhin erlitt er so tiefe Brandmarken, dass ihm das vordere Glied des rechten Mittelfingers entfernt werden musste.

Zur Beleuchtung eines im Untergeschoss eines Neubaues eingerichteten Magazins wollte ein Maler ein bereits in der Nähe hängendes Beleuchtungsprovisorium verwenden. Dieses bestand aus zwei starren Installationsdrähten, die am einen Ende mit einem Stecker versehen und am andern Ende in eine Lampenfassung eingezogen waren. Als der Maler die an eine 220-V-Steckdose angeschlossene Einrichtung vom nassen Zementboden aus erfasste, wurde er elektrisiert. Um sich zu befreien, schlug er um sich, wobei er zu Boden fiel und sich Quetschungen zuzog. Die Isolation des Polleiterdrahtes

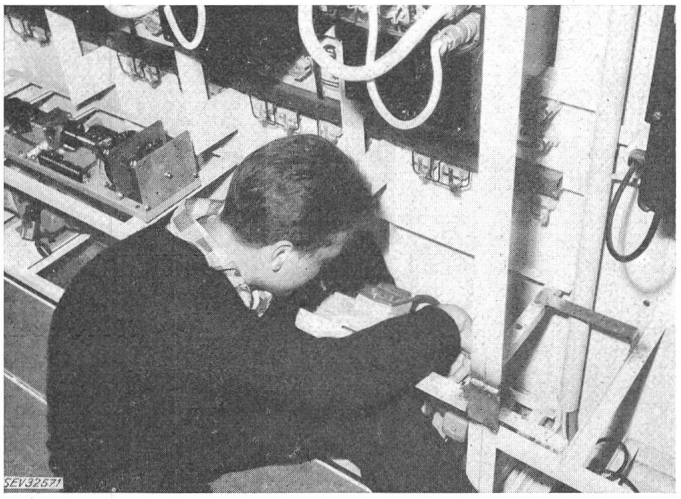


Fig. 5
Unfall hinter einer Schalttafel
Nachgebildete Stellung eines Mechanikers, der einen Motor montierte. Die Anschlussbolzen der Sicherungselemente auf Kopfhöhe stehen unter Spannung

war, — wie konnte es anders sein — an einer Stelle verletzt, so dass der nackte Draht offen zu Tage trat. Die Kosten für den einmonatigen Arbeitsausfall übersteigen wohl um das Mehrfache den Preis für eine Handlampe samt Verlängerungsschnur und Aufwickelvorrichtung bester Qualität!

Ein Mechanikerlehrling erhielt Auftrag, einen schon seit längerer Zeit auf einer Kranbahn liegenden Bund isolierten Drahtes zu entfernen. Als der Jüngling von einer Leiter aus nach den verstaubten Drähten griff, wurde auch er elektrisiert. Auf seine Hilferufe hin befreite ihn ein Arbeiter aus seiner gefährlichen Lage. Folge: Schwerer Schock mit Brandmarken an einer Hand, was einen Arbeitsunterbruch von 9 Wochen notwendig machte. Es stellte sich heraus, dass der Drahtbund von einem Beleuchtungsprovisorium herrührte, das nur teilweise demontiert, nicht aber vom Netz abgetrennt und auch am Ende nicht isoliert worden war.

Beim Stollenportal einer Kraftwerkbaustelle wurde ein Bauarbeiter beim Trennen einer metallenen Industrie-Steckvorrichtung elektrisiert. Eine Stunde später elektrisierte sich neuerdings ein Arbeiter, diesmal beim Zusammenschliessen einer Steckvorrichtung gleicher Konstruktion. Der erste Arbeiter kam mit einem leichten Schock davon, wogegen der zweite bewusstlos zusammenbrach und erst etwa zwei Stunden später im Spital wieder zu sich kam. Der herbeigerufene Elektriker stellte mit seinem Phasenprüfer sofort fest, dass der Nulleiter auf der ganzen Baustelle unter Spannung stand. Da die «Nullung» angewendet war, bestand kein Zweifel, dass auch sämtliche genullten Verbraucher inbegriffen die Gehäuse der metallenen Steckvorrichtungen unter Spannung stehen mussten. Trotz eifrigem Suchen konnte der Elektriker den Fehler nicht finden. Immerhin bemerkte er eine fliegende aus isolierten Installationsdrähten bestehende Leitung, deren blank gemachte und etwas umgebogenen Enden in den Kontaktbüchsen einer Steckdose steckten. Um der Ordnung willen riss er die Drähte aus der Steckdose, ohne zu ahnen, dass diese die Ursache der Elektrisierungserscheinung bildeten. Kurz darauf kam ein Bauarbeiter daher, der reklamierte, das Licht beim Stollenportal sei ausgegangen. Etwas später bemerkte der Elektriker, dass die Nulleiter nicht mehr unter Spannung standen. Seine weiteren Nachforschungen ergaben, dass die erwähnten Installationsdrähte über viele Umwege zu einem Beleuchtungskörper, bestehend aus einer halbdemontierten Fassung und einem metallenen Schirm, führten. Diese Leuchte hing noch kurz vorher an einem abstehenden Betoneisen einer frisch betonierten Stützmauer. Offenbar berührte der Metallschirm das entblösste, der Stromführung dienende Fassungsgewinde, so dass der Schirm sowie auch das Betoneisen und die ganze Mauer samt dem Vorplatz unter einer Teilspannung von 220 V standen. Erst jetzt wurde man gewahr, dass der Nulleiter gar nicht Spannung führte, sondern, da er mit der etwas abseits stehenden Nullpunkterde der Transformatorenstation verbunden war, «neutrale Erde» auf die «verseuchte» Baustelle brachte. Die beiden Bauarbeiter waren deshalb verunfallt, weil vom Boden der Baustelle her Strom über ihren Körper nach dem neutralen Nulleiter floss. Natürlich will niemand die beschädigte Fassung bemerkt, geschweige denn das miserable Provisorium erstellt haben.

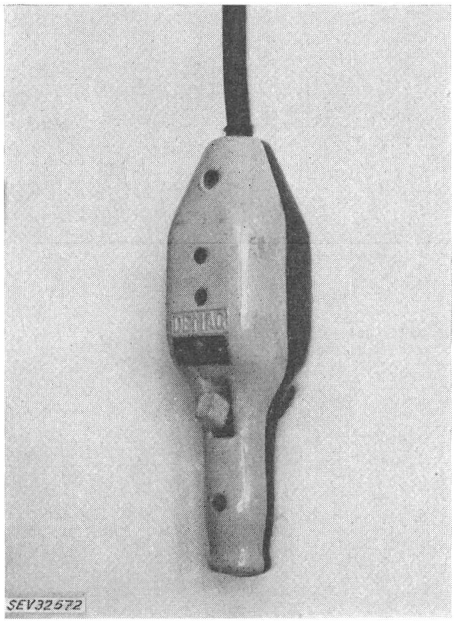
Um die Unfälle auf Baustellen nicht weiter ansteigen zu lassen, ist es Pflicht der Kontrollorgane, energisch durchzugreifen. Allerdings ist auch anzuerkennen, dass viele Bauunternehmungen von sich aus auf gute, unfallsichere Bauinstallationen drängen, wohlwissend, dass bei der heutigen Personalknappheit jeder Arbeitsausfall grossen Schaden bedeutet.

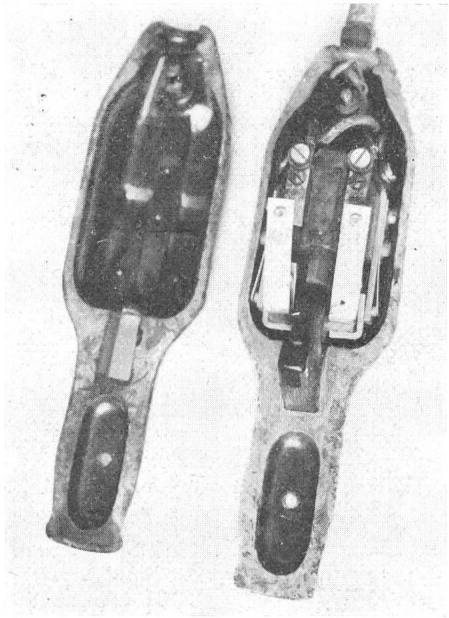
7. Industrie- und Gewerbebetriebe

Unter diesen Abschnitt fallen alle Unfälle an festen elektrischen Einrichtungen wie Verteil- und Schaltanlagen, Leitungen, Apparate und Maschinen von Fabriken und gewerblichen Betrieben. Die Vielfalt der Anlagen lässt erkennen, dass auch die Unfallhergänge und die Unfallursachen sehr unterschiedlich sein können. Immerhin zeichnen sich jährlich Gruppen ständig wiederkehrender Geschehnisse ab. So die Unfälle von Elektromonteuren, die bei Arbeiten an Verteilkasten und Sicherungstafeln an benachbarte, unter Spannung stehende Teile geraten oder mit Werkzeugen abgleiten und dadurch Kurzschlüsse mit Flammbogen verursachen. Im Jahre 1961 wurde ein an einem eingeschaltenen Verteilkasten arbeitender Monteur getötet. Wir wissen wohl, dass in vielen Betrieben Ausschaltungen nicht oder nur zu Unzeiten möglich sind, doch dürfen diese Verhältnisse nicht als Entschuldigungsgrund für die vielen Unfälle der vorerwähnten Art dienen. Wenn keine Ausschaltung möglich ist, so müssen die erforderlichen Abdeckungen angebracht oder Isolierhandschuhe getragen und isolierende Standorte geschaffen werden.

Unter den Verunfallten befinden sich aber auch etliche Nichtfachleute, die teils durch eigene Unvorsichtigkeit, teils wegen Nachlässigkeiten Dritter verunfallten. Beispielsweise fand ein Sanitärmonteur den Tod, der in einer Bäckerei den undicht gewordenen Warmwasserspeicher reparieren sollte. Er vergass vor Arbeitsbeginn den Apparat auszuschalten. Nachdem er die Schutzhaube über den Anschlussklemmen entfernt hatte, griff er an einen unter der Spannung von 220 V stehenden Polleiter, so dass ein kräftiger Strom über seinen Körper und den leitenden Fussboden nach Erde fliessen konnte. Schlimm hätte es auch einem Mechaniker einer Brauerei ergehen können. Er hatte Auftrag, einen Ventilatormotor instandzustellen, dessen Lager scheinbar beschädigt waren. Der Motor stand still, weshalb er glaubte, ohne weiteres die 380-V-Zuleitung von den Motoranschlussklemmen

Fig. 6
Kransteuerschalter (Birnenschalter)
links geschlossen, *rechts* offen
Beim Anbringen eines Bezeichnungsschildes berührte die Befestigungsschraube eine Kontaktlamelle im Schalterinnern. Ein Arbeiter wurde getötet





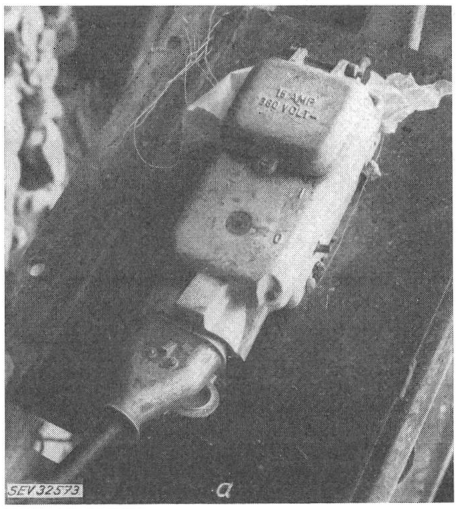
lösen zu können. Bei seiner Arbeit wurde die Leitung jedoch unerwartet durch einen Thermostaten eingeschaltet, so dass sich der Arbeiter elektrisierte. Als er nun mit rascher Bewegung zurückwich, schlug er seinen Kopf an einen Eisenbalken an. Ausserdem gerieten offenbar zwei der unter Spannung stehenden, bereits gelösten Leiterenden an seinen Körper. Nebst einer Schlagwunde am Kopf erlitt er noch Brandwunden am Unterleib, die ihn zu einem mehrwöchigen Arbeitsunterbruch zwangen.

In einem Grossbetrieb arbeitete ein Mechaniker fast ausschliesslich für die Elektroabteilung. Er war deshalb mehr oder weniger mit den Gefahren der Elektrizität vertraut und wurde nicht mehr besonders beaufsichtigt. Eines Tages hatte er hinter einer Steuer- und Verteiltafel einen kleinen Motor zu montieren. Dabei passte offenbar ein Befestigungsloch des Motors und der Unterlage nicht genau zusammen, so dass er Mühe hatte, die Schraube durchzustecken. Er bewegte nun den Kopf näher an den Motor heran, um nachzusehen, wo die Schraube anstehe. Dadurch geriet er mit dem Kopf an die blanken unter Spannung stehenden Anschlussbolzen eines Sicherungselementes. Geraume Zeit später fand ein Elektromonteur den Schlosser in bewusstlosem Zustand noch immer an das Sicherungselement angelehnt vor. Obschon der Verunfallte Blut und Schleim ausschied, zögerte der herbeigerufene Fabriksamariter nicht, die Mund-zu-Mund-Beatmungsmethode und äussere Herzmassage anzuwenden. Die Wiederbelebungsversuche führten zum Erfolg, doch hatte der Verunfallte tiefe Verbrennungen am Kopf erlitten. Dieser Vorfall zeigt, wie wichtig es ist, die in der Nähe einer Arbeitsstelle befindlichen, unter Spannung stehenden Teile abzudecken, denn schon kleinste Störungen im Ablauf eines Arbeitsprozesses führen zu einer Ablenkung von den Gefahrenstellen.

8. Kran- und Aufzugsanlagen

Die Mehrzahl aller in diesen Abschnitt eingereihten Unfälle ereignete sich dadurch, dass Arbeiter Krane bestiegen, ohne die Kranzuleitung vorher auszuschalten. In einigen weiteren Fällen war die Zuleitung beim Besteigen der Brücke wohl ausgeschaltet, doch wurden die Schalter durch Drittpersonen unbedacht wieder eingeschaltet. Es scheint, dass viele Arbeiter die Gefährlichkeit der Krane mit blanken Kontaktleitungen und der verschiedenen Hilfsapparaturen mit offenen Kontakten noch nicht erkannt haben. Nicht ohne Grund wird nach unsern Vorschriften der Einbau eines Hauptschalters in die Zuleitung zu Hebe- und Förderanlagen verlangt. Es ist jedoch nötig, dass dieser Schalter auch benützt, in der Ausschaltstellung verschlossen und mit einer Aufschrift: «Nicht einschalten, man arbeitet auf dem Kran» versehen wird.

Die Werkstattkrane werden oft auch zu Nebenzwecken benützt, beispielsweise um von der Kranbrücke aus bestimmte Montage- oder Malerarbeiten auszuführen. Dabei muss mit dem Fortschreiten der Arbeiten der Standort des Krans immer wieder dem neuen Arbeitsplatz angepasst werden. Es sind somit verschiedene Ein- und Ausschaltungen der Kranzuleitung nötig. Durch unklare Schaltaufträge oder ungenaue Zeichengebung haben sich dabei ebenfalls einige Unfälle ereignet. Ein Maler wurde unter solchen Umständen



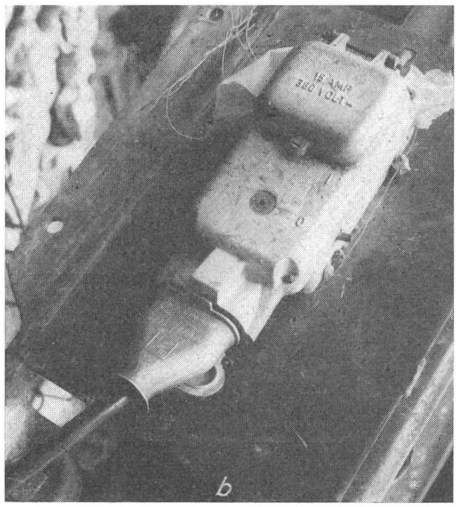


Fig. 7
Verwechselbare Steckvorrichtung
a in der einen, *b* in der anderen Stellung angeschlossen. Dabei kam der Schutzleiter unter Spannung

getötet, indem er eine Kontaktleitung berührte, die er offenbar fälschlicherweise ausgeschaltet glaubte. In einer Giesserei wurde einer der drei auf der gleichen Bahn verkehrenden Brückenkrane an das Hallenende verschoben, damit von seiner Brücke aus Monteure einer Eisenbaufirma ein neues Hallentor montieren konnten. Als sich dabei einer der Monteure über die blanken längs der Brücke gespannten Fahrdrähte beugte, wurde er plötzlich elektrisiert. Es ist glücklichen Umständen zu verdanken, dass er dabei nicht von dem 12 m über dem Hallenboden liegenden Standort stürzte. Der von den Monteuren benützte Kran wurde vom Giessereipersonal nur in ganz besonderen Fällen benötigt, weshalb offenbar der Giesserei-Chef nicht sein ganzes Personal von den im Gange befindlichen Montagearbeiten in Kenntnis setzte. Ein solcher besonderer Fall trat nun aber ausgerechnet während den Montagearbeiten ein. Um den Kran in die Hallenmitte fahren zu können, bestieg ein Kranführer, ohne die Monteure zu beachten, die Führerkabine und schaltete dort den Hauptschalter ein. Eine Warnungstafel hätte in der Führerkabine im Griffbereich des Kranschalters zur Verfügung gestanden, wurde aber nicht benützt. Dieser Unfall wäre zweifellos vermieden worden, wenn entweder die Verständigung oder die Sicherheitsvorkehrung geklappt hätte.

Anlässlich einer Installationskontrolle wurde beanstandet, dass am Steuerschalter (Birnenschalter) eines Hebezeuges die mit dem Schalter erzeugbaren Bewegungsrichtungen nicht bezeichnet waren. Ein Mechaniker hatte in der Folge kleine Bezeichnungs-Schildchen anzubringen, die er mit Holzschrauben am Birnengehäuse aus Isoliermaterial befestigen wollte. Leider war eine Schraube zu lang, so dass sie durch die Gehäusewand ging und im Innern des Schalters einen Polleiterkontakt berührte. Der Mechaniker, der den unter die Spannung von 220 V gegen Erde geratenen Schraubenzieherschaft umfasst hielt, wurde getötet.

Fig. 8
Gefährliche Rheumatherapie
Eine der zwei von einem Auto-Transformator aus gespeisten in Badewanne gehängten Elektroden steht unter Teilspannung von 220 V gegen Erde

Aber nicht nur Werkstatt-, sondern auch Baukrane können zu schweren Unfällen Anlass geben. Als ein Bauarbeiter eine Last an den Haken eines Baukranes anhängen wollte, brach er tot zusammen. Die Untersuchung ergab, dass der Kran einen Isolationsdefekt aufwies, der im Zuführungskabel mitgeführte Schutzleiter unterbrochen war und auch der nach den Vorschriften verlangte zusätzliche Erdleiter an das Krangeleise einen Unterbruch aufwies. Weder der Isolationsdefekt noch der Schutzleiterdefekt im Zuführungskabel konnten von den auf der Baustelle anwesenden Bauarbeitern wahrgenommen werden. Hingegen hätte der Unterbruch des Zusatz-Erdleiters, der offen auf dem Boden einer Baugrube lag, von jedem hier anwesenden Arbeiter bemerkt werden können. Dieser Leiter — es handelte sich um einen blanken Kupferdraht — wurde einige Tage vor dem Unfall vom Kranführer im Auftrage des Poliers ausgelegt. Ursprünglich hatte zwar das stromliefernde Elektrizitätswerk den Zusatzerdleiter fachgemäss an das äusserste Schienenstück angeschlossen. Infolge einer Projektänderung war man indessen genötigt, dieses Schienenstück zu entfernen, was zur Verlängerung der Erdleitung durch den Kranführer Anlass gab. Ein Bezirksgericht, das sich nachträglich mit diesem Fall beschäftigte, verurteilte den Polier und den Kranführer zu einer Geldbusse. Es anerkannte zwar, dass die Verfehlungen der beiden Arbeiter, die ohne Beistand vor Gericht erschienen, nicht sehr schwer waren, konnte sich aber doch nicht zu einem Freispruch entschliessen.

9. Schweissapparate

Es gibt leider immer noch Elektroschweisser, die unbekümmert die Elektrodenhalter überall ablegen. Dadurch können metallene Gebäudeteile, in Bearbeitung befindliche Fabrikate, Geleise usw. unter die Leerlaufspannung der Schweisstransformatoren oder -umformer gelangen, die in der Regel immerhin etwa 100 V beträgt. Ein Arbeiter, der sich kurzzeitig einer solchen Spannung ausgesetzt hatte, war während 8 Wochen arbeitsunfähig. Es scheint, dass infolge des Unfalles sein Sehvermögen beeinträchtigt wurde.

Im übrigen hört man von überall her Klagen, dass in 2 P + E-Steckdosen Schutzkontakte und in Leitungen die Schutzleiter abgebrannt seien. Die Ursache besteht darin, dass Schweisser den Schweißstrom-Rückleiter nicht am zu schweissenden Objekt, sondern irgendwo an einem geerdeten Teil befestigen. Der Schweißstrom findet dadurch oft einen besseren Weg über die Schutzleiter von Elektrohandwerkzeugen und Verteilleitungen, die aber den hohen Stromstärken nicht gewachsen sind.

10. Hochfrequenzanlagen

Die Unfälle an Hochfrequenzanlagen ereignen sich meist bei Störungsbehebungen, indem Elektromonteure, die mit solchen Einrichtungen zu wenig vertraut sind, über ihren Körper Kondensatoren entladen oder sich der Anodenspannung von Elektronenröhren aussetzen. Allerdings wurden dem Starkstrominspektorat auch zwei eigentliche Hochfrequenzunfälle gemeldet. In beiden Fällen hielten Arbeiter eine Hand an die eingeschalteten Elektroden von Maschinen zum Schweissen von Kunststofferzeugnissen.

Nicht umsonst wurde um den Sendeturm von Radio Beromünster ein hoher Lattenzaun gezogen. Der auf Iso-

latoren ruhende Turm steht nämlich in der Regel unter einer Spannung von einigen tausend Volt gegen Erde. Von dieser Tatsache wusste offenbar der Reporter eines Lokalblattes nichts, denn er überkletterte zusammen mit einem Gehilfen den Zaun, um eine Photographie eines Mastfusses aufzunehmen. Um ein Grössenverhältnis von den Isolatoren zu geben, sollte sich der Gehilfe am Mastfuss aufstellen. Als sich dieser dem Mast näherte, entstand ein Überschlag auf seine rechte Hand. Mit Brandwunden an der Hand und den Füssen trat er den Heimweg an.

11. Transportable Motoren

Im statistischen Teil dieses Aufsatzes wurde bereits kurz auf die Ursachen der Unfälle an transportablen Motoren hingewiesen. Ergänzend sei noch erwähnt, dass diese Einrichtungen in den beiden Berichtsjahren gesamthaft 9 Todesopfer forderten. Sie sind deshalb so gefährlich, weil sie im Betrieb fest umfasst werden und in der Regel die umfassten Teile nicht isoliert sind.

Die Ursache eines Todesfalles bestand darin, dass eine Gerätesteckdose deutscher Herkunft, sog. verwechselbar in den Anschlußstecker eingeführt werden konnte. Dadurch wurde eine Maschine unter die Spannung von 220 V gegen Erde gesetzt. Leider gibt es immer noch Importeure, die sich nicht an die Vorschriften des SEV halten und alles auf den Markt bringen, was ihnen einträglich erscheint.

Einem Arbeiter, der eine Handschleifmaschine benutzen wollte, kostete ein Nulleiterunterbruch in einem nach Schema III der Hausinstallationsvorschriften genullten Netz das Leben. Die ordnungsgemäss mit einer Schutzader ausgerüstete Maschine hatte der Arbeiter an eine 2 P + E-Steckdose angeschlossen. Er wurde vom Schicksal ereilt, als er die Maschine einschaltete. In der verwendeten Steckdose war aus unbekannten Gründen — möglicherweise durch einen hohen Strom bei unsachgemässem Schweissen — der Nullleiter von der Anschlußstelle der Steckdose weggebrannt. Das Maschinengehäuse geriet deshalb vom Polleiter her über die Maschinenwicklung und den Schutzleiter unter eine Teilspannung von 220 V gegen Erde. Es ist erfreulich, dass mehr und mehr Elektrizitätswerke und Einzelbetriebe sich entschliessen, zur Nullung nach Schema I überzugehen, bei der Unfälle durch Nulleiterunterbrüche nicht möglich erscheinen.

12. Tragbare Lampen

Währenddem die früher so zahlreich aufgetretenen Unfälle mit ungeeigneten Handlampen allmählich zurückgehen, treten immer mehr die metallenen Steh- und Ständerleuchten in Erscheinung. Eine Frau wurde getötet, als sie eine metallene, mit einem Isolationsfehler behaftete Zimmer-Stehleuchte auf einem Gartenvorplatz verwendete. Eine andere Frau nahm, während ihr Mann einen Fortbildungskurs besuchte, ein Bad. Da sie sich bei dieser Verrichtung nicht vom spannenden Roman trennen konnte, die Beleuchtung des Badezimmers zum Lesen aber nicht ausreichte, stellte sie die Metallständerleuchte, die an einer 2-P-Steckdose des Wohnzimmers angeschlossen war, neben die Badewanne. Als der Gatte heimkehrte, fand er seine Frau, die mit der linken Hand die Leuchte umfasst hielt, tot in der Badewanne vor. Die von ihm hergestellte, mit Telefon-Installationsleitern verdrahtete Leuchte wies einen Isolationsfehler auf.

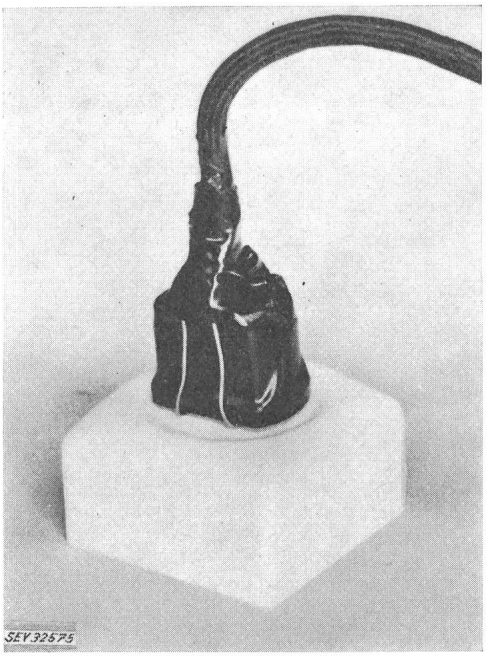


Fig. 9
Gefährliche Spielerei
Um einen Kollegen zu elektrisieren, brachte ein Monteur an einem Stecker Drähte an, die er mit den Kontaktstiften verband

13. Transportable Wärmeapparate

Mit wenig Ausnahmen liegen den Unfällen an Wärmeapparaten gleiche Ursachen zu Grunde wie an transportablen Motoren. Eine solche Ausnahme bildeten die folgenden Vorfälle:

Zwei fünfjährige Knirpse amüsierten sich damit, Papierkugeln in eine Öffnung im Deckblech eines Kochherdes zu werfen. Die Kugeln rollten in die Auffangschublade, wo sie die Knaben wieder herausholten und von neuem oben einwarfen. Einmal kam eine Kugel nicht in der Schublade an. Einer der beiden stieg nun auf den Herd, legte sich bäuchlings hin und griff in die Öffnung, um nach dem «Ausreisser» zu suchen. Dabei gelang es ihm durch eine Nebenöffnung unter dem Deckblech einen blanken unter 220 V gegen Erde stehenden Zuleitungsdraht zum Kochherdschalter zu ergreifen. Buchstäblich im letzten Augenblick kam die Mutter hinzu und konnte den in höchster Gefahr stehenden Knaben wegreissen. Er wurde vor dem Schlimmsten bewahrt, zog sich aber tiefe Brandwunden an den Fingern der rechten Hand zu.

Ein an Rheuma leidender Fabrikarbeiter hatte sich von einem Verwandten einen Apparat zur Behandlung seines Leidens geborgt. Die Gebrauchsanweisung verlangte, dass zwei mit dem Apparat verbundene Elektroden an jedem Ende in die mit Wasser gefüllte Badewanne zu tauchen seien. Der Apparat wirkte radikal, denn der Kranke wurde tot aus der Wanne gezogen. Kein Wunder, denn der Apparat enthielt einen Autotransformator, der die Betriebsspannung auf Kleinspannung herabsetzte, die Spannung gegen Erde jedoch auf der Netzspannung, in diesem Falle 147 V, behielt.

Man sollte es auch nicht für möglich halten, dass in einem gepflegten Haushalt noch Verlängerungsschnüre mit Steckern an beiden Enden vorhanden wären. Eine eben dem Schwimmbad ihrer Villa entstiegene Frau erfasste eine solche Einrichtung und wurde getötet. Ebenso gefährlich sind die in Hunderten von Badezimmern vorhandenen Anschluss-

«Schwänze». Es handelt sich um ein Übergangsstück, bestehend aus einigen Zentimetern Leitungsschnur mit einem 2 P + E-Stecker am einen und einer 2-P-Kupplungssteckdose am andern Ende, welche dem Anschluss des Rasierapparates dient. In einem Badzimmer blieb dieses Übergangsstück — wie wohl überall — ständig in der 2 P + E-Steckdose stecken. Einer Frau, die ein $2^1/_2$-jähriges Kind badete, fiel der daran angeschlossene elektrische Heizofen ins Bad. Der im Nebenraum sich aufhaltende Gatte hörte ein Geräusch, kam herbei und fand nun Frau und Kind im Bad. Die Frau hielt sich krampfhaft an einem Wasserleitungsrohr. Sie war tot, das Kind lebte. Wäre der Ofen geerdet angeschlossen gewesen, hätte der eingetretene Erdschluss die vorgeschaltete Sicherung wohl rasch zum Schmelzen gebracht.

14. Übrige Hausinstallationen

Es handelt sich hier grundsätzlich um die gleichen Unfallhergänge wie in Abschnitt 7 hievor beschrieben. Vor allem herrschen die Unfälle — meist Flammbogenunfälle — an Hauseinführungen und Sicherungstafeln vor. Etwas mehr ausschalten, etwas sorgfältiger abdecken, und schon sind die Kosten von einigen hundert Tagen Arbeitsausfall eingespart!

15. Besondere Unfallumstände

Wie bereits im statistischen Teil angedeutet, verunfallte ein Arbeiter tödlich, der sich an den Zündkerzen eines laufenden Automotors zu schaffen machte. Da der Mann gleichzeitig die Wagenmasse berührte, ist es wahrscheinlich, dass er sich der Zündspannung zwischen beiden Armen aussetzte. Jedenfalls stellte der Gerichtsmediziner Tod durch Elektrizität fest. Ins gleiche Kapitel gehört auch ein Unfall, der einem Soldaten bei Manövern zugestossen ist. Als er einen Weidezaun-Draht übersteigen wollte, wurde er so heftig elektrisiert, dass er sich nur mit grosser Mühe lösen konnte und Brandwunden an den Händen erlitt. Der Zaun wurde von einer Autozünd-Maschine, die von einem Elektromotor angetrieben war, gespeist.

Schliesslich ist noch ein Fall von alberner Dummheit erwähnenswert. Um einen Kollegen zu ärgern, verband ein Elektromonteur je ein Stück blanken Drahtes mit jedem Kontaktstift eines Steckers und legte die Drähte so an das Steckergehäuse, dass sie bei eingestecktem Stecker nicht bemerkt werden konnten. Als dann der Kollege den Stecker herausziehen wollte, wurde er selbstverständlich heftig elektrisiert. Er stand wochenlang in ärztlicher Behandlung. Der Urheber dieses gefährlichen Scherzes wurde fristlos entlassen.

Es geht uns mit diesen Beschreibungen nicht darum, irgend jemanden anzuklagen, sondern Fachleute und Laien auf die verschiedenen Gefahrenquellen hinzuweisen und sie anzuspornen, im Kampfe gegen die Unfälle mitzuhelfen.

Halbleiter-Kühlelemente

Von *W. Hänlein*, Erlangen

621.362 : 537.322.1

Seit langem war eine Anzahl von thermoelektrischen Erscheinungen in Festkörpern bekannt. Zu nennen ist hier der Seebeck-Effekt, der im Jahre 1822 entdeckt wurde. Beim Seebeck-Effekt entsteht in einem aus zwei verschiedenen Metallen bestehenden Thermoelement bei Vorhandensein einer Temperaturdifferenz zwischen den Lötstellen eine elektrische Spannung, die zur Energieerzeugung benützt werden kann. Die Umkehrung dieses Effektes, der sog. Peltier-Effekt, wurde 1834 entdeckt. Schickt man durch ein Thermoelement einen Gleichstrom, so entsteht zwischen den Lötstellen eine Temperaturdifferenz.

Es sind bereits in früheren Zeiten viele Versuche unternommen worden, sowohl den Seebeck- als auch den Peltier-Effekt technisch auszunützen. Erst in neuerer Zeit ist den Bemühungen ein gewisser technischer Erfolg beschieden gewesen, insbesondere ist es gelungen, den Peltier-Effekt auf Grund der neueren Halbleiterentwicklung praktisch nutzbar zu machen.

Ein Peltierelement besteht aus den beiden Schenkeln *1* und *2* sowie aus den daran angelöteten Kupferlaschen *3* und *4* (in Fig. 1). Schickt man durch ein derartiges Element einen Strom, so entsteht zwischen den Lötstellen *3* und *4* eine Temperaturdifferenz. Die erzeugte Peltierkälte ist umso grösser, je grösser die Thermospannung α der beiden Schenkel und je grösser die durch die Schenkel geschickte Stromstärke I sind. Ausserdem ist sie abhängig von der Temperatur der kalten Lötstelle T_k. Die erzeugte Peltierkälte vermindert sich um die beim Fliessen eines Stromes erzeugte Joulesche Wärme, die von dem elektrischen Widerstand der Schenkel und dem Quadrat der Stromstärke abhängig ist. Ferner fliesst von der warmen Lötstelle Wärme zur kalten Lötstelle. Dieser Wärmefluss, um den die erzeugte Peltierkälte ebenfalls herabgesetzt wird, ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Schenkelmaterials sowie von der Temperaturdifferenz zwischen der heissen und der kalten Lötstelle. Für die erzeugte Wärmemenge eines Peltierelements ergibt sich:

$$Q_k = 2\alpha\, T_k\, I - \frac{1}{\gamma S} I^2 - 2\lambda \frac{S}{l} (T_w - T_k)$$

worin

- α Thermokraft [V/Grad]
- λ Wärmeleitfähigkeit [W/Grad·cm]
- γ elektrische Leitfähigkeit [Ω^{-1} cm^{-1}]
- l Länge der Schenkel [cm]
- S Querschnitt der Schenkel [cm^2]
- T_k Temperatur der kalten Lötstelle [°K]
- T_w Temperatur der warmen Lötstelle [°K]
- I Stromstärke [A]

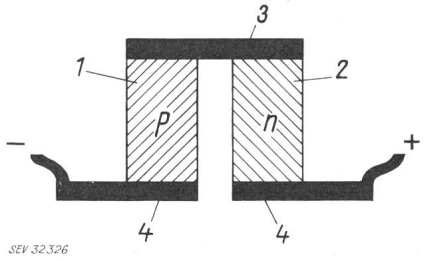


Fig. 1
Schema eines Thermo-Elementes